



UNA VIGILANCIA HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICA DEL CONCEPTO DE HIBRIDACIÓN.

Juan Carlos Burgos Menjura
Maestría en Docencia de la Química.
Universidad Pedagógica Nacional.
Colombia
jucabume2@hotmail.com

Williams Orlando Gómez Romero
Maestría en Docencia de la Química.
Universidad Pedagógica Nacional.
Colombia
qidwgomezr@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo es una vigilancia histórica epistemológica, de la transposición didáctica a la que ha sido sometido el concepto de hibridación propuesto por el profesor Linus Pauling en su libro “La naturaleza del enlace químico”, publicado en 1939 como texto para la enseñanza de química, basados en una serie de 7 artículos publicados entre 1931 y 1933 con el nombre de “THE NATURE OF THE CHEMICAL BOND I,II.VII” (Pauling 1931;1933 y 1960). El estudio tendrá como referencia el primer artículo publicado en abril de 1931, y se desarrolla en el grupo de investigación IREC de la universidad pedagógica Nacional, bajo la dirección del profesor Rómulo Gallego, y cuyo objeto de investigación es enmarcada en estudios realizado sobre la confiabilidad de los libros de texto utilizados en la formación inicial de profesores de química en la universidad Pedagógica Nacional.

PALABRAS CLAVES: Transposición didáctica. Confiabilidad de textos. Historia de la Ciencia. Enlace.

Marco teórico

La prolongación de conceptos y prácticas, se extiende afuera del contorno científico en un contexto cultural mucho más amplio, que incluye, intereses políticos, económicos y religiosos. Se señala, que hay docentes con carencia en las concepciones epistemológicas y debido a este hecho desconocen la historia, y escogen hechos con importancia histórica, generalmente mencionadas en libros que conducen a reconstrucciones anacrónicas, e idealizadas que opacan el verdadero carácter de la ciencia. M. Matthews propuso que se enseñaran las ciencias desde la Historia para permitirles a los estudiantes una mejor comprensión de los conceptos y teorías de las ciencias de la naturaleza (Gallego Torres, 2007).

Los innumerables estudios y análisis realizados a la transposición de diferentes conceptos en el área de la química, en la cual aumenta la complejidad de este tipo de procesos por su carácter tan abstracto, han mostrado en muchos casos que está transposición difiere en gran medida del saber original (Ramírez, Badillo y Miranda, 2010), perdiéndose la contextualización histórica de la generación del conocimiento y simplificando de forma extrema el saber, por tal razón, desde la investigación se pregunta por cuál es



la versión de ciencia que desde la hibridación de Linus Pauling, se hace en los libros de texto, y se plantean los siguientes interrogantes:

¿Desde qué versión epistemológica se presenta el modelo de hibridación de Linus Pauling en los libros de texto utilizados en la formación inicial de profesores de química en la universidad Pedagógica Nacional? ¿Hay correspondencia entre el modelo de hibridación que aparece en el artículo de 1931 y el que se presenta en los textos?

Objetivos

1. Establecer criterios basados en la historia y la epistemología, que puedan ser de utilidad para evaluar la argumentación que dio lugar al concepto de hibridación planteado por Linus Pauling.
2. Contrastar la caracterización histórico – epistemológica de los artículos originales con la caracterización de Hibridación presente en los libros de texto seleccionados de química general y química orgánica.

Reconstrucción histórica de los modelos incidentes en el concepto de hibridación

En 1913 Niels Bohr formulo que los electrones no están situados más que sobre órbitas estacionarias que corresponden a los niveles de energía calculados por la teoría de los cuantos. Sommerfeld introdujo un segundo parámetro admitiendo que el electrón podía describir una elipse y necesitaba, dos números para fijar el azimut y el radio vector variable. Después se comprobó que convenía tener en cuenta también la orientación del plano de la trayectoria en el espacio y definir el sentido de rotación de un electrón sobre el mismo spin. Para hacerlo, la base son 2 principios: el principio de exclusión de Wolfgang Pauli en 1925, de acuerdo al cual dos electrones no podrían tener iguales los cuatro números cuánticos, sino que se diferenciarían por lo menos en su número de espín, que les daba una orientación opuesta a cada uno, Y el principio de estabilidad, todo electrón de cortejo electrónico ocupa el nivel libre de menor energía (Brock, 1998).

En 1927 Linus Pauling enseña química en Caltech en donde Dickinson le enseñó a trabajar con rayos X, aprendizaje que fue fundamental, ya que con él se obtiene información de las distancias y ángulos que guardan entre sí los átomos en las moléculas. Pauling descubrió que la distancia entre los átomos de azufre en la molibdenita era superior al doble del radio de Bragg para este mismo átomo. Con el fin de explicar esta discrepancia, Pauling llevó a cabo un estudio especial de las distancias interiónicas, y en su tesis doctoral de 1925 («The Determination with X-Rays of the Structure of Crystals») llegó a la conclusión de que los radios efectivos de los átomos se aplastaban en la dirección en que se formaban los enlaces covalentes, es decir, en la dirección en la que se encontraban los electrones compartidos (Brock, 1998).



W. Heitler y F. London explican la molécula de hidrogeno mediante la nueva mecánica, según el método que fue llamado “del orbital atómico”, y F. Hund propone una aproximación completamente diferente, que se denomina “orbital molecular”. Linus Pauling se adhiere al primer enfoque, que considera más visualizable y adecuado para la docencia, de nuevo las necesidades docentes impulsaron nuevas ideas: era difícil explicar la equivalencia de los enlaces del carbono y él lo consiguió mediante una nueva teoría sobre la mezcla o hibridación de los orbitales S y P, que empieza a enseñar en 1927 y publica en “The nature of the chemical bond” (Brock, 1998).

Pauling argumentó en 1928 el siguiente razonamiento. Dado que existen dos electrones 2s internos, supongamos que uno de ellos asciende a un orbital 2p, lo cual da como resultado tres electrones p y deja cuatro electrones desapareados, $2s + 3(2p)$. Al calcular las funciones de onda, Pauling demostró que la energía necesaria para que un electrón 2s ascendiera a 2p quedaba sobradamente compensada al permitir al carbono formar cuatro enlaces en lugar de dos. El ascenso del electrón reducía la energía total del sistema y lo hacía más estable. Además, al aumentar su eficacia energética al formar un compuesto, los cuatro pares de electrones formados se verían perturbados o se repelerían entre sí, y adoptarían una disposición tetraédrica. Pauling denominó a este tipo de formación de enlace por “cuantización de electrones” hibridación sp^3 , y publicó sus conclusiones, tras algunos años de forcejeo matemático, en el número correspondiente al mes de abril de 1931 de JACS (Pauling, L.1931).

Pauling propuso también otras formas de hibridación cuyas configuraciones resultantes concordaban muy bien con sus estudios cristalográficos (Tabla 1) (Pauling, L. 1931). Ese mismo año John Slater respaldó, con cálculos matemáticos mas rigurosos, la validez del planteamiento de Pauling. Por esta razón, durante los años treinta, este enfoque recibió el larguísimo nombre de método de, Heitler-London-Slater-Pauling.

Funciones de onda	Enlace	Configuración
$s + p$	sp	Lineal
$s + 2 p$	sp^2	Trigonal
Todos $s + p$ Todos $s + p + un d$ Todos $s + p + dos (o más) d$	sp^3 sp^2d sp^3d^2	Tetraédrica Cuadrada Octaédrica
Todos $s + p + eres (o más) d$	sp^3d^3	Tetraédrica

TABLA 1. Formas de hibridación sugeridas por Pauling



Del análisis anterior se podría interpretar que en un átomo con cuatro valencias, se formaron cuatro uniones tres equivalentes y una menos fuerte, pero en un átomo tan estudiado como el carbono del cual se conoce con anterioridad su configuración tetraédrica, lo cual no concuerda con lo anterior. En el caso del átomo de carbono se tendrán 4 orbitales de unión descritos como 2s y tres orbitales 2p, con valores de 1 para el orbital 2s y 1,732 para los 3 2p, una función de onda para describir el estado de un sistema se puede deber a la sumatoria de las funciones de onda individuales, buscando el menor valor de energía que representa el estado más estable y por el contrario la unión más fuerte, entonces cuando se resuelve la función de onda para un orbital de unión construido por la combinación lineal de un orbital s y uno p la fuerza de unión es mayor que la de los orbitales por separado, llegando a tener un valor de 2, a lo que llamo un orbital de unión híbrido sp y se puede determinar que la dirección de unión es dependiente de su eje correspondiente (Ramos J. M., A. 2008).

Al propio Mulliken no le impresionaba el planteamiento de Heitler-London para el hidrógeno. Sin embargo, a diferencia de Pauling, Mulliken no era buen propagandista de sus ideas, y a la dificultad de sus escritos se añadían las largas y abundante notas a pie de página; así, el esfuerzo mental necesario para aprehender sus notaciones suponía para los químicos una pérdida de tiempo, especialmente cuando tenían a su alcance, *The Nature of the Chemical Bond* de Pauling, que explicaba todo lo que un químico necesitaba saber con unas matemáticas sencillas. Como comentó terminantemente Mulliken en una entrevista con Thomas Kuhn en 1964 (Brock, 1998):

Pauling se propuso muy especialmente hacer que todo pareciera lo más sencillo posible, haciéndolo así muy popular entre los químicos, pero con ello retrasó su comprensión de la verdad, la complejidad de la estructura electrónica.

Recolección de la información

Para recolectar la información que permitirá el análisis histórico, epistemológico y didáctico relacionado con el concepto de hibridación, se siguieron los siguientes pasos claramente definidos:

1. Se identificaran categorías, subcategorías y unidades de análisis para cumplir el objetivo de la investigación. Las categorías y subcategorías se elaboraron desde la interpretación epistemológica del modelo de hibridación. Teniendo en cuenta los siguientes aspectos: a) si se muestra la actividad científica como resultado del azar, fruto de observaciones atóricas dejando de lado la creatividad, la invención que da lugar a cuerpos coherentes de conocimiento; b) si se transmiten los modelos ya elaborados sin mostrar los problemas que generaron su elaboración, sus dificultades y sus limitaciones desligados de cualquier planteamiento teórico; c) si se muestran las controversias y el trabajo científico colectivo.



2. Se revisó el Syllabus del programa curricular de química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá D.C. de Colombia. (Anexo 1)
3. Se identificaron los criterios y descriptores de análisis con base en la reconstrucción histórica del concepto de hibridación formulado por Linus Pauling. Para el manejo de esta información se utilizara la Tabla 1.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CN°	DESCRIPTOR
		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	

Tabla 1. Categorías, subcategorías, descriptores y criterios de análisis para contrastar el artículo original de Linus Pauling con los libros de texto seleccionados.

4. Los libros que resultaran seleccionados se identificaron por un código que consta de letras mayúsculas y un número para diferenciar cada libro, LFP (libros para formación de profesores).
5. Para identificar si los descriptores se encuentran o no en los libros de texto analizados se empleó un instrumento de resumen Tabla 3 con los valores RS: si referencia satisfactoria; R: referencia descriptiva en el marco de la retórica de conclusiones (Niaz, M. 2004); RI: referencia incompleta; SR: no es referenciado; r: referencia errónea (Tabla 2).

CLAVE	SIGNIFICADO
RS	Referencia satisfactoriamente
R	Referencia descriptiva en el marco de la retórica de conclusiones
RI	Referencia incompleta
SR	No es referenciado
r	Referencia errónea

Tabla 2. Clave para designar los criterios y su correspondiente significado.



La Tabla 2 que se utilizara para el resumen de criterios para el análisis de los textos y LFP: libros para formación de profesores. (Adaptado de Cuellar, Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2008).

Criterio Texto	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
LFP1																
LFP2																
LFP3																
LFP4																
LFP5																

Tabla 2 resumen de criterios (C1 a C16) y LFP: libros para formación de profesores.

Con el fin de dar una visión cuantitativa de la confiabilidad de cada uno de los libros analizados en términos de cuanto se acerca o se aleja del modelo inicialmente propuesto por Linus Pauling, se asignó un valor a cada clave. (Tabla 3)

Clave	Valor
RS	5
R	3
RI	2
SR y r	0

Tabla 4. Valores cuantitativos asignados a las claves para el análisis de los criterios

Al finalizar se realizara un análisis porcentual estadístico para establecer las características de los libros de texto en el marco histórico y epistemológico para evidenciar que versión se enseña ciencias desde los libros de texto.



Referencias Bibliográficas

Brock, W. H. (1998). Historia de la química. Madrid: Alianza Editorial, S.A .

Barona, J. L. (1994). Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia. Godella.

Gallego Torres, A. P. (2007). Ciencia, historia, epistemología y didáctica de las ciencias: las comunidades de especialistas. *Tecné Episteme y didaxis* N. 22, p. 113-125.

J. M. Ramos, A. O. Mayo del 2008. O Conceito de Hibridização. *Química Nova na Escola*, No – 28, p. 24 a 27.

Moreno Ramírez Jorge Eliécer, Gallego Badillo Rómulo, Pérez Miranda Royman, (2010), *Ciência & Educação* (Bauru). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Brasil. vol. 16, núm. 3, p. 611-629.

Pauling, L. (1931). The nature of the chemical bond. Application of results obtained from the quantum mechanics and from a theory of paramagnetic susceptibility to the structure of molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 53(4), p. 1367-1400.

Rómulo Gallego Badillo; Royman Pérez Miranda; María V. Uribe Beltrán; Luigi Cuéllar Fernandez; Rafael y. Amador Rodríguez; (2004). El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza *ciência & educação*, v. 10, n. 3, p. 571-583.



Anexo 1: Libros de educación superior

LFP1. BRADY. J (1999) QUÍMICA BÁSICA PRINCIPIOS Y ESTRUCTURAS MÉXICO. ED. LIMUSA

LFP2. BROWN, Y, LEMAY, H Y BURSTEN, D, (2002) QUÍMICA LA CIENCIA CENTRAL, NOVENA EDICIÓN MÉXICO PRENTICE HALL.

LFP3. CHANG, R (2002) QUÍMICA SÉPTIMA EDICIÓN MEXICO MCGRAW – HILL.

LFP4. CRUZ, D, CHAMIZO, J Y GARRITZ, A (1987) ESTRUCTURA ATÓMICA. UN ENFOQUE QUÍMICO UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO USA, ADISON WESLEY IBEROAMERICANA, S.A.

LFP5. MORTIMER, C, (1983) QUÍMICA GENERAL CALIFORNIA EDITORIAL IBEROAMERICANA.

LFP6. WHITTEN, K, DAVIS, R Y PECK, M (1999) QUÍMICA GENERAL. QUINTA EDICIÓN. MADRID ED. MCGRAW – HILL.

LFP7. ROBERT STEWARD Y CASERIO. QUÍMICA ORGÁNICA ED. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO.

LFP8. SERIE SHAWNS. QUÍMICA ORGÁNICA ED MCGRAW HILL 1980.

LFP9. SOLOMONS T.W GRAHAM. QUÍMICA ORGÁNICA

LFP10. HILL, JOHN W. AND PETRUCHI, RALPH H, 2006, GENERAL CHEMISTRY. PRENTICE HALL UPPER SADDLE RIVER. NEW JERSEY.

LFP11. LEE GARTH & VAN ORDEN HARRIS 1999. QUÍMICA GENERAL. EDITORIAL INTERAMERICANA S.A. MÉXICO.