

Modelos e explicações no ensino conceito orbital atômico

Models and explanations in teaching atomic orbital concept

Andrés Camilo Ballesteros Casallas

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
andres.quimica.ud@gmail.com

Ana María Bejarano Acero

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
ambejaranoa@gmail.com

Tatiana Forero Rodríguez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jtforeror@gmail.com

Liz Mayoli Muñoz Albarracín

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
lizm200528@yahoo.com

Resumen

Este artículo pretende comentar algunas experiencias y resultados obtenidos en el desarrollo de una propuesta para la enseñanza del concepto orbital atómico con estudiantes de secundaria (Bogotá, Colombia), haciendo uso de diversas formas de explicar el concepto y permitiendo al estudiante construir su propio modelo del concepto orbital, teniendo en cuenta la necesidad actual de explorar e implementar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas sobre este concepto científico de carácter abstracto.

Palabras clave: Orbital atómico, modelo atómico, mundo macroscópico y microscópico.

Abstract

This article aims to discuss some experiences and results obtained in the development of a proposal for teaching the atomic orbital concept with high school students (Bogota, Colombia), using different ways of explaining the concept and allowing students to construct

their own model of orbital entity, taking into account the current need to explore and implement new teaching strategies and teaching about this scientific concept of abstract character.

Key words: Atomic orbital, atomic model, macroscopic and microscopic world.

Objetivos

Modelar y representar mediante explicaciones el concepto orbital atómico teniendo en cuenta:

- Analizar las explicaciones que el estudiante ha construido sobre cómo funcionan los fenómenos relacionados con la química.
- Identificar los modelos científicos escolares que ha construido el estudiante sobre la estructura del átomo según sus conocimientos en química.
- Indagar cómo el estudiante explica comportamientos propios de la materia microscópica en términos macroscópicos.

MARCO TEÓRICO

Desarrollo histórico del orbital atómico: primeras ideas cuánticas

Según la física clásica los átomos y moléculas emiten (o absorben) cualquier cantidad arbitraria energía. A la mínima cantidad de energía que pueden emitir (o absorber) en forma de radiación electromagnética, Planck la llamó *cuanto* (CHANG, 2002). Esta cantidad finita de energía está dada por la relación $E = h\nu$

En 1905 Albert Einstein, postula la teoría del efecto fotoeléctrico, uno de varios procesos mediante los que pueden emitirse electrones de la superficie de un metal, en el cual siempre es necesario proporcionar energía a los electrones para que estos puedan abandonar la superficie del mismo en un número de electrones proporcional a la intensidad de la luz emitida, más no a la energía de estos electrones. (CHAMIZO; GARRITZ, 1986). Einstein respondió a este fenómeno al considerar un rayo de luz como un flujo o torrente de partículas.

Einstein dedujo que cada una de esas partículas de la luz que ahora conocemos como *fotones* deben poseer una energía E como planteó Planck. En 1912 el físico danés Niels Bohr se propuso unificar las ideas de Rutherford, Planck y Einstein. En este proceso llega a considerar al átomo como una unidad donde los electrones giran alrededor del núcleo en *orbitas* circulares a gran velocidad (CHANG 2002).

La teoría cuántica y el orbital atómico

Para estudiar el funcionamiento del mundo microscópico, fue necesario crear una nueva teoría que diera cuenta de este, la *mecánica cuántica* que logra su auge hacia 1927 en Bruselas con una conferencia que estuvo dedicada a la teoría cuántica (RINCÓN 2011).

En 1923 el príncipe francés Louis De Broglie formuló la idea que las partículas podían tener propiedades ondulatorias (MC EVOY, ZÁRATE 2007). Si las ondas luminosas se comportan como un flujo de partículas, quizá los electrones tuvieran propiedades ondulatorias, así que, asignó a un corpúsculo una onda que lo acompañaba en tiempo y espacio, y a su vez estaba sincronizada con el proceso interno de este. Los niveles de energía de los electrones del átomo

corresponden a distintos armónicos de estas ondas, y solo pueden existir orbitas en que estos armónicos encajaran exactamente, (GRIBBIN 2005).

La mecánica cuántica matricial

A causa de la dualidad onda-corpúsculo, el acto de medir introduce una perturbación incontrolable en el sistema sobre el que se realiza la medida, a éste fenómeno lo conocemos como la desigualdad de Heisenberg, la cual nos dice que la posición y la velocidad de una partícula son inversamente proporcionales. Es decir que no se “conoce” al mismo tiempo dónde está y a dónde va exactamente un electrón en un momento dado. (GRIBBIN 2005).

La función de onda ψ (psi)

En 1926 el físico austriaco Erwin Schrödinger formuló una nueva teoría atómica en términos de ondas. En una ecuación introduce la masa, el componente energético o dual que había predicho De Broglie, y con este, una nueva variable (operador matemático) conocida como ψ (psi). Según Schrödinger las ondas reemplazantes describían estados individuales del sistema cuántico y sus amplitudes indicaban el grado de importancia relativa de cada estado particular respecto al sistema global (MCEVOY, ZÁRATE 2007). Hacia 1927 Max Born propuso la interpretación probabilista que hoy aceptamos: “La cantidad es la probabilidad de encontrar un electrón dentro de un volumen en el espacio en un tiempo t”. (BUNGE 2002). Sin embargo fue Robert Mulliken quien introdujo el término “orbital” en 1932, para distinguirlo del término “función de onda orbital”. (LABARCA 2009).

LOS MODELOS Y LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS CONSTRUIDOS

Se adoptó por la definición de modelo como “La construcción imaginaria de un objeto o proceso que reemplazará a un aspecto de la realidad a fin de poder efectuar un estudio teórico por medio de teorías y leyes usuales” (CASTRO 1992) y con esta conceptualización, se analizaron los modelos construidos por cada uno de los autores.

De acuerdo con Chamizo (2010) los modelos pueden clasificarse de acuerdo a la porción del mundo que representa como mentales, materiales o matemáticos. Los modelos materiales son aquellos que han sido construidos para comunicarse con otros individuos. Pueden ser de diferentes tipos: gráficos, visuales, icónicos, experimentales. Los modelos matemáticos utilizan un lenguaje específico sin embargo estos pueden ser también verbalizados. Es necesario modelizar los procesos de pensamiento científico para poder realizar las abstracciones necesarias en el proceso de enseñanza- aprendizaje

AUTOR	MODELO
Planck 1900	Mental: ¿comportamientos ondulatorios, cómo se transporta la energía? Experimental: Calentamiento de sólidos a diferentes temperaturas (radiación) Conceptual y matemático: Cuanto y fotón $E = h \nu \rightarrow h = \text{Constante de Planck}$
Rutherford 1911	Conceptual: Discontinuidad de la materia Experimental: Partículas α Conceptual: Átomo con núcleo
Bohr 1913	Mental: ¿Cómo explicar las líneas espectrales del átomo de H? Conceptual y Matemático: Átomo nuclear y cuantificación de la energía, números cuánticos, cálculos del radio de Bohr, postulados de Bohr

	Analógico: Modelo “Micro planetario”
De Broglie 1923	Mental: Comprensión del efecto fotoeléctrico por medio de la dualidad (Einstein) Experimental: Reproducción del experimento de “doble ranura” Conceptual y matemático: Dualidad onda partícula, deducción de fórmula: $p\lambda=h$
Heisenberg 1924	Mental: ¿Cómo tomar una medida exacta del electrón? ¿Corpúsculo? ¿Onda? Conceptual y matemático: Principio de indeterminación o incertidumbre $\Delta x = \frac{\Delta h}{\Delta v}$
Schrödinger 1926	Mental: Dualidad onda-corpúsculo, principio de indeterminación Conceptual: ¿Cómo es el comportamiento de partículas subatómicas? Matemático / Teórico: Operador matemático (ψ), comportamiento de las partículas
Mulliken 1966	Teórico / Conceptual: Introducción de término “orbital”

Tabla 1: Interpretación de los Modelos atómicos y su contribución a la teoría cuántica.

Fundamento conceptuales y metodológicos sobre enseñanza del orbital

La acción de intentar explicar conceptos como átomo a partir de procesos didácticos y pedagógicos, implica la enseñanza de las ciencias usando fundamentos científicos, filosóficos e históricos para construir una visión de los fenómenos químicos pasando de una realidad dada o preconcebida a una realidad construida (MUÑOZ, 2012).

Esta construcción implica comprender la química por medio de una interpretación en la lógica a partir de la cual el estudiante organiza sus teorías. El paso desde las primeras teorías intuitivas de los alumnos hasta una visión científica de los distintos problemas implica superar concepciones organizadas en torno a los aspectos perceptivos (POZO 2006).

Metodología

Se desarrolló un test de ideas previas cuyo objetivo fue hacer un sondeo de las diferentes concepciones de los estudiantes acerca del concepto de átomo y su estructura.

Actividad 1. Se propone un modelo de Palos Bolas y cuerdas que permitió mostrar al estudiante de manera analógica cómo funciona cada uno de los modelos atómicos.

Actividad 2. Se realizó la actividad de huellas para abordar conceptos complejos como orbital atómico y densidad electrónica, desarrollando las teorías que aportan a estas construcciones.

Actividad 3. Se desarrolló una experiencia de laboratorio para evidenciar el comportamiento microscópico de la materia con experimentos cotidianos.

Proceso y resultados de la experiencia de aula

Instrumento de ideas previas

Es un cuestionario que consta de 4 ítems, diseñados para analizar cómo conciben los estudiantes la materia; posterior a su socialización los resultados fueron:

Pregunta 1 a.	Respuestas más comunes entre los estudiantes
---------------	--

¿Los átomos de hierro en la sangre y de hierro en el metal, son los mismos?	No son los mismos átomos pues tienen diferentes características y tienen diferentes funciones
	Si, son el mismo pues no puede haber dos partículas diferentes de hierro
	Sí, pero tienen diferentes características.

Tabla 2: Resultados de la pregunta 1 a.

Se puede observar como un grupo de estudiantes construyen una explicación macroscópica basada en la observación, relacionando los átomos en los dos materiales por medio de sus características y sus funciones (características macroscópicas) impidiendo hacer una abstracción de cómo es la materia en términos microscópicos. Algunos estudiantes dicen que el hierro es igual, pero con diferentes características de acuerdo a las características físicas-observables tanto de una barra de hierro como de la sangre.

Pregunta 1 b.	Respuestas más comunes entre los estudiantes
¿Cómo son los átomos del metal de hierro y el hierro de la sangre?	En la sangre son más pequeños y muchos, en el metal son grandes y están concentrados
	Igual pero en diferente estado.
	En la sangre son Glóbulos y en el metal enlaces
	En la sangre son líneas Rojas rectas y en el metal onduladas
	En el metal son manchas y en la sangre burbujas en movimiento

Tabla 3: Resultados de la pregunta 1 b.

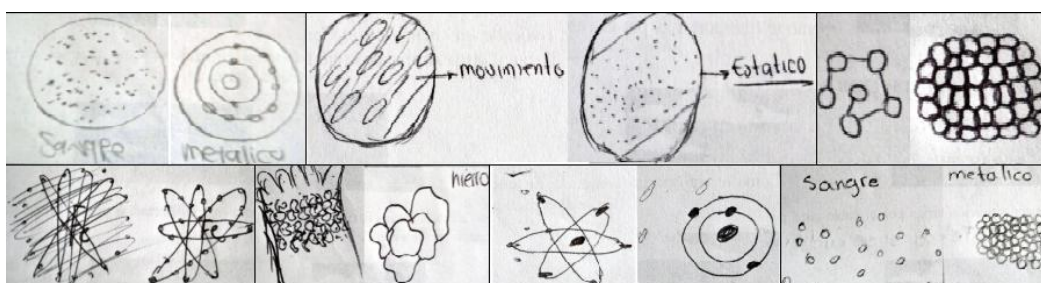
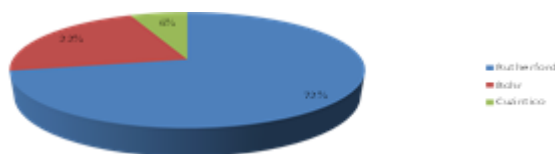


Figura 1: Representaciones gráficas de los átomos de hierro en la sangre y en el hierro en metal.

Se encuentran asociaciones de difícil interpretación como la imagen de “partículas atómicas en una mano y en el hierro, debidas a los modelos mentales y conceptuales que el estudiante construyó previamente, se identifica claramente que en ningún caso los estudiantes tienen la misma representación para los átomos en los dos materiales, llegando incluso a diferenciarlos a nivel macroscópico por medio de dos modelos atómicos diferentes, así los estudiantes construyen sus explicaciones sin comprender el contexto histórico de cada una de las teorías.

Pregunta 2



Grafica 1: Porcentajes de respuestas de los alumnos a la segunda pregunta del test.

La mayoría de los estudiantes reconocen como el modelo atómico válido el de Rutherford, a pesar de conocer los demás modelos y una menor proporción (22%) reconocen el modelo de Bohr, y tan solo (6%) identifico el modelo atómico cuántico.

Pregunta 3.	Respuestas más comunes entre los estudiantes
¿Cómo interpreta el estudiante una situación resuelta con la dualidad de la materia?	Tele transportación
	Convertir el cuerpo en átomos
	Cápsulas transportadoras
	Energía y ondas

Tabla 4: Respuestas más comunes entre los estudiantes a la tercera pregunta.

Pregunta 4.



Gráfica 2. Porcentajes de respuestas de los alumnos a la segunda pregunta del test.

Si bien se reconoce como la parte más pequeña de la materia al átomo, existe una fuerte diferenciación en las respuestas según se refieran a objetos inanimados o a los seres vivos, aun cuando un porcentaje discreto de estos últimos reconoce la existencia del átomo (DE LA FUENTE, 2003).

ACTIVIDAD 1. “Reconstrucción del modelo atómico de Rutherford y el surgimiento de Niels Bohr”

Se construyó un modelo analógico de “bolas, palos” que consistió en unir, dos esferas de icopor de diferentes tamaños (electrón y núcleo) por medio de una cuerda (energía), atada a un palo que será el eje de rotación de una de las esferas (núcleo), como representa la imagen 2. Esta actividad permite abordar los modelos de Rutherford, y Bohr mencionados en la tabla 1.



Figura 2: Esquema del modelo de palos y bolas.

ACTIVIDAD 2. “Conceptos básicos de la teoría cuántica y desarrollo del concepto orbital”

Se realizó un proceso de enseñanza con los estudiantes en el que se abordaron las ideas de Planck, De Broglie y Heisenberg, a partir de este proceso se crearon unas diferencias conceptuales en los estudiantes que permitieron generar la necesidad de construir explicaciones para guiar la dirección del pensamiento (MARTINS 1998).

Luego se construyó un modelo analógico de huellas, donde un estudiante caminó con los ojos vendados y los pies (electrón) pintados sobre un papel (espacio) tratando de dibujar a su paso la forma de un 8, que a su vez representaría el modelo analógico de un orbital P.

Al finalizar la actividad los estudiantes construyeron un modelo capaz de explicar y definir el concepto orbital definición que es posible gracias a una caracterización implícita en las actividades realizada; Las explicaciones se convierten así en caminos que salvan un vacío (MARTINS 1998).



Figura 3: Actividad de las huellas para representar la densidad electrónica.

ACTIVIDAD 3. Practica de laboratorio: Rejilla de Difracción y Color a la llama

Para esta actividad se plantearon dos experiencias de laboratorio: El experimento de la doble ranura con materiales cotidianos (un CD y un láser) y el “color a la llama” para construir modelos materiales y experimentales acerca de fenómenos que evidencian la existencia del concepto orbital.



Figura 4: Experimentos: Doblé ranura y ensayo a la llama.

Teniendo en cuenta el proceso realizado, se pudo observar que los estudiantes construyeron modelos analógicos, basados en las actividades realizadas y un modelo conceptual que les permitió dar una breve explicación del concepto orbital atómico, así mismo, recurrieron a explicaciones mediante analogías, dadas en términos del modelo conceptual de la teoría cuántica del orbital atómico y correspondientes a los modelos mentales y conceptuales construidos por ellos en el curso de las actividades.

CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA REALIZADA

En el campo de la enseñanza y el aprendizaje.

Durante la experiencia se observó que las explicaciones que construyen los estudiantes sobre el comportamiento microscópico de la materia están relacionadas con la observación, es decir, atribuyen propiedades de los objetos macroscópicos a objetos microscópicos. Es necesario resaltar que al momento de identificar el modelo atómico que tienen los estudiantes, la mayoría se encuentran entre el modelo de Rutherford y Bohr, una pequeña parte señala el modelo cuántico sin conocerlo esto, debido a que el modelo icónico usado para representar un átomo es el de Rutherford y el modelo de explicación de la química para la mayoría de los docentes es el modelo de Bohr.

Es necesario incluir los componentes históricos y epistemológicos en la construcción de un modelo para la enseñanza del concepto orbital atómico, lo que facilita la comprensión de la ciencia como un desarrollo histórico y progresivo, forjando diferencias y a partir de ellas

generando explicaciones que permitieron al estudiante construir sus propios modelos sobre el concepto.

En la formación de profesores

Es necesario empezar a transformar los currículos universitarios especializados en la formación docente para que en su proceso se incluyan las investigaciones didácticas actuales y al momento de llegar al aula pueda enseñar las ciencias y construir un conocimiento lo más cercano a la realidad. Según (IZQUIERDO 2004) el profesor debería empezar por generar experiencia química en los alumnos y alumnas, para que, a partir de ella, puedan formular preguntas; sin ellas, las explicaciones no tendrían sentido puesto que no se pueden avanzar respuestas (químicas) a preguntas que aún no se han planteado.

El estudiante tampoco puede plantear preguntas y aprender ciencias sin una actividad científica en el aula que corresponda a sus finalidades y a sus valores. A diferencia de la actividad de los científicos, la de los estudiantes ha de ser promovida por los profesores, que han de proporcionar finalidades adecuadas a una persona joven que está creciendo (en la escuela) o a un adulto que se inicia en una profesión (en la universidad).

Bibliografía

BUNGE, M. **Ser, saber, hacer**. Biblioteca iberoamericana de ensayo UNAM, Editorial Paidós mexicana S.A, México D.F, 1^{ra} edición, 2002.

CHANG, R y COLLEGE, W. **Química**. Editorial Mc Graw Hill inter Americana editores S.A de C.V, 7^{ma} edición en español, 2002.

CHAMIZO, J.A; GARRITZ, A y CRUZ-GARRITZ, D. **Estructura atómica un enfoque Químico**. UNAM, Fondo educativo interamericano, S.A, México D.F, 1986.

CHAMIZO, J.A. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, vol. 7, núm. 1; 2010, pp. 26-41.

GRIBBIN, J. **Historia de la ciencia 1543-2001**. Editorial Crítica, S.L, Barcelona, 2^{da} edición traducida al castellano para España y América, 2005.

IZQUIERDO, M. Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar. **The Journal of the Argentine Chemical Society**, Vol. 92 - N° 4/6, 2004, pp. 115-136.

LABARCA, M. Acerca de la naturaleza de la química: Algunos comentarios. **CONICET-Universidad nacional de Quilmes**; Instituto de Estudios Sobre la Ciencia y la Tecnología, 2009, pp. 4-5.

MARTINS, I; OGBORN, J; KRESS, G y MCGILLICUDDY, K. **Formas de explicar: La enseñanza de las ciencias en secundaria**. Editorial Santillana, 1^a edición, Madrid, 1998.

MCEVOY, J.P y ZÁRATE, O. **Teoría cuántica para principiantes**. Editorial era naciente, Buenos aires, 1^{ra} edición, 3^{ra} reimpresión, 2007.

MUÑOZ, L. *Aportes da filosofia da ciência na formação inicial de professores de química e a mobilização do saber e do saber fazer na construção das representações científicas*. Tesis doctoral. Universidad Estadual Paulista. Bauru-Brasil. 2012.

RINCÓN C, A. **El origen del universo**. Creaciones copyright, S.L. España, 2011.