

PROPUESTA DE DESARROLLO DE ESQUEMAS DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA DESDE LA TEORÍA DE CAMPOS CONCEPTUALES

PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF LEARNING SCHEMES IN CHEMISTRY FROM THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS

Lissette Montilla¹  <https://orcid.org/0000-0002-5110-3478>
Xiomara Arrieta²  <https://orcid.org/0000-0002-2250-3376>
Ramón Meleán³  <https://orcid.org/0000-0002-9056-842X>
Iralí Araque⁴  <https://orcid.org/0000-0001-5539-7736>

Recibido: 21-09-2022

Aceptado: 28-10-2022

Resumen

La química es una ciencia fundamental para el desarrollo tecnológico del país y su estudio atañe a diversos campos de la actividad humana. Sin embargo, su enseñanza se ha caracterizado por ser principalmente expositiva, y se presenta como una simple descripción organizada de fenómenos, donde los aprendices se limitan a memorizar conceptos y fórmulas, sin participación en la construcción de sus conocimientos. La tarea principal del docente es ayudar a sus estudiantes a desarrollar esquemas que los capacite a enfrentarse a situaciones problemáticas cada vez más complejas. El presente artículo tuvo como objetivo generar un modelo didáctico orientado al desarrollo de esquemas de aprendizaje en química en estudiantes universitarios, basado en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. La metodología utilizada fue de tipo documental proyectiva, donde se determinaron y describieron cada uno de los elementos constituyentes del modelo. Como resultado se muestra una sistemática de trabajo dentro y fuera del aula, considerando los esquemas previos de los estudiantes, que incluye resolución de situaciones problemáticas, aprendizaje cooperativo, trabajo de laboratorio, construcción de mapas conceptuales, uso de las tecnologías de la información y la comunicación, la consideración de los estilos de aprendizaje y los principios facilitadores de aprendizaje significativo crítico.

Palabras clave: Teoría de los campos conceptuales; esquema de aprendizaje; modelo didáctico; situación problemática.

Abstract

Chemistry is a fundamental science for the country's technological development, and its study concerns various fields of human activity. However, his teaching has been characterized by being mainly expository, and it is presented as a simple, organized description of phenomena, where learners limit themselves to memorizing concepts and formulas without participating in the construction of their knowledge. The teacher's main task is to help his students develop schemes that enable them to deal with increasingly complex problem situations. The objective of this article

¹ Universidad del Zulia, Venezuela, lcmontillacantillo@gmail.com

² Universidad del Zulia, Venezuela, xarrieta2410@yahoo.com

³ Investigador Independiente, Venezuela, rmeleanr@hotmail.com

⁴ Universidad del Zulia, Venezuela, iraliaaraque@gmail.com

was to generate a didactic model oriented to the development of learning schemes in university students, based on Vergnaud's theory of conceptual fields. The methodology used was of a projective documentary type, where each of the constituent elements of the model was determined and described. As a result, a systematics of work inside and outside the classroom is shown, considering the previous schemes of the students, which includes solving problematic situations, cooperative learning, laboratory work, construction of concept maps, use of information and communication technologies, consideration of learning styles and facilitating principles of critical meaningful learning.

Keywords: Theory of conceptual fields; learning scheme; didactic model; problematic situations.

Introducción

La realidad existente en la educación venezolana en cuanto al proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, se ha caracterizado por clases netamente expositivas que frecuentemente consisten en copiar conceptos, leyes y principios relacionados con el tema de estudio, resolución de ejercicios tipo basados en la aplicación de las fórmulas proporcionadas, ausencia de discusión y negociación de significados, estrategias que no responden a los diferentes modos de aprender, prácticas de laboratorio cuyo objetivo principal es la comprobación de leyes, uso predominante del pizarrón, apoyo casi exclusivo en el libro de texto, entre otras.

Esta práctica habitual generalmente redundante en aprendizajes mecánicos de la química, con poca o ninguna comprensión de sus conceptos, así como la poca calidad y pertinencia de la formación brindada al estudiante. Por lo tanto, se hace necesaria la búsqueda de nuevas formas o alternativas que permitan superar el escenario anteriormente descrito.

La teoría de los campos conceptuales (TCC) es una teoría cognitivista que permite analizar cómo se organizan las ideas y cómo se generan los conceptos y representaciones. Los campos conceptuales son conjuntos de problemas, situaciones, conceptos y estructuras, cuyo dominio requiere a su vez el dominio de conceptos y procedimientos de distinta naturaleza, relacionados entre sí (Vergnaud, 1990; 2007). El eje central de esta teoría lo constituye el concepto de esquema, el cual Vergnaud la define como una organización de una actividad que no varía para una determinada clase de situaciones (Araque et al., 2018; Arrieta y Moreira, 2011; Cardona et al., 2014; Meleán y Arrieta, 2009; Vergnaud, 1990).

Se puede considerar que un esquema es la causa que mueve a una persona a actuar de la misma manera ante situaciones similares. Por ejemplo, cuando los alumnos resuelven problemas de balanceo de ecuaciones químicas, frecuentemente utilizan el esquema de contar el número de átomos de cada elemento en ambos lados de la ecuación y luego, por ensayo y error, colocar

coeficientes en la fórmula de cada compuesto o elemento presente hasta que las cantidades de átomos de cada elemento en los reactivos y productos se igualen.

El concepto de situación también es de suma importancia en la TCC (Vergnaud, 1990; 2007), debido a que los procesos cognitivos y las respuestas dadas por los estudiantes dependen de las situaciones a las que son enfrentados; el concepto de situación en esta teoría tiene el sentido de tarea o problema a resolver.

Los esquemas se refieren esencialmente a situaciones (Cardona et al., 2014; Pabón y López, 2019) y es en la interacción entre ellos donde se pueden construir nuevos conceptos. Así, el avance cognitivo se basa fundamentalmente en el desarrollo de una vasta compilación de esquemas (Meleán y Arrieta, 2009; Montilla y Arrieta, 2015; Vergnaud, 1996;). En este sentido, los esfuerzos de la educación deben estar dirigidos al desarrollo sostenido de ese amplio repertorio, procurando evitar que estos esquemas solo sirvan para resolver problemas tipo.

Con el objeto de facilitar la comprensión del concepto de esquema, la TCC (Vergnaud, 1990; Araque et al., 2018; Montilla y Arrieta, 2015; Meleán y Arrieta, 2009; Vergnaud, 2007) provee unos elementos constituyentes que se llaman sus ingredientes. Esto resulta fundamental en el presente trabajo porque el análisis de los esquemas utilizados por los estudiantes cuando se les enfrenta a situaciones problemáticas en cada uno de los diversos campos conceptuales de la química, se basa completamente en ellos. A continuación, se describe a cada uno:

- **Metas y anticipaciones:** un esquema va orientado siempre se a una clase de situaciones en las que el aprendiz puede descubrir los objetivos y efectos de la tarea (Araque et al., 2018; Meleán y Arrieta, 2009; Vergnaud, 2007). La idea central consiste en que el alumno entienda la situación propuesta, identifique los datos o condiciones del problema y las metas y submetas; que ejerza un dominio casi permanente sobre las metas y anticipaciones mientras ejecuta la tarea (Araque et al., 2018; Montilla y Arrieta, 2015).

- **Reglas de acción:** son la parte del esquema que generan tanto la acción como la toma de información y el control de las propias acciones materiales que permiten la modificación de la conducta en situación. Son reglas condicionales del tipo *si* (condición existente en la situación para el estudiante), *entonces* (debe efectuarse alguna acción, toma de información o control).

- **Invariantes operatorios:** representa la base conceptual tácita o evidente contenida en los esquemas. Permiten identificar objetos en una situación, así como sus propiedades, relaciones, transformaciones, obtener la información pertinente, e inferir de ella las consecuencias

convenientes para la acción, la toma de información y el control, esto es, las reglas de acción más apropiadas.

- Posibilidades de inferencia: son las reflexiones que contiene obligatoriamente un esquema para anticiparse a una situación dada, constituyen el instrumento de adaptación de la tarea y de la conducta a sus características individuales (Montilla y Arrieta, 2015; Vergnaud, 2007). Las inferencias generan las reglas de acción, están presentes en todo momento porque una acción no puede ser provocada por una situación y luego desarrollarse de manera totalmente automática, es decir, sin control y sin toma de nueva información.

El presente trabajo tuvo como objetivo generar un modelo didáctico orientado al desarrollo de esquemas de aprendizaje en química en estudiantes universitarios, basado en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. Este modelo es una nueva alternativa al método convencional predominante, ya que busca que el educando incremente sus habilidades para el manejo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Hernández, 2017; Tirado y Roque, 2019) y diversos recursos educativos (Díaz-Barriga y Hernández, 2010; Jiménez, 2008); resuelva problemas de forma reflexiva y razonada (García, 2019; Machado et al., 2017; Meleán y Arrieta, 2009; Moncaleano, 2008; Montilla y Arrieta, 2015; Poveda, 2019; Villarreal, 2010); considere las prácticas de laboratorio como una oportunidad para construir conocimientos, valorando el trabajo cooperativo (Arrieta, 2002; Arrieta y Moreira, 2011; Jiménez, 2008; Hernández et al., 2018; Pabón y López, 2019); se encuentre más motivado y comprometido con su aprendizaje, para que además de ser significativo sea crítico (Moreira, 2005); sean tomando en cuenta sus estilos de aprendizaje, para formar grupos heterogéneos y socializar de esta manera sus conocimientos, (Alonso et al., 2007; Gutiérrez, 2018); todo esto con el fin de que logre desarrollar un amplio conjunto de esquemas para el abordaje de las numerosas situaciones problemáticas que se le presenten, en los diversos campos conceptuales de la química.

Cada uno de los elementos que conforman el modelo didáctico surge de la reflexión sobre la manera tradicional con que habitualmente los docentes conducen lo que sucede en el aula, la cual generalmente no contribuye al desarrollo de esquemas de aprendizaje de los estudiantes y, por tanto, no se observa progreso cognitivo referido a conceptos químicos.

Esta forma de dirigir el proceso educativo se distingue por el uso casi exclusivo del libro y el pizarrón, propuestas de ejercicios que se resuelven algorítmicamente y sin evaluación o juicio crítico tanto del proceso como de los resultados, clases donde casi todo el tiempo el profesor habla

y los alumnos escuchan, utilización del laboratorio como espacio para comprobar teorías y uso de problemas tipo que se resuelven mediante un solo esquema ordinario o hábito, entre otras características que hacen imposible que estos esquemas se desarrollen y se logre la conceptualización.

Esta situación menoscaba el proceso de enseñanza y de aprendizaje y, por tanto, se requiere de formas alternativas para la instrucción que redunden en nuevos modos de aprender y en el empleo de técnicas más acordes con la generación de profesionales críticos, con mayor capacidad metacognitiva y de adaptación a los cambios que se presentan constantemente, con habilidades en el manejo de tecnologías y trabajo en equipo, resolutores de problemas y con potencial para transferir el conocimiento a cualquier área científica que sea de su competencia.

En este contexto, es pertinente la propuesta de un modelo didáctico orientado al desarrollo de una amplia y diverso conjunto de esquemas, mediante el uso de una sistemática que conlleve a la construcción de significados claros, precisos, diferenciados, transferibles; a la formación y establecimiento de un espíritu crítico y reflexivo, necesario para la realización de cualquier tarea o actividad profesional.

Metodología

La metodología utilizada fue documental de tipo proyectiva por cuanto se generó, a partir del análisis de los esquemas utilizados por estudiantes en la resolución de situaciones problemáticas de química y de la revisión de otros artículos científicos (Montilla y Arrieta, 2015; Vergnaud, 1996; Meleán y Arrieta, 2009), una propuesta de un modelo didáctico que puede ser de mucho valor para docentes e investigadores en su empeño de perfeccionar los procesos que ocurren en el aula, lo que redundaría en una mejor formación de los estudiantes.

La investigación documental (Arias, 2012) se basa en la búsqueda, evaluación, análisis e interpretación de datos en fuentes documentales, impresas o digitales. La investigación proyectiva (Hurtado, 2014), consiste en la elaboración de una propuesta o modelo, que dé respuesta a un problema, a partir de un diagnóstico de las necesidades actuales, las causas y las metas.

Modelo Didáctico para el Desarrollo de Esquemas

En el presente artículo se propone un modelo didáctico orientado al desarrollo de esquemas de aprendizaje en química, desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, mediante una sistemática de trabajo basada principalmente en la resolución de problemas y el aprendizaje cooperativo.

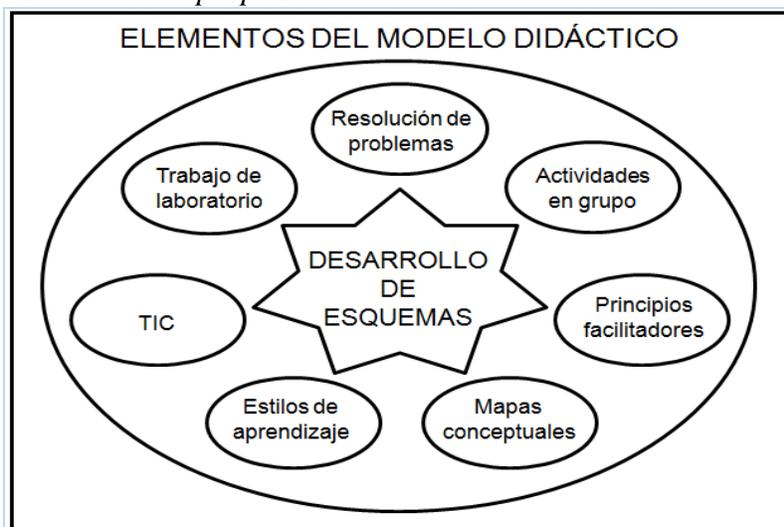
El modelo didáctico se desarrolló inicialmente para los estudiantes (futuros Ingenieros Agrónomos) de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela, en el tema sobre métodos clásicos de análisis químico, pero puede ser aplicado en otras áreas de las ciencias, con los ajustes que sean pertinentes.

Elementos Constituyentes del Modelo Didáctico

Está organizado por siete elementos constituyentes que se desarrollan paralelamente a lo largo de todo el proceso conducente al desarrollo de un amplio y variado repertorio de esquemas. Estos elementos se muestran en la Figura 1, y se describen a continuación.

Figura 1

Elementos del modelo didáctico propuesto



Nota. Elaboración propia.

Resolución de Problemas

La inclusión de este elemento en el modelo didáctico se justifica plenamente porque la principal labor del docente es ofrecer situaciones problemáticas de interés para sus estudiantes (Arrieta y Moreira, 2011; Montilla y Arrieta, 2015; Vergnaud, 1990); esto es, seleccionadas con

detalle, variadas, mostradas en el momento oportuno, de diferente complejidad; lo que favorecerá a los alumnos en la construcción de un extenso conjunto de esquemas de aprendizaje, capacitándolos para resolver situaciones cada vez más complejas y, en consecuencia, se apropiarán gradualmente de un determinado campo conceptual.

Los conceptos adquieren sentido para el estudiante solamente a través de una variedad de situaciones problema que pretenda resolver (Arrieta y Moreira, 2011; Cardona et al., 2014; Vergnaud, 2007), siendo el sentido una relación del alumno con los referentes y significantes. Más aun, son los esquemas invocados en el estudiante por un problema o un significante lo que constituye el sentido de ese problema o de ese significante para ese estudiante.

Por otra parte, cuando se enfrenta a los alumnos a situaciones problema (García, 2019; Meleán y Arrieta, 2009; Moncaleano, 2008; Poveda, 2019; Villarreal, 2010), se ponen en acción los conceptos y teoremas asociados, haciendo posible el análisis de las dificultades conceptuales. Esto permite identificar los conocimientos previos sobre los cuales se apoya el estudiante para aprender, así como para encontrar relaciones y falta de conexión entre conceptos. Esto es de suma importancia porque en la enseñanza es preciso identificar cuáles conocimientos tiene el alumno antes de iniciar una clase que lo ayudarán a adquirir nuevos aprendizajes y cuáles resultarán ser obstáculos (Arrieta y Moreira, 2011; Vergnaud, 1990).

Varios autores (García, 2019; Machado, 2017; Meleán y Arrieta, 2009; Moncaleano, 2008; Montilla y Arrieta, 2015; Poveda, 2019; Villarreal, 2010) afirman que la resolución de problemas constituye una de las herramientas más eficaces para el logro de aprendizajes significativos porque, entre otros beneficios, permiten mejoras en su comprensión, interpretación, relación con conocimientos previos y transferencia a otras situaciones; el establecimiento de relaciones entre la teoría y la práctica; la detección de anomalías y errores y aprender de ellos; el aprendizaje de procedimientos; el desarrollo de competencias de investigación, elaboración y ejecución de planes de acción; el aumento de la perseverancia, la capacidad de comunicación y de trabajar en equipo; la activación de la curiosidad y el interés sobre el tema a tratar.

Actividades en Grupo

La teoría sociocultural vygotskiana tuvo mucha influencia en la construcción de la TCC y uno de los elementos más importantes que considerado de su legado fue la importancia dada a la interacción social (Araque et al., 2018; Diaz-Barriga y Hernández, 2010; Jiménez, 2008;

Vergnaud, 1990). En este sentido, en el modelo didáctico se incluyeron actividades en grupo porque constituyen un vehículo para la promoción del aprendizaje cooperativo, herramienta didáctica de sumo valor tanto en el salón de clases como en el laboratorio.

En la TCC se designa con el nombre de invariantes operatorios al conocimiento contenido en los esquemas, y esos invariantes pueden tomar la forma de proposiciones consideradas verdaderas por el estudiante, llamadas teoremas-en-acción, o de categorías de pensamiento consideradas como pertinentes, a las que llama conceptos-en-acción (Araque et al., 2018; Meleán y Arrieta, 2009; Montilla y Arrieta, 2015; Vergnaud, 1990).

Generalmente, la mayor parte de estos invariantes operatorios permanecen totalmente implícitos, esto significa que los alumnos no son capaces de explicarlos ni tampoco de expresarlos en lenguaje natural cuando se enfrentan a una situación problemática (Machado, 2017). Pero esos invariantes operatorios implícitos pueden convertirse en conocimiento explícito y ese proceso de explicar lo que el estudiante hace puede ayudar a que los conceptos y teoremas-en-acción se conviertan en conceptos y teoremas científicos verdaderos (Meleán y Arrieta, 2009; Montilla y Arrieta, 2015).

El conocimiento explícito puede ser objeto de discusión; en cambio, los invariantes operatorios asumidos como verdaderos de manera totalmente implícita, no. El carácter del conocimiento cambia si se comunica y debate con otras personas, y esto es precisamente el objetivo que se persigue al proponer actividades y discusiones en grupo, conjuntamente con la mediación del profesor.

Por otro lado, con este tipo de actividades se promueve la diversidad de opiniones, hay mayor amplitud de conocimientos, se logra más eficacia en el logro de resultados, se obtienen mejoras en el uso del lenguaje y se adquiere sentido de pertenencia, lo que conlleva, por una parte, a un incremento de la responsabilidad y la motivación, y por otra a una disminución en la frustración (Díaz-Barriga y Hernández, 2010).

Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio es de suma importancia en la didáctica de la química porque la mayoría de las actividades relacionadas con esta área de las ciencias son de naturaleza experimental (Arrieta, 2002; Arrieta y Moreira, 2011; Hernández, 2018; Pabón y López, 2019).

La inclusión de este elemento en el modelo didáctico permite el desarrollo de habilidades, técnicas, métodos y actitudes, así como la relación entre los conocimientos teóricos expuestos en clase y sus aplicaciones reales. Más aún, se pueden formar conceptos en la estructura cognitiva del estudiante a partir de la experimentación.

Durante el desarrollo de las actividades en el laboratorio, se propondrán situaciones problemáticas de química de tal manera que el estudiante active los esquemas disponibles en su estructura cognitiva para dar explicaciones, emitir hipótesis, tomar decisiones, con lo que pondrá en marcha un plan de acción, cuyos resultados evaluará en función de sus invariantes operatorios.

El proceso descrito implica que el trabajo de laboratorio supone enfrentarse y resolver una serie de tareas científicas que suponen una actividad cognitiva compleja, la cual enriquecerá su estructura de conocimiento mediante la asimilación, adaptación y desarrollo de un amplio repertorio de esquemas.

Asimismo, en función de las preferencias y modos de aprender de cada estudiante, este tipo de actividades encajan perfectamente en las propuestas didácticas para cada uno de los estilos de aprendizaje (Alonso et al., 2007; Gutiérrez, 2018).

Elaboración de Mapas Conceptuales

El uso de herramientas heurísticas como los mapas conceptuales, permite el análisis del conocimiento de los alumnos porque están concebidos como diagramas jerárquicos donde se muestran relaciones entre conceptos, con la finalidad de revelar la estructura conceptual de una asignatura determinada y conocer los significados que el estudiante atribuye a dichos conceptos bajo estudio.

Por otra parte, la construcción de mapas conceptuales está vinculada al desarrollo de destrezas de comunicación verbal y escrita (Díaz-Barriga y Hernández, 2010; Reyes et al., 2005). Este hecho se promueve cuando se le solicita al estudiante la exposición de su mapa conceptual y la aprobación o desaprobación argumentada de las ideas expuestas por sus compañeros de clase. Además, se refuerza el proceso de evaluación y la formación del espíritu crítico del estudiante.

Adicionalmente, los mapas conceptuales resultan útiles para facilitar a los estudiantes llegar a acuerdos con los conocimientos de sus compañeros y el profesor, resultando de mucha importancia porque el conocimiento es algo que se construye y que, para aprender el significado de cualquier concepto es preciso intercambiar opiniones, convencer o llegar a consensos (Marques,

2011; Montilla y Arrieta, 2015; Reyes et al., 2005). En este sentido, se puede decir que los mapas conceptuales fomentan el aprendizaje cooperativo, ayudando a los alumnos a entender su papel protagonista en el proceso de aprendizaje y propiciando un ambiente de respeto y colaboración entre todos.

Consideración de los Estilos de Aprendizaje

La inclusión de los estilos de aprendizaje como elemento constituyente del modelo didáctico se debe, por una parte, a la consideración de heterogeneidad cuando se organizan los grupos o equipos durante la planificación del aprendizaje cooperativo (Jiménez, 2008). En lo que respecta a este artículo, se sugiere la conformación de grupos con personas de diversos estilos de aprendizaje, a quienes les sean intercambiados sus roles dentro del equipo con la intención de facilitarles el desarrollo de otros estilos que no sean predominantes en ellos, y de esta manera capacitarlos en el desempeño de actividades que inicialmente les resulte difícil de realizar.

Por otra parte, el conocimiento de los estilos de aprendizaje (Alonso et al., 2007; Gutiérrez, 2018) proporciona información valiosa al docente que lo ayudará a seleccionar estrategias didácticas más efectivas que consideren las condiciones en las que aprenden sus alumnos y así conducir mejor los procesos que acontecen en el aula. En este sentido, se proponen materiales, actividades y evaluaciones, tanto en el salón de clases como en el laboratorio, que promuevan la diversidad de maneras de aprender, con la finalidad de favorecer las actividades realizadas mediante el trabajo cooperativo, ya que los equipos de trabajo cuentan con individuos que utilizan distintas herramientas para lograr sus aprendizajes, con lo cual se promueve el conocimiento propio y el de los demás.

Uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Este elemento del modelo didáctico siempre resulta innovador porque constantemente tiene el potencial para modificar el proceso de enseñanza en cuanto a las estrategias utilizadas en el salón de clases y el laboratorio, los materiales educativos, los roles del docente y los estudiantes, los horarios, ritmos y modos de aprender, acceso a la información en cuanto disponibilidad, espacio, tiempo e idioma, entre otros.

Estas herramientas favorecen tanto el aprendizaje individual como el cooperativo y estimulan el desarrollo de habilidades para su uso y de procesos como la resolución de problemas, la creatividad y el control. Asimismo, impactan positivamente en la motivación y el interés de los

estudiantes, propiciando nuevas formas de aprender (presencial y a distancia) y la creación de nuevos conocimientos (Araque et al., 2018; Gargallo, 2018; Hernández, 2017; 2018; Luna-Romero, 2019; Pabón y López, 2019; Tirado y Roque, 2019).

Por otra parte, mediante el uso de las TIC se pueden diseñar actividades dirigidas a estudiantes con cualquier estilo de aprendizaje. En este sentido, este recurso favorece a los del estilo activo porque siempre se hace algo nuevo, incentiva la curiosidad y la participación de actividades en pequeños grupos; a los del estilo reflexivo porque se crean espacios para el pensamiento crítico y creativo; a los del estilo teórico porque se esquematizan teorías, leyes y propiedades, aplicando los conceptos; a los del estilo pragmático porque se experimenta y observa, creando ambientes de aprendizaje asistidos por el computador, mediante el uso de imágenes, videos, simulaciones, entre otros.

Atención a los Principios Facilitadores del Aprendizaje Significativo Crítico

El aprendizaje, además de ser significativo, debe ser crítico (Moreira, 2005). Esta condición adicional del aprendizaje es necesaria para sobrevivir en una sociedad contemporánea caracterizada por el cambio permanente, de conceptos, valores y tecnologías.

El aprendizaje significativo crítico permite al alumno, de manera constructiva, lidiar con los cambios sin dejarse dominar; manipular la información sin abrumarse ante su gran disponibilidad; desarrollar y hacer uso de la tecnología sin convertirse en su esclavo; trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la probabilidad; rechazar las certezas, las verdades y definiciones absolutas, admitiendo que el conocimiento siempre está en proceso de construcción y que nunca se capta directamente lo que sucede en el mundo, solo se representa.

Para lograr esto [26], se propone una serie de principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico, los cuales son totalmente posibles de aplicar en el salón de clases, haciendo los ajustes necesarios en las actividades para que se favorezca su implementación (Montilla y Arrieta, 2015).

Sistemática de Trabajo

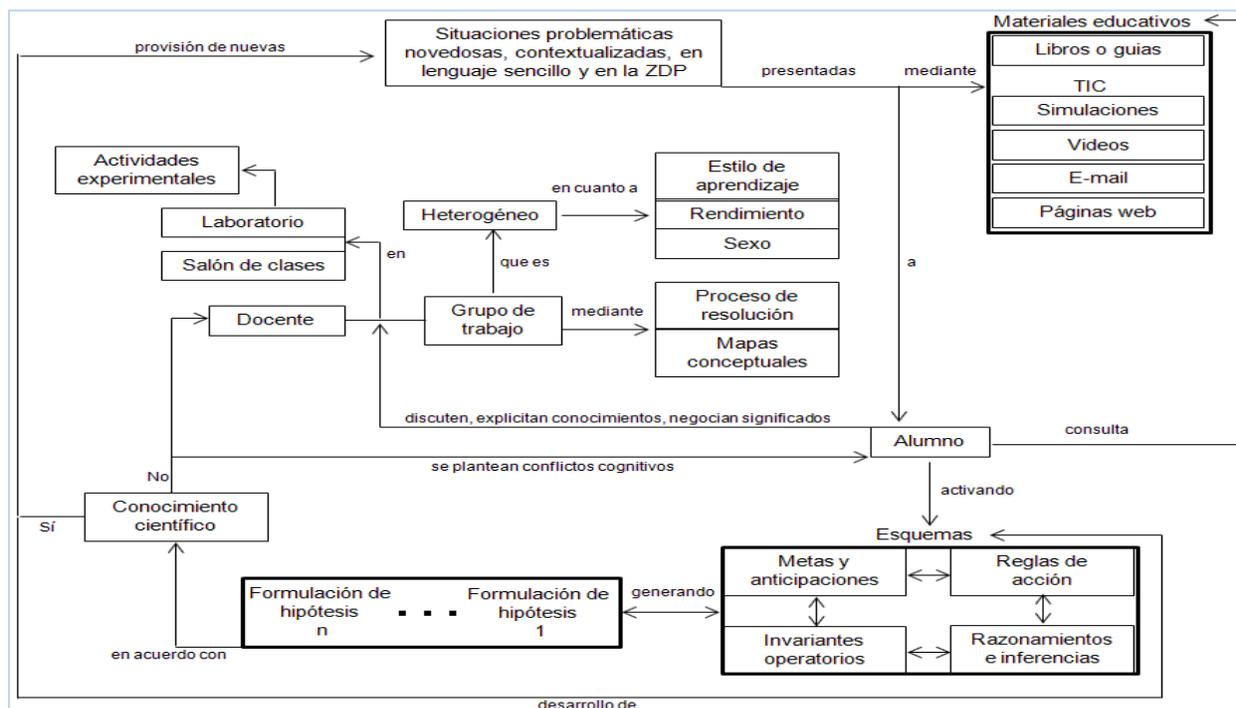
Comprende actividades implementadas tanto en el salón de clases, como en el laboratorio y fuera de estos espacios.

Todos los aspectos de la sistemática de trabajo que forman parte del modelo didáctico, comprenden una serie de estrategias con las que se atienden a estudiantes con diversos estilos de

aprendizaje, están fundamentados teóricamente para contribuir al desarrollo de esquemas de aprendizaje en química y en otras ciencias en general. En este sentido, el modelo puede ser aplicado en cualquier campo del conocimiento dentro de las ciencias experimentales, como es el caso de la biología, química y física. El esquema del modelo se muestra en la Figura 2, en el cual se plantean sus elementos constituyentes y las relaciones de enlace entre las actividades implementadas en la sistemática de trabajo, partiendo de situaciones problemáticas novedosas, dentro de la zona de desarrollo próximo (ZDP) en términos vyotskianos, para activar los esquemas de aprendizaje de los estudiantes y puedan formular hipótesis y construir conceptos cada vez más en acuerdo con el conocimiento científico, de forma creativa, reflexiva y crítica.

Figura 2

Esquema del modelo didáctico orientado al desarrollo de esquemas de aprendizaje



Nota. Elaboración propia.

- **En actividades previas fuera del horario de clases**

1. Presentación del modelo didáctico a los alumnos. La exposición debe incluir las motivaciones del mismo, elementos que lo constituyen, objetivos, actividades a realizar, procedimientos, tiempos, materiales, reactivos, equipos y forma de evaluación. Debe darse un espacio para compartir expectativas y aclarar dudas.

muestra un mapa conceptual elaborado en clase sobre análisis gravimétrico, con la respectiva jerarquización de conceptos y palabras de enlace.

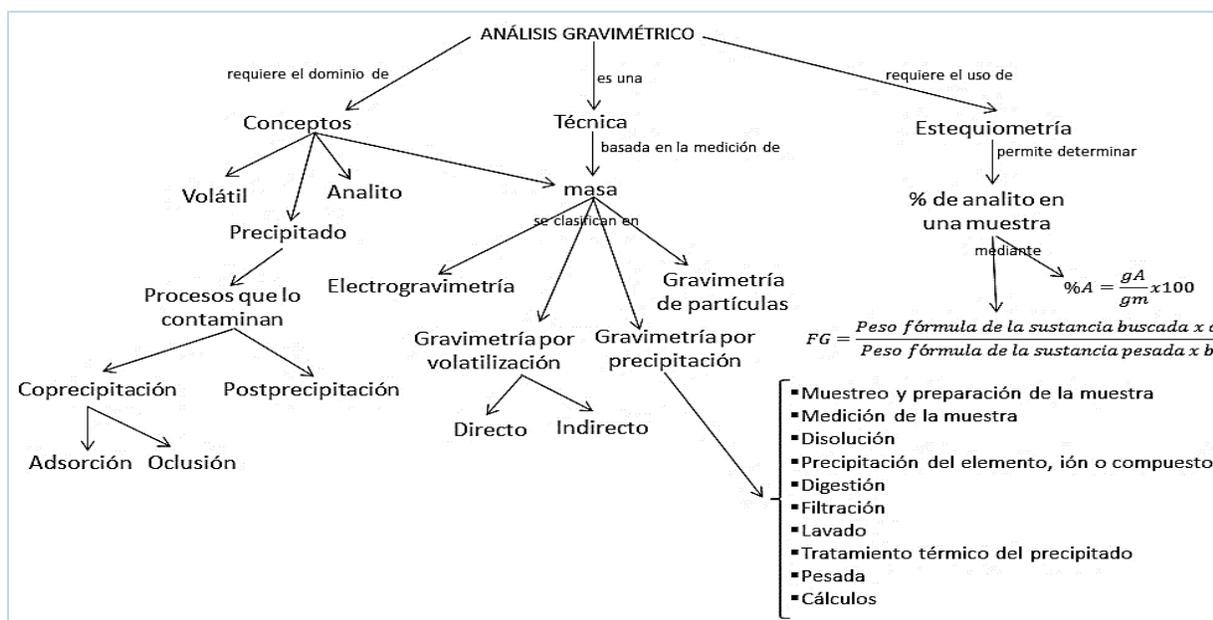
7. Clase sobre el proceso de resolución de problemas. Esta clase, donde deben incluirse ejemplos, comprende la definición de problema, ventajas de esta metodología, clasificación en problemas cuantitativos y cualitativos, condiciones para la resolución de problemas y fases en el proceso de resolución.

8. Solicitud de correos electrónicos y números telefónicos para compartir información, recomendar enlaces y asignación de actividades.

9. Solicitud de lectura sobre el tema a tratar y posterior construcción de un mapa conceptual de manera individual, los cuales se entregarán por correo electrónico. Para ello se entrega un material escrito elaborado para tal fin y enlaces para visitar en páginas web.

Figura 4

Mapa conceptual sobre análisis gravimétrico



Nota. Elaboración propia.

• En el salón de clases

1. Entrega de los mapas conceptuales asignados y solicitud de construcción, mediante consenso, de otro mapa conceptual de manera grupal.

2. Exposición de los mapas conceptuales construidos por un miembro de cada grupo, evaluándose según lo previsto en el baremo correspondiente, el cual considera la validez de las relaciones entre conceptos, la diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

3. Provisión de situaciones problemáticas a cada uno de los equipos las cuales deben ser cualitativas y cuantitativas, contextualizadas, novedosas, en lenguaje sencillo y en la zona de desarrollo próximo (ZDP) de los alumnos. Asimismo, deben ser variadas en cuanto al contexto, lenguaje, gráficos, formas de tratar los conceptos, así como en la dificultad, con datos completos, incompletos, inútiles, con información numérica o sin ella, con una o múltiples soluciones.

4. Concesión de un tiempo para el estudio cualitativo de la situación, focalizando, acotando y definiendo de manera precisa el problema, explicitando las condiciones consideradas y lo que se trata de determinar. En términos vergnaudianos, se deben activar las metas y anticipaciones, esto es, se trata de que el alumno comprenda la situación planteada y su contexto, reconocer datos o condiciones del problema, sean estos explícitos o tácitos, así como metas y submetas.

5. Discusión grupal para formular hipótesis sobre las situaciones problemáticas propuestas y los alumnos tengan oportunidad de explicitar, discutir y negociar sus ideas.

6. Elaboración de posibles estrategias de resolución a partir del conocimiento previo de la situación, del estudio cualitativo y de las hipótesis formuladas.

7. Ejecución de las estrategias verbalizando y fundamentando al máximo lo que se hace. Se desea una resolución literal de principio a fin, permitiendo que el tratamiento se mantenga próximo a los principios manejados y facilite el análisis de los resultados.

8. Exposición de las respuestas por parte de un miembro de cada equipo y recopilación por parte del docente, de las proposiciones emitidas y los conceptos involucrados. En otras palabras, se busca explicitar e identificar los teoremas-en-acción y conceptos-en-acción involucrados en sus discursos.

9. Contrastación de las respuestas entre los grupos con la intención de encontrar dudas, obstáculos y nuevos invariantes operatorios. Es imperativo saber escuchar, se debe dejar que los alumnos hablen.

10. Evaluación de las respuestas a partir de las hipótesis elaboradas, captando la congruencia del resultado obtenido con el contexto de la situación planteada. En ese sentido, se deben plantear las siguientes interrogantes: ¿Es razonable el valor de la respuesta? ¿Depende la respuesta, de una forma cualitativa, de los parámetros del problema en el sentido que cabría esperar? ¿Se ajusta la

respuesta a lo que se podría esperar en situaciones sencillas y especiales? ¿Se obtiene la misma respuesta por otro medio diferente de resolución? Es muy importante poner nuevamente a prueba la creatividad de los alumnos al solicitarles la creación de nuevos problemas a partir de los resultados obtenidos, tal como ocurre en las verdaderas investigaciones.

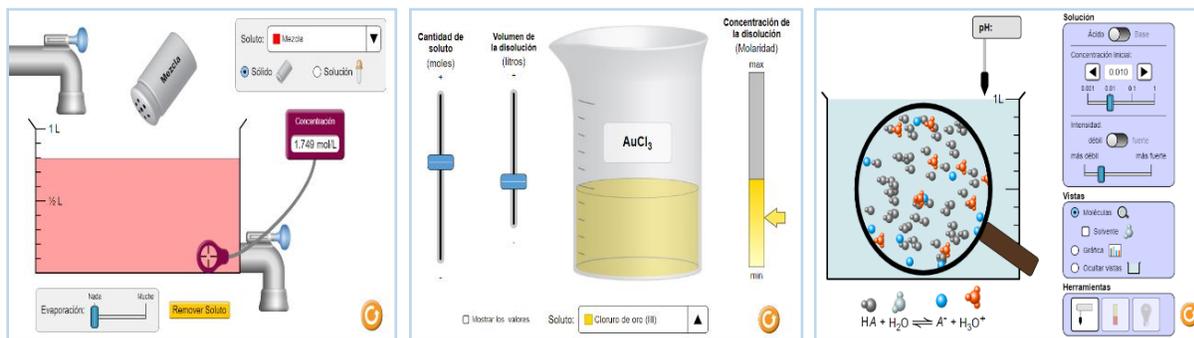
11. Exposición por parte del profesor sobre los conceptos tratados desde la perspectiva de las situaciones problemáticas abordadas, destacando los invariantes operatorios utilizados por los alumnos y discutiendo las ideas manifestadas que son contrarias a las aceptadas por la comunidad científica. Cuando se utilizan ideas contrarias al conocimiento científico mientras se argumentan hipótesis, lejos de ser algo negativo, es una excelente oportunidad de activar los conocimientos previos, explicitar, discutir y negociar ideas y significados y, la falsación de dichas hipótesis que resultan de intentar resolver un problema, pueden convertirse en conflicto cognitivo, con la consecuencia de una posible aproximación de sus invariantes operatorios hacia verdaderos conceptos y teoremas científicos.

12. Presentación por parte del docente de las ideas científicas tratadas haciendo uso del computador, proyector digital e internet, sintetizando las mismas mediante un mapa conceptual. En la presentación deben incluirse experiencias alusivas al tema en estudio como simulaciones, videos, páginas web, entre otros, con el objeto de optimizar el tiempo invertido en la clase, diversificar las formas de exposición de los conceptos y promover la interacción con los alumnos. En la Figura 5 se muestran algunas imágenes sobre simulaciones extraídas de internet, alusivas al análisis volumétrico y discutidas en la clase. (https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_es.html).

13. Entrega de nuevas situaciones problemáticas a través de correo electrónico, con las características mencionadas en el paso 3, para que interactúen con sus esquemas de aprendizaje, permitiendo un posible desarrollo de los mismos.

Figura 5

Imágenes de una simulación de internet alusivas al análisis volumétrico



Nota. Elaboración propia.

14. Repetición de la secuencia comprendida entre los puntos 4 al 12.

15. Realización de actividades de autoevaluación y coevaluación la para obtención de notas individuales a partir de grupos cooperativos (Jiménez, 2008).

16. Aplicación de un cuestionario con situaciones problemáticas más complejas para evaluar el desarrollo de esquemas de aprendizaje de los estudiantes sobre química. Este cuestionario también se complementa con la realización de entrevistas a cada uno de los estudiantes de acuerdo al mismo guion. Si los invariantes operatorios no están en acuerdo con el conocimiento científico o los otros ingredientes de los esquemas no presentan un avance con respecto a los diagnosticados al inicio, se proponen nuevas situaciones problemáticas y se repite el ciclo comprendido entre los puntos 4 al 12.

• En el laboratorio

1. Planteamiento de situaciones problemáticas cualitativas, novedosas, relacionadas con la cotidianidad de los estudiantes (Arrieta, 2002; Arrieta y Moreira, 2011; Hernández, 2018; Pabón y López, 2019) [2], [7],[24],[25], y en sus zonas de desarrollo próximo en términos vygotskianos, en las que, mediante un breve análisis, reconozcan datos, condiciones, así como metas y submetas.

2. Entrega por escrito, de manera individual, y con base en los conocimientos disponibles, las respuestas o hipótesis argumentadas de las situaciones propuestas.

3. Discusión de las repuestas individuales en equipos pequeños para llegar a un consenso que se entregará por escrito, con la intención compartir, negociar y reconstruir significados.

4. Exposición de los consensos por parte de cada equipo seguidas de las respectivas observaciones de los demás, hasta llegar a un nuevo consenso antes de ser verificado experimentalmente.

5. Planificación y ejecución de las experiencias por parte de los grupos, así como la recolección y procesamiento de los datos.

6. Prueba de los consensos o hipótesis emitidas, discusión, reconstrucción de leyes, reconocimiento o establecimiento de relaciones, estimación de tendencias, evaluación de casos límites, interactuando con situaciones y objetos relacionados con el tema tratado.

7. Análisis por parte de cada grupo sobre las hipótesis emitidas y los resultados obtenidos, explicando los posibles encuentros y desencuentros y estableciendo conclusiones. Paralelamente se debe promover el análisis cuantitativo de los datos mediante el estudio de representaciones gráficas y la realización de cálculos estadísticos, así como la evaluación de la razonabilidad de los resultados.

8. Exposición de manera grupal sobre las conclusiones obtenidas y contrastación con el conocimiento científico a través de la mediación docente por parte de la investigadora, en un ambiente conciliador de los diferentes planteamientos realizados por cada grupo.

9. Evaluación de los aprendizajes logrados mediante la solicitud de un informe por escrito a cada grupo donde realicen un juicio crítico de todo el proceso a través de mapas conceptuales, así como de su actuación ante nuevas situaciones donde deban hacer transferencias de los conocimientos adquiridos.

En la realización de cada una de estas etapas, se propone el uso de prácticas de laboratorio estructuradas siguiendo unas orientaciones didácticas establecidas. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de una práctica de laboratorio estructurada, resumida en una sola página.

Figura 6

Práctica de laboratorio estructurada (Resumida)

Práctica de laboratorio (Análisis gravimétrico)

PROPOSITO

Los distintos alimentos contienen diferentes cantidades de agua. Determinar el contenido de agua de los alimentos es importante porque, entre otras razones, nos permite conocer su composición y su relación con el peso seco, prolongar su conservación impidiendo el desarrollo de microorganismos y otras reacciones de deterioro químicas o enzimáticas indeseables, mantener su textura y consistencia, orientar al comprador de materias primas ya que este no desea adquirir agua en exceso, cumplir con límites de humedad legales establecidos y en algunos casos para facilitar la molienda.

Por otra parte, el análisis gravimétrico consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, convirtiendo el constituyente deseado en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse. En las actividades que presentan a continuación se aplicará el análisis gravimétrico para determinar la humedad en muestras sometidas a un proceso de secado mediante calentamiento a una temperatura suficiente como para que se pierda el agua por evaporación hasta peso constante. La diferencia de masas antes y después del secado permite la estimación del contenido de agua en la muestra (método indirecto).

En la realización de las experiencias tendrás la oportunidad de adquirir habilidades y destrezas en la aplicación del método gravimétrico de análisis para la determinación de humedad en muestras vegetales, agua y sólidos totales en la leche y sulfatos en muestras de agua.



MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Materiales: Pesa sustancias, pinza de metal, desecador, varilla de agitación, capsula de porcelana pequeña, vasos de precipitado, mechero, tela metálica, soporte universal, papel absorbente, embudo, papel de filtro.

Equipos: Estufa y balanza.

Reactivos: Muestra vegetal, muestra acuosa, leche y solución de $Ba(NO_3)_2$

PLANTEAMIENTOS

¿Un maíz con el 7% de humedad tiene más valor por kilogramo que un maíz con el 12% de agua?

Argumente.

1. En un análisis se reporta que un pasto tiene porcentajes de proteína de 11,6%, 4,77% y 12,60%. Indique cuál de estos valores corresponde al % de proteína en base seca, base húmeda y secado al aire.

ACTIVIDADES

Determinación de la humedad en muestras vegetales

- Toma un peso sustancia limpio e identificable convenientemente. Lívalo a una estufa calentada entre 150 -160 °C y deja secar durante 1-2 horas.
- Traslada con una pinza el peso de sustancia desde la estufa a un desecador y permite que se enfríe durante 30 min hasta temperatura ambiente. ¿Por qué es necesario dejar enfriar el peso sustancia dentro del desecador?
- Pesa una cantidad de muestra entre 1,0 y 2,0 gramos que te suministrará el asistente y anótala (m_1). ¿Qué procedimiento realizarías para obtener el valor de m_1 ?
- Coloca el peso sustancia con la muestra (siempre emplea la pinza) y lívalo a una estufa que haya sido regulada entre 105 y 110 °C. Se dejará en la estufa durante toda la noche.
- Luego coloca el peso sustancia en un desecador y cuando esté a temperatura ambiente, pévalo tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad. Determina la masa seca (m_2).
- ¿Cómo determinarías el porcentaje de humedad de la muestra vegetal proporcionada?

SITUACIONES DE TRANSFERENCIA

1. Realiza un juicio crítico de todo el proceso mediante un mapa conceptual.
2. Investiga acerca de la importancia de la determinación de humedad en muestras de alimentos, vegetales, fertilizantes, entre otros.

Nota. Elaboración propia.

Paralelamente a la metodología de trabajo propuesta, se deben utilizar las estrategias motivacionales (Díaz-Barriga y Hernández, 2010), con las cuales se persigue activar la curiosidad y el interés del alumno en el contenido a estudiar.

Estas estrategias consisten en la presentación de información nueva, sorprendente o incongruente con sus conocimientos previos; expresar la relevancia del contenido para el alumno; fomento de la autonomía, la responsabilidad y la participación en la toma de decisiones; promoción del aprendizaje cooperativo sin desatender al mismo tiempo las necesidades individuales; uso de la evaluación como una oportunidad de aprendizaje; adaptación de las actividades a los ritmos de aprendizaje; establecimiento de expectativas positivas y mensajes que mejoren la autoestima de los alumnos y su desempeño.

Además, se sugiere la aplicación simultánea en todas las fases, de las siguientes consideraciones:

- a) Predominio de un clima de afecto caracterizado por la franqueza, confianza, respeto,

libertad de expresión.

b) Reforzamiento de la seguridad del alumno a través de la confianza, la empatía y el sentido del éxito. Se deben evitar los mensajes donde exista contradicción entre el lenguaje corporal y el verbal porque generan desconcierto, inseguridad y enseñan a desconfiar, así como expresiones sarcásticas y juicios permanentes que conlleven a baja autoestima.

Conclusiones

Las investigaciones sobre didáctica de las ciencias suponen la superación del modelo tradicional de transmisión de conceptos por uno donde el estudiante participe más activamente en su propio aprendizaje.

El modelo didáctico propuesto, fundamentado en la teoría de los campos conceptuales, provee herramientas para el estudio de las dificultades de los alumnos en el aprendizaje de conceptos químicos, en la resolución de problemas y en el cambio conceptual, y una vez identificadas las dificultades, hace posible la planificación y selección de situaciones que ayuden en la progresiva superación de las mismas.

Incluye resolución de situaciones problemáticas y trabajo de laboratorio para activar los esquemas de aprendizaje, de esta manera se logra que los conceptos científicos adquieran sentido para el estudiante; actividades en grupo para compartir y contrastar conocimientos; mapas conceptuales para el análisis del conocimiento y como elemento facilitador de aprendizaje significativo; tecnologías de la información y la comunicación como elemento motivacional, de interacción y proveedor de información; estilos de aprendizaje para formar grupos heterogéneos y selección de diversas estrategias de enseñanza; principios facilitadores de aprendizaje significativo crítico sobrevivir en una sociedad contemporánea caracterizada por el cambio permanente, de conceptos, valores y tecnologías.

Este modelo didáctico fue aplicado a un grupo de estudiantes de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela, en el tema sobre métodos clásicos de análisis químico, durante el desarrollo de una tesis doctoral; se evaluaron los esquemas de aprendizaje antes y después de la aplicación del modelo para determinar sus efectos; los resultados se reportan en otras investigaciones, publicadas y en proceso de publicación.

Referencias

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (2007). *Los estilos de aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Ediciones Mensajero. Séptima edición. Bilbao, España.
- Araque, I., Montilla, L., Meleán, R. y Arrieta, X (2018). Entornos virtuales para el aprendizaje: una mirada desde la teoría de los campos conceptuales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(1), 86-100.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/11721/pdf>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*, Editorial Episteme, Sexta edición, Caracas, Venezuela.
- Arrieta, X. (2002). *Propuesta y evaluación de un modelo para el desarrollo de las prácticas de física*. [Tesis de doctorado no publicada]. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Arrieta, X. y Moreira, M. (2011). Referentes teóricos para el diseño de una estrategia didáctica orientado al desarrollo de esquemas de aprendizaje en ciencias. *Revista Chilena de Educación Científica*, 10(2), 18-27.
- Cardona, G., Andrés, M. y Meneses, J. (2014). La teoría de los campos conceptuales: una exploración como referente en la formación de profesores de ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(3), 553-563. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/71>
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. Editorial McGraw Hill Interamericana, Tercera edición, México D.F.
- García, J. (2019). Estrategias en la resolución de problemas algebraicos en un contexto intercultural en el nivel superior, *Bolema, Rio Claro (SP)*, 33(63), 205-225.
<http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a10>
- Gargallo, A. (2018). La integración de las TIC en los procesos educativos y organizativos. *Educar em Revista*, 34(69), 325-339. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.57305>
- Gómez, P. y Gil, A. (2018). El estilo de aprendizaje y su relación con la educación entre pares. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 221-237.
<http://dx.doi.org/10.6018/rie.36.1.233731>
- Gutiérrez, M. (2018). Estilos de aprendizaje, estrategias para enseñar. Su relación con el desarrollo emocional y aprender a aprender. *Tendencias Pedagógicas*, (31), 83-96.
<http://dx.doi.org/10.15366/tp2018.31.004>

- Hernández, L., Machado, C., Martínez, E., Andreu, N. y Alfred, C. (2018). La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. *Revista Cubana Química*, 30(2), 314-327. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n2/ind12218.pdf>
- Hernández, R. (2017). “Impacto de las TIC en la educación: Retos y perspectivas”. *Propósitos y Representaciones*. 5(1), 325 -347. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Hernández, R. (2018). Nuevas formas de aprender: La formación docente frente al uso de las TIC. *Propósitos y Representaciones*. 6(2), 671-701. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2018.v6n2.248>
- Hurtado, J. (2014). *El proyecto de investigación: Comprensión holística de la metodología y la investigación*, Séptima edición, Ediciones Quirón, Caracas, Venezuela.
- Jiménez, G. (2008). *Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos de la Química*. [Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona, España]. <http://hdl.handle.net/10803/1318>
- Luna, A., Vega, Y. y Luna, M. (2019). Las Tecnologías de la información y la comunicación en la consolidación de la educación superior a distancia en América Latina. *Revista Conrado*, 15(67), 32-37. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Machado, L., Honório, K. y Bueno, M (2017). Collective action and collective scheme in the mobilization of learning chemistry according to Vergnaud’s theory of conceptual fields. *Problems of education in the 21st century*, 75(5), 419-433. <https://www.researchgate.net/publication/321127963>
- Marques, A. (2011). *El uso de mapas conceptuales en la resolución de problemas de biomecánica*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Burgos, España]. <http://hdl.handle.net/10259/166>
- Meleán, R. y Arrieta, X. (2009). Estrategia didáctica para el desarrollo de esquemas en resolución de problemas según la teoría de los campos conceptuales. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 10(2), 69-95. <https://www.redalyc.org/pdf/410/41021266004.pdf>
- Moncaleano, H. (2008). *La enseñanza del concepto de equilibrio químico. Análisis de las dificultades y estrategias didácticas para superarlas*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Valencia, España]. <http://hdl.handle.net/10803/9643>
- Montilla, L. y Arrieta, X. (2015). Secuencia didáctica para el aprendizaje significativo del análisis volumétrico. *Revista Omnia*, 21(1), 66-79. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73742121006.pdf>

- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa. Boletín de Estudios de Investigación*, (6), 83-101. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77100606>
- Pabón D. y López S (2019). La actividad experimental apoyada en las TIC desde la teoría de los campos conceptuales. *Latin American Journal of Science Education*, 6(1), 1-18. http://www.lajse.org/may19/2019_12032.pdf
- Poveda, W. (2019). Resolución de problemas matemáticos y uso de tecnologías digitales en un curso masivo en línea. *Revista Avance y Perspectiva*, 4(4). <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/tag/volumen-4-numero-4/>
- Quintanal, F. (2011). *Estilos educativos y de aprendizaje en la ESO. Relación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico de física y química*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España]. <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?pid=tesisuned:Educacion-Fquintanal>
- Reyes, M., Fontal, B., Suárez, T., Bellandi, F., Contreras, R. y Cancines, P. (2005). *Uso de mapas conceptuales en química. Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química*, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. [Mapas conceptuales en la enseñanza de la Química \(ula.ve\)](http://www.ula.ve)
- Tirado, P. y Roque, M. (2019). TIC y contextos educativos: frecuencia de uso y función por universitarios. *EDUTEC. Revista electrónica de tecnología educativa*, (67), 31-47. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.67.1135>
- Vergnaud, G (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Revista Recherches en Didactique des Mathématiques*. 10(2,3), 133-170. <https://www.ecosad.org/laboratorio-virtual/images/biblioteca-virtual/bibliografiagc/teoria-de-campos-conceptuales-vergnaud-1990.pdf>
- Vergnaud, G. (1996). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica, *Perspectivas: Revista trimestral de educación comparada*, 26(1), 195-207.
- Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos a facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 285-302. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/475>
- Villarreal, G. (2010). *Caracterización del uso de la tecnología, por profesores y alumnos, en resolución de problemas abiertos en matemática en el nivel de secundaria*. [Tesis de doctorado, Universitat de Barcelona, España]. <http://hdl.handle.net/10803/82071>