

Acción e interacción orientadas a la conceptualización científica en el aula universitaria

Ramón Martínez *
Xiomara Arrieta**

Recibido: 02/06/2019

Aceptado: 21/06/2019



Resumen

Se reconoce que el estudiantado universitario presenta notorias dificultades al momento de conceptualizar en aquellas asignaturas propias de las ciencias experimentales. Al respecto se debe destacar que los conceptos son imprescindibles para el desarrollo cognitivo, por lo que deben constituirse en el centro de la didáctica específica de estas ciencias. En atención a ello se propuso, como objetivo, generar un modelo teórico de acción e interacción orientado al manejo de la conceptualización científica en el aula universitaria. El recorrido metodológico de la investigación, de enfoque cualitativo y tipo documental, condujo a sugerir una nueva teoría sustantiva, a la certificación de la estrategia propuesta y a la identificación de los elementos sustentadores del modelo teórico, orientados a la generación de éste. Dicho modelo teórico favoreció la planificación, aplicación y análisis en el tratamiento de la diversidad de situaciones encaminadas al logro de resultados observables de la conceptualización científica, en estudiantes universitarios, por medio de acciones e interacciones, viables y potencialmente significativos.

Palabras clave

Teoría sustantiva, conceptualización científica, estudiantes universitarios, didáctica de las ciencias experimentales, contrastación entre teorías.

Action and Interaction Oriented to the Scientific Conceptualization in the College Classroom

Abstract

College students are recognized because they present notorious difficulties when conceptualizing subjects belonging to experimental sciences. About this point, we must outstand that these concepts are essential for the cognitive development, for this reason they must conform in the center of specific didactic of these sciences. In view of this, our objective is to generate a theoretical model of action and interaction oriented to handling the scientific conceptualization in college classroom. The research trajectory, of qualitative focus and documentary type, led us to the suggestion of a new substantive theory, to the certification of the proposed strategy and the identification of the supporting elements of the theoretical model, oriented to the generation of it. Such theoretical model supported the planning application and analysis in the treatment a variety of situations leading to the scientific conceptualization in college students, by means of actions and interactions feasible and potentially meaningful.

Key Words

Substantive theory, scientific conceptualization, college students, didactic of experimental sciences, contrast among theories.

* Universidad de Oriente, Venezuela. Correo electrónico: ramonfisicaudo@gmail.com

** Universidad del Zulia, Venezuela. Correo electrónico: xarrieta2410@yahoo.com

1. Introducción

En las asignaturas de las ciencias experimentales, a nivel universitario, los estudiantes presentan serias dificultades para construir conceptos cuando enfrentan situaciones, como tareas y subtareas, en diferentes contextos: trabajos de laboratorio, resolución de problemas y aprendizaje teórico (Alvarado, 2014; Carrascosa-Alís & Domínguez-Sales, 2017; Hernández & Benítez, 2018). Ello se evidencia en la ausencia de invariantes operatorios (Vergnaud, 1990), necesarios en el quehacer científico para enfrentar las situaciones y problemas propuestos (Escudero, Jaime & González, 2014), por lo que no logran apropiarse de nuevos conocimientos. Como consecuencia de ello no se alcanza la conceptualización científica necesaria en un campo conceptual dado, por lo que tampoco se adquiere sentido conceptual.

Por ser la conceptualización científica la unidad de análisis de la presente investigación, se hace pertinente su definición. Para Vergnaud (2007), se refiere a la identificación de los objetos del mundo, sus propiedades, relaciones y transformaciones; de allí que trasciende al concepto, el cual es definido por el mismo autor (1990), como la triada simultánea de tres conjuntos: 1) el de las situaciones que le dan sentido al concepto (la referencia), 2) el de los invariantes operatorios que son la base de la operacionalidad de los esquemas (el significado) y, 3) las formas lingüísticas y no lingüísticas que posibilitan la representación simbólica del concepto, sus propiedades, las situaciones y su tratamiento (el significante).

La conceptualización científica es fundamental para el desarrollo cognitivo de los estudiantes, pero los conceptos no ocupan el lugar que se merecen en la didáctica de las ciencias experimentales, ya que éstos muchas veces no pasan de definiciones (Figuroa, Utria & Colpas, 2005). En la práctica, en ciertas asignaturas, las fórmulas, los algoritmos, los principios y las teorías reciben mucha más atención de parte de alumnos y profesores que los conceptos mismos (Moreira, 2008). Sin conceptos la ciencia no existiría (Strauss & Corbin, 2002); en consecuencia, los conceptos deben estar en el centro de las actividades de enseñanza y aprendizaje (Moreira, 2008).

En atención a estos antecedentes se desarrolla una investigación cuyo propósito fue generar un modelo teórico de acción e interacción orientado al logro de la conceptualización científica en el aula universitaria, es decir, sostenido en un conjunto de tareas que los estudiantes realizan en una situación particular, mediado por las transacciones que realiza el docente, de manera intencional y estructurada para la enseñanza-aprendizaje de conocimientos (Vilalta, Martinic & Guzmán, 2011).

En este marco la investigación utilizó la didáctica general, particularmente de las teorías cognitivas, aunque se ubica en la didáctica específica de las ciencias experimentales, sus principios, métodos, estrategias y técnicas, dirigida al proceso de enseñanza y aprendizaje a nivel universitario. De acuerdo a ello, en este trabajo no entramos a definir en qué consiste la conceptualización científica desde el punto de vista de la naturaleza de la actividad científica o desde el punto de vista filosófico.

2. Recorrido metodológico de la investigación

El recorrido metodológico consideró la estructuración diacrónica propuesta por Padrón (2014), la cual presenta cuatro fases sistemáticamente definidas: 1) descriptiva, 2) explicativa, 3) contrastiva y, 4) aplicativa; comenzando, en nuestro caso, en la fase contrastiva. Como señala Padrón (1998) esta fase se caracteriza por la revisión crítica de construcciones teóricas cuya confiabilidad es puesta a prueba y es recomendada cuando la fase descriptiva ya se encuentra altamente saturada y se han producido avances significativos en la fase explicativa. En la investigación desarrollada se intenta —a partir de un proceso de investigación documental sostenido en el enfoque cualitativo—, desechar, reajustar o incrementar la validación de teorías, previamente interpretadas, desde las perspectivas de docentes (Martínez, Arrieta & Camacho, 2016), y estudiantes (Martínez & Arrieta, 2017) —correspondientes a la

fase explicativa— con el propósito de generar una nueva teoría sustantiva, utilizando para ello la estrategia de triangulación de Denzin (2009).

El resultado de la visión conjunta de las teorías interpretadas y la nueva teoría sustantiva, permitió validar la estrategia de acción docente previamente planteada en Martínez, Arrieta y Riveros (2014), como parte de la fase descriptiva de este recorrido. La validación contribuyó a la conformación de los elementos del modelo teórico, en la que las fases de la estrategia de acción docente teórica se sustituyen por una secuencia de acciones e interacciones, encaminadas a resultados observables de la conceptualización científica en las ciencias experimentales a nivel universitario. La fase aplicativa se constituyó en el proceso de generación de un nuevo modelo teórico a partir de estos elementos. En las fases contrastiva y aplicativa se abordaron dos aspectos generales:

- La confiabilidad de la estrategia de acción docente previa.
- El modelo teórico de acción e interacción.

3. Confiabilidad de la estrategia previa de acción docente

Se trata de confrontar lo teórico y lo epistémico, de las investigaciones precedentes, para la conformación de elementos generadores de un nuevo modelo teórico, estructurado en una secuencia de acciones e interacciones. En lo que respecta a la confiabilidad de la estrategia de acción docente previa, la fase contrastiva de la investigación fue culminada en tres etapas:

1. La confrontación de las teorías sustantivas generadas en la fase explicativa.
2. La certeza de la estrategia de acción docente previa.
3. Los elementos del modelo teórico de acción e interacción.

3.1. Confrontación de las teorías sustantivas generadas

Involucró los consensos, inconsistencias e incompletudes de las opiniones de docentes y estudiantes universitarios. Se confrontaron las teorías de la interacción, la reflexión y el análisis de docentes con la de los estudiantes, respecto al alcance de la conceptualización científica en las ciencias experimentales. La reformulación de proposiciones, previamente codificadas, permitió la generación de un modelo teórico de acción e interacción, desde la interpretación de éstas, hasta lograr, mediante el análisis de las relaciones empíricas entre las proposiciones (prueba empírica), y con la ayuda de criterios seleccionados por los investigadores, nuevas proposiciones validadas con sus correspondientes interrelaciones, para sustentar la nueva teoría vinculante. Estos criterios fueron:

- 1) **Muy fuertes:** las categorías relacionadas en una proposición se establecen claramente en ambas perspectivas: la de los estudiantes y la de los profesores.
- 2) **Fuertes:** ambas categorías se relacionaron en una de las perspectivas; una de ellas, en la otra. En esta última, la categoría faltante se fundamenta en la mayoría de los entrevistados o grupos de discusión, o es una subcategoría.
- 3) **Moderadas:** ambas categorías se relacionan en una de las perspectivas, pero no en la otra. En esta última las dos categorías se establecen como conceptos, con la misma u otra denominación, por estar fundamentadas en la mayoría de los entrevistados o grupos de discusión, o uno de los conceptos es una subcategoría y el otro se fundamenta en la mayoría de los entrevistados o grupos de discusión, o ambos conceptos son subcategorías. Otro criterio es que ambas categorías se relacionan en una de las perspectivas; una de ellas, con la otra visión. El concepto faltante se sustenta en pocos de los entrevistados o grupos de discusión.
- 4) **Débiles:** ambas categorías se relacionan en una de las perspectivas, pero no se relacionan en la otra. En esta última, las dos categorías se establecen como conceptos, con la misma u otra denominación, fundamentadas en pocos entrevistados o grupos de discusión.
- 5) **Muy débiles:** ambas categorías se relacionan en una de las perspectivas, pero una de ellas es inexistente en la otra.

- 6) **Inexistentes:** ambas categorías se relacionan en una de las visiones, pero son inexistentes en la otra.

Las categorías principales se establecieron por estar fundamentadas en la totalidad de los datos, es decir, de todos los entrevistados (docentes) y grupos de discusión (estudiantes). Asimismo, el grado de vinculación de las relaciones empíricas se establece en base a los siguientes criterios: consenso, inconsistencia e incompletud del modo siguiente:

- 1) **Consenso:** relaciones empíricas donde la mayoría de las proposiciones interpretadas coinciden en sus puntos de vista.
- 2) **Inconsistencia:** relaciones empíricas donde la mayoría de las proposiciones interpretadas no coinciden en sus puntos de vista.
- 3) **Incompletud:** relaciones empíricas en la que las proposiciones interpretadas se ubican en posiciones intermedias entre los dos criterios anteriores.

Considerando estos criterios, la investigación determinó las proposiciones que pasaron o no la prueba, basadas en las relaciones empíricas y el grado de vinculación de los agentes humanos del hecho educativo. En total, se analizaron 29 proposiciones seleccionadas. Previo a estos análisis se codificaron cada una de estas proposiciones previas, las de los docentes (D1 a D19), y las de los estudiantes (E1 a E10). Las que pasaron la prueba empírica se reformularon y se establecieron sus relaciones. Un ejemplo de esta codificación es la de la siguiente proposición: "La *conceptualización científica* es una representación mental cuya progresiva construcción requiere diferentes *estilos de enseñanza*", la cual se codificó como D1, por ser una proposición derivada de la perspectiva docente. La Tabla 1 muestra los resultados de las proposiciones, basados en las relaciones empíricas y el grado de vinculación de los agentes humanos del hecho educativo.

Tabla 1

Resultados de las proposiciones basados en las relaciones empíricas y vinculación de los actores del hecho educativo

P	Tipo de relación empírica					Vinculación de ambos actores			Resultados		
	Muy fuerte	Fuerte	Moderado	Débil	Muy débil	Inexistente	Consenso	Incompletud	Inconsistencia	Pasa prueba empírica	No pasa prueba empírica
D1		x					x			x	
D2				x				x			x
D3			x				x	x		x	
D4			x				x			x	
D5				x				x			x
D6				x			x				x
D7				x				x	x		x
D8				x			x	x			x
D9				x			x				x
D10		x					x			x	

P	Tipo de relación empírica					Vinculación de ambos actores			Resultados		
	Muy fuerte	Fuerte	Modera- do	Débil	Muy débil	Inexis- tente	Con- senso	Incom- pletud	Incon- sisten- cia	Pasa prueba empí- rica	No pasa prueba empí- rica
D11			x				x			x	
D12				x				x			x
D13				x				x			x
D14					x			x			x
D15	x								x	x	
D16				x					x		x
D17				x				x			x
D18				x				x			x
D19						x		x			x
E1					x			x			x
E2				x				x			x
E3					x			x			x
E4						x		x			x
E5					x		x				x
E6						x		x			x
E7						x		x			x
E8	x								x	x	
E9			x				x			x	
E10				x							
T	2	2	4	13	4	4	10	17	5	8	21

Nota: Elaboración propia.

Un ejemplo del análisis de las proposiciones es la codificada como D1 (nivel docente), que involucra las categorías principales de conceptualización científica y estilos de enseñanza. A nivel estudiantil, los estilos de enseñanza son una categoría principal y la conceptualización científica es una subcategoría que la fortalece. Desde la perspectiva docente, la conceptualización científica es una construcción que el estudiante progresivamente va alcanzando por medio de diferentes estilos de enseñanza, de acuerdo la experiencia individual de los docentes. Desde la perspectiva estudiantil, ambos conceptos se relacionan por la cotidianidad del concepto científico. Para la mayoría de ellos, la conceptualización científica sólo es alcanzable si los estilos de enseñanza involucran la transferibilidad de los conceptos construidos a situaciones problemáticas reales del entorno. Esta última relación de cotidianidad

es también abordada por los docentes, por lo que la relación de estos conceptos es fuerte, con una vinculación de tipo consensuado.

Se observa que, en casi la mitad de las proposiciones, se establecieron relaciones conceptuales débiles, con una mayoritaria vinculación de incompletud. La investigación de estas relaciones permite inferir que una importante cantidad de proposiciones no pasan la prueba empírica, ya que las relaciones conceptuales que las sustentan, que establecen la teorización de las visiones de docentes y estudiantiles, son casi mayoritariamente débiles, muy débiles o inexistentes. Las que pasan la prueba empírica presentan relaciones muy fuertes, fuertes o moderadas y son casi totalmente de vinculación consensuada, por lo que las reformulaciones de estas no presentan cambios sustanciales. Las relaciones empíricas y el grado de vinculación se fundamentaron en los datos obtenidos de la interpretación de las teorías sustantivas. Las proposiciones seleccionadas, se muestran en la Tabla 2.

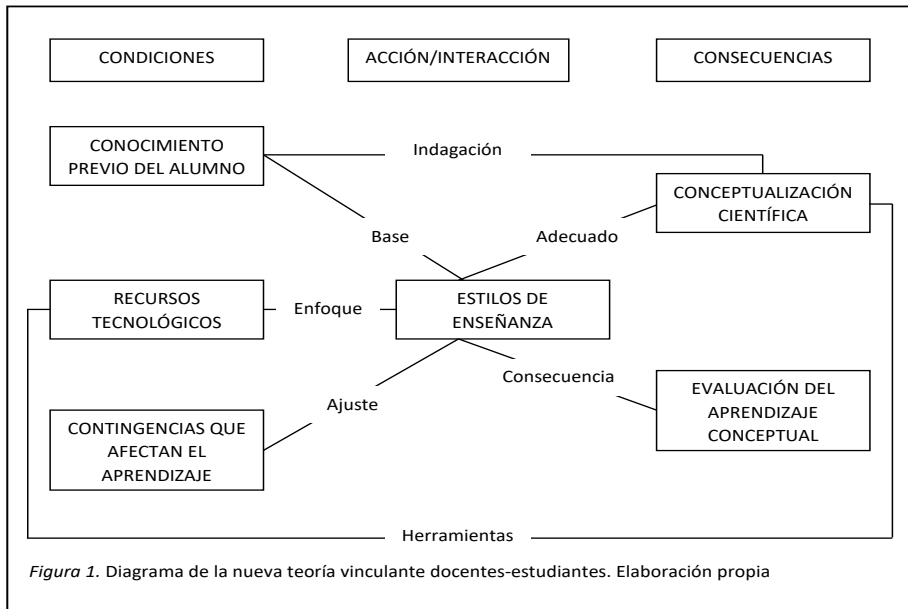
Tabla 2

Reformulaciones y vinculación de las proposiciones aceptadas

Proposición(es) anterior(es)	Nueva proposición	Vinculación
La conceptualización científica es una representación mental cuya progresiva construcción requiere diferentes estilos de enseñanza.	La conceptualización científica debe ser una construcción que involucre la transferibilidad de los conceptos científicos a situaciones problemáticas reales de la ciencia y la tecnología. Para alcanzarlo, se debe establecer estilos de enseñanza adecuados.	Consenso
La conceptualización científica es alcanzable si se indaga convenientemente el conocimiento previo del alumno.	La conceptualización científica es alcanzable si se indaga conveniente y adecuadamente el conocimiento previo del alumno.	Consenso Incompletud
La conceptualización científica es alcanzable si se encauzan adecuadamente los recursos tecnológicos hacia tal fin.	Los recursos tecnológicos son herramientas alternativas y útiles que posibilitan el alcance de la conceptualización científica.	Consenso
El conocimiento previo del alumno apoya a la implementación adecuada de los estilos de enseñanza.	El conocimiento previo del alumno es la base de adecuados estilos de enseñanza encaminados a alcanzar la significatividad psicológica de la conceptualización científica.	Consenso
Los recursos tecnológicos son una herramienta auxiliar de los estilos de enseñanza.	Los recursos tecnológicos, bien enfocados, pueden convertirse en una herramienta útil para los estilos de enseñanza.	Consenso
La evaluación del aprendizaje conceptual es consecuente con los estilos de enseñanza usados. La evaluación del aprendizaje conceptual no se integra a los estilos de enseñanza.	La evaluación del aprendizaje conceptual es una consecuencia subjetiva de los estilos de enseñanza.	Inconsistencia
Los estilos de enseñanza se ajustan a las contingencias que afectan el aprendizaje.	Los estilos de enseñanza se ajustan a las contingencias que afectan el aprendizaje conceptual.	Consenso

Nota: Elaboración propia.

Las reformulaciones de las proposiciones corresponden a conjeturas que posibilitan la generación de una nueva teoría sustantiva, vinculante con las visiones de docentes y estudiantes, referidas a la conceptualización científica en las ciencias experimentales, en el aula universitaria. Para ello se establecieron las relaciones empíricas definitivas entre las nuevas categorías principales, siendo «estilos de enseñanza», la categoría central de la nueva teoría sustantiva. Las relaciones empíricas, resultantes de las categorías principales reformuladas, vinculan las perspectivas de los actores del hecho educativo. Las nuevas proposiciones vinculantes se diagraman en un mapa conceptual de la investigación como se muestra en la Figura 1.



3.2. Certeza de la estrategia de acción docente previa

Se cotejaron las proposiciones, validadas o no empíricamente, con las bases teóricas que fundamentaron la presente investigación. El análisis generado se confrontó, a su vez, con cada una de las fases de la estrategia de acción docente previa (Martínez et al., 2014), con el objeto de desecharlas, reajustarlas o incrementar su validez. La confrontación se hizo en base a las categorías principales más generales que las conforman, como parte de la estrategia de triangulación de Denzin (2009).

Como ejemplo de esta confrontación se considera un extracto del análisis a la categoría de «conceptualización científica», proposiciones en las que una de las categorías principales es la conceptualización científica se pueden cotejar con la teoría de los campos conceptuales, específicamente el concepto vergnaudiano de conceptualización de lo real. Para que la conceptualización sea científica, la acción docente, si está interesada en el aprendizaje y la enseñanza del concepto, analizará la relación entre los conocimientos explícitos, los invariantes operatorios implícitos en las conductas del alumno en situación, y “los enunciados y explicaciones que es capaz de expresar” (Vergnaud, 2007, p. 285).

La confrontación del análisis de la categoría de la conceptualización científica y las fases de la estrategia de acción docente previa (Martínez et al., 2014), se describen en la Tabla 3.

Tabla 3

La conceptualización científica y las fases de la estrategia previa

Fase	Actividad	Grado de Afectación	Resultado de la Contrastación
1	Se establece el campo conceptual como objeto de estudio.	Lo certifica	Son fases que forman parte de los estilos de enseñanza, necesarios para el progresivo alcance de la conceptualización científica.
2	Se elabora el conjunto de situaciones.	Lo certifica	
3	Se identifican los conceptos y proposiciones explícitos para cada situación en particular.	Lo certifica	
4	Se elaboran las relaciones de base para cada situación.	Lo certifica	
5	Previo al momento preinstruccional se aplica el cuestionario de estilos de aprendizaje de Kolb y el test de hemisferios cerebrales.	Lo certifica	
6	Planificación de los aspectos de trabajo para el aprendizaje colaborativo.	Lo certifica	
7	El momento preinstruccional se ubica en la etapa de aprendizaje divergente (estilo 1), para determinar y estudiar los conocimientos previos de los alumnos.	Lo certifica	Para los docentes, la conceptualización científica es alcanzable si se indaga convenientemente el conocimiento previo del alumno, incluyendo los invariantes operatorios.
8	El momento coinstruccional involucra el estilo de aprendizaje individual: asimilador (clase tradicional). La evaluación constructivista de esta fase se divide en dos tipos: formativa y sumativa.	Lo certifica	Es un estilo de enseñanza que propone la integración del aprendizaje teórico y la resolución de problemas, con la intención de conducir al aprendizaje como investigación científica guiada. Utiliza los ingredientes de los esquemas para alcanzar el concepto (Vergnaud, 1990): el conjunto de situaciones, invariantes operatorios y significantes. Se apoya en los recursos tecnológicos.
9	El estilo de aprendizaje convergente se asocia a la etapa de las prácticas de laboratorio (etapa 3). Esta etapa se integra a la anterior y a la evaluación constructivista para confeccionar un aprendizaje como investigación científica.	Se reajusta	En algunos casos, los laboratorios no se integran a las asignaturas afines, por lo que las fases de la estrategia deben adaptarse como si fueran asignaturas integradas. Ello convierte a los laboratorios de ciencias en asignaturas teórico-experimentales indispensables para alcanzar la conceptualización científica. Contribuye a la transferencia del conocimiento a nuevas situaciones, afianzando su significado. El apoyo de los recursos tecnológicos es fundamental.
10	El momento postinstruccional corresponde a la estrategia didáctica de la exposición oral. Los mapas conceptuales en esta fase constituyen un recurso signficante del aprendizaje de conceptos como función social acreditativa de la evaluación sumativa.	Lo certifica	En este estilo de enseñanza se alcanza la conceptualización científica, ya que completa las formas operativa y predictiva del conocimiento racional.
11	Se diagnostica la calidad y cantidad del aprendizaje como evaluación sumativa final.	Lo certifica	Se certifica el alcance de la conceptualización científica.

Nota: Elaboración propia.

3.3. Elementos del modelo teórico de acción e interacción

La contrastación de las bases teóricas, las proposiciones de las teorías sustantivas y las fases de la estrategia de acción docente previas, conllevaron a una visión conjunta establecida en una nueva teoría sustantiva vinculante (Figura 1), cuyas categorías analizadas, posibilitaron el establecimiento de 12 elementos sustentadores del modelo teórico de acción e interacción. Cada elemento sugerido se estableció como una nueva proposición, mejorada.

4. Modelo teórico de acción e interacción

Las proposiciones de los elementos teóricos anteriores, posibilitaron la generación de una secuencia de acciones e interacciones, contenidas en tres etapas sucesivas. Las acciones e interacciones son el complemento a estas proposiciones, de acuerdo al análisis de las categorías de la teoría vinculante. Las etapas fueron: organizativa, instruccional y acreditativa. La etapa organizativa la constituyen las seis primeras acciones e interacciones; la etapa instruccional, las siguientes cinco. Esta es la etapa de los momentos instruccionales, basada en los estilos de aprendizaje (Martínez et al., 2014). La etapa acreditativa contiene una última acción e interacción. En ella se diagnostica el grado del alcance de la conceptualización científica. La tabla 4 resume las acciones e interacciones del modelo:

Tabla 4

Acciones e interacciones del modelo

Etapa	Nº	Acciones e Interacciones
Organizativa		Establecimiento del campo conceptual Elaboración del conjunto de situaciones Identificación de los conceptos explícitos para cada situación Elaboración de las relaciones de base para cada situación Aplicación de los test Planificación y difusión de actividades de aprendizaje colaborativo
Instruccional		Momento preinstruccional: discusión grupal Momento coinstruccional: clase tradicional Momento coinstruccional: resolución de problemas de lápiz y papel Momento coinstruccional: experiencias de laboratorio integrado Momento coinstruccional: experiencias de laboratorio autónomo Momento postinstruccional: exposición oral
Acreditativa		Aplicación de la evaluación sumativa final

Nota: Elaboración propia.

Las acciones e interacciones 10 se clasifican en 10A y 10B: experiencias de laboratorio integrado y experiencias de laboratorio autónomo. En el primero se integran las prácticas de laboratorio, el aprendizaje teórico y la resolución de problemas, en una sola asignatura; el segundo contempla las prácticas de laboratorio en una asignatura independiente; por ejemplo, la asignatura Física y Laboratorio I incluye el aprendizaje teórico, la resolución de problemas y las prácticas de laboratorio en su contenido programático; la asignatura Laboratorio I de Física, incluye sólo las prácticas de laboratorio, lo que implica una reorganización curricular. Las acciones e interacciones del modelo, se describen a continuación:

4.1. Etapa organizativa

4.1.1. Acción e interacción 1: establecimiento del campo conceptual

— Se establece el campo conceptual (Vergnaud, 1990), como resultado del conjunto de situaciones y del conjunto de conceptos y proposiciones que permiten analizarlas. Se identifican las situaciones, conceptos, relaciones de base, problemas, contenidos, procedimientos, representaciones y operaciones del pensamiento. Por ejemplo, el campo conceptual de la cinemática de un cuerpo rígido.

4.1.2. Acción e interacción 2: elaboración del conjunto de situaciones

- El conjunto de situaciones se origina desde los objetivos o competencias del contenido programático de la asignatura.
- Las situaciones se elaboran en base al análisis de las tareas y subtareas cognitivas, y en los procedimientos que se pueden emplear en cada una de ellas (Vergnaud, 1990).
- Se propone un conjunto relativamente grande y diverso de situaciones en un campo conceptual dado. El análisis que la orienta involucra la clasificación de los tipos de relaciones de base, las clases de problemas a resolver, los esquemas de tratamiento, las representaciones lingüísticas y simbólicas, y los conceptos explícitos que organizan este conjunto.

4.1.3. Acción e interacción 3: identificación de los conceptos explícitos para cada situación

- Los conceptos y proposiciones explícitos a construir surgen del contenido programático de la asignatura (lo curricular) y el sentido que puede adquirir para el alumno (lo cognitivo). Esto último proviene del análisis de la actividad de construcción previa.
- Se analiza el sentido que el concepto alcanza para el estudiante en su relación con las situaciones, la resolución de problemas, los esquemas de tratamiento y los símbolos. Este proceso involucra lo psicológico, lo didáctico y la historia de las ciencias. El proceso de construcción de un concepto nuevo vincula tres hechos: las propiedades de los problemas (teóricos y/o prácticos), a los cuales el concepto responde; la función del lenguaje y el simbolismo; y las maneras en que el estudiante se va adaptando al conocimiento racional en actividad ante situaciones variadas. Estas situaciones, a su vez se ajustan a los principios pedagógicos de la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora (Díaz-Barriga & Hernández, 2010).

4.1.4. Acción e interacción 4: elaboración de las relaciones de base para cada situación

- La elaboración de las relaciones de base puede simplificar una situación dada. La combinación de ellas concierne a problemas posibles, con datos conocidos y desconocidos (Vergnaud, 1990). Su clasificación sistemática posibilita la producción de categorías de problemas a ser resueltos, que lo identifica con el trabajo científico real.
- Las clases de problemas de cada categoría avanzan desde las filiaciones, lo que favorece la zona de desarrollo proximal más accesible al alumno, a las rupturas, que logran desestabilizar su competencia ante una situación dada (zona de desarrollo proximal menos accesible).

4.1.5. Acción e interacción 5: aplicación de los test

- El primer día de actividades el docente da la bienvenida a los estudiantes y hace los primeros contactos entre ellos, presenta los contenidos de la asignatura, enfatiza sus normas y procedimientos y los orienta inicialmente hacia el aprendizaje colaborativo.
- Posteriormente se investigan las preferencias de estilos de aprendizaje a través de la aplicación de un test. Los resultados del mismo constituyen un insumo para el desarrollo de la etapa instruccional de este modelo, el cual considera la diversidad de los estudiantes.
- Luego se aplica un test para indagar la tendencia de los alumnos hacia el uso de uno de los dos hemisferios cerebrales, con la finalidad de identificarlos como lógico o intuitivo, en actividad, ante situaciones dadas. Los resultados son insumo para el mejoramiento de la enseñanza para estilos particulares de aprendizaje, durante la etapa instruccional.

4.1.6. Acción e interacción 6: planificación y difusión de las actividades de aprendizaje colaborativo

- Las actividades de interacción grupal de tipo colaborativo, promueven la negociación de significados conducentes a la adquisición de aquellos indispensables para que el aprendizaje de conceptos tenga sentido para el alumno individual. La planificación de estas actividades envuelve una serie de aspectos, pasos, eventos y estrategias.

- Esta planificación es difundida a los estudiantes a través de dos medios: en el aula de clase y a distancia, a través de las redes sociales, correo electrónico, *blog* o páginas *web* pertinentes. En el primero, el docente divulga y discute con los estudiantes eventos como la orientación sobre los propósitos del aprendizaje colaborativo, las decisiones sobre el tamaño, duración y funcionamiento de los grupos de aprendizaje, el diseño y la asignación de las tareas, la garantía de la participación activa y constructiva de los estudiantes y la evaluación del aprendizaje colaborativo. En el segundo, se difunde con mayor profundidad la información suministrada en el aula.

4.2. Etapa instruccional

4.2.1. Acción e interacción 7: momento preinstruccional: discusión grupal

- El docente implementa la discusión grupal como base estratégica de organización y operatividad del pensamiento en los estudiantes, con la finalidad de sondear significados particulares y analizar luego sus ideas previas, las que son tomadas en cuenta y ocasionalmente reforzadas o eliminadas en los momentos coinstruccionales. En este proceso, el profesor es un mediador que no emite juicios de valor acerca de las ideas emitidas por los estudiantes. Se conforman grupos de pocos integrantes (de 3 o 5 alumnos).
- La discusión grupal luego se transforma en una plenaria. Esta estrategia es un procedimiento interactivo en la que los aprendices, una vez compartidos conocimientos previos con sus compañeros, los discuten luego en plenaria, con el profesor. La aplicación de esta discusión considera algunos aspectos básicos: exposición de la temática planteada por parte de los estudiantes, mediación y participación del docente, diálogo informal abierto y respetuoso, brevedad y participación, registro de los conocimientos previos, cierre de la discusión y resumen de las ideas pertinentes más importantes (Díaz-Barriga & Hernández, 2010).
- Se discuten, por ejemplo, los tipos y orígenes de un término (aún no concepto), así como la conceptualización del término y la manera en que éste se aplica en sus vidas. Ejemplos de términos pueden ser: inercia, fuerza, trabajo, calor, temperatura.
- El registro de conocimientos previos se hace por medio de una evaluación diagnóstica. Lo que se busca es identificar las dificultades iniciales de los estudiantes al resolver situaciones problemáticas dadas, así como la activación de los precursores de los conceptos científicos a ser asimilados por ellos. Se realiza al comienzo de un campo conceptual dado o al inicio de cada situación en particular.

4.2.2. Acción e interacción 8: momento coinstruccional: la clase teórica tradicional

- La estrategia de la clase tradicional integra el aprendizaje teórico y la resolución de problemas desde los campos conceptuales y el aprendizaje verbal significativo.
- El aprendizaje teórico se adquiere desde la «clase magistral» del profesor. En ella se plantean los antecedentes del tema, resaltando la historia y filosofía de la ciencia, exponiendo los principios teóricos y desarrollando las ecuaciones correspondientes, con apoyo de notas basadas en la diversidad bibliográfica sobre el tema en cuestión y en el material elaborado por el propio docente. También se enseña cómo resolver clases de problemas, como promoción a la autorregulación en los estudiantes. El tema está constituido por los conceptos y proposiciones explícitos más generales e inclusivos de la disciplina, insertadas en este momento instruccional, con el propósito de iniciar en los educandos el proceso de asimilación de los mismos.
- El momento de la clase teórica se valora como evaluación de tipo sumativa, para contenidos declarativos conceptuales. Las estrategias de evaluación constructivistas recomendadas son los mapas conceptuales, en las que se incluyen la aplicación de los conceptos y sus proposiciones asociadas, y la exposición en forma discursiva, sea de manera oral o escrita. La intención es generar en el estudiante la disposición y la motivación, previas al proceso de construcción. Las evaluaciones pueden ser mixtas: individuales y grupales, tanto del contenido como del proceso grupal. Además, pueden ser

formadoras: autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua, aparte de la del docente (Díaz-Barriga & Hernández, 2010).

- La conformación de grupos en los momentos coinstruccionales es de tipo formal, integrado por 3 o 5 estudiantes, y su constitución está a cargo del docente bajo el criterio de los resultados del test de los estilos de aprendizaje.

4.2.3. *Acción e interacción 9: momento coinstrucciona de la resolución de problemas de lápiz y papel*

- El aprendizaje de los alumnos es interactivo, en la forma grupal colaborativa, cuya organización puede ser la misma del esquema anterior.
- En la resolución de problemas, los estudiantes desarrollan las competencias en actividad ante situaciones específicas. El docente posibilita el descubrimiento de las filiaciones y las rupturas (Vergnaud, 1990), entre los conocimientos explícitos y los invariantes operatorios implícitos en los comportamientos de los alumnos en situación, desde el punto de vista de su contenido conceptual.
- Las clases de problemas que se pueden generar surgen de una combinación de relaciones de base. Estas relaciones expresan claramente las cuestiones que se pueden enunciar, con datos conocidos, desconocidos o sin datos. La resolución de problemas, a su vez, conduce a la posibilidad de diferenciar progresivamente los conceptos y, al mismo tiempo, reconciliarlos integrativamente, con sus propiedades y dimensiones. En esta fase se simula el aprendizaje como si se tratase de un trabajo científico real.
- Los problemas se clasifican, no sólo desde las propiedades y dimensiones de los conceptos, sino también desde su grado creciente de complejidad. Esto último pone a prueba las filiaciones y las rupturas mencionadas. En las situaciones filiatorias se establecen clases de situaciones para las cuales el alumno dispone de las competencias necesarias para su tratamiento. En las situaciones desestabilizantes se establecen clases de situaciones para las cuales el alumno no dispone de competencias necesarias para su tratamiento. El desequilibrio provocado tiene la intención de conducir al alumno a límites en su actual punto de vista, sin sobrepasarlos, ya que no aprendería.
- En este caso, la acción docente adecuada es el de un mediador constructivista en el aprendizaje de conceptos. Se observan y analizan los aciertos y dificultades de los estudiantes, la organización de sus comportamientos ante situaciones diversas, entre otros aspectos cognitivos, no sólo en la resolución de los problemas, sino en la construcción del concepto desde la operatividad. Al final, en plenaria, se resuelven las dudas y se discuten los conceptos explícitos asimilados, con sus propiedades y dimensiones, con la finalidad de resolver sus problemas de interés, a partir de los conocimientos previos y de las nuevas ideas tentativas, sin cuestionar radicalmente las ideas personales. Ello posibilita un diálogo abierto, generador del interés en los estudiantes.
- Este momento instruccional se evalúa de manera formativa, en el que se consideran las competencias alcanzadas por el alumno en actividad ante diversas situaciones de resolución de problemas de lápiz y papel, planteando situaciones de la vida real.
- El docente verifica, ante un problema propuesto, si el estudiante conoce los pasos para llegar a su solución, hasta que alcance un grado de sistematización tal que le permita crear su propio esquema de ejecución, y poder así transferirse a situaciones más complejas, hasta la ruptura. Para ello se evalúan, desde la observación y el análisis, los ingredientes de los esquemas, a través del uso de instrumentos como los registros anecdóticos, las listas de verificación, diarios; así como otros instrumentos no intuitivos, como los exámenes, los trabajos realizados por los estudiantes dentro y fuera del aula, la evaluación por mapas conceptuales, elaboración de proyectos, exámenes escritos, entre otros. Las evaluaciones pueden ser mixtas: individuales y grupales, tanto del contenido como del proceso grupal.

4.2.4. *Acción e interacción 10A: momento coinstruccional de las experiencias de laboratorio integrado*

- Se asumen las experiencias de laboratorio, el aprendizaje teórico y la resolución de problemas como aspectos integrados en una sola asignatura de las ciencias experimentales.
- Se conforma un grupo colaborativo con un máximo de cinco integrantes, de acuerdo al inventario de equipos del laboratorio.
- Los trabajos de laboratorio se centran en la resolución de situaciones problemáticas con soluciones experimentales, que posibilitan la construcción de la conceptualización científica en un campo conceptual dado, desde la interrelación teórico-metodológica. La resolución involucra tareas y subtareas cognitivas, las cuales establecen las clases de situaciones, y los conceptos y relaciones asociadas a ellas.
- Como guía a la discusión previa sobre la actividad de laboratorio se utiliza la V epistemológica de Gowin (1985), como una representación que interrelaciona el dominio teórico, el dominio metodológico, lo epistemológico y los objetivos de aprendizaje. En el dominio metodológico se identifican tareas cognitivas, como el diseño de la secuencia experimental, la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de los datos, la formulación de hipótesis. El dominio teórico lo conforman los conceptos, las proposiciones y las representaciones, concebidos a partir de un campo conceptual dado.
- De esta manera, las prácticas de laboratorio se fusionan con el aprendizaje teórico y la resolución de problemas para crear situaciones orientadoras a las actividades propias del quehacer científico. En éste, la comprobación de una hipótesis debe hacerse experimentalmente y mostrar coherencia con los modelos teóricos aceptados por la comunidad científica.
- La evaluación constructivista es de carácter formativa para contenidos procedimentales. El examen previo evalúa el dominio teórico y metodológico, es decir, el conocimiento del procedimiento, así como los objetivos, los equipos necesitados y la fundamentación teórica, cónsonas con la experiencia a realizar, como parte de la epistemología del método científico. Puede ser un problema con enunciado abierto, para que los estudiantes lo asocien con el mapa conceptual previamente construido, y elaboren una V epistemológica de Gowin (1985) que enfatice los dominios citados, en función de las posibilidades de crear una nueva experiencia o en base a una ya establecida.
- Se valora el esfuerzo individual, el grado de disposición, la motivación por la experiencia, la calidad de ejecución, entre otros aspectos.
- El informe final evalúa el análisis de los resultados obtenidos y las conclusiones pertinentes. Las conclusiones establecen las relaciones entre los conceptos involucrados, de acuerdo a los objetivos de la experiencia, así como una explicación de las causas de los errores cometidos, con la finalidad de corroborar o enriquecer la estructura del mapa conceptual previo.

4.2.5. *Acción e interacción 10B: momento coinstruccional de las experiencias de laboratorio autónomo*

- La autonomía se refiere a aquellas asignaturas experimentales separadas de las teóricas. Dada la distancia académica que se puede dar entre estas asignaturas, en las experimentales se hace necesario repasar los conceptos científicos. Antes de ello, se aplica algún tipo de evaluación diagnóstica para determinar el grado de dificultad de los conocimientos previos de los estudiantes. Ello requiere ampliar la cobertura del contenido programático establecido para las asignaturas experimentales, lo que implica una reorganización curricular.
- Se mantiene la acción e interacción, así como la evaluación, del esquema 10A, integrando a las experiencias de laboratorio, el aprendizaje teórico y la resolución de problemas, con el apoyo de recursos tecnológicos (como las simulaciones).
- La evaluación constructivista es la sumativa, en la que se evalúan los dominios teórico y metodológico del método científico. Se establece una evaluación final utilizando mapas conceptuales, que representen simbólicamente las relaciones entre los conceptos

construidos experiencialmente, en un campo conceptual dado, y expuestos de manera discursiva.

4.2.6. Acción e interacción 11: momento postinstruccional de la exposición oral

- La exposición oral se puede integrar como evaluación sumativa final o como una evaluación sumativa parcial en momentos establecidos, sea al final de campos conceptuales o de situaciones específicas. La temática a exponer se hará en grupos colaborativos de 3 o 5 estudiantes. En la exposición participan todos los integrantes de manera individual. Puede consistir en un seminario presentado en la modalidad de mapa conceptual de la conceptualización científica, en la que puedan mostrar cómo este conocimiento puede mejorar nuestras vidas.

4.3. Etapa acreditativa

4.3.1. Acción e interacción 12: aplicación de la evaluación sumativa final

- La evaluación constructivista es la sumativa; además de ser acreditativa, debe servir también como indicadora de que la conceptualización científica ha alcanzado la significatividad psicológica en el alumnado. Es acreditativa si certifica que el aprendiz ha alcanzado las competencias necesarias para poder aspirar a la asignatura consecuente en el plan de estudios de la carrera seleccionada por él, e incidir en las mejoras del proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Los instrumentos de evaluación de tipo formal pueden ser variados. Si se establecen varios campos conceptuales, se puede elaborar un portafolio con los mapas conceptuales previamente elaborados, para dilucidar el progreso en la construcción de la conceptualización. También puede ser una evaluación del desempeño del estudiante, en la que diseñe o proyecte, a partir de la conceptualización científica elaborada, situaciones experimentales que la verifiquen y refuercen, solucionar algún problema, desarrollar una investigación, hacer una propuesta innovadora, entre otros.

5. Consideraciones finales

La conceptualización científica es un proceso que, progresivamente, se va complejizando en la medida que se intenta garantizar que su logro tenga sentido para el estudiante. El modelo teórico propuesto es una guía de enfoque constructivista, que posibilita resultados observables del aprendizaje de conceptos y, por ende, del éxito académico de los estudiantes universitarios.

El modelo teórico de acción e interacción favorece la planificación, aplicación y análisis del tratamiento de la variedad de situaciones pertinentes en un campo conceptual dado, que ponen en juego los esquemas de conocimiento de los alumnos y les hacen desarrollar progresivamente sus competencias, desde las filiaciones y rupturas, hasta la consolidación de nuevas ideas de afianzamiento, claras y estables, para orientarlos e impulsarlos hacia el logro de sus metas.

La vinculación de los puntos de vista de docentes y estudiantes permite inferir un patrón promedio, basado en los tipos de relación empírica, el nivel de vinculación de ambos actores y los resultados de la investigación. Este patrón establece relaciones empíricas débiles entre categorías principales, con vinculación de incompletud de ambos actores. Las relaciones empíricas débiles se refieren a la baja importancia dada por los actores a determinados temas que los relacionan. La incompletud de la vinculación promedio se refiere a la ausencia de conexiones en el discurso que permitan afirmar consensos o incongruencias en las proposiciones mutuas. El resultado promedio de estas orientaciones permite deducir que las proposiciones no pasan la prueba empírica, debido a la escasa fuerza en sus relaciones empíricas, así como la escasa relación con las teorías que propiciaron la recolección de los datos.

Las proposiciones que pasaron la prueba empírica, posibilitaron su reformulación y establecieron la nueva teoría sustantiva vinculante, la cual se sintetiza como sigue: *la conceptualización científica debe ser producto de una construcción que involucre la transferibilidad de los conceptos científicos a situaciones problemáticas reales de la ciencia y la tecnología; alcanzable, si se indaga conveniente y adecuadamente el conocimiento previo de los estudiantes*. Esto último es la base de idóneos estilos de enseñanza, encaminados a alcanzar la significatividad de la conceptualización científica. Los recursos tecnológicos son herramientas alternativas y útiles que, bien enfocados, posibilitan este alcance. La evaluación del aprendizaje es una consecuencia subjetiva de estos estilos, los cuales se ajustan a las contingencias que pueden afectar el aprendizaje conceptual.

La viabilidad del modelo teórico de acción e interacción se rige por la búsqueda de la eficacia, por lo que la eficiencia o productividad académica del modelo se establece una vez que el mismo alcance esta eficacia en su devenir. Los factores influyentes que posibilitan el alcance, se mencionan a continuación:

- Formación inicial y continua del profesorado universitario.
- Adaptación del currículo universitario.
- Conceptualización científica como resultado de un proceso que utiliza el enfoque constructivista, por lo que este paradigma debe ser considerado, a su vez, como un sistema en el que todos sus elementos (bases estratégicas, conocimientos previos, evaluación), deben estar debidamente interconectados durante este proceso.
- Autorregulación y autoevaluación de los estudiantes.
- Vinculación estrecha de las funciones de docencia, investigación y extensión en el quehacer del docente.
- Establecimiento de la didáctica de la conceptualización científica como una herramienta a afianzar en los docentes universitarios que dictan asignaturas de las ciencias experimentales.
- Ajuste de las contingencias que pueden afectar el alcance de la conceptualización científica, tratando de minimizarlas.
- Incorporación de un enfoque de aprendizaje centrado en el estudiante, dirigido a animarlo, a que participe activamente en la construcción del conocimiento, lo cual puede entenderse como un proceso de emprendimiento.
- Disposición del docente frente a la conceptualización para analizarla, reflexionarla y aplicarla.

Este modelo ofrece criterios útiles que pueden llegar a innovar y mejorar la didáctica específica de las ciencias experimentales, coexistente con los marcos teóricos pertinentes de la didáctica general, extensible a otras áreas del saber y a otros contextos universitarios.

La formación y actualización permanente es un deber ser del docente universitario, en la búsqueda e implementación de nuevos modelos de enseñanza congruentes con las nuevas formas de aprender de los estudiantes, para que sean sujetos competentes, reflexivos, creativos y críticos ante las diversas situaciones de la sociedad en que se desenvuelven.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, C. (2014). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la Educación Media Superior de México. *Revista do Imea*, 2(2), 60–75.
- Carrascosa–Alís, J. & Domínguez–Sales, C. (2017). Problemas que dificultan una mejor utilización de la didáctica de las ciencias en la formación del profesorado y en la Enseñanza Secundaria. *Revista Científica*, 30(3), 167–180. doi: 10.14483/23448350.12289
- Denzin, N. (2009). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Díaz–Barriga, F. & Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. México, DF: McGraw–Hill.
- Escudero, C., Jaime, E. & González, S. (2014). Un estudio sobre ideas variacionales a través de la resolución de problemas: el caso de la intensidad sonora. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(Extra), 109–119.
- Figuroa, R. Utria, C. & Colpas, R. (2005). Entendimiento conceptual de estudiantes universitarios sobre conceptos en las ciencias experimentales. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, (18), 84–96.
- Gowin, D. (1985). *Hacia una teoría de la educación*. Buenos Aires: Aragon.
- Hernández, M.Á. & Benítez, A. (2018). La enseñanza de las ciencias experimentales a partir del conocimiento pedagógico de contenido. *INNOVUS: Innovación Educativa*, 18(77), 141–163.
- Martínez, R., Arrieta, X. & Riveros, V. (2014). Acción docente en situaciones de aprendizaje conceptual. *Paradigma*, (34), 80–110.
- Martínez, R., Arrieta, X. & Camacho, H. (2016). La teoría fundamentada como metodología de investigación para la conceptualización científica en el aula universitaria. *Kaleidoscopio*, 13(25), 16–28.
- Martínez, R., & Arrieta, X. (2017). Aprendizaje de conceptos científicos en el aula universitaria. *Encuentro Educativo*, 24(1, 2, 3), 157–172.
- Moreira, M. A. (2008). Conceptos en la educación científica: ignorados y subestimados. *Quirriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, (21), 9– 26.
- Padrón, J. (1998). La estructura de los procesos de investigación. *Educación y Ciencias Humanas*, 9(17), 33–45.
- Padrón, J. (2014). *Epistemología: material de apoyo a los seminarios* [Multimedia en DVD]. Disponible: Doctorado en Ciencias Humanas, Universidad del Zulia.
- Strauss, A. & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2–3), 133–170

- Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 285–302.
- Villalta, M. C., Martinic, S. & Guzmán, M. A. (2011). Elementos de la interacción didáctica en la sala de clase que contribuyen al aprendizaje en contexto social vulnerable: *RMIE: Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16(51), 1137–1158.