

CONCEPCIÓN HISTÓRICA DEL CAMBIO CONCEPTUAL DESDE LA APARICIÓN DE LA CIENCIA MODERNA Y SU APLICACIÓN PEDAGÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

HISTORICAL CONCEPTION OF CONCEPTUAL CHANGE SINCE THE APPEARANCE OF MODERN SCIENCE AND ITS PEDAGOGICAL APPLICATION FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC THOUGHT

C.A. Sierra Peña¹, Fundación Universitaria Horizonte¹

RESUMEN

En este artículo se presenta una disertación acerca del origen del cambio conceptual desde el paradigma en las ciencias naturales como una estructura de revolución que modifica el conocimiento de las ciencias exactas a partir de la comprobación y reproducción de conocimiento generado que se vuelve homogéneo para toda la comunidad científica. En relación al cambio conceptual para las ciencias exactas, se establece una correspondencia entre lo conceptual a través de la historia y el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro del aula, ya que allí se gestan ciertos procesos que son permeados por dicho cambio que permiten la estructuración de paradigmas. Partiendo de este análisis se establece la necesidad de enseñar la historia de las ciencias como base para el establecimiento de la estructura conceptual de los estudiantes mediante la labor activa del docente, quien sirve como par académico y establece las relaciones pertinentes entre los hechos actuales y los procesos históricos de las ciencias naturales como medio para enriquecer el proceso enseñanza aprendizaje y la labor docente dentro de aula.

PALABRAS CLAVE: Epistemología, paradigma, cambio conceptual, proceso enseñanza aprendizaje.

ABSTRACT

The following article is a reflection on the origin of the conceptual change seen from the point of view of the paradigm shift in the natural sciences as a structure of revolution that modifies the knowledge of the exact sciences through the verification and reproduction of generated knowledge and that becomes homogenous for the whole scientific community. Starting from that reflection on the conceptual change for the exact sciences, a relation is established between the conceptual change throughout history and the teaching-learning process within the classroom, in which certain processes are permeated by the said change that allows the organization of paradigms. Based on this analysis, the need to teach the history of the sciences is established as a basis for the establishment of the conceptual structure of the students through the active work of the teacher, who establishes relevant relationships between the current facts and the historic processes of the natural sciences as a way to enrich the teacher’s work within the classroom.

KEYWORDS: Epistemology, paradigm, conceptual change, teaching-learning process

I. INTRODUCCIÓN

Es importante analizar la concepción histórica de la ciencia para conocer los cambios conceptuales de la misma y así poder contribuir desde la pedagogía al fortalecimiento y desarrollo del pensamiento científico en una cultura determinada. Por tanto, el primer aspecto a desarrollar es la manera de involucrar a docentes y estudiantes en las propuestas conceptuales de la ciencia para trabajar de forma significativa en los diferentes procesos de enseñanza-aprendizaje.

Cuando se piensa en el rol que desempeñan los docentes en la formación integral de jóvenes ciudadanos comprometidos con el desarrollo de una comunidad y de su proyecto de vida, la entidad educativa participa en la construcción de un currículo con temáticas que se abordan durante un periodo determinado, sin embargo, pocas personas dentro de la comunidad se detienen a pensar en cómo el docente ha diseñado un plan de estudios para el desarrollo del currículo, además del proceso de construcción histórica del conocimiento que

comparte a sus estudiantes.

De igual forma, los profesores tienen la labor de revisar la manera en que se enfrentan a los contenidos que procuran socializar en la clase, bien sea como quien describe algo que se encuentra en un recorrido histórico, queriendo ignorar las propuestas para desarrollos conceptuales que han llevado a la consolidación del conocimiento en ciencias, o por el contrario, proporcionar el reconocimiento y la relevancia de cada uno de estos acontecimientos, ya que dan sentido al surgimiento de ideas y formas de hacer que han aportado a la formación de lo que hoy se conoce como ciencia moderna.

El objetivo de este artículo consistió en analizar y establecer una relación del cambio conceptual a través de la historia en el estudio de las ciencias exactas y el proceso enseñanza-aprendizaje dentro del aula.

II. MARCO TEÓRICO Y DESARROLLO DEL TEMA

A. El cambio conceptual visto como una revolución científica

Se inicia un recorrido conceptual descriptivo acerca del origen del pensamiento científico y la consolidación de la ciencia, desde un avance de dichas ideas acerca del mundo y las experiencias que en éste se conciben y se pueden reproducir generando cambios conceptuales que son los que estructuran la revolución científica y para este caso particular la estructuración conceptual en ciencias naturales y desarrollo del pensamiento científico.

Es así como, se empezó considerando los fenómenos naturales de estudio a manera de actos o eventos atribuidos a las fuerzas todopoderosas de los dioses de la mitología griega, arábica o babilónica. Luego, unos cuantos hombres tocados por la curiosidad y con un hilo conductor enmarcado en una metodología, trataron de dar explicaciones racionales a dichos fenómenos, para ese momento como Barona (1994) afirma “Aristóteles atribuía a la ciencia un significado distinto al que suele tener en la actualidad al considerar que la ciencia se ocupa de aquello que es necesario y eterno” (p.23), dejando ver que desde ese entonces sólo quienes estuvieran revestidos de capacidades especiales, estaban en la posibilidad de llevar a cabo la tarea de racionalizar un fenómeno natural.

De modo que, los desarrollos conceptuales, técnicos

y tecnológicos, representan los avances científicos en cada una de las épocas. Así mismo, todo progreso se encuentra permeado por la motivación y es justificado en las necesidades económicas, políticas y sociales de ese tiempo y espacio que “(...) tratan de mostrar la integridad histórica de esa ciencia en su propia época” (Kuhn, 1962, p.13). Lo que le otorga sentido a los esfuerzos que realizaban estos científicos para la consecución de herramientas tanto conceptuales como procedimentales para la solución o satisfacción de las necesidades propias del momento histórico, quienes establecieron cambios conceptuales durante diferentes periodos.

De igual forma, es importante resaltar que todos estos trabajos se llevan a cabo en un marco de rivalidad dependiendo de la corriente filosófica de los científicos involucrados, la cual dictaba un camino a seguir en la consecución de las respuestas buscadas a las necesidades planteadas para un momento en particular, dado que existe “(...) una competencia continua entre algunos modos de ver la naturaleza, cada uno de ellos parcialmente derivados de la observación y métodos científicos, y todos ellos más o menos compatibles con ellos” (Kuhn, 1962, p.26).

Adicionalmente, la nueva dinámica que se estableció, contribuyó para que el devenir científico se constituyera en la sumatoria de muchos esfuerzos de diferentes grupos de trabajo científico que buscaban el desarrollo conceptual con trabajo denodado. Las necesidades económicas, políticas y sociales de cada época establecieron un insumo necesario para la intervención de la ciencia en la solución de los diversos problemas que inquietaban a la comunidad científica.

(...) por esta razón esta nueva construcción, por más restringida que sea su campo de aplicación, nunca o rara vez se limita a ser un mero añadido a lo que ya se conocía... un proceso intrínsecamente revolucionario que rara vez lleva a cabo una persona y nunca de la noche a la mañana. (Kuhn, 1962, p.18).

Los cambios conceptuales y los avances científicos responden a un contexto determinado, se amalgaman de acuerdo a las necesidades o inconsistencias conceptuales, posibilitando que los trabajos científicos no lleguen a engrosar un listado de hechos, sino que logren llegar a complementar, mejorar o simplemente a rebatir o reemplazar conocimientos que en su momento marcaron el “paradigma” entre las comunidades científicas constituidas, las cuales, avalaban el

conocimiento producido en ciencia.

Por tanto, considerar que los trabajos científicos se constituyan en un cúmulo de hechos, permite distorsionar el objetivo de la reconstrucción histórica de la ciencia, puesto que se ha limitado al diseño de un listado o línea del tiempo en el que se especifican hechos y nombres, pero no se enfatiza en los procesos que llevaron a la producción y validación de los cambios conceptuales, técnicos y tecnológicos, pues como lo afirma Barona (1994):

“La ciencia no puede ser considerada como un mero conjunto de hechos empíricos aislados que esperan pacientemente a ser descubiertos por el hombre, sino que es ciencia también la forma como el hombre percibe e interpreta esos hechos a través de una explicación racional integradora, el modo como los datos den validez o hacen variar los contenidos de una teoría científica” (p.12).

B. Estructuración de la ciencia moderna desde el quehacer científico

Respecto a la estructuración de la ciencia desde el quehacer científico, se puede señalar de acuerdo a Hernández (2004) que “La contribución más importante de Galileo a la ciencia y a la Modernidad es tal vez su Método de trabajo. Galileo combinó magistralmente las matemáticas y el experimento” (p.75). Galileo Galilei dedujo un método para la ciencia que sirvió de punto de partida a los nuevos pensamientos científicos basados en demostraciones matemáticas o experimentales y no simplemente en una observación directa de un fenómeno natural. Este método de estudio de las ciencias, podría afirmarse que consolida y permite dar inicio a la ciencia moderna, con pensamientos más descriptivos a diferentes niveles de dificultad que van desde la proposición de un modelo comportamental de algún fenómeno microscópico hasta la demostración fehaciente de un fenómeno natural a disímiles escalas; todo esto mediado por las matemáticas como herramienta de validación para una idea de ciencia.

Otro instrumento de validación para estas nuevas ideas de ciencia que surgió con la propuesta de Galileo es el experimento no visto como la representación de alguna experiencia, sino como la delimitación experimental de una situación. En dicha delimitación se establecen parámetros experimentales que controlan ciertas variables para que de esta manera el experimento dé cuenta y representación de un solo objetivo de estudio

mediado por un control experimental (Carbonelli, Esquivel & Irrazábal, 2017, p.34)

Dicho control experimental se deriva de instrumentos de medición, basados en experiencias y teorías científicas en su funcionamiento. Con las nuevas ideas de ciencia, los instrumentos de medición también mejoraron porque se necesitaban medidas más precisas y exactas de control de las variables, ya que de estas mediciones se concluiría positivamente o negativamente respecto de una hipótesis de estudio. De acuerdo a Hernández (2004) “En las situaciones experimentales se emplean instrumentos de medición de variables seleccionadas según una perspectiva teórica. Los instrumentos mismos están basados en una reflexión teórica sobre lo que debe medirse y sobre el significado de las mediciones” (p.77).

Por consiguiente, es posible afirmar que este método científico basado en la medición y control de variables propuesto por Galileo hace varios siglos, es el punto de partida para el desarrollo de la ciencia moderna mediante el cambio de pensamiento de los seres humanos respecto de la ciencia como algo filosófico a algo netamente controlado por las mediciones, los datos y las matemáticas. Galileo dispuso el pensamiento científico en un lenguaje apropiado durante un proceso de establecimiento de la ciencia moderna, generando una reestructuración de ésta y cambiando muchos paradigmas, que hasta ese momento estaban inscritos en la cultura popular utilizando la lógica y el raciocinio aplicados a fenómenos naturales. Dicha corriente de pensamiento, se difundió por el mundo mediante sus escritos y cambió la forma de observar la naturaleza y al universo, generando numerosas comunidades científicas, que utilizaban su método para pensar la naturaleza; esta idea se conserva con pocas modificaciones hasta el siglo XXI.

Otros cambios respecto a cómo hacer ciencia, enfocados más hacia la cultura y la sociedad se encuadran en que previo a la experimentación y comprobación centrada en las matemáticas, solía pensarse que en el planeta existen diversas comunidades filosóficas en busca de verdades científicas, y con el nuevo cambio de paradigma, se entiende que existe una única comunidad científica derivada del método de trabajo de Galileo en busca de explicar y responder preguntas que se plantean los seres humanos acerca de su realidad. Esta comunidad en su indagación continua, genera la producción de conocimiento científico forjado a través de diferentes métodos.

Como afirma Lombardi (1998) “la aplicación sistemática del método científico, es comúnmente asimilado al método inductivo que permite obtener generalizaciones empíricas” (p.4), siendo este el punto de partida en la generación de conocimiento científico asociado a la realidad y al entorno.

Además, como se mencionó anteriormente, la comunidad científica produce conocimiento científico que, en la mayoría de casos, suele ser teórico y de difícil comprensión, ya que está basado en conclusiones asociadas a datos y demostraciones matemáticas. Este conocimiento es una estructura teórica que se articula desde la formulación de hipótesis hasta la aseveración de leyes, pasando por los conocimientos en conceptos, enunciados y proposiciones, que ordenan el conocimiento de forma sistemática, según sea la hipótesis de partida, hasta llegar a una generalización de un fenómeno para toda la comunidad científica. Esta producción de conocimiento se hace de manera global con el fin de explicar de forma más precisa cada concepto y asociarlo a un fenómeno que sucede de la misma forma y manera en todo el planeta.

Por otro lado, “los científicos no son más que seres humanos, y las representaciones que ellos construyen no pueden ser de naturaleza tan radicalmente diferente a las empleadas por cualquier otra persona” (Giere & Gide, 1992, p.35), es decir, que las representaciones que se hagan en el campo científico del conocimiento teórico generado, están sujetas a ser entendidas por personas que se inicien en la generación del pensamiento científico y estudio de la ciencia o simplemente personas que deseen saber cómo funciona la naturaleza.

Es así como, las representaciones generadas en el campo científico tienden a ser “modelos”, y por lo tanto hay que entender estos modelos como la representación de un científico, de un fenómeno para darlo a conocer como una generalización de la explicación a diferentes niveles de complejidad, según sea la necesidad que requiera la comprensión del tema modelado. Un concepto de modelo que presenta Lombardi (1998) es: “Se denomina modelo de un sistema axiomático de una interpretación que convierte a los axiomas en enunciados verdaderos; dado que la relación de deducción lógica transmite la verdad. El modelo convertirá en verdad también los teoremas el sistema” (p.27).

En este sentido, el modelo que se construye debe entonces cumplir con la definición antes mencionada, es decir, debe existir una correspondencia de verificación,

entre el problema inicial y los planteamientos que de éste se deriven según el grado de complejidad.

Así, la generación de conocimiento científico está dividida en dos formas de consecución, la primera se hace de manera “formal” en la cual: “el modelo concede un significado claro y preciso ligado a la noción de sistema axiomático central, en la actual concepción de matemática” (Lombardi, 1998, p.25). Esta forma de hacer ciencia, está regida en la primera etapa por un axioma que es una verdad irrefutable y su estructura de conocimiento se basa en lo cuantitativo y matemático, ésta se representa mediante demostraciones matemáticas que dan cuenta de fenómenos de la realidad.

La segunda forma es la “fáctica”, esta es un conjunto de enunciados estructurados desde una hipótesis de partida establecida de forma deductiva y todos los conocimientos que de ella se derivan deben estar encaminados a corroborar la hipótesis inicial. (Arca *et al*, 1990).

Un ejemplo de esta forma de construir ciencia está dada por la constitución de la ley de conservación de la masa y de la energía por Antonie Lauren Lavoisier quien planteó un experimento para demostrar dicha ley con el agua del acueducto de París en 1774 (Moledo & Magnani, 2014). Al agua de París después de ser puesta a hervir le quedaba tierra y los habitantes decían que había ocurrido un proceso de transmutación, es decir, el agua se había transformado en tierra y fue ahí don Lavoisier tomo agua del acueducto la filtro y le agrego tierra, pero como era un gran científico, peso todo por separado y el conjunto al finalizar la mezcla. Después de esto puso a calentar la mezcla hasta que se evaporara toda el agua y solamente quedara la tierra y volvió a pesar la tierra y encontró que era el mismo peso del inicio antes de hacer la mezcla. Así demostró que la materia no se crea ni se destruye solo se transforma.

En este sentido la hipótesis inicial de Lavoisier, La Ley de Conservación, fue corroborada por un conjunto de argumentos derivados de la experimentación uno tras otro como un conjunto de axiomas encaminados a comprobar la hipótesis inicial y la demostración de una ley universal.

Cada una de estas formas de obtención de conocimiento, se puede representar mediante modelos entendidos como representaciones científicas que se generan de diferentes maneras, respondiendo a un patrón

establecido en el cual se limita el sistema, se ignoran algunos factores que intervienen en el mismo, se representan efectos reales mediante modelos abstractos y se genera la estructura interna de la representación.

En este sentido, y por estas dos formas de obtención de conocimiento, se generan concepciones para el estudio de la ciencia, una es la ideal y la otra la real. Un ejemplo palpable se encuentra en la explicación que Galileo evidencia en el movimiento del péndulo simple y la definición de isocronía teniendo en cuenta condiciones ideales como la no fricción con el viento. Esta teoría fue fuertemente criticada por Gudobaldo De Monte, uno de los mayores expertos en mecánica del siglo XVI, quien decía que los péndulos en realidad no son isocrónicos ya que no tienen el mismo periodo y todos los péndulos terminan por detenerse; esta es una concepción ideal de este fenómeno.

En consecuencia, la idealidad se estudia a través de modelos que se pueden estructurar de forma formal o fáctica, por ejemplo: en los gases la ecuación de estado da cuenta de estados ideales de forma matemática (forma formal) y el comportamiento de los gases a temperatura y presión, se puede explicar mediante interacciones moleculares (forma fáctica).

C. Aplicación al proceso enseñanza-aprendizaje del cambio conceptual para la estructuración de pensamiento científico.

Para responder una pregunta generadora como la siguiente: ¿Cómo los cambios conceptuales a través de la historia y los modelos de representación generados a partir de dichos cambios se pueden aplicar a un proceso enseñanza aprendizaje en el desarrollo de pensamiento científico?, es necesario describir varios aspectos inherentes a esta pregunta como lo son los modelos de representación de un fenómeno de estudio, sean estos los creados y descritos a los largo de la historia en cada uno de los cambios de paradigma que se han presentado en las ciencias exactas y naturales, o los creados en el aula de clase por profesores para intentar mejorar en proceso enseñanza aprendizaje, junto con los de los alumnos que intentan recrear en su pensamiento como es el funcionamiento de un fenómeno natural.

Para ello la historia y epistemología de las ciencias naturales posibilita la comprensión y explicación de fenómenos naturales desde sus modelos de representación formal hoy en día, los cuales permiten al

estudiante conocer el mundo, generar conceptos de éste, relacionar y elaborar modelos de representación propios. Así, la ciencia es considerada como una construcción teórica, ordenada históricamente que se desarrolla para dar solución a un determinado problema científico, en el cual se involucran un conjunto de teorías, prácticas de actividades, ideas, normas y valores avalados por la comunidad científica, y desde esta perspectiva se crea un conocimiento científico del cual, tanto estudiantes como profesores, hacen y construyen su estructura conceptual para desempeñar una labor de enseñanza o simplemente para estructurar un conocimiento y pensamiento científico como estudiante.

La primera caracterización para dar respuesta a esta pregunta generadora inicial está en la reorganización de los conocimientos y por tanto a “la importancia que tiene para nosotros la necesidad de reanalizar y reinterpretar según un modelo coherente de desarrollo de conocimiento y gran cantidad de experiencias vivenciales recogido durante nuestra intervención directa en situaciones de discusión y trabajo abierto” (Arca, 2001, p.42). La idea consiste en comenzar por la acumulación de experiencias vividas en clase con los estudiantes que servirán de información en cuanto a lo que saben y lo que no saben, entendido esto como sus necesidades en los contenidos a desarrollar en un ciclo escolar a partir de un modelo de representación propio, no mediado por el conocimiento científico validado, y por otra parte, estará la reestructuración y reorganización de los contenidos teóricos de la ciencia validada por parte de los maestros, partiendo de la idea anteriormente mencionada y así llegar a obtener un currículo “propio” de los maestros y estudiantes.

En este sentido, la historia y epistemología de la ciencia, se deben tener en cuenta en la reorganización del currículo. Esta idea se refuerza de acuerdo a López (2006) quien establece que “con el paso del tiempo al adquirir nuevos conocimientos en un campo teórico estos no desaparecen sino que se superponen con el resto de las nuevas estructuras del conocimiento” (p.45), ya que los maestros deben tener en cuenta la historia y la epistemología de la ciencia como una sucesión de modelos de representación que se enriquecen hasta llegar a formar una representación más completa que dé cuenta de algún fenómeno de estudio científico. En este sentido, la enseñanza de la ciencia debe presentarse de la misma forma, donde los modelos de representación escolares, tanto los pensados por los estudiantes y los creados por los docentes para enriquecer el currículo, se enriquezcan, de los modelos de representación

científicos teniendo en cuenta su origen y momento histórico.

Por otro lado, en la reestructuración de los contenidos teóricos de las ciencias naturales deben estar los conocimientos científicos creados por la comunidad acreditada ya que son aceptados por expertos y es conocimiento validado. Estos conocimientos deben modificarse en un contexto educativo, haciendo uso del lenguaje escolar por parte de los maestros (modelos de representación para la enseñanza) y aproximando los modelos de representación científica a representaciones que busquen explicar de una manera más amable y que puedan ser percibidos por los estudiantes en sus representaciones mentales de los fenómenos naturales, de manera que se promuevan varias alternativas en el proceso enseñanza aprendizaje y se logre estimular nuevas experiencias en el contexto escolar.

La segunda categorización a tener en cuenta en la reestructuración curricular desde los modelos propios, que menciona Galagovsky *et al*, (2009) hace referencia al conocimiento previo de los estudiantes como la creación propia de un modelo de representación mental que da cuenta de una explicación creada conscientemente. Por lo anterior es importante resaltar en el diseño del currículo las necesidades escolares de los estudiantes, aunados a los requerimientos cognitivos basados en esos modelos de representación mental.

Por tanto, el uso de modelos de representación para explicar un fenómeno natural y que manejen un lenguaje escolar utilizados como estrategias didácticas por parte de los docentes, en relación al diseño curricular en ciencia, suelen estar ausentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje en los que se encuentran inmersos maestros y estudiantes, haciendo que, el papel del maestro sea el de transmitir conocimientos científicos descontextualizados y el de los estudiantes el de recibirlos de manera pasiva, lo que a su vez genera que el aprendizaje que los estudiantes adquieren, no sea significativo dentro de un contexto determinado, así como lo enuncia Orozco *et al* (2006) al señalar que:

en los contextos escolares es cada vez más sentida la necesidad de diseñar propuestas de innovación e investigación, que pongan en juego alternativas didácticas y metodológicas que permitan a los estudiantes vivenciar experiencias de construcción de conocimientos y a los maestros comprender los procesos pedagógicos implicados en dicha construcción (p.5). Se hace necesario diseñar propuestas que posibiliten la

investigación e innovación por parte de los implicados en el proceso de educar en ciencias naturales y exactas,

III. CONCLUSIONES

como base para la orientación de su enseñanza, partiendo del desarrollo histórico y epistemológico, con el fin de desarrollar una verdadera estructura conceptual en modelos de representación para el aula y propiciar la comprensión de los procesos de construcción de todo el conocimiento al que se tiene acceso en la actualidad, y que en diversas oportunidades se torna complicado abordar por tener manejo de este componente histórico, haciendo válidos los esfuerzos que se puedan realizar en busca de la verdadera construcción y por qué no producción del conocimiento en ciencias naturales.

El docente es artífice de su ejercicio educativo por ende, su propuesta didáctica debe basarse el desarrollo y conocimiento del componente histórico y epistemológico, formulando un currículo basado en las necesidades del estudiante y el conocimiento de las ciencias naturales como elemento dinamizador del desarrollo cognitivo del estudiante.

Plantear y diseñar propuestas de innovación didáctica a partir de la creación de modelos de representación escolares propicia en los estudiantes la apropiación de conocimientos en la construcción de un modelo mental de representación acorde con el concepto trabajado y a su vez ayudan al docente a comprender los procesos pedagógicos desarrollados en dicha construcción y a estar con continua labor investigativa en la enseñanza de las ciencias naturales y exactas.

REFERENCIAS

Arca, M., Guidoni, A. & Mazolli, P. (1990). *Enseñar Ciencia: Cómo Empezar: Reflexiones para una Educación Científica de Base*. Madrid: Ediciones Paidós

Barona, J.L. (1994). *Ciencia e historia: debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*. Scientia Veterum: España.

Carbonelli, M., Esquivel, J.C. & Irrazabal, G. (2017). *Introducción al conocimiento científico y metodología de la investigación social*. Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo

Jaureteche. Disponible en <https://www.unaj.edu.ar/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-conocimiento-cientifico-y-a-la-metodologia.pdf>

Sierra Peña, C.A. (2018). *Concepción histórica del cambio conceptual desde la aparición de la ciencia moderna y su aplicación pedagógica para el desarrollo del pensamiento científico*. Revista TECKNE, 16(2), 28-34

Galagovsky, I., Di Giacomo, M.A & Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1): 1-22.

Giere, R. & Gide, E. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Hernández, C.A. (2004). *Galileo, el arte de la ciencia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Khun, T. (1962). *La estructura de las de las revoluciones científicas*. México:Fondo de cultura económica

Lombardi, O. (1998). La noción del modelo en ciencias. *Educación en ciencias*, 2(4),5-13

López Cancio, J.A. (2006). *La evolución de la representación simbólica de los conocimientos químicos*, España: Universidad de las palmas de Gran canaria.

Moledo, L. & Magnani, E. (2014). *La gran aventura de la ciencia*. España: Ediciones Robinbook

Orozco, J.C., Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G., Garzón, J.P. (2006). *Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias*, Bogota, universidad Pedagógica nacional. Cambiar en el documento por Orozco et al.,

AUTORES

Carlos Andrés Sierra Peña. licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Máster en enseñanza de las ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Docente Ciencias Básicas, UniHorizonte. (e-mail: cacisierrap@unal.com).

Recibido el 21 de Mayo de 2018.
Aceptado el 30 de Octubre de 2018.
Publicado el 15 de Diciembre de 2018.

Citar este artículo como

DISEÑO
ERGONÓMICO