



LA MODELACIÓN EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LOS MODELOS ATÓMICOS¹

Modeling in the teaching and learning of atomic models

*Carlos Arlex Molina Díaz², Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez³,
Héctor Jairo Osorio Zuluaga⁴*

-
- 1 Producto derivado del proyecto de investigación “La modelación una competencia para la enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos en los estudiantes de grado séptimo”, presentado para optar por el título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
 - 2 M.g. Carlos Arlex Molina Díaz, profesor de Ciencias Naturales-Química en la Institución Educativa Sagrada Familia, de Apía: camolinad@unal.edu.co
 - 3 M.Sc., Profesor Asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co
 - 4 Dr.Sc., profesor Asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen

El trabajo realizado con estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Sagrada Familia de Apía (Risardalda) busca mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto modelos atómicos. Se elaboró y se aplicó la unidad didáctica interactiva para lograr la modelización como una habilidad de aprendizaje. Con los resultados obtenidos se ejecutó la unidad didáctica interactiva, finalizando con una prueba para verificar la apropiación del aprendizaje. El tipo de metodología fue cuantitativa cuasi-experimental. Al aplicar el software didáctico, cada estudiante logró el desarrollo propio de su aprendizaje con claridad en los saberes adquiridos.

Palabras clave

modelación, modelos atómicos, TIC, unidad didáctica interactiva.

Abstract

The work carried out with seventh grade students of the Institución Educativa Sagrada Familia of Apía (Risardalda) seeks to improve the teaching and learning process of the atomic models concept. The interactive teaching unit was developed and applied to achieve modeling as a learning ability. With the obtained results the interactive didactic unit was executed, finalizing with a test to verify the appropriation of the learning. The type of methodology was quasi-experimental quantitative. When applying the didactic software, each student achieved their own learning development with clarity in the acquired knowledge.

Keywords

modeling, atomics models, TIC, interactive teaching unit.

I. INTRODUCCIÓN

los últimos años se han utilizado las tecnologías de la información y comunicación “TIC” en la educación para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En la actualidad, existen programas informáticos que modelan laboratorios, programas interactivos en libros de física y química, entornos virtuales de aprendizaje (EVA), objetos virtuales de aprendizaje (OVA), ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), simulaciones de fenómenos naturales disponibles en la web, etc.

Sin embargo, aún es incipiente el uso de programas como herramientas didácticas; por esta razón, es importante comenzar una línea de investigación sobre la aplicabilidad de unidades didácticas interactivas para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales y Educación Ambiental. La información y la tecnología no se pueden

separar; por esta situación, debemos tener muy en cuenta como docentes que la didáctica debe estar acorde con el desarrollo tecnológico, y además, utilizarlo en la práctica diaria. El interés y la motivación que tienen los niños, niñas y jóvenes en el manejo de las TIC se deben tener en cuenta; es importante aprovechar estos recursos e incluirlos dentro del aula de clase.

Con la aplicación de la unidad didáctica interactiva se pretende mejorar la enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo atómico de la materia, utilizando para ello la modelización como una habilidad de aprendizaje a partir de la identificación de las ideas previas. Estas se utilizan como referente para la elaboración del software interactivo, que es la herramienta de transposición didáctica aplicada en el aula. Se finaliza con la evaluación de la herramienta didáctica y las habilidades relacionadas con la modelización.

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

El trabajo en el aula de clase siempre ha estado influido por representaciones que se le explican al estudiante; el docente supone que el estudiante tiene la claridad suficiente para interpretar estos símbolos. Al transcurrir el ciclo de enseñanza, el estudiante utiliza representaciones más complejas; por ejemplo, los niños en los primeros grados de su educación básica aprenden a utilizar el símbolo de las letras para identificar palabras escritas en los textos o en el tablero; después utilizan este aprendizaje para relacionarlo con objetos de su entorno; y a medida que progresa en el nivel educativo aprende otros símbolos: por ejemplo, en el aprendizaje de matemáticas hace uso de símbolos para la suma, resta, multiplicación y división en niveles educativos básicos. Finalmente, llega a utilizar símbolos más complejos, como las ecuaciones, el plano cartesiano o las integrales simples.

La modelación aplicada como una competencia se hace necesaria, ya que el estudiante, al conocer que las diferentes representaciones son una explicación de una parte de la realidad, reconoce la necesidad de utilizar otras representaciones para crear una mejor explicación o tal vez creando otras representaciones que se podrían convertir en nuevos campos de investigación. Pero si el estudiante desde el inicio del aprendizaje de sus saberes no tiene la claridad suficiente acerca de la interpretación de su entorno, se estará limitando su capacidad de imaginar la realidad ya que tendría un obstáculo en el aprendizaje relacionado con la dificultad de creer que solo existe una explicación del fenómeno, debido a la falta de claridad del concepto modelación.

Este trabajo tiene en cuenta diferentes aspectos relacionados con la enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la naturaleza: la epistemología en la didáctica de la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, el constructivismo y su relación con las tecnologías de la información y comunicación, los modelos científicos, las habilidades del siglo XXI y las competencias que se podrían relacionar con la modelación.

A. Didáctica de las ciencias de la naturaleza

En la educación se ha percibido un cambio en el aspecto de la didáctica de las ciencias de la naturaleza. Antes de la década de los setenta, predominaba la clase magistral, el modelo de enseñanza era de transmisión-recepción, la ciencia era transmisión de conocimientos, el estudiante acumulaba toda esa información y el docente era el poseedor del conocimiento que lo depositaba en los alumnos [1]. En la década de los ochenta se innovó con el uso del laboratorio; actividades que eran influenciadas por corrientes innovadoras surgidas en Europa [2]. En la actualidad se han generado preguntas claves en cuanto al proceso de aprendizaje de los estudiantes. [2] afirma: “cuestiones como ¿aprenden nuestros estudiantes? o, más concretamente, ¿llegan a dominar los conceptos científicos?, son objeto de constante preocupación por parte de los profesores del área de ciencias” (p.383).

La didáctica de las ciencias de la naturaleza debe tener en cuenta los problemas de enseñanza y aprendizaje específico de las ciencias experimentales, entre estos problemas se encuentra la persistencia de las ideas alternativas en la interpretación de fenómenos. Como indica [2], “el modelo constructivista ha producido un amplio consenso entre los investigadores de didáctica en las ciencias. Es un modelo cognitivo, ya que se basa en el estudio y desarrollo de los procesos mentales de los estudiantes”. El empirismo, como generador de conocimiento, ha sido uno de los pilares de las ciencias de la naturaleza; surgió con la revolución científica del Renacimiento y se reafirmó por el positivismo lógico del siglo XX.

Actualmente, el método científico es bastante utilizado para la enseñanza de muchos conceptos; sin embargo, como indica [2], un cambio en el concepto de carácter de verdad fue planteado por Popper, ya que una hipótesis puede ser falsable por observaciones posteriores y su validez radica en la interpretación de la realidad. El autor también menciona la importancia de las nuevas explicaciones en las ciencias de la naturaleza, ya que como indica Khun [2], “una teoría no se abandona al ser superada, sino que es sustituida por un nuevo paradigma (modelos y concepciones teóricas admitidas y compartidas por los científicos)”.

Lo anterior se ratifica con lo propuesto por Lakatos [2]: el avance de la ciencia proviene de “la calidad de los programas de investigación que compiten entre sí, de entre los cuales alguno se revela como más útil para hacer predicciones.

Cualquier didáctica de las ciencias debe tener en cuenta transmitir la idea de provisionalidad de las teorías científicas y de su naturaleza dinámico-evolutiva, junto con su carácter acumulativo; tomar en cuenta la influencia de su entorno (aspectos ideológicos y sociológicos) y de las aplicaciones tecnológicas en la determinación de los temas más importantes de investigación y en el desarrollo de la ciencia; desarrollar el espíritu crítico y cuestionar la validez de la observación, intentando que tanto la percepción de los datos como las interpretaciones sean lo más objetivas posible; y finalmente, cuidar el lenguaje utilizado para transmitir la imagen fiel de los conceptos, evitando visiones excesivamente simplistas o erróneas de las construcciones científicas. (p.388)

En la actualidad se reconocen los grandes avances en la tecnología y su importancia en la sociedad, además de la gran influencia de la tecnología para la didáctica en el aula, ya que se mejora el proceso enseñanza y aprendizaje debido a que facilita la transposición didáctica de conceptos abstractos, transformándose en herramientas que generan en el estudiante motivación para el aprendizaje. Según Zapata [3], “los objetivos, métodos, contenidos, condiciones de aprendizaje, evaluación y recursos constituyen las dimensiones comúnmente aceptadas del currículo”. Los recursos didácticos deben propiciar el aprendizaje en el estudiante.

Como indica Jiménez [3], “los entornos de aprendizaje virtual propician diseños fundamentados en teorías constructivistas del aprendizaje, puesto que éstos hacen énfasis en el alumno como centro de los procesos cognitivos y, por tanto, en los procesos de enseñanza y aprendizaje”. En el mismo sentido, Zapata [3] indica que, “en este contexto, la intervención del profesor se centrará en crear condiciones favorables para el cambio que se produce en el material cognitivo del alumno, cambio que se produce entre la situación previa y posterior al aprendizaje”. Las TIC, como instrumento de formación (enfoque se centra más en el alumno), deben ser un entorno de aprendizaje con una función pedagógica (actividades de aprendizaje), la tecnología apropiada y aspectos organizativos, considerando los procesos de enseñanza en entornos virtuales como un proceso de innovación pedagógica [4].

B. Constructivismo y las tecnologías de información y comunicación TIC

La práctica docente en las ciencias naturales está influenciada por la perspectiva constructivista. Los Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, elaborados por el Ministerio de Educación Nacional [5] dan un indicio de la perspectiva constructivista ya que mencionan la pregunta como un momento de desequilibrio. Cuando las representaciones sobre un sector del mundo no concuerdan con él, es necesario modificar las representaciones; cuando se logra una representación concordante se tiene un nuevo equilibrio hasta el momento en que nuevos conocimientos pongan en conflicto las representaciones estables hasta el momento.

Como indica González [6], las clases constructivistas son un modelo basado en la planificación del aula metacognitiva, de visión lineal ya que conservan una organización y ejecución de pensamiento lineal, pues consisten en la introducción, el cuerpo teórico de la clase y un cierre a manera de conclusión, orientando al estudiante a la construcción de conocimiento y priorizando la metacognición.

La práctica docente en la actualidad debe enfocarse en los avances tecnológicos y valerse de ellos como una ayuda en el aula, utilizando entornos virtuales de aprendizaje; por lo tanto, es necesario crear herramientas que, además de ser apoyo para el docente, motiven a los estudiantes, ya que la tecnología está inmersa en su cotidianidad. Como afirma Requena [7], se busca cambiar el esquema tradicional del aula, donde el papel y el lápiz tienen el protagonismo principal, y establecer un nuevo estilo en el que se encuentren presentes las mismas herramientas, pero añadiéndoles las aplicaciones de las nuevas tecnologías, aporta una nueva manera de aprender, que crea en los estudiantes una experiencia única para la construcción de su conocimiento.

Se deben incorporar los avances tecnológicos en el aula de clase, ya que posibilitan la mejor comprensión de algunos conceptos como la representación de la materia, desde el ámbito del mundo submicroscópico.

C. Habilidades del siglo XXI y competencias relacionadas con los modelos científicos

Como indican Toro, Blandón, Martínez, Castelblanco y Granés [8], las competencias generales básicas en ciencias naturales y educación ambiental son: interpretar, argumentar y proponer. Entre las competencias específicas en

ciencias naturales y educación ambiental que se relacionan con la modelación científica, se encuentran:

- Identificar: capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos
- Explicar: capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón a fenómenos
- Disposición para reconocer la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.

Para los niños, niñas y jóvenes en Colombia, el MEN y la Asociación Colombiana de Facultades de Educación realizaron un documento en 2004 en el cual indican los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales. Estos son criterios que establecen un punto de referencia en el saber y saber hacer; este documento se denomina “Guía 7. Formar en ciencias: ¡el desafío!”.

Para el concepto abstracto de los modelos atómicos de la materia, se menciona que al finalizar el grado séptimo los estudiantes deben establecer relaciones entre las características macroscópicas y microscópicas de la materia y las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen. Este saber y saber hacer lo logran con el manejo de conocimientos propios acerca de las ciencias naturales.

En el entorno físico, se establece que el estudiante describe el desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia con conocimientos, en la ciencia, tecnología y sociedad, para ser capaz de indagar sobre los adelantos científicos y tecnológicos que han hecho posible la exploración del universo. En el desarrollo de compromisos personales y sociales, reconoce que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente [9].

En la actualidad, la sociedad está inmersa en la cultura digital. Es necesario que las ciencias de la naturaleza incluyan los avances tecnológicos en el aula de clase como recurso didáctico, ya que posibilitan un mejor aprendizaje en el estudiante.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha clasificado el buen uso de las tecnologías de las TIC en habilidades funcionales y habilidades para aprender; estas “habilidades del siglo XXI” se pueden agrupar en tres competencias: el uso interactivo de las herramientas, la interacción entre grupos heterogéneos y actuar de forma autónoma [10].

D. Modelos científicos

El término “modelo” comúnmente se usa para referir una situación u objeto como guía para reproducir algo igual. Desde el ámbito de las ciencias de la naturaleza, Chamizo [11] afirma que: “Los modelos (m) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (M), con un objetivo específico”. Idea que refuerza más adelante el autor, afirmando que: de acuerdo a su contexto pueden ser a su vez didácticos o científicos dependiendo de la comunidad que los justifique y el uso que se les dé. Aquí es muy importante el momento histórico en el que los modelos son construidos. Puede decirse, en general, que los modelos más sencillos son los más antiguos.

Gallego, Gallego y Pérez [12] afirman: “la profesora Lombardi explicita que los modelos científicos de la física se apoyan en el sistema axiomático de la matemática; apoyo este que hace que tales sistemas adquieran connotación semántica”. También Gallego et al. [12] indican que un modelo científico no es la realidad en sí sino una representación de la misma, clasificándose en icónicos o gráficos, analógicos y simbólicos; además afirman a partir de un modelo atómico, su carácter científico:

El modelo atómico de Dalton, que fue objeto de modificaciones sucesivas, en especial con la introducción del concepto de valencia y el de estereoisomería, hasta su abandono definitivo a comienzo del siglo XX. Este ejemplo muestra igualmente, que los modelos icónicos o gráficos son de carácter conceptual y metodológico; metodológico en el sentido hipotético-deductivo. (p.108)

Como indica Chamizo [13], los modelos icónicos materiales son imágenes, diagramas o modelos a escala. Como ejemplo en la construcción de modelos icónicos materiales en tres dimensiones, a comienzos del siglo XIX, Dalton construye su modelo atómico en madera.

Los modelos se pueden clasificar como icónicos, analógicos y teóricos o simbólicos.

Los modelos icónicos “son aquellas representaciones del sistema en forma visual mediante imágenes de figuras o representaciones físicas, a escala sobre la base de un objeto. Entre algunos ejemplos que se pueden citar están; las fotografías, las maquetas y los mapas” [14]. Torrecillas [14] afirma que los modelos analógicos:

[...]tienen en cuenta una serie de cualidades, propiedades y características que pueden ser de distinta naturaleza al representar el objeto de estudio. Resultan muy apropiados para representar o expresar relaciones cuantitativas del objeto o proceso original. Son ejemplos de estos modelos; los diagramas de flujo de un proceso en una fábrica y las representaciones de la curva de distribución en la estadística.

El mismo autor indica que los modelos teóricos:

[...]se utilizan los símbolos o signos para designar los elementos y propiedades del objeto de estudio, es por eso que muchas veces se les denomina modelos simbólicos. Se pueden citar como ejemplos en este caso los modelos matemáticos y entre estos los modelos económicos matemáticos. Aquí se utilizan los símbolos o signos matemáticos para describir y explicar el proceso modelado. Pero también cuando se utilizan conceptos o teorías para la explicación del objeto de estudio. [14]

E. Obstáculos en la enseñanza y aprendizaje del concepto sobre modelo atómico

Astolfi [15] menciona las características de los obstáculos: su positividad (saturación de conocimientos previos), su facilidad (razonamiento de manera sencilla), su interioridad (el obstáculo está en el pensamiento mismo, en el inconsciente), su ambigüedad (el uso de representaciones que no son adecuadas para solucionar un problema), su polimorfismo (no se limita al campo racional, extendiéndose a otros planos como el afectivo, emocional) y su recursividad (el obstáculo se vuelve sobre sí mismo para juzgarse). El autor también indica que los obstáculos en las representaciones que tienen los estudiantes se pueden convertir en un punto nodal de las concepciones. Astolfi [15] presenta algunos obstáculos muy frecuentes en las representaciones de los conceptos: primacía de la percepción sobre lo conceptualizado, uso del pensamiento por pares que permite proceder a alternativas binarias simples.

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos han existido diferentes obstáculos para el aprendizaje de estos conceptos: confundir las propiedades submicroscópicas con las propiedades macroscópicas de la materia; conceptos acerca de modelos atómicos muy abstractos, difíciles de utilizar en la explicación de los fenómenos que ocurren en su entorno; según Harrison & Treagust [16], los estudiantes piensan que los modelos son juguetes o pequeñas copias incompletas de objetos; por esta razón, no identifican ideas o buscan

propósitos en la forma del modelo. Las concepciones alternativas, con explicaciones simplistas y erróneas de los fenómenos naturales, o explicaciones tomadas de familiares, dibujos animados, películas. Profesores que tienen conceptos erróneos con respecto a conocimientos científicos y modelos [16], algunos profesores conciben los modelos científicos en términos mecánicos y creen que los modelos son verdaderas imágenes de fenómenos e ideas no observables. Por último, la manera en que los profesores se mueven entre las representaciones microscópicas y simbólicas de sustancias y procesos [17].

Bodner y Domin [16] distinguen entre representaciones internas (información almacenada en el cerebro) y representaciones externas (manifestaciones físicas de la información). Las primeras pueden ser muy similares a las representaciones externas en algunos individuos, si el docente escribe símbolos que representan la realidad, muy a menudo los estudiantes escriben letras, números o líneas que no tienen significado alguno para ellos.

El modelo de enseñanza por transmisión-recepción es un obstáculo de aprendizaje, ya que concibe la ciencia como una acumulación de conocimientos, sin reconocer su desarrollo histórico y epistemológico. Estos aspectos son necesarios para comprenderla; el docente transmite el texto guía enseñando de manera inductiva conocimientos cerrados o definitivos, considerando al estudiante como una página en blanco y sin tener en cuenta su contexto sociocultural [1].

Como indica Johnstone [16], la materia puede ser representada por niveles: el macroscópico (fenómeno físico), el submicroscópico (partículas) y el nivel simbólico (lenguaje químico y modelos matemáticos). Si no existe claridad acerca de la modelación pueden ocurrir diferentes conflictos cognitivos, ya que los docentes utilizan estos niveles saltando de uno a otro en el proceso de enseñanza, y los estudiantes interpretan de formas diferentes cada nivel, confundiendo con demasiada facilidad [16].

F. Metodología

El enfoque metodológico de este trabajo es de tipo cuantitativo [18] con cuestionarios para obtener resultados.

El tipo de metodología cuantitativa es cuasi-experimental, cuya validez radica en la representatividad de los datos obtenidos; se mide el impacto de la aplicación de

una unidad didáctica interactiva con diseño de grupos no equivalentes (grupos no asignados de forma aleatoria).

La unidad didáctica interactiva fue desarrollada en la Institución Educativa Sagrada Familia, de Apía (Risaralda). La institución se encuentra ubicada en la zona urbana del municipio; además, tiene sedes en el sector rural. El municipio forma parte del denominado Eje cafetero; su principal actividad económica es la caficultura.

Se trabajó con dos grupos de grado séptimo de la Institución Educativa Sagrada Familia.

El grupo experimental es el grado 7B, conformado por 24 estudiantes: 12 niños y 12 niñas de con edades entre los 12 y 14 años; la mayoría vive en la zona urbana, 6 niños viven en la zona rural. El grupo control es el grado 7A, conformado por 24 estudiantes: 16 niños y 8 niñas de con edades entre los 12 y 14 años; la mayoría vive en la zona urbana, 7 niños en la zona rural.

En la fase inicial del trabajo de investigación se identificó un problema recurrente, relacionado con la explicación del concepto abstracto de átomo y modelo atómico. Esto creó la necesidad de facilitar la transposición didáctica para mejorar el aprendizaje del concepto de modelo atómico. Al establecer el problema al que se deseaba dar solución se plantearon los objetivos, identificando inicialmente las ideas previas que preveían en los estudiantes. Se identificaron las competencias a desarrollar y se planteó la creación de un software que mejore el proceso enseñanza-aprendizaje del concepto de modelo atómico de la materia.

En la fase de diseño se realizó una búsqueda bibliográfica sobre antecedentes de las preguntas a resolver; se encontró que aún no existen artículos con el objetivo general del presente trabajo. Se continuó con la elaboración del cuestionario de ideas previas.

La siguiente fase fue el diseño para la selección de la herramienta virtual a trabajar en el pretest-postest y la unidad didáctica interactiva. Se inició con la opción de creación del programa en Java; después, con Visual Basic. Ninguno de estos lenguajes de programación se utilizó, debido a diferentes restricciones en los equipos de cómputo de la institución educativa. Finalmente, se realizó en lenguaje C con interface WYSIWYG y motor de scripting LUA, ya que permitía incluir de manera más sencilla los archivos multimedia, utilizando el programa AutoPlay

Media Studio 8.5 (versión de prueba), para crear los programas interactivos del pretest-postest y la unidad didáctica interactiva.

La fase de aplicación de la unidad didáctica interactiva software, denominado “Modelos atómicos”, se realizó en la sala de informática de la Institución Educativa Sagrada Familia, de Apía (Risaralda). La aplicación se realizó desde la última semana del mes de agosto hasta la última de septiembre, finalizando la aplicación con el cuestionario postest. La unidad didáctica se desarrolló durante 9 sesiones de clase (cada clase de 50 minutos), aplicando 2 sesiones de clase en el concepto de modelación, 1 sesión de clase sobre concepto átomo, 5 sesiones de clase sobre concepto modelos atómicos y 1 sesión de clase en actividades finales.

La fase de evaluación se realizó con el análisis de los resultados para verificar la apropiación de conceptos desarrollados. Se realizó una “lluvia de ideas” acerca del trabajo con la unidad didáctica interactiva; se notó la interiorización de conceptos de modelización, ya que los estudiantes explicaban diferentes situaciones en términos de modelos icónicos, analógicos y teóricos; también describían claramente los modelos atómicos y mencionaban el contexto en el cual surgieron.

G. Resultados

Para el pretest y postest se utilizaron preguntas de opción múltiple. Se realizaron comparaciones del porcentaje de las respuestas mayoritarias y se calculó el nivel de dificultad de la pregunta [19], la ganancia intrínseca entre el pretest y el postest [20] y el factor de concentración y medición de la discrepancia [21], para el grupo experimental y el grupo control.

- Para medir el nivel de dificultad de las preguntas, se tuvo en cuenta “la proporción de personas que responden correctamente dentro del total de examinados, que es inversamente proporcional a la dificultad”, donde “p” es el índice de dificultad de la pregunta, “A” es el número de aciertos y “N” es el número de aciertos más el número de errores de la pregunta, como se muestra en la ecuación (Carrazana, Salas y Ruiz, 2011):

$$p=A/N$$

Según Carrazana, Salas y Ruiz (2011), los valores obtenidos se pueden clasificar como: Altamente difícil (<0,32); Medianamente difícil (0,32 - 0,52); Dificultad media (0,53 - 0,73); Medianamente fácil (0,74 - 0,86); Altamente fácil (> 0,86).

- Como indica Hake [20], para pruebas de opción múltiple con una respuesta se puede comparar la prueba inicial y final para determinar la ganancia en el aprendizaje infiriendo con este valor el grado de eficiencia del aprendizaje frente al estado inicial del estudiante. Se puede calcular la ganancia normalizada como la razón del porcentaje de la ganancia real y el porcentaje máximo de ganancia posible:

$$g = \frac{\%ganancia\ actual}{\%ganancia\ máxima} = \frac{\%postest - \%pretest}{100 - \%pretest}$$

- Según Barbosa, Mora, Talero y Organista [21], en una prueba de opción múltiple con única respuesta se puede construir una medida que indique la distribución de las respuestas. Este valor se denomina “factor de concentración o factor C”, que es función de las respuestas de los estudiantes y está dado por:

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right)$$

donde m representa el número de opciones para una pregunta en particular, N es el número de estudiantes, n_i es el número de estudiantes que han escogido una respuesta i^{1} de la pregunta, el nivel de discrepancia es “bajo, B” ($C < 0,2$), “medio, M” ($0,2 < C < 0,5$) y “alto, A” ($0,5 < C < 1,0$). El valor del nivel de discrepancia bajo indica las respuestas con tendencia al azar; el nivel de discrepancia medio indica que la población tiene dos escogencias en las respuestas; y el nivel de discrepancia alto indica una alta concentración de escogencia de la misma respuesta (no necesariamente la correcta) (Bao & Redish, 2001).

La percepción del estudiante acerca de la funcionalidad del software “Modelos atómicos” se realizó por medio de la escala de Likert, del 1 al 5, con valores de “Totalmente en Descuerdo”, “En Descuerdo”, “Indiferente”, “De Acuerdo” y “Totalmente de Acuerdo”, respectivamente. Según Zulma (2000), la evaluación de un software educativo debe tener criterios de utilidad y aspectos pedagógicos. Las preguntas que se presentaron a los estudiantes fueron las siguientes:

- Considera que el programa es interactivo
- Es de fácil manejo
- Despierta el interés en usted
- Le facilitó la comprensión del tema “Modelación”

El grupo experimental tuvo para todas las respuestas del pretest valores entre el 65% y el 95% en las repuestas correctas, mientras que en el grupo control el rango estuvo entre el 37% y el 91%. Para el grupo experimental, el nivel de dificultad (Carrazana et al., 2011) de las preguntas acerca de modelación fue de “Altamente fácil” para una pregunta y “Medianamente fácil” para las demás preguntas (en el pretest, todas las preguntas se clasificaron en el nivel “Altamente difíciles”). En las preguntas acerca de partículas submicroscópicas se obtuvo “Altamente fácil” para una pregunta y “Medianamente fácil” para las demás preguntas (en el pretest, todas las preguntas se clasificaron en el nivel “Altamente difíciles”). En las preguntas acerca de modelos atómicos de la materia se obtuvo “Altamente fácil” para 4 preguntas y “Medianamente fácil” para las demás preguntas (en el pretest, todas las preguntas se clasificaron en el nivel “Altamente difíciles”).

El promedio de ganancia normalizada de Hake [20] para el grupo experimental fue 0,79, según el autor, es una ganancia alta que indica un avance importante en el aprendizaje. El promedio de ganancia normalizada de Hake en el grupo control fue 0,48 clasificada como ganancia media; la ganancia de Hake en el grupo experimental fue 1,6 veces mayor que en el grupo control.

El grupo experimental tuvo el valor del factor de concentración [21] para todas las preguntas en nivel alto, es decir, se concentraron los intentos de respuesta en una sola opción, a diferencia del pretest, en el que se ubicaron todas las preguntas en nivel de concentración bajo (tendencia de escogencia de respuestas al azar). El patrón de respuesta en el postest para el grupo experimental se clasificó como “AA” en todas las preguntas, lo que indica que las respuestas se concentraron en la repuesta correcta (Bao & Redish, 2001), a diferencia del grupo control, que tuvo 13 preguntas en la situación “MM”, 6 preguntas en la situación “AA”, 1 pregunta en la situación “BM”. Lo anterior indica que la mayoría de respuestas se concentraron en 2 opciones de respuesta, incluyendo la respuesta correcta.

III. CONCLUSIONES

La unidad didáctica interactiva permitió solucionar las preguntas que se planteaban: ¿cómo mejorar la enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos?, ¿la modelación es una competencia que podría mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos?, ¿son las tecnologías de información y comunicación “TIC” una estrategia didáctica que permite mejorar la enseñanza y aprendizaje del concepto modelo atómico de la materia?

Con el análisis de resultados se evidencia que a través del uso de representaciones con la aplicación de la unidad didáctica interactiva se logra una variación apreciable del pretest con respecto al postest. Esto indica un cambio conceptual en los estudiantes; en consecuencia, se mejoró notablemente el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo atómico de la materia, para los estudiantes de grado séptimo en la Institución Educativa Sagrada Familia de Apía (Risaralda). Con la aplicación del pretest se identificaron las ideas previas y los obstáculos de los estudiantes referidos a conceptos de modelación, partículas submicroscópicas y modelos atómicos de la materia. El objeto virtual de aprendizaje [4] implicó al estudiante como responsable de su aprendizaje de manera autónoma y autorregulada, ya que para las diferentes sesiones de clase cada uno trabajó al ritmo de aprendizaje propio.

IV. REFERENCIAS

Periodicals (Artículos de revista):

- [1] Ruiz Ortega, Francisco Javier, “Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales”, Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), Julio-diciembre, pp.41-60, 2007.
- [2] Aja, J.M., Manual de la educación. Barcelona: Editorial Océano, 2000.
- [3] Jiménez, J. M. R., “Algunas teorías para el diseño instructivo de unidades didácticas Unidad didáctica: “El alfabeto griego””, Revista de Educación a Distancia, (20), 2008.
- [4] Salinas, J., “Cambios metodológicos con las TIC. Estrategias didácticas y entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. Bordón”, 56(3-4), pp.469-481, 2004.
- [5] MEN, M., Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Ministerio de Educación Nacional, 1998.

- [6] González Velasco, J. M., “El bucle educativo: Aprendizaje, pensamiento complejo y transdisciplinariedad. Modelos de planificaciones de aula metacomplejas”, *Revista Integra Educativa*, 2(2), pp.83-101, 2009.
- [7] Requena, S. R. H., “El modelo constructivista con las nuevas tecnologías, aplicado en el proceso de aprendizaje”, *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), p. 6, 2008.
- [8] Toro, J., Blandon, C., Martinez, R., Castelblanco, Y., Cardenas, F., & Granés, J., *Fundamentación Conceptual Área de Ciencias Naturales*, 2007.
- [9] MEN, M., *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*, 2004.
- [10] Ananiadou, K., & Claro, M., *Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2010 [En línea]. Disponible en: http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades_y_competencias_siglo21_OCDE.pdf.
- [11] Chamizo, J. A., “Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias”, *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1), 2011.
- [12] Gallego Torres, A. P., Gallego Badillo, R., & Pérez Miranda, R., “¿Qué versión de ciencia se enseña en el aula?: Sobre los modelos científicos y la didáctica de la modelación”, *Educación y educadores*, 9(1), pp.105-116, 2006.
- [13] Chamizo, J. A., “A new definition of models and modeling in chemistry’s teaching”, *Science & Education*, 22(7), pp.1613-1632, 2013.
- [14] Torrecilla, A. M. B., “La modelación y los modelos teóricos en la ciencia. Una concreción en la auditoria interna con enfoque de riesgo”, *Contribuciones a la Economía*, 2009.
- [15] Astolfi, J. P., “El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista educación y Pedagogía*”, 11(25), pp. 149-171, 2009 [En línea]. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeypp/article/viewFile/5863/5276>
- [16] Nahum, T. L., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Ziva, B. D. (2004). ¿Can final examinations amplify students’ misconceptions in chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 301-325.
- [17] Chamizo, J. A. & García A. (Eds.), *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México, 2010 [En línea]. Disponible en: <http://www.modelosymodelajecientifico.com/>



- [18] Rodríguez Gómez, David y Valdeoriola Roquet, Jordi. (2009). Metodología de la investigación. Universidad Oberta de Catalunya. Cataluña, España.
- [19] Carrazana Lee, A., Salas Perea, R. S., & Ruiz Salvador, A. K., “Nivel de dificultad y poder de discriminación del examen diagnóstico de la asignatura Morfofisiología Humana I”, Educación Médica Superior, 25(1), pp.103-114, 2011.
- [20] Hake, R. R., “Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”, American journal of Physics, 66(1), pp.64-74, 1998.
- [21] Barbosa, L. H., Mora, C. E., Talero, P. H., & Organista, J. O, “El Soplador mágico: un experimento discrepante en el aprendizaje de la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli”, Revista Brasileira de Ensino de Física, 33(4), pp.4309, 2011.