

Bio - grafia. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. ISSN 2027

Edición Extraordinaria. p.p. 1067- 1079

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL MODELO MENTAL SOBRE FOTOSÍNTESIS EN UN PROFESOR DE CIENCIAS NATURALES

Navarro D¹., Nieto S²., Acosta M³., Ramírez C⁴., Arteta J⁵., López A.⁶

RESUMEN

Este escrito recoge una aproximación al estudio del modelo -como representación- de un profesor sobre fotosíntesis, que hace referencia a la interpretación de la representación gráfica y la explicación oral que construye un maestro que enseña ciencias naturales, en el grado quinto de educación básica primaria, acerca del concepto en mención. La fotosíntesis es considerada un concepto difícil de enseñar y aprender por lo abstracto y extenso (Macías, 2013), estableciéndose en el currículo entre los conceptos esenciales, según las disposiciones del Ministerio de Educación Nacional en Colombia (2006).

Desde una metodología cualitativa, se busca explorar el modelo, aplicando técnicas e instrumentos para dar cuenta de: ¿Cuál es el modelo que está presente en el profesor de Ciencias Naturales, sobre el concepto fotosíntesis?. A manera de ejercicio ilustrativo, se muestra el modelo de un profesor, caracterizando dos aspectos: el constituyente ontológico y el epistemológico de su representación, mediante la aplicación del modelo ONEPSI (Gutiérrez 2001; López A., Arcuri G., 2014). Por último, se hace un análisis de las aproximaciones del modelo del profesor, con el modelo científico construido a partir de la revisión teórica, buscando identificar fortalezas y debilidades en la construcción del concepto y sus posibles implicaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Palabras claves: Fotosíntesis, modelos mentales, profesores.

Abstract

This paper reflects an approach to the study of mental model of photosynthesis concept, which refers to the interpretation of the graphical representation and the verbal explanation that builds the natural science teacher who taught in the fifth grade of elementary school education, about concept in question. Photosynthesis is considered a difficult concept to teach and learn by the abstract and extensive (Macias, 2013),

¹ Universidad del Norte, Maestría en Educación. disana83@gmail.com

² Universidad del Norte, Maestría en Educación. silvia0428@hotmail.com

³ Universidad del Norte, Maestría en Educación. acostadelahoz0414@gmail.com

⁴ Universidad del Norte, Maestría en Educación. cielo-ram@hotmail.com

⁵ Universidad del Norte, Directora del departamento de Biología y Química. vjudith@uninorte.edu.co

⁶ Universidad Pedagógica Nacional. México. alopezm@upn.mx

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

establishing the curriculum between key concepts, under the provisions of the Ministry of Education in Colombia (2006).

From a qualitative methodology, it seeks to explore and apply techniques and tools to explain what is the mental models that is present in the natural sciences faculty who teach on the concept photosynthesis? As an illustrative exercise, the mental model of a teacher is shown, characterizing two aspects: the ontological and epistemological constituent, their mental model by applying the model ONEPSI (Gutiérrez 2001; López-Mota, Arcuri-Moreno 2014). Finally an analysis of model approximations teacher with the scientific model constructed from the theoretical review, seeking to identify strengths and weaknesses in the construction of the concept and its possible implications for the teaching and learning is done.

Key words: Photosynthesis, mental models, teachers.

INTRODUCCIÓN

La fotosíntesis es uno de los conceptos relevantes de las ciencias biológicas, pues se considera estructurante de otros conceptos, tales como, nutrición, cadenas alimenticias, ecosistemas y ambiente; sin negar que pueden encontrarse otros conceptos biológicos asociados a éstos, como célula, plantas, respiración, nutrición, ecología (Garnica y Acosta, 2012). Además se ha demostrado la dificultad que se presenta al construir significativamente el concepto fotosíntesis en nuestras mentes, por ser muy abstracto y de alta demanda cognitiva, tal como lo señalan Test y Weward (1980).

El presente escrito es un avance de investigación, fundamentado en la teoría de los modelos por ser una de las formas de representar el pensamiento de los sujetos; según Talanquer (2014) los recursos cognitivos que lo guían, se definen como un conjunto coherente de creencias y conocimientos organizados en teorías implícitas, que sirven de marco de referencia en la construcción de explicaciones, a lo que también hacen referencia otras investigaciones como Chona y otros (2006) que señalan que el contenido del pensamiento influye en la forma como se caracterizan los acontecimientos y en cómo estimamos la variación de fenómenos, señalando que incluso la contrastación de nuestras creencias con la experiencia está influida por las propias creencias y por su interacción con la manera como percibimos los datos.

En el estudio subyacen preguntas orientadoras como: ¿Cuáles son las entidades, las propiedades (asignadas a esas entidades), las relaciones y posibles reglas de inferencia utilizadas por el profesor para explicar el concepto de fotosíntesis? y, a partir de ahí, ¿Cuáles son las características del modelo mental del profesor con respecto al concepto

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

fotosíntesis?. Para dar respuesta a estos interrogantes la investigación se soporta en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983, 1990, 1993), como mecanismos para comprender la manera como se generan las representaciones mentales. De igual manera el estudio se apoya esencialmente en el concepto de modelo mental desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias naturales, tomando como referencia a Moreira, Greca y Rodríguez (2002).

SOBRE EL CONCEPTO DE FOTOSÍNTESIS.

La fotosíntesis representa una de las reacciones químicas más importantes y extraordinarias de la vida en nuestro planeta. Este proceso es realizado por organismos que poseen cloroplastos, tales como las plantas superiores verdes, organismos autótrofos o fotosintéticos (organismo capaz de sobrevivir con CO_2 como su principal fuente de carbono); sin embargo cabe precisar que el grupo de fotoautótrofos incluye además de las plantas, algas eucariotas, varios protistas flagelados y miembros de varios grupos de procariotas. (Berg, Streyer y Tymoczko, 2012).

La definición de la fotosíntesis se da esencialmente sin cambios, en numerosos diccionarios hasta la actualidad, referida al proceso por el cual las plantas utilizan la luz para construir moléculas de hidratos de carbono (Gest, 2001). Según este autor, aunque antes de la fecha 1893 la fotosíntesis era conocida como asimilación, el botánico Barnes acuñó en la ciencia el término "fotosíntesis". La ecuación clásica de esta reacción química se le atribuye Julius Von Sachs en 1865.



La fotosíntesis, al igual que la respiración celular, es un proceso de óxido-reducción (redox). Es un proceso endergónico que usa energía en la reducción del dióxido de carbono formando glucosa. Así, las plantas obtienen materia orgánica por el proceso de la fotosíntesis; elaboran sustancias orgánicas a partir del H_2O , el CO_2 del aire y las sales minerales, empleando la energía de la luz, en una serie complejas de reacciones.

En la fotosíntesis, la clorofila atrapa la energía de la luz solar y la utiliza para producir ATP; esta forma de energía química contenida en el ATP se utiliza en las reacciones de producción de carbohidratos de alto contenido energético.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

La fotosíntesis desde el punto de vista químico, es transformación de la energía luminosa en energía de enlace; desde el punto de vista biológico, la biomasa de la biosfera deriva de ella; desde el punto de vista ecológico, tiene efecto sobre los cambios climáticos; desde el punto de vista económico es fuente de alimentación y materia prima para la industria; y desde el punto de vista evolutivo, es factor determinante en la formación de la vida tal y como la conocemos actualmente. (González, 1998). Además, de forma directa o indirecta ella alimenta casi la totalidad del mundo vivo en el planeta (Campbell y Reece, 2005).

Las sustancias orgánicas son utilizadas en la respiración celular para obtener energía y también para la construcción y reconstrucción de las estructuras del individuo. (Cañal, 2005)

Aunque, la historia de la fotosíntesis comenzó aproximadamente hace 300 años con las investigaciones de Van Helmont a principios del siglo XVII, numerosas investigaciones han servido de soporte de hechos que confirman el estudio de este concepto en tres épocas: antigua, moderna y contemporánea. Desde esta perspectiva, esta investigación de los modelos mentales, aborda las principales entidades y propiedades de la fotosíntesis que surgen en la época antigua dada por Aristóteles, como: alimento, agua, suelo raíz. Las propiedades se pueden establecer mediante el siguiente ejemplo citado por Sáenz (2012): Las raíces serían las bocas por donde ingresan los alimentos que son el humus que proceden del suelo. (Quintanilla et al, 2010 citados por Sáenz 2012). Así surgen relaciones entre las entidades: raíz, alimento, suelo.

Actualmente, el estudio del concepto de fotosíntesis presenta, dentro del modelo científico erudito, un gran número de entidades organizadas en dos fases o etapas:

1. La fase dependiente de la luz, (Fase lumínica) que inicia cuando las plantas capturan la energía lumínica a través de la activación de la clorofila. Se establecen entonces, entidades como: luz, dióxido de carbono, agua, macro y micronutrientes del suelo, tallo, hoja, estomas, cloroplastos, clorofila, ATP, NADPH, entre otras.
2. La fase de la Fijación del carbono (Fase oscura), donde suceden reacciones que producen el hidrato de carbono por acción de numerosas enzimas. En su elaboración teórica surgen constructos tales como: Ciclo de Calvin, RuBP, PGA, glucosa, entre otras.

La enseñanza de la fotosíntesis

Desde la revisión de los lineamientos curriculares señalados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia para el área de Ciencias Naturales (MEN, 2006) y estudios relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis, se puede establecer la gran

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

dificultad que surge al momento de afrontar este concepto en la básica primaria; pero igualmente a nivel universitario. Así por ejemplo, Charrier, Cañal & Rodrigo (2006) han mostrado la existencia de serias dificultades para la construcción del concepto de fotosíntesis, corroborando lo que los maestros han manifestado por años como fruto de sus experiencias: que la fotosíntesis por su complejidad resulta muy difícil de ser enseñada y aprendida. En Colombia, Garnica y Acosta (2012) en sus estudios con profesores, también plantean que, respecto al conocimiento que tienen dos profesoras sobre el aprendizaje de los estudiantes sobre la fotosíntesis, ambas presentan dificultades para explicitar la forma de aprendizaje.

LOS MODELOS MENTALES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

El término modelo mental surge de la psicología cognitiva, con las ideas de Jonhson-Laird (1983) quien sostiene que: La teoría de los modelos mentales se ha propuesto para explicar los procesos superiores de la cognición y de forma particular, la comprensión y la inferencia, sugiriendo entonces, un inventario simple de tres partes para el contenido de la mente. Éstas son: procedimientos recursivos, representaciones proposicionales y modelos.

Para el presente estudio el interés se centra en los modelos mentales convirtiéndose en uno de los conceptos, considerado clave, para hurgar la mente, nicho del conocimiento como lo argumentan Aparicio y Hoyos (2008). En las ciencias naturales, se considera que los modelos científicamente establecidos, toman sus propias características al ser interiorizados por las personas que los usan (Izquierdo, Sanmartí y Espinet 1999). Adicionalmente, debemos considerar que el profesor elabora explicaciones desde su interpretación de los modelos científicos, esperando que el alumno construya modelos mentales que den explicaciones científicamente aceptadas a los fenómenos naturales o sistemas modelados (Moreira, Greca & Rodríguez, 2002).

Amador (2006), orienta su investigación desde una aproximación didáctica a la determinación de los modelos mentales en profesores de química, usando como temática central del modelo del flogisto al modelo de la oxidación. Los trabajos adelantados por Moreno-Arcuri & López-Mota (2013) sobre modelos científicos escolares, establecen que se trata de una realidad compleja y de que esta se desarrolla con la intención de facilitar el estudio del comportamiento de la misma.

En las aulas de clase se espera que los estudiantes alcancen la construcción de un modelo acorde con los modelos científicos. Sin embargo, no solo el maestro, sino también el alumno, realiza la construcción de dichos modelos; para poder transmitir el conocimiento a sus estudiantes. El análisis del presente estudio se fundamenta en el Modelo ONEPSI

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

(Gutiérrez, 2001); por consiguiente para la descripción de los modelos mentales, se tienen en cuenta las entidades o elementos que usa el docente para explicar el concepto fotosíntesis, las propiedades que le **atribuyen** a estas entidades, la forma como se relacionan las entidades entre sí, y las reglas de inferencia que surgen a partir de dichas relaciones. Las entidades y propiedades hacen parte del constituyente ontológico del modelo, las relaciones el constituyente psicológico, pues da cuenta de la causalidad atribuida a la interacción entre entidades, y, reglas de inferencias el constituyente epistemológico (Gutiérrez, 2001, López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014). Dentro de la perspectiva de lo que Gutiérrez (2001) llama constituyentes ontológicos, Chi (2008) considera que el razonamiento humano está fuertemente influenciado por las categorías explícitas o implícitas asignadas a los objetos y procesos que forman parte del sistema de interés; siendo así, las propiedades que asigna una persona a las entidades y fenómenos que la rodean determinan cómo es su pensamiento (Talanquer, 2014).

Los modelos científicos en el corpus de la ciencia (científico) y si son comprendidos profundamente pueden constituirse entonces un modelo mental de expertos. Cuando estos comienzan a ser externalizados y comunicados, son llamados modelos mentales explícitos, (Merino, Arellano y Aduriz-Bravo, 2014) o modelos mentales explicativos. (Amador, 2006). Cabe anotar que en los Modelos Científicos Eruditos se generan entidades abstractas y relaciones entre ellas con la finalidad de describir estructuras internas, composición o funcionamiento, de manera que pueda explicar algunas de las propiedades del sistema o fenómeno estudiado y generar predicciones de su comportamiento con la finalidad de intervenir en él (Gómez, 2005).

METODOLOGIA

Este estudio tiene un enfoque cualitativo, debido a que se pretende realizar la exploración y descripción del modelo mental de un profesor que enseña Ciencias Naturales con relación al concepto de fotosíntesis y es desde este enfoque, que en las últimas décadas se han desarrollado indagaciones relacionadas con este tema.

El diseño metodológico se orienta desde un estudio de caso, donde un profesor licenciado en ciencias naturales que enseña en el grado quinto de básica primaria, se constituye en un caso, que se identificará con el nombre supuesto de Gregorio. Para lograr hacer explícito el modelo mental del profesor se seleccionaron tres instrumentos: representación gráfica del concepto fotosíntesis, protocolo de pensamiento en voz alta y cuestionario con preguntas de selección múltiple de carácter conceptual sobre aspectos relevantes de la fotosíntesis. El estudio busca la descripción rica y densa del caso, con aproximaciones teóricas a partir

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

del análisis de las fuentes de información así como su triangulación. Se aplicó en el análisis el modelo ONEPSI, al modelo científico erudito del concepto fotosíntesis, y a los registros del caso, con el fin de hacer efectivo el contraste entre entidades, propiedades, relaciones y reglas de inferencia.

A continuación se describen aspectos del caso Gregorio.

ANÁLISIS DE RESULTADOS: CASO GREGORIO

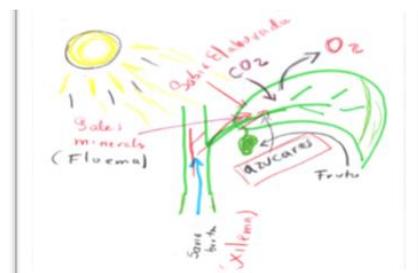
Caracterización

Gregorio es un docente de 51 años de edad con experiencia de 25 años de servicio en la educación pública; cuenta con una licenciatura en Educación con Énfasis en Ciencias Naturales, labora en una institución educativa del sector oficial, ubicado en la Localidad Sur Occidente de la ciudad de Barranquilla (Colombia) y orienta su actividad profesional en el área de Ciencias naturales en los grados quinto (5°) de educación básica primaria, proveniente de estratos sociales bajos.

Representación gráfica

La figura 1 muestra el dibujo realizado por Gregorio para representar el proceso de fotosíntesis.

Figura No. 1: Representación gráfica del proceso de fotosíntesis elaborada por Gregorio



En la representación gráfica, se puede observar una planta vascular, donde es evidente la utilización de colores para representar entidades tales como: amarillo para el sol, verde para el tallo, la hoja y el fruto. La hoja por su parte presenta flechas que representan direcciones de flujos y procesos, como es el caso de la entrada de CO_2 y la salida de O_2 . A nivel del tallo se identifican otras entidades, como el xilema y el floema, representadas por una flecha que apunta hacia arriba indicando el ascenso de la savia bruta. Luego aparece una

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

flecha color rojo que dirige la sustancia hacia la hoja. En la hoja, por acción de los rayos solares, la savia bruta se transforma en savia elaborada; la cual viaja a través del floema hacia toda la planta. Los azúcares es otra entidad identificada que se produce ayudando a la formación del fruto, indicándola con una flecha color negro que va de la palabra azúcar al dibujo que representa el fruto.

En este gráfico el profesor establece los constituyentes de su modelo mental explicativo, donde la savia bruta asciende por el xilema hasta llegar a las hojas y ahí se convierte en savia elaborada, los azúcares producidos participan también en la formación del fruto. Si analizamos este gráfico teniendo en cuenta las entidades presentes en el modelo científico erudito establecido por el grupo investigador, se puede evidenciar la falta de entidades presentes en el modelo mental que son relevantes a la hora de representar el proceso de fotosíntesis, como lo son: cloroplastos, clorofila, tilacoides y agua para la transformación de los productos glucosa y oxígeno. Por otra parte no existe relación entre el proceso de fotosíntesis y la formación de ATP respecto a cambios energéticos químicos, asociados a la acción de la energía lumínica.

En el gráfico se evidencia que el modelo mental corresponde más al proceso de circulación de gases y materiales que se da en las plantas, que al proceso de fotosíntesis.

Pensamiento en voz alta de Gregorio

Al solicitar al maestro explicar su diagrama sobre fotosíntesis, se identifican en su discurso en el componente ontológico, las siguientes entidades y propiedades, destacando aspectos que intervienen en los procesos tanto internos como externos de la planta:

Tabla 1. Componentes ontológicos presentes en el discurso del Caso Gregorio

ENTIDADES	PROPIEDADES
Luz solar	Capaz de ayudar a la conversión de la savia elaborada.
Gas carbónico	Es captado por la savia elaborada.
El oxígeno	Producido por la savia elaborada.
La raíz	Capacidad de absorber agua y sales minerales
El Xilema	Permite conducir agua y sales minerales.
El Agua y Sales minerales	Capacidad de convertirse en savia bruta.
Savia bruta	Capacidad de convertirse en savia elaborada.
Savia elaborada	Azúcar que permite fabricar alimento, captar gas

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

	carbónico y producir oxígeno.
--	-------------------------------

Es importante destacar que para Gregorio, en la fotosíntesis son indispensables el agua y las sales minerales. Gregorio no menciona aspectos claves como los cloroplastos que es el lugar de la célula vegetal donde se llevan a cabo las reacciones de transformación de energía. Aunque Gregorio menciona los estomas, lo hace refiriéndose a la entrada y salida de gases y relacionando con la respiración de las plantas vasculares. Es así como el profesor dice: ...*"Ellas pues toman al contrario, toman el oxígeno por los estomas y botan el gas carbónico"*.

En el componente psicológico se establecen relaciones entre las distintas entidades identificadas de su modelo, como: *"El agua y las sales minerales entran en contacto por la raíz y ascienden".... "En el xilema, el agua y las sales minerales se convierten en savia bruta"....* En lo epistemológico, una de las reglas de inferencia caracterizadas en el docente Gregorio es: *"Si el agua y las sales minerales entran por la raíz de la planta y ascienden por el Xilema, entonces se convierten en savia bruta"....* todo este proceso el maestro lo representa dentro de la hoja. Sin embargo, aunque hay transformación de sustancias, no especifica cuáles son las estructuras de la hoja donde se lleva a cabo dichas transformaciones de savia bruta a savia elaborada.

En este modelo mental se evidencian entidades asociadas al proceso de circulación en plantas vasculares. En ocasiones Gregorio atribuye, propiedades que se alejan del modelo científico, como es el caso de la savia elaborada, cuando sostiene que: ...*"esta savia elaborada se distribuye por toda la planta y nos ayuda también en el proceso de captar el gas carbónico y producir el oxígeno, que es necesario para la respiración"*... Como se nota, a la entidad savia elaborada le confiere como propiedad la capacidad de captar gas carbónico y producir oxígeno, mientras en el modelo científico de fotosíntesis, la savia elaborada es producto del proceso fotosintético, el cual se forma a partir de las reacciones de fijación del CO_2 atmosférico, constituyéndose en el alimento fundamental para la planta y fuente de energía para los procesos vitales.

Cuestionario conceptual

Con el objetivo de identificar en el modelo mental del docente y corroborar los hallazgos encontrados, se destacan aspectos relevantes como la respuesta a la pregunta *¿Las plantas realizan la fotosíntesis en qué momento?*. La respuesta del docente: R// *"Sólo en el día"*. Se puede evidenciar que, al igual que en el instrumento de pensamiento en voz alta y en la

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

representación gráfica, el proceso de fotosíntesis para Gregorio sólo se realiza en el día, describiendo sólo parte de la fase lumínica, que debería también considerar la conversión de la energía luminosa del sol en energía química (Villego, Solomon y Davis, 1992). La respuesta de Gregorio se aleja del modelo científico, al no poder establecer en su discurso las reacciones de fijación del carbono o reacciones oscuras, donde la planta fija el carbono proveniente del CO_2 atmosférico y la enzima RuBP para sintetizar azúcares, activándose el ciclo de Calvin. (Curtis y Barnes, 2001).

CONCLUSIONES

Las conclusiones presentadas no son generalizadas, emergen de las características del caso en estudio, constituyéndose en una descripción aproximada al modelo mental explicativo de un docente en particular. La base teórica de esta elaboración, se fundamenta en la revisión de la teoría de los modelos mentales y del concepto fotosíntesis, desde su historia, hasta la construcción y acercamiento al modelo científico erudito, teniendo como fundamento el modelo ONEPSI. Esta forma de concebir los modelos, se convierte en un dispositivo teórico para la descripción y análisis de las entidades, propiedades, relaciones y reglas de inferencia, presentes en el modelo mental explicativo del profesor, en torno al concepto en mención.

El modelo mental explicativo de Gregorio está anclado teóricamente a la fase dependiente de la luz y la circulación de nutrientes de la planta; no establece las reacciones químicas que se dan en esta fase, pues aunque en su discurso menciona algunas sustancias que entran a la hoja y salen transformadas en otras, no incluye los tilacoides de los cloroplastos como el lugar donde ocurre la reacción. Esto es corroborado en el cuestionario conceptual y evidenciados en el análisis del componente ontológico del modelo ONEPSI aplicado para este caso en estudio. Desde esta perspectiva se considera que su modelo se aleja del modelo científico erudito y por lo tanto de las conceptualizaciones que un maestro que enseña ciencias debe manejar para desarrollar la temática de manera adecuada en el aula, la cual debe estar más acorde con el modelo científico erudito. La didáctica debe ser transformada; se sugiere sea más interactiva, dialógica y abierta al análisis de fuentes de información que permitieran la reconstrucción y elaboración conceptual no sólo en estudiantes sino también en los profesores.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

A partir del presente estudio, se propone una apertura a futuras investigaciones, convirtiéndose en una opción para la reflexión docente fundamentada en modelos, desde los cuales pueden ser abordados otros conceptos en el área de ciencias naturales.

BIBLIOGRAFIA

- Amador, Y. (2006). Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación una aproximación didáctica a la determinación de modelos mentales en la formación de profesores en química. Tesis de Maestría en Docencia de la Química, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia
- Aparicio, J. y Hoyos, O. (2008). Enseñanza para el cambio de las representaciones sobre el aprendizaje. Teaching to Change Conceptions about Learning. Revista Universitas Psychologica, 7 (3).
- Berg, J. Stryer, L. Tymoczko, J. (2012). Bioquímica con aplicación clínica. Ed. Biochemistry. 7°ed. W.H. Freeman and company New York.
- Campbell, N. y Reece, J. (2005). Biología. Editorial Médica Panamericana S. A. Madrid
- Cañal, P. (2005). La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje. Ed. Síntesis. Madrid España.
- Charrier, M., Cañal, P. y Rodrigo, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. Enseñanza de las ciencias, 24 (3), 401-410.
- Chi, M. T. H. (2008). Three kinds of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and ontological shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). New York: Routledge.
- Chona, G. Arteta, J. Martínez, S. Ibañez, X. Pedraza, M. Fonseca, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? Revista Tecne, Episteme y Didaxis

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

- N. 20. Segundo semestre del 2006 pp. 62-796. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Curtis, H. y Barnes S. (2001) *Biología*, Sexta edición, Bogotá D.C Editorial Médica Panamericana
- Garnica, S. y Acosta, R. (2012). Conocimiento didáctico del contenido sobre fotosíntesis de dos profesores de los grados sexto y noveno de educación básica secundaria de un colegio privado en Bogotá Colombia. *Revista Bio-grafía* 8(5), 50-76. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Gest, H. (2001). History of the word photosynthesis and evolution of its definition. Indiana University. Bloomington IN 47405, USA.
- González, A. (1998). Caracterización fotosintética de árboles de la Laurisilva Canaria. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna Tenerife. España.
- Gutiérrez, R. (2001) *Mental Models and the fine structure of Conceptual Change*. En: R. Pinto and S. Surinach (eds), *Physics Teacher Education Beyond 2000*. Elsevier Editions. París, p 35-44.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Johnson- Laird, P. (1990). *El Ordenador y la Mente. Introducción a la Ciencia Cognitiva. Cognición y desarrollo humano*. Ed. Paidós. Barcelona.
- Johnson- Laird, P. N. (1993). La théorie des modèles mentaux. En: Ehrlich, M. F
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 45-59.
- López-Mota, Á. y Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Revista Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza.*, 7(13), pp. 109 - 126. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Macías, L. (2013). Diseño de prácticas experimentales de fotosíntesis para ciclo 3. Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.

Merino, G. Arellano, M., Adúriz-Bravo, A. (2014). Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes. (1º-. Ed.). Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

MEN. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemática, Ciencias y Ciudadanas. Documento No. 3. Lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden.

Moreira, M., Greca, I., Rodríguez-Palmero, M. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Investigación en Educación en Ciencias*, 2 (3), pp 84-96

Moreno-Arcuri, G. y López-Mota, Ángel D. (2013). "Construcción de modelos en clase acerca del fenómeno de la fermentación, con alumnos de educación secundaria". *Revista latinoamericana de Estudios Educativos*. 9 (1), pp. 53-78

Sáenz, J. (2012). La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Universidad Nacional de Colombia.

Talanquer, V. (2014). El rol de las suposiciones implícitas y estrategias heurísticas en el razonamiento de los estudiantes de química. En Merino, Arellanos y Adúriz-Bravo. (Eds.), *Avances en la didáctica de la química, modelos y lenguaje*. pp. 93-105. Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Test, D. y Weward, W. (1980). Photosynthesis: teaching a complex science concept to juvenile delinquents. *Science Education*, 64, 129-139.