

**LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD EN LOS
LIBROS DE TEXTO**

**JOSÉ WILSON MONTAÑA PRECIADO
LIC. EN QUÍMICA**

**MIGUEL ÁNGEL PIRABÁN GACHÁRNA
LIC. EN QUÍMICA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D. C., NOVIEMBRE
2014**

**LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD EN LOS
LIBROS DE TEXTO**

**JOSÉ WILSON MONTAÑA PRECIADO
LIC. EN QUÍMICA**

**MIGUEL ÁNGEL PIRABÁN GACHÁRNA
LIC. EN QUÍMICA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar
al título de Máster En Docencia De La Química

**DIRECTOR
MCS. RÓMULO GALLEGO BADILLO
Magister en Docencia de la Química**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
Representaciones y conceptos científicos, Grupo Irec**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D. C., NOVIEMBRE
2014**

Notas de aceptación:

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, Noviembre 2014

Acuerdo 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 42, parágrafo 2:

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”

AGRADECIMIENTOS

Al Msc. Rómulo Gallego Badillo,

Quien oriento este trabajo, aportando todo su entusiasmo, conocimiento y ganas para lograr culminar exitosamente este trabajo, construyendo herramientas, como la responsabilidad, la tenacidad y el cumplimiento como “armas” en la labor Docente.

Al Msc. Royman Pérez Miranda,

Quien con sus oportunas orientaciones y consejos, se obtuvieron grandes desempeños para la culminación de este trabajo.

A la Universidad Pedagógica Nacional,

Que ha sido la Educadora de Educadores que ha contribuido a mi formación como profesional en el campo de la didáctica de las ciencias.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	La transposición didáctica del concepto de aromaticidad en los libros de texto
Autor(es)	Montaña Preciado, José Wilson; Pirabán Gacharná, Miguel Ángel
Director	Rómulo Gallego Badillo
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2014. 142p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Transposición didáctica, aromaticidad, categorías de análisis, libros de texto, historia y epistemología de las ciencias.

2. Descripción
<p>Trabajo de grado donde los autores proponen establecer la relación que se puede encontrar entre la construcción histórica-epistemológica del concepto de aromaticidad de los artículos originales y la que se presenta en los libros de texto que se usan para la formación de licenciados en química, para ver en qué medida corresponden con los saberes de las comunidades científicas. La investigación se desarrolló desde una metodología orientada en el análisis de contenido (Krippendorff, 1990) de contrastación en cuanto a los textos que se analizaron y los artículos originales. De lo anterior, la transposición didáctica que se hace del concepto de aromaticidad en los libros de texto analizados es notoria una reducción del concepto, puesto que se dejan de lado aspectos relacionados con la explicación de cuando un compuesto es considerado aromático, el entendimiento de los mismos a partir de los criterios magnéticos y criterios energéticos (estabilidad de la molécula), mostrando sólo aquellos aspectos que a juicio de los autores son importantes, como por ejemplo el énfasis de la nomenclatura de los compuestos aromáticos atribuyéndose un capítulo exclusivo para este parte, pero que sin embargo, no se encuentran en los artículos originales o no fue tema de discusión para los científicos de la época.</p>

3. Fuentes
<p>August (1872). "Ueber einige Condensationsproducte des Aldehyds". Liebigs Ann. Chem. 162 (1): 77-124 Justus Liebigs Annalen der Chemie Volume 162, Issue 1.</p> <p>Cardelli, J. (2004). Reflexiones críticas sobre el concepto de Transposición Didáctica de Chevallard. Cuadernos de Antropología Social No 19, pp. 49-61.</p> <p>Chevallard, Y. (1985). La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: la pensée sauvage.</p> <p>Garrat, P. (1974). Aromaticity. McGraw-Hill. Book Company (UK) 2ed. Alhambra.S.A.Málaga. España.</p> <p>Kekule, F. (1872). Studies on aromatic compounds. annalen der chemie and pharmacial, leipzig v. 137, p. 129-196.</p>

Kekule, F.A. (1865). Studies on aromatic compounds. *Annalen der Chemie*, 137: 129 – 196. Dr Rod Beavon 17 Dean's Yard London SW1P 3PB. Selected Classic Papers. <http://web.lemoyne.edu/~giunta/papers.html>

Kragh, H. (1989). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona. Critical.

Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido*. Teoría y Práctica. Piados Comunicación.

Kuhn (1989 y 2001). *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica.

Ramírez, J. E. M., Badillo, R. G., & Miranda, R. P. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto. *The Bohr's quantum model in the textbook*. *Ciência & Educação*, 16 (3), 611-629.

4. Contenidos

El trabajo se divide en siete capítulos, los cuales se conforman de la siguiente manera: el capítulo uno hace referencia a la justificación, donde se expresa el motivo por el cual se llevó a cabo la investigación de tipo histórico-epistemología de la ciencia encaminada en la transposición didáctica del concepto de aromaticidad. En el capítulo dos se encuentra la importancia del trabajo de investigación. En el capítulo tercero se establecen los objetivos tanto general como los específicos. Posteriormente, en el capítulo cuatro, se encuentra el marco conceptual el cual comprende unos antecedentes, unos fundamentos epistemológicos, aspectos histórico-epistemológicos de la ciencia, la reconstrucción histórica para el concepto de aromaticidad, la necesidad de la construcción del concepto de aromaticidad, los fundamentos didácticos de la transposición didáctica y el fundamento metodológico, donde se habla sobre el análisis de contenido. En el capítulo cinco, se encuentran los aspectos metodológicos, los cuales incluyen: la formulación y delimitación del problema, el diseño metodológico que la cual presenta cuatro etapas; los instrumentos para el análisis de los libros de texto, categorías y criterios de análisis de la investigación y los libros de texto de química orgánica seleccionados. En el capítulo seis se definen los resultados y análisis de la investigación y por último, el capítulo siete las conclusiones.

5. Metodología

La investigación se realizó en cuatro etapas, que se refieren a continuación: Primera etapa: Reconstrucción histórico-epistemológica del concepto de aromaticidad, segunda etapa: formulación de las categorías de análisis para la evaluación de los libros de texto, entre las cuales se encuentran las Categorías de análisis I: De los fundamentos conceptuales, las categorías de análisis II: Referencia a los trabajos realizados, las categorías de análisis III: De la construcción colectiva del conocimiento y las categorías de análisis IV: De la flexibilidad interpretativa. Para la tercera etapa: selección de los libros de texto, donde se define el grupo de libros de texto de química orgánica donde se caracteriza el concepto de aromaticidad; para ello se aplicó una entrevista a los docentes que dirigen los espacios académicos de Sistemas orgánicos (I y II) y Química orgánica I (V semestre), de la Universidad Pedagógica Nacional y de la Universidad Francisco José de Caldas (Universidad Distrital) respectivamente y por último en la cuarta etapa: Análisis y evaluación de los libro de texto seleccionados, se tuvieron en cuenta niveles de valoración para calificar cada libro de texto analizado.

6. Conclusiones

De acuerdo con lo establecido en el problema de la presente investigación, se obtiene que las relaciones existentes entre los artículos originales que se refieren a la formación del concepto de aromaticidad, con lo planteado en los diferentes libros de texto analizados, se resumen en lo siguiente: Al momento de plantear

las categorías y criterios de análisis, fue necesaria la realización de la reconstrucción histórica del concepto de la aromaticidad donde se detectaron los diferentes saberes científicos o saberes sabios, entre los cuales se destacan: la definición de compuestos aromáticos, el criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos, el criterio magnético: anisotropía diamagnética, el criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula y el comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática. De estos saberes científicos detectados, se observó que la mayoría de libros presentan un nivel de valoración C y D (información mencionada sin profundizar e información mencionada profundizada), puesto que lo que pretenden los autores es entregar una ciencia para formar químicos no relacionados con el área de la enseñanza, tal es el caso del libro de texto Carey A. & Sunberg R. (2000). *Advanced Organic Chemistry*. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, en el que se observan que esos saberes sabios presentan muy poca deformación de la actividad científica, sin embargo, deja de lado el punto de vista histórico esencial para la comprensión de esos conceptos.

Por otra parte, en cuanto a la historia de la formulación y desarrollo del problema del modelo estructural del benceno, la formulación de la tetravalencia del carbono y las diferentes investigaciones acerca de la estructura del benceno no son aludidos en dichos textos de enseñanza analizados; en este sentido hay una descontextualización histórica y, por tanto, del contexto de producción de dicho concepto. Otro aspecto a observar a raíz de lo anterior, los textos estudiados presentan una ciencia “producto”, incluso, limitada a un aprendizaje por repetición memorística de contenidos curriculares, como lo especifican algunos de los docentes entrevistados, al indicar que los libros de texto usados atienden a las necesidades del programa curricular.

A partir de lo anterior, no se muestran las crisis de los grandes paradigmas como es el caso del reconocimiento del método simple de orbitales moleculares que propone Hückel (OMH), el cual predice el comportamiento aromático de un compuesto cuando su energía de resonancia es mayor que cero. Pero puede existir confusión respecto a la aromaticidad y la antiaromaticidad, puesto que el ciclobutadieno tiene una energía de deslocalización igual a Cero y no es aromático. Por ello, el método que plantean Schaad y Hess (1971) es el de superar este problema mediante la energía de resonancia por electrón (REPE), donde calculan la energía de resonancia por electrón utilizando valores de energía en unidades B para varios tipos de enlace. Por último, en cuanto a los criterios de aromaticidad, específicamente, en el criterio magnético: anisotropía diamagnética, en solo un libro de texto se nombra sin profundizar este concepto, siendo este uno de las principales formas para cuantificar los compuestos aromáticos; solo se tienen en cuenta los criterios energéticos y geométricos, desconociendo otros puntos de vista.

Elaborado por:	Montaña Preciado, José Wilson; Pirabán Gacharná, Miguel Ángel
Revisado por:	Rómulo Gallego Badillo

Fecha de elaboración del Resumen:	28	11	2014
--	----	----	------

CONTENIDO		Pág.
INTRODUCCIÓN		15
1. JUSTIFICACIÓN		17
2. IMPORTANCIA		19
3. OBJETIVOS		20
3.1. OBJETIVO GENERAL		20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS		20
4. MARCO CONCEPTUAL		21
4.1. ANTECEDENTES		21
4.2. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS ASPECTOS HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICOS DE LA CIENCIA		27
4.2.1. Desde la visión de Kuhn: las revoluciones científicas		28
4.2.2. Desde la visión de Lakatos: los programas de investigación		31
4.3. RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA PARA EL CONCEPTO DE AROMATICIDAD		33
4.3.1. Desde el concepto de valencia y la tetravalencia del carbono		34
4.3.2. De la identificación del benceno		38
4.3.3. Desde el modelo estructural de Kekulé		40
4.3.4. En el marco de los modelos atómicos y la mecánica cuántica		44
4.3.5. Aspectos epistemológicos de la época donde emerge el concepto de aromaticidad		47
4.4. NECESIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD		48
4.5. FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA		49
4.5.1. Implicaciones de la transposición didáctica		53
4.5.2. Los libros de texto y la transposición didáctica		55
4.5.3. El uso de los libros de texto		56
4.6. FUNDAMENTO METODOLÓGICO ANÁLISIS DE CONTENIDO		57
4.6.1. Las unidades de análisis		57

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS	60
5.1. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	60
5.2. DISEÑO METODOLÓGICO	60
5.2.1. Primera etapa: Reconstrucción histórico-epistemológica del concepto de aromaticidad	61
5.2.2. Segunda etapa: formulación de las categorías de análisis para la evaluación de los libros de texto	61
5.2.3. Tercera etapa: selección de los libros de texto	62
5.2.4. Cuarta etapa: Análisis y evaluación de los libro de texto seleccionados	62
5.3. INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO	64
5.3.1. Categorías y criterios de análisis de la investigación	64
5.3.1.1. Categorías de análisis I: De los fundamentos conceptuales	65
5.3.1.2. Categorías de análisis II: Referencia a los trabajos realizados	68
5.3.1.3. Categorías de análisis III: De la construcción colectiva del conocimiento	70
5.3.1.4. Categorías de análisis IV: De la flexibilidad interpretativa	71
5.3.2. Los libros de texto de química orgánica seleccionados	72
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
6.1 DE LOS LIBRO DE TEXTO DE QUÍMICA ORGÁNICA ANALIZADOS	74
6.1.1. Libro de texto analizado T1	74
6.1.2. Libro de texto analizado T2	79
6.1.3. Libro de texto analizado T3	84
6.1.4. Libro de texto analizado T4	88
6.1.5. Libro de texto analizado T5	94
6.1.6. Libro de texto analizado T6	99
6.1.7. Libro de texto analizado T7	105
6.1.8. Libro de texto analizado T8	110
6.1.9. Libro de texto analizado T9	113
6.1.10. Libro de texto analizado T10	118
6.2. DE LA VISIÓN DE CIENCIA QUE PRESENTAN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA ORGÁNICA ANALIZADOS DESDE EL CONCEPTO DE AROMATICIDAD	121
6.3. DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA Y LA VISIÓN DE CIENCIA QUE PRESENTAN LOS DOCENTES ENTREVISTADOS	124
7. CONCLUSIONES	127

7.1. DE LAS CATEGORÍAS Y CRITERIOS DE ANÁLISIS	127
7.2 DE LA RESPUESTA AL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	127
8. BIBLIOGRAFÍA	132
9. ANEXOS	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de evaluación para análisis de criterios	63
Tabla 2. Visiones de ciencia para el análisis de libros de texto	63
Tabla 3. Categorías y criterios de análisis	65
Tabla 4. Criterios de análisis para categoría fundamentos conceptuales	66
Tabla 5. Criterios de análisis para categoría de referencia a los trabajos realizados	68
Tabla 6. Criterios de análisis para categoría construcción colectiva del conocimiento	70
Tabla 7. Criterios de análisis para categoría de flexibilidad interpretativa	71
Tabla 8. Libros de texto de química orgánica analizados	73
Tabla 9. Evaluación del libro de Solomons T. & Fryhle G. (2014). Organic Chemistry. Ed. John Wiley & Sons, Inc	75
Tabla 10. Evaluación del libro McMurry J. (2012). Organic Chemistry. Ed. Cengage Learning	80
Tabla 11. Evaluación del libro Brown W. (2012). Organic Chemistry. Ed. College Bookstore Wholesale	84
Tabla 12. Evaluación del libro Bruice P. (2008). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación	89
Tabla 13. Evaluación del libro Sorrell T. (2006). Organic Chemistry. Ed. University Science Books	94
Tabla 14. Evaluación del libro Wade L. (2004). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación	100
Tabla 15. Evaluación del libro Morrison R. (2002). Organic Chemistry. Ed Practice Hall Of India	105
Tabla 16. Evaluación del libro Fessenden. (2001). Química Organica. Ed Grupo Editorial Iberoamerica	110
Tabla 17. Evaluación del libro Clayden. (2001). Organic Chemistry. Ed Oxford University Pess	114
Tabla 18. Evaluación del libro Carey A. & Sunberg R. (2000). Advanced Organic Chemistry. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers	118
Tabla 19. Razones de los docentes que orientan los espacios académicos de química orgánica para la selección de libros de texto.	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Estructura de Dewar y Wislicenus, b) Estructuras de Claus, c) Estructura de Meyer y Armstrong, d) Estructura de Baeyer y Bamberger, e) Estructura de Baeyer y Bamberger para el naftaleno, f) Estructura de Ladenburg.	39
Figura 2. Primera estructura del benceno propuesta por Kekulé. La primera edición de su Lehrbuch der Chemie Organischen apareció en junio de 1859.	40
Figura 3. Una representación del anillo de benceno que aparece en una de las ediciones del manual de Kekulé "Lehrbuch der organischen Chemie", que ya se parece a la que se conocería más tarde como estructura de Kekulé.	41
Figura 4. Libro de Kekulé, con Historic Benzene Formulae Kekulé (original). Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829–1896).	43
Figura 5. Niveles de energía frontera para el benceno según la teoría de Hückel.	45
Figura 6. Hinokitiol (izquierda), tropolona (centro) y tropona (derecha).	46
Figura 7. Niveles de transposición didáctica	54

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T1	76
Grafica 2.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T1	76
Grafica 3.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T2	81
Grafica 4.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T2	81
Grafica 5.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T3	86
Grafica 6.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T3	86
Grafica 7.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T4	90
Grafica 8.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T4	90
Grafica 9.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T5	96
Grafica 10.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T5	96
Grafica 11.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T6	101
Grafica 12.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T6	102
Grafica 13.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T7	107
Grafica 14.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T7	107
Grafica 15.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T8	112
Grafica 16.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T8	112
Grafica 17.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T9	115
Grafica 18.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T9	115
Grafica 19.	Valoración total de las categorías de análisis para el libro T10	120
Grafica 20.	Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T10	120

INTRODUCCIÓN

Los libros de texto que utilizan los profesores en general y especialmente los de química son considerados como recursos didácticos en la educación; debido a que juegan un papel importante para la elaboración de materiales de enseñanza y para la contrastación de los conceptos que se plasman en esos libros de texto. Asimismo, han sido sometidos a estudios en cuanto a su confiabilidad, desde la parte didáctica, epistemológica y desde el aspecto propio del concepto; ya que la elaboración de los mismos, resulta de la transposición didáctica que se hace de los modelos científicos a modelos didácticos para que sean fácilmente enseñados.

La transposición didáctica propuesta por Chevallard plantea que los saberes que se producen en una comunidad científica pueden ser llevados al aula de clase. Sin embargo, dichos saberes tienen que ser transformados, resultando cualitativamente diferentes. Desde esta perspectiva, la enseñanza tendría como meta principal adaptar los conocimientos científicos al ambiente del aula, comprendiendo que el aprender ciencia no puede ser lo mismo que hacer ciencia. De esta manera, se admite que el conocimiento sufre transformaciones al convertirse en contenido de enseñanza y más aún, si es plasmado en un libro de texto para que sea más comprendido por los estudiantes.

Con lo anterior, el presente proyecto de investigación busca establecer en qué medida la transposición didáctica del concepto de aromaticidad corresponde con aspectos históricos y epistemológicos propios de la actividad científica que dio lugar a su formulación, lo que aportará más a la reflexión que debe hacerse respecto de la confianza que se deposita en los textos cuando se enseña la química, cuestión que es objeto de crítica y de investigación en el grupo IREC, por cuanto se ha determinado en otras investigaciones, que éstos incurren en errores y descontextualizaciones cuando presentan los modelos elaborados por las comunidades de especialistas, tergiversando la forma en que las comunidades científicas desarrollan la actividad que les es propia, lo que está directamente relacionado con la enseñabilidad y los problemas didácticos propios de la enseñanza.

La investigación se desarrolló desde una metodología orientada en el análisis de contenido (Krippendorff, 1990) de contrastación en cuanto a los textos que se analizaron y los artículos originales. Por su parte, se realizaron instrumentos que permitieron enfocar la investigación en cada uno de los aspectos en los cuales se desarrolló este concepto, clasificándolos en Categorías de análisis (desde los fundamentos conceptuales, desde la referencia a los trabajos realizados, desde la construcción colectiva del conocimiento y desde la flexibilidad interpretativa) y estos a su vez se subclasificaron en criterios de análisis; estos se desarrollaron gracias a la reconstrucción histórico-epistemológica en la que se desarrolló este concepto. Cada una de estas categorías se aplicaron a los libros de textos que se trabajan en las universidades que se encargan de formar licenciados en esta disciplina y que fueron sugeridos por los mismos docentes que orientan la temática, como lo son la Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Distrital en los espacios académicos de Química orgánica, A partir de la anterior metodología y gracias a la reconstrucción histórica se pueden evidenciar los aspectos más relevantes que condujeron al desarrollo del concepto de aromaticidad por parte de los científicos y las comunidades científicas, lo que propiciará en los docentes y estudiantes cuestionarse sobre cómo se construye el conocimiento y buscar diferentes alternativas que permitan mayor efectividad en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por último, el objetivo de esta investigación es la de contribuir a la elaboración de aportes a la comunidad docente para reflexionar acerca de la confiabilidad de lo que se enseña en el aula, la estimulación de mecanismos curriculares y didácticos frente a este contexto, de tal manera que no se conviertan en obstáculos para el aprendizaje y al mismo tiempo realizar la respectiva reconstrucción histórica del concepto que se abordará que es el concepto de aromaticidad.

1. JUSTIFICACIÓN

La transformación que presentan los autores en los libros de texto, hace referencia a las interpretaciones que ellos poseen de acuerdo a sus concepciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas, esto es, plasman en esos libros de textos su versión de ciencia, lo que ha de enseñarse y la intencionalidad educativa que persiguen. Por otra parte, la transposición didáctica que habitualmente se da en ciencias, se presenta de una manera descontextualizada al no considerar el entorno cultural, social, político y económico en el que el colectivo de especialistas formuló el modelo. De la misma manera, elaboran una ciencia escolar estándar, para lo cual ese mismo contexto que rodea a cada institución escolar parece carecer de importancia alguna; quizás con base en esa concepción “universalista” de las ciencias de la naturaleza.

Teniendo en cuenta que se cometen errores en la enseñanza de conceptos químicos, además, que se presentan versiones de ciencia acumulativa, donde no se muestran las dificultades, problemas y controversias por las transitan los científicos, al proponer modelos teóricos, se hace necesario estudiar la perspectiva histórica del concepto de aromaticidad, donde se identifiquen los errores en la transposición didáctica de este contenido presentado en los libros de texto, que lleva a errores conceptuales y equivocaciones en la explicación de dicho modelo teórico.

Desde las líneas de investigación en didáctica y específicamente desde la transposición didáctica de contenidos, relacionando los contextos históricos en la enseñanza de la ciencia, se han encontrado en investigaciones que se evidencia la importancia de relacionar las representaciones gráficas y el pensamiento científico, tal es el caso específico de la aromaticidad y el benceno (Farre y Lorenzo 2012), pero estudiando el contexto internalista y externalista de la ciencia que lleve a explicar y entender claramente los hechos que llevan a proponer la estructura aromática, con el fin de revisar que tan coherentes con la historia son las versiones que se publican en libros de texto. Para el presente proyecto, se consigue dar gran importancia no solo en el concepto de aromaticidad, sino también la idea del desarrollo histórico de este concepto, por ser la

base de la teoría estructural de la química, que es un campo muy amplio de la química donde se espera que se sigan realizando investigaciones que ilustren el origen de la aromaticidad (Alonso y Herradón, 2010), relacionando el cambio de paradigma y sobre todo que se pueda ver un cambio tanto en los contenidos de los libros de texto como en la enseñanza de este concepto en la educación media y superior.

En concordancia con lo anterior, y dada la importancia y validez que en la actualidad representa la transposición didáctica en la enseñanza de las ciencias, específicamente en química, se hace necesario invitar al profesor, como actor indiscutible en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que reconozca la veracidad en cada uno de los conceptos que son presentados en los libros de texto, es decir la versión didactizada que surge por la necesidad de comprender los contenidos, ya que puede existir el riesgo de encontrar un conocimiento tergiversado.

A partir de esto, se ve la necesidad de estudiar uno de los conceptos más importantes en química, como lo es el de aromaticidad, reconociendo los saberes científicos que se llevan al aula de los saberes que produjeron los científicos, además de poder detectar posibles dificultades en su enseñanza. Se espera que esta investigación permita y abra paso a la realización de nuevas investigaciones de este tipo que propendan por el mejoramiento de la práctica docente y de la enseñanza química en universidades e instituciones educativas, generando cambios en la visión de ciencias que presentan muchos estudiosos de esta temática.

2. IMPORTANCIA

Con la formulación y desarrollo de la presente investigación se espera lograr un impacto en el campo de la didáctica, en la formación de profesores de química, quienes específicamente trabajan con el concepto de aromaticidad. En el campo de la didáctica se pueden identificar los errores o aciertos conceptuales que pueden aparecer en los libros de texto, en relación al concepto de aromaticidad, es decir evaluar la transposición didáctica de dicho concepto, desde un contexto histórico a los libros de texto, si se identifican las falencias se pueden mejorar las prácticas de enseñanza usando el material bibliográfico adecuado para la enseñanza de la aromaticidad.

En la enseñanza de la química el concepto de aromaticidad es de gran importancia para la comprensión de la química orgánica, no solo para la aproximación del conocimiento de las propiedades físicas y químicas que puede presentar teóricamente el anillo aromático, sino para explicar su estructura molecular; se espera realizar la construcción histórica del concepto de aromaticidad para identificar los hechos que llevaron a proponer la estructura del benceno.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la relación que se puede encontrar entre la construcción histórica-epistemológica del concepto de aromaticidad de los artículos originales y la que se presenta en los libros de texto que se usan para la formación de licenciados en química, para ver en qué medida corresponden con los saberes de las comunidades científicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la reconstrucción histórica del concepto de aromaticidad, para observar si se presentan deformaciones de la actividad científica que se relata en los libros de texto.
- Desarrollar las categorías de análisis a partir de la reconstrucción histórica del concepto de aromaticidad, que permitan comparar el saber científico al saber enseñable del concepto a estudiar.
- Identificar la versión de ciencia que presentan los libros de texto analizados en cuanto al concepto de aromaticidad.
- Identificar los principales momentos en la conformación del concepto de aromaticidad, destacando aspectos sociales y económicos, que permitieron el desarrollo del mismo en la historia de la ciencia.

4. MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del presente apartado, se refieren algunos trabajos que se han orientado desde la transposición didáctica de diferentes conceptos abordados en química, además, de la importancia del estudio del concepto de aromaticidad en las diferentes comunidades científicas teniendo en cuenta su desarrollo histórico y su implicación como saber enseñable.

4.1 ANTECEDENTES

Para el planteamiento del proyecto se tienen en cuenta investigaciones que han indagado algunos conceptos en química, con relación a la transposición didáctica o la enseñanza de dicho concepto en su contexto histórico y epistemológico; desde este punto de vista se tienen en cuenta las siguientes investigaciones:

Por ejemplo, A. Farré y M. Lorenzo, (2012) realizaron una investigación centrada en el desarrollo evolutivo del concepto estructural del benceno, desarrollaron un análisis de fuentes primarias y secundarias para delimitar los modelos históricos sobre la estructura del benceno surgido de las distintas concepciones de unión entre átomos. En una segunda parte analizaron las páginas correspondientes al tema elegido de cinco libros de texto universitarios de química orgánica de uso frecuente entre nuestro los alumnos, en sus ediciones en español disponibles en las bibliotecas de la Universidad de Buenos Aires, para examinar la presencia de ese desarrollo histórico en sus explicaciones. Cuestionan la relación entre la fórmula utilizada para representar una molécula de benceno y su estructura química, relacionando las representaciones gráficas y el pensamiento científico.

Otra investigación realizada por Labarcay A. Zambon (2012) estudiaron el concepto de elemento químico a partir del desarrollo histórico de la tabla periódica y de la naturaleza dual del concepto de elemento, que afirman suele caracterizarse como “sustancia que no puede descomponerse en otras más sencillas usando medios químicos”. Esta definición

es la que suele encontrarse en los textos universitarios de química general. También analizaron algunas tablas periódicas, contrastando algunas propiedades periódicas más actuales con las ideas propuestas por Mendeléiev inicialmente, también llegan a proponer una tabla periódica para mejorar la enseñanza de conceptos como elemento y sustancia, pero explicando desde la construcción de la tabla periódica como modelo de enseñanza de la química. En este trabajo intentan presentar una. Tal noción de 'elemento' da origen, entonces, a un sistema periódico basado en un nuevo criterio primario de ordenamiento. Finalmente, la tabla periódica que proponen presenta ciertas particularidades que pueden dar lugar a debates futuros, dado que: preserva el espíritu de Mendeléiev al ordenar los elementos según sus propiedades como sustancia básica, a diferencia de las tablas más difundidas y debatidas en la actualidad no emplea la estructura electrónica como criterio de ordenamiento.

Por otra parte, J. Moreno, R. Gallego y R. Pérez (2010), presentan los resultados de su investigación en el cual cuestionan la transposición de los modelos científicos en modelos didácticos, relacionan otras investigaciones que muestran que el conocimiento científico convertido en conocimiento escolar produce deformaciones de la actividad científica y la simplificación de modelos, contribuyendo con la actitud negativa de los estudiantes hacia las ciencias y al fracaso escolar reportado por algunos estudios. Se pregunta si el modelo atómico de Bohr que se muestra en los textos se corresponde histórica y epistemológicamente con las actividades científicas y cuáles son las posibles deformaciones que de ésta se hace cuando se muestra el modelo en los libros. Los resultados de la investigación muestran una clara diferencia entre la propuesta de Bohr y la transposición del modelo, lo que invita a una reflexión profunda acerca de la confiabilidad que pueden tener los textos utilizados para la enseñanza de la ciencia química. Desde esta investigación el libro de texto es una fuente de consulta permanente en la enseñanza química es de esperarse que la forma en que presentan los hechos que dieron lugar a la necesidad de elaborar, estudiar, aceptar y abandonar modelos científicos en las comunidades de especialistas tenga un efecto didáctico en la enseñabilidad y por otro, la presencia de capítulos dedicados a la historia de la ciencia en general y de los modelos atómicos en los textos en particular, muestra la importancia que se le da al

desarrollo histórico de la química puesto que se considera que los estudiantes que aprenden historia de la ciencia comprenden mejor la ciencia escolar este aspecto es objeto de crítica.

Siguiendo esta línea de investigaciones, Farieta y Bonilla (2010), publican un artículo en el que presentan aspectos relacionados con la transposición didáctica del trabajo de Amadeo Avogadro y el análisis de la confiabilidad de los libros de texto más utilizados por profesores de química de algunos colegios de Bogotá, lo mismo que de las Facultades de Formación de Licenciados en Química de la Universidades Pedagógica Nacional, desde un análisis histórico-epistemológico. A partir del estudio de los documentos originales se establecieron 10 criterios de análisis, clasificados en cuatro categorías, los cuales fueron validados por especialistas y fueron la base para determinar la relación existente entre el saber sabio. A partir de lo cual pudo establecerse la imagen de ciencia que se socializa en el sistema educativo colombiano. Para tal efecto, se seleccionaron 14 libros de texto, de Educación Media y de Educación Superior. Para cada uno de esos libros de texto se elaboró un análisis riguroso sobre la forma como es presentado la formulación del trabajo de Avogadro, teniendo como referente lo postulado por este científico, de conformidad con los criterio establecidos y validados por especialistas en historia y epistemología de las ciencias. Los criterios de análisis para la evaluación de la transposición didáctica del trabajo de Avogadro en los libros de textos, parten de una reconstrucción histórico epistemológica de las lecturas de los textos originales, con las cuales se puede realizar la comparación con el saber enseñado que se presenta en los libros de texto, así pues, los criterios de análisis son una herramienta fundamental para el estudio de la transposición didáctica del trabajo de Avogadro. Los libros de texto no tienen en cuenta ni el contexto, ni los trabajos de Dalton y Gay Lussac, como fundamento y base para la construcción de la hipótesis de Avogadro.

También se encuentran trabajos como los de A. Gallego, R. Gallego y R. Pérez (2009) presentan algunas conclusiones derivadas de revisiones históricas, sobre cómo la química y la labor de los químicos fueron constituyendo paulatinamente esta ciencia, logrando su institucionalización y el reconocimiento social de su actividad de producción

de conocimiento. El punto de partida que se adopta, es el de que la conversión de las ciencias en ciencia escolar contribuyó significativamente a dicha institucionalización. Se examina el papel de los textos de enseñanza que formularon discípulos e incidieron en la creación y consolidación de una comunidad científica sin olvidar por supuesto, el rol cumplido por las revistas especializadas en química y la industrialización. La pregunta de la cual se buscan dar una respuesta admisible, es aquella que desde la historia social de las ciencias, indaga cómo se llevó a cabo la institucionalización de la química, para que el trabajo de los químicos fuera aceptado y valorado por la sociedad, por lo menos a partir del siglo XVII. En consecuencia, no se presenta una discusión en torno a las concepciones epistemológicas de los textos de enseñanza que han sido y son objeto de investigación por parte de otros especialistas. Resaltan que tanto los historiadores “internalistas” como los “externalistas” no han hecho objeto de estudio el papel cumplido por la educación en ciencias y los textos de enseñanza en la institucionalización social de cada una de las ciencias de la naturaleza. Se piensa que se ha demostrado en el caso de la química, que tales textos de enseñanza contribuyeron a ese cometido. Aun cuando se reconoce que las referencias bibliográficas de apoyo son insuficientes para apoyar la hipótesis de que en ese proceso de institucionalización desempeñaron un papel trascendental la escritura de textos de enseñanza, podría ser admisible que en una sociedad determinada ese proceso de institucionalización requiere necesariamente de convertir cada ciencia naciente en objeto de enseñanza.

Además, M. Solarte (2006) realiza una investigación donde analiza como son llevados los conceptos científicos a los textos escolares, a través de la transposición didáctica y cómo este proceso repercute en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias experimentales. Para ilustrar un caso de transposición didáctica muestran como se ha fragmentado el concepto de energía en los textos de Biología, Química y Física dando lugar a diversas interpretaciones originando confusiones en los maestros y estudiantes. Los textos son registros de conocimientos de la realidad, estos son considerados como recursos didácticos en la educación, ya que proponen un camino, tienen un enfoque y una perspectiva que marcan el proceso de construcción del conocimiento. Los contenidos de la ciencia que aparecen en los textos provienen de las prácticas de los científicos quienes

en su ejercicio no tienen interés de ser comprendidos por todas las personas, ellos plasman sus representaciones mentales a una comunidad científica por medio de modelos teóricos. Desde este punto de vista plantean la pregunta de investigación de este trabajo ¿cómo se ha trabajado la transposición didáctica de los contenidos en los textos escolares de ciencias para que influyan en el proceso enseñanza aprendizaje y evaluación de las ciencias experimentales?

Por último, L. Cuéllar, R. Gallego y R. Pérez (2008), realiza una investigación que relaciona el saber sabio al saber escolar. En esta investigación se presentan aspectos relacionados con la transposición didáctica del modelo atómico de Ernest Rutherford y el análisis de la confiabilidad de los libros de texto más utilizados por profesores de química en ejercicio de algunos colegios de Bogotá, en educación Media, lo mismo que de las Facultades de Formación de Licenciados en Química de las universidades Pedagógica Nacional y Distrital de Bogotá, desde un análisis histórico-epistemológico. A partir del estudio de los documentos originales se establecieron diez criterios de análisis, clasificados en cinco categorías, los cuales fueron validados por especialistas y fueron la base para determinar la relación existente entre lo que propuso Ernest Rutherford en relación con la estructura del átomo y lo que se socializa en el sistema educativo colombiano, a través de los libros de texto. Esta investigación está constituida por unos antecedentes relacionados con trabajos sobre transposición didáctica, según una nueva interpretación, desde las ciencias de la naturaleza, de la propuesta de Yves Chevallard (1985) y por las fundamentaciones epistemológicas, didácticas y pedagógicas en las cuales se apoya. Se desarrollan importantes formulaciones que tienen que ver con la enseñabilidad de las ciencias, la categoría epistemológica de modelo y la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia.

A nivel internacional, se encuentra el trabajo de M. Quintanilla y L. Cuellar (2008), quienes realizan una investigación desde una visión naturalizada de la ciencia; enuncian la importancia de enseñar la historia de la ciencia identificando, caracterizando y comprendiendo la influencia de los contextos sociales, culturales, políticos y económicos en la construcción del conocimiento científico, dimensionando que en conjunto configuran

una imagen de la actividad científica, por tanto, el abordaje de la historia de la química en los libros de texto puede constituirse en un dispositivo metateórico para comprender el desarrollo y evolución de las teorías científicas, lo que contribuiría a una resignificación de la actividad científica. Plantean que en los últimos años diversos autores han insistido en dar a conocer la complejidad de los factores que contribuyen a darle sentido a la ciencia en un texto escrito. Desde esta perspectiva, la historia de la ciencia alerta a los profesores sobre la necesidad de una aproximación fenomenológica de las representaciones, concepciones y creencias que pueden ser útiles en los libros de química para que las teorías científicas que se enseñan adquieran sentido y valor en quienes las aprenden. Los estudiantes necesitan saber con qué y cómo se relacionan dichos modelos teórico-conceptuales para así confrontar con su vida cotidiana o, mejor aún, con situaciones de la vida. Realizan una propuesta editorial donde presentan algunos constructos teóricos que han sido introducidos en un libro de química de secundaria, con el fin de enseñar la historia de la teoría atómica consolidada a partir del siglo XVIII, sin que el profesor se convierta en un historiador de su saber erudito. Para ello se incluyen actividades de aprendizaje de distinta índole como simulaciones y dramatizaciones históricas; análisis de prácticas experimentales relevantes; estudio de instrumentos «antiguos», interpretación de textos eruditos originales; investigaciones sobre el contexto europeo en el siglo XVIII y XIX, análisis de controversias científicas y entramados histórico-políticos que implicaron a los científicos y científicas, entre otras actividades. El libro de texto lograría una buena explicación científica escolar acerca de la teoría atómica, potenciada a través de un libro la enseñanza teórica. Afirman que el eso el libro favorece: la pregunta y reflexión del estudiante en torno a los modelos atómicos, insisten en la importancia que el lenguaje científico aparezca en la narración científica escrita de una manera tal que enseñe al estudiantado a desarrollando paulatinamente habilidades cognitivo-lingüísticas, para comprender la complejidad de los conocimientos que aprende en el aula.

Otro trabajo internacional propuesto por A. Adúriz-Bravo (2002), sugiere que la imagen de ciencia "empiropositivista" ingenua es a menudo señalada por la didáctica de las ciencias actual como un obstáculo para una educación científica de calidad. Las ideas positivistas lógicas se "ajustan" parcialmente el *pensamiento* de muchos profesores y profesoras de

ciencias naturales acerca de la naturaleza de la ciencia pensamiento construido a lo largo de su escolaridad, de su formación inicial y de su práctica profesional. Esas ideas, por supuesto, también capturan lo esencial de la *imagen de ciencia* que muchas personas sostienen en la actualidad, aunque sin el grado de rigor y coherencia de los epistemólogos profesionales. Y además circulan versiones bastante radicalizadas de ellas en el ámbito científico. Sin embargo, en los circuitos de reflexión metateórica (epistemología, sociología de la ciencia, estudios sobre el lenguaje científico y didáctica de las ciencias, por ejemplo) tales ideas distan de mantener la misma vigencia.

Para el año 2010 en España, M. Alonso y B. Herradón presentan una investigación en la que plantean que el concepto de aromaticidad es poco definido, por tal motivo el uso del término aromaticidad ha recibido críticas recientes, que resaltan la discrepancia entre los distintos criterios de aromaticidad y lo poco que se ha profundizado en el origen del fenómeno, proponen que es necesario cuantificarlo y en cierto modo, postulan que la aromaticidad es una propiedad única del benceno. Los compuestos aromáticos y el grado de aromaticidad de los mismos son importantes, pues constituyen la base para el desarrollo de materiales con propiedades biológicas. Intentan cuantificar la aromaticidad de algunos compuestos orgánicos y específicamente del benceno. Consideran que la aromaticidad es una propiedad de numerosos compuestos; que, en un principio surgió para describir la estabilidad, la reactividad y la estructura del benceno y de sus derivados, aunque más tarde, se observó que la aromaticidad influye en otras propiedades químicas y físico-químicas posteriormente, cuestionan ¿Es necesario cuantificar la aromaticidad? A lo que se responde con un sí contundente, basado en una razón científica pues cualquier propiedad que se pueda medir se debe cuantificar, además el valor numérico de aromaticidad es un dato valioso para establecer relaciones cuantitativas estructura-función. Después del análisis de resultado llegan a concluir que el estudio de los compuestos aromáticos fue fundamental en el desarrollo de la Teoría Estructural de la Química Orgánica.

4.2. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS: ASPECTOS HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICOS DE LA CIENCIA

Para presentar las diferentes aproximaciones a la ciencia que han propuesto los filósofos en el siglo XX, se tendrán en cuenta principalmente las concepciones de Lakatos y Kuhn, dado que ellos han intentado explicar cómo es el proceso de construcción del conocimiento y como se lleva a cabo el desarrollo de la ciencia. El trasfondo que encierra esta discusión es si existe un método universal y ahistórico en la ciencia, que contenga las normas que todas las disciplinas deben respetar si desean merecer el título de ciencia. Es decir, si desde una perspectiva general, podemos esbozar los rasgos característicos del conocimiento científico, en todas sus dimensiones a lo largo de la historia.

Inicialmente, Kuhn (1989 y 2001) y Lakatos (1998) realizan propuestas mediante las cuales intentan explicar cómo ha avanzado la ciencia desde una perspectiva histórica. Según Chalmers (2003), lo que tienen en común estas perspectivas, es que la concepción más adecuada de la ciencia debe originarse en la comprensión del entramado teórico en el que tiene lugar la actividad científica. El significado de los conceptos depende de la estructura de la teoría en la que aparecen, y la precisión de aquéllos depende de la precisión y el grado de coherencia de ésta (Chalmers, 2003).

A continuación, se expondrán las ideas principales de Kuhn y Lakatos, para inferir, a partir de estas premisas, los rasgos generales del conocimiento científico.

4.2.1. DESDE LA VISIÓN DE KUHN: LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

Por su parte, Kuhn (1989 y 2001) sostiene que toda actividad científica se desarrolla bajo un paradigma, entendido éste como "el conjunto de ilustraciones recurrentes y casi normales de diversas teorías en sus aplicaciones conceptuales, instrumentales y de observación. Ésos son los paradigmas de la comunidad revelados en sus libros de texto, sus conferencias y sus ejercicios de laboratorio" (Kuhn, 2001). El paradigma debe ser lo suficientemente inconcluso como para que en él se alberguen los distintos desarrollos teóricos de un período histórico determinado. El autor rechaza el falsacionismo porque considera que todos los paradigmas tendrán anomalías (entendidas como el conjunto de

problemas que se resisten a ser solucionados), pero éstas se consideran como fracasos concretos y particulares del científico, más que insuficiencias del propio paradigma. En el momento en que está consolidado un determinado paradigma, dentro de él se desarrollarán lo que Kuhn denomina periodos de ciencia normal, en que el avance se produce de manera progresiva, añadiendo las nuevas generalizaciones a las que ya están consolidadas (Kuhn, 1989).

Pero llega un momento en que comienzan a aparecer numerosas dificultades que no pueden ser resueltas dentro del paradigma y, por lo tanto, quedan fuera del alcance del científico. En este momento, se entra en un periodo de crisis, que finalizará cuando emerja un paradigma completamente nuevo, que gane la adhesión de la gran mayoría de la comunidad científica. Cuando un paradigma sustituye a otro, se produce un cambio revolucionario, más problemático que el normal, pues altera el modo en que se piensa, ya que debe albergar a esos nuevos descubrimientos que no han podido ser articulados en los conceptos que eran habituales en el paradigma en crisis. Con este cambio de referentes tan radical, el desarrollo científico no puede ser completamente acumulativo (como en el caso de la ciencia normal), pues no se puede pasar de lo viejo a lo nuevo mediante una simple adición a lo que ya era conocido. Ni tampoco se puede describir completamente lo nuevo en el vocabulario de lo viejo o viceversa (Kuhn, 1989).

El progreso, por tanto, se produce a través de estas revoluciones más que de una forma estrictamente acumulativa, como una línea ininterrumpida de progreso (Escohotado, 1987), en las que un paradigma completamente diferente sustituye a otro, planteando nuevas problemáticas que deben ser resueltas por la ciencia, nuevos métodos y nuevas concepciones del mundo.

Además, el planteamiento de las revoluciones científicas subraya la naturaleza no acumulativa del avance de la ciencia, ya que el progreso a largo plazo no sólo comprende la acumulación de hechos y leyes, sino que a veces implica el abandono de un paradigma y su reemplazo por otro nuevo incompatible. La principal diferencia de esta cuestión con la propuesta de Popper es que para este último se trata simplemente del abandono de

una teoría por otra, cuando Kuhn habla del cambio en la visión del mundo, una transformación que es más radical y profunda.

La perspectiva kuhniana presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, como el propio autor indica, el desarrollo científico en los periodos de ciencia normal es tremendamente conservador, en el sentido de que suprime frecuentemente innovaciones fundamentales, debido a que resultan innecesariamente subversivas por sus compromisos básicos hacia el paradigma dominante en ese periodo determinado (Kuhn, 2001). Aunque, evidentemente, dichas innovaciones serán introducidas cuando se produzca la revolución científica en la que emerge el paradigma que ha sustituido a su predecesor, en principio la adscripción del científico a un solo paradigma puede resultar un tanto empobrecedora. En segundo lugar, una de las críticas más importantes esgrimidas a la comprensión de la ciencia que plantea Kuhn es que el cambio de un paradigma a otro tiene algo de irracional, incluso de relativista, ya que el autor no justificó por qué un paradigma es mejor que otro: en última instancia, es la propia comunidad científica la que determina la mayor idoneidad de una visión del mundo en detrimento de su contemporánea.

A esta deficiencia, Kuhn contestó que las teorías científicas posteriores son mejores para resolver enigmas en los entornos, pero esto resulta contradictorio porque, según él, lo que cuenta como enigma o problema y su solución depende del paradigma. Así, a lo largo de la Estructura de las revoluciones científicas, Kuhn (2001) asegura que algunos problemas de un determinado paradigma, cuando éste es sustituido por otro, pueden ser declarados como no científicos, o aquellas cuestiones que resultaron triviales en un momento determinado o simplemente no existían, con el surgimiento del nuevo paradigma, pueden volver a presentarse como los nuevos grandes retos a conquistar por la comunidad científica.

4.2.2 DESDE LA VISIÓN DE LAKATOS: LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN

Ahora en desde la perspectiva de Lakatos (1998), el intentó superar las debilidades del cambio de paradigma kuhniano mediante sus programas de investigación científica, que cuentan con un núcleo teórico-hipotético eficazmente protegido por un gran cinturón de hipótesis auxiliares y con una maquinaria elaborada para solucionar problemas. Así, el programa posee una serie de reglas metodológicas, que marcan qué rutas de investigación deben ser evitadas (heurística negativa) y cuáles seguidas (heurística positiva) (Lakatos, 1998). El núcleo central estaría conformado por un conjunto de hipótesis muy generales a partir de las cuales se desarrolla el programa. Estos fundamentos necesitan ser ampliados con suposiciones complementarias, con el fin de llenarlos de sustento y de proteger al núcleo central de las falsaciones (Chalmers, 2003).

La heurística negativa del programa impide que apliquemos el modus tollens a este núcleo firme. Por el contrario, debemos utilizar nuestra inteligencia para incorporar e incluso inventar hipótesis auxiliares que formen un cinturón protector en torno a ese centro, y contra ellas debemos dirigir el modus tollens. La heurística positiva consiste en un conjunto, parcialmente estructurado, de sugerencias o pistas sobre cómo cambiar y desarrollar las versiones refutables del programa de investigación, sobre cómo modificar y complicar el cinturón protector refutable. Impide que el científico se pierda en el océano de anomalías (Lakatos, 1998).

En principio, los programas de investigación de Lakatos se corresponderían con los paradigmas científicos de Kuhn. La principal diferencia entre ambos es que aquél intentó superar el cierto relativismo que suponía el cambio de paradigma kuhniano. Lakatos (1998) sí que ofrece las claves del avance científico, justificando las razones a través de las cuales un programa de investigación sustituirá a otro; se trata de los programas regresivos o progresivos.

Las refutaciones no indican un fracaso empírico, como Popper ha enseñado, porque todos los programas crecen en un océano permanente de anomalías. Lo que realmente

importa son las predicciones dramáticas, inesperadas, grandiosas. Kuhn se equivoca al pensar que las revoluciones científicas son un cambio repentino e irracional de punto de vista. La historia de la ciencia refuta tanto a Popper como a Kuhn; cuando son examinados de cerca, resulta que tanto los experimentos cruciales popperianos como las revoluciones kuhnianas son mitos; lo que sucede normalmente es que los programas de investigación progresivos sustituyen a los regresivos (Lakatos, 1998), siendo más eficiente los primeros en la predicción de los nuevos fenómenos.

De esta manera, un programa de investigación es superior a otro en cuanto a que puede predecir con más éxito un fenómeno nuevo: En un programa de investigación progresivo, la teoría conduce a descubrir hechos nuevos hasta entonces desconocidos. En los programas regresivos, las teorías son fabricadas sólo para acomodar los hechos ya conocidos (Lakatos, 1998).

Lakatos reconoce el papel trascendental que desempeñan las predicciones en los programas, hasta tal punto que cuando un programa sea incapaz de generar nuevas perspectivas de futuro y únicamente trate de encajar hechos ya pasados, estará en un proceso degenerativo. Precisamente en este punto es en el que el núcleo de un programa puede ser abandonado cuando deje de anticipar hechos nuevos: "Nuestro núcleo firme puede derrumbarse en ciertas condiciones (...) una posibilidad que es fundamentalmente lógica y empírica" (Lakatos, 1998).

En contra de lo que apuntaba Popper, en el sentido de que una teoría que no supere las falsaciones debe ser desestimada, Lakatos (1998) explica que hay "que tratar con benevolencia a los programas en desarrollo; pueden transcurrir décadas antes de que los programas despeguen del suelo y se hagan empíricamente progresivos. La crítica no es un arma popperiana que mate con rapidez la refutación". Según lo señalado por Lakatos, si se destruyeran los supuestos teóricos con la rapidez preconizada por Popper, no sería posible alcanzar un cierto avance científico: "La principal diferencia con respecto a la versión original de Popper creo que es que, según mi punto de vista, la crítica no destruye (ni debe destruir) con la rapidez que imaginaba Popper. La crítica destructiva, puramente

negativa, como la refutación o la demostración de una inconsistencia no elimina un programa de investigación. La crítica de un programa es un proceso largo y a menudo frustrante; hay que tratar a los programas en crecimiento sin severidad" (Lakatos, 1998).

Por tanto, Lakatos (1998) apuesta por un progreso científico que es racional, al igual que Popper y en contraposición a Kuhn, quien parece creer que el "cambio de un paradigma a otro es una conversión mística que no puede estar gobernada por pruebas racionales" (Lakatos, 1998).

La principal objeción esbozada a la propuesta de Lakatos es que no ofrece las pautas para desestimar definitivamente un programa de investigación, puesto que es racional aferrarse a un programa degenerativo con la esperanza de que pueda regresar. El propio Lakatos reconoce la debilidad de la racionalidad instantánea, que para él no existe en la ciencia, de ahí que sólo a largo plazo (es decir, desde una perspectiva histórica) se pueda determinar la validez o inconsistencia de un programa, por lo que su propuesta no sirve como método para desestimar un determinado paradigma, sino que servirá principalmente para esbozar la valoración desde una perspectiva histórica (Chalmers, 2003).

Por último, Lakatos, para esbozar una perspectiva de cómo se produce el avance científico, parece hacer referencia, por los ejemplos con los que ilustra sus supuestos, principalmente a la ciencia física (también a la lógica y la matemática). Es posible que la metodología y las normas usadas para juzgarla no sean apropiadas en otras disciplinas, puesto que no se pueden hacer ensayos experimentales con la gente y las sociedades, sin destruir lo que se está investigando.

4.3. RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA PARA EL CONCEPTO DE AROMATICIDAD

Para desarrollar la reconstrucción histórica de este concepto, se parte de que la aromaticidad es un fenómeno que se presenta en anillos orgánicos y que ha dado lugar a muchos estudios y teorías. Se puede considerar que la aromaticidad es una propiedad de numerosos compuestos; que, en un principio surgió para describir la estabilidad, la reactividad y la estructura del benceno y de sus derivados. Pero antes, es necesario tener

en cuenta aspectos relacionados con la valencia y la tetravalencia del carbono, como se refiere a continuación:

4.3.1. DESDE EL CONCEPTO DE VALENCIA Y LA TETRAVALENCIA DEL CARBONO

Una de las grandes conquistas de la química del siglo XIX fue la formulación de una teoría empírica de valencia, que se fundamentó en gran medida en el estudio de compuestos orgánicos que fue iniciada a comienzos de siglo. El primer antecedente del concepto de valencia se origina entre los griegos, para quienes los elementos tendían a combinarse bajo el influjo del amor y a separarse por el odio. (Leicester, 1967). Estas relaciones o afinidades químicas se reconocen por los alquimistas como atracciones y repulsiones y pueden permitir la identificación de las fuerzas responsables de las combinaciones químicas (Bensaude-Vincent, 1997). Posteriormente se relacionan con la reactividad, a partir del desplazamiento de los metales en presencia de diferentes reactivos.

Ya para el año 1718 Geoffroy transforma el concepto a relación, de tal modo que un cuerpo desplaza en su combinación a los que le siguen. Es un catálogo que expresa la capacidad de reacción de los compuestos individuales lo cual indica un proceso de creación y destrucción de relaciones entre las sustancias (Leicester, 1967). Al conocerse la ley de Richter (1797) se estableció una relación entre los pesos obtenidos del análisis de la composición centesimal de las sustancias y sus pesos equivalentes la cual recibió los nombres de atomicidad, poder de combinación o simplemente equivalente (Partington, 1964). Luego Berzelius (1819) desarrolló la teoría dualística de la afinidad química que se debe a la atracción entre los polos de diferentes tipo de electricidad que poseen los cuerpos elementales de ahí que la combinación y la descomposición químicas se considerasen fenómenos eléctricos (Palmer, 1965).

Edward Frankland (1852) propuso una teoría sobre el poder de combinación de los átomos para explicar la razón por la cual los elementos se combinan en determinadas relaciones; esto es, dotó a los átomos de una capacidad intrínseca: la capacidad de

combinación. La capacidad o poder de combinación de los átomos sustituyó al término afinidad química o poder de atracción que sus contemporáneos utilizaban como grados de afinidad. Además, Frankland utilizó el término unión para dar una expresión concreta a los términos atomicidad o equivalente y expresó que el número de enlaces que posee un elemento no es una cantidad fija sino que pueden existir uno o más pares de uniones latentes o activas. A esta teoría después se le llamó teoría de la valencia: diferentes átomos tienen diferentes valores de intercambio “valencias”: el hidrógeno tiene un poder de combinación de uno: valencia uno, monovalente, el oxígeno de dos, divalente; el carbono de cuatro, tetravalente (Benfey, 1963).

No fue hasta 1868 cuando C.W. Wichelhaus introduce el término de valencia. Los trabajos y teorías de Frankland sirvieron de base para la tabla periódica que propuso Mendeleiev, en la cual relacionó la valencia de los elementos con su posición en la tabla.

Por otra parte, Scott Couper (1858), utilizó una raya que une a dos átomos iguales o diferentes (H—H, H—Cl) para representar gráficamente los enlaces de afinidad o poder de combinación. Con esas líneas se obtuvieron las fórmulas estructurales o desarrolladas (Bensaude-Vincent, 1997). Esta representación fue especialmente útil para diferenciar la estructura de las moléculas orgánicas. En ese mismo año, Kekulé y Butlerov desarrollaron la química orgánica estructural al demostrar que el carbono poseía cuatro unidades de afinidad o tetravalente, las cuales se utilizaban para enlazarse a otros átomos. Para Kekulé, los símbolos de los elementos representaban la magnitud de su afinidad química. La atomicidad era una propiedad fundamental del átomo, considerada constante e invariable como el peso atómico (Cruz y Chamizo 2001). Kekulé y Couper presentan una misma hipótesis sobre la base de dos filosofías diferentes. Para Kekulé el discípulo de Gerhardt, los símbolos de los elementos no representan átomos, sino únicamente la magnitud de su valencia. Explora el concepto de atomicidad sin creer en la existencia real de los átomos. Couper critica a Gerhardt y aspira a escribir en forma realista la manera en que se hacen las combinaciones químicas. En su publicación original, Couper representó estos enlaces por medio de líneas. En su texto de 1861,

Kekulé dio a la ciencia de la química orgánica su definición más moderna: estudio de los compuestos del carbono.

Para entonces se comprobó que ciertos compuestos de carbono, tales como el monóxido de carbono no se ajustaba a la teoría tetravalente de Kekulé y Couper. Otras dos excepciones la constituyeron los hidrocarburos no saturados etileno C_2H_4 , y acetileno C_2H_2 , y ello condujo a la formulación de tres grandes hipótesis en un intento por explicar la pérdida aparente de la tetravalencia del carbono en tales sistemas. Couper propuso que el carbono podía ser tanto divalente como tetravalente. Kekulé sugirió que algunas de las valencias del carbono se hallaban vacantes en estos sistemas y Erlenmeyer propuso que en ellos los carbonos se hallaban ligados entre sí por más de una valencia. En el artículo fundacional publicado en 1858, Kekulé planteó por vez primera la tetravalencia del átomo de carbono y la posibilidad de unión entre átomos de carbono (*atomicidad*) formando cadenas, posicionándose a la vanguardia de la teoría estructural. Esto implicaba necesariamente la aceptación de los átomos como unidades estructurales de los compuestos y de su capacidad de combinación o valencia.

Posteriormente se introduce el término valencia para designar al poder de combinación de cada elemento, representado por la relación entre su peso atómico y su peso equivalente por parte de Wichelhaus (1868). Wurtz identifica el valor numérico en la sustitución o en la combinación de los elementos como valencia y se adoptan las fórmulas estructurales que indican el número de valencias que intercambian entre sí los diferentes átomos (Bensaude-Vincent, 1997). Con Newlands, Mendeleev y Meyer (1869), se incorpora la valencia en el sistema químico al fundamentar la ley periódica en las propiedades atómicas de peso y valencia. Los elementos del grupo I tienen valencia uno, los del II, 2, etcétera. Por otra parte, con Pasteur, Le Bel y Vant Hoff (1874), la valencia se considera como una propiedad direccional, aparece la estereoquímica y se pueden explicar los isómeros ópticos al considerar los enlaces del carbono dirigidos hacia los vértices de un tetraedro. Luego, Werner (1891) desarrolla la teoría de los compuestos de coordinación. Propone la valencia secundaria o número de coordinación, para diferenciarla de la valencia que corresponde a la capacidad de combinación y a la que denomina valencia primaria (Kauffman, 1981).

Otros aspectos que sobresalieron para el concepto de valencia a lo largo de la historia, se refieren a continuación:

- Los trabajos de Arrhenius (1916) sobre la disociación electrolítica y de otros científicos sobre la luz, los espectros, la radiactividad, la ionización de los gases, los electrones como partículas con carga negativa y el modelo atómico de N. Bohr, proporcionaron la base de la valencia iónica o electrovalencia. Por otro lado Kossel, después de señalar la estabilidad química de los gases nobles, interpretó la ionización como la pérdida y ganancia de electrones de y en el nivel más externo de los átomos capa de valencia. Así, la electrovalencia se definió como la capacidad de un átomo para combinarse con otros cuando tal combinación supone la transferencia de electrones y la subsiguiente formación de iones.
- Lewis (1916-1923) supuso que una estructura estable de valencia contenía ocho electrones y los colocó en los vértices de un cubo. Esta “teoría del octeto”, ampliada por Langmuir en 1919, considera que los electrones están dispuestos en capas concéntricas en torno al núcleo. Se imaginaron a los átomos (con excepción del hidrógeno) formados por dos partes esenciales: un kernel, de carácter positivo (núcleo y electrones de niveles interiores) y los electrones de valencia, los cuales se representan por puntos alrededor del símbolo del elemento. Lewis publicó su teoría sobre el enlace covalente que se caracterizaba por considerar a los electrones como esferas cargadas y rígidas que giran sobre sus ejes. El enlace covalente se forma cuando dos átomos comparten electrones de su capa de valencia.
- Linnett (1961) sugiere que un octeto de valencia debe considerarse como dos cuartetos, cada uno con electrones del mismo espín. En todo cuarteto, por estar constituido por iguales espines, la menor repulsión se alcanza colocando a los electrones en un tetraedro (Linnett, 1964).
- Por último y en la actualidad, se han desarrollado nuevas teorías como la Repulsión de Pares Electrónicos de Valencia (o la de Orbitales Moleculares con la que R.S.

Mulliken ganó el premio Nobel de Química en 1966). Sin embargo, la teoría que explica el enlace químico es aún tema de investigación pues las nuevas técnicas de análisis, la teoría atómica-cuántica y el desarrollo de cientos de miles de nuevas moléculas modifican las ideas establecidas (Gillespie, 2001).

4.3.2. DE LA IDENTIFICACIÓN DEL BENCENO

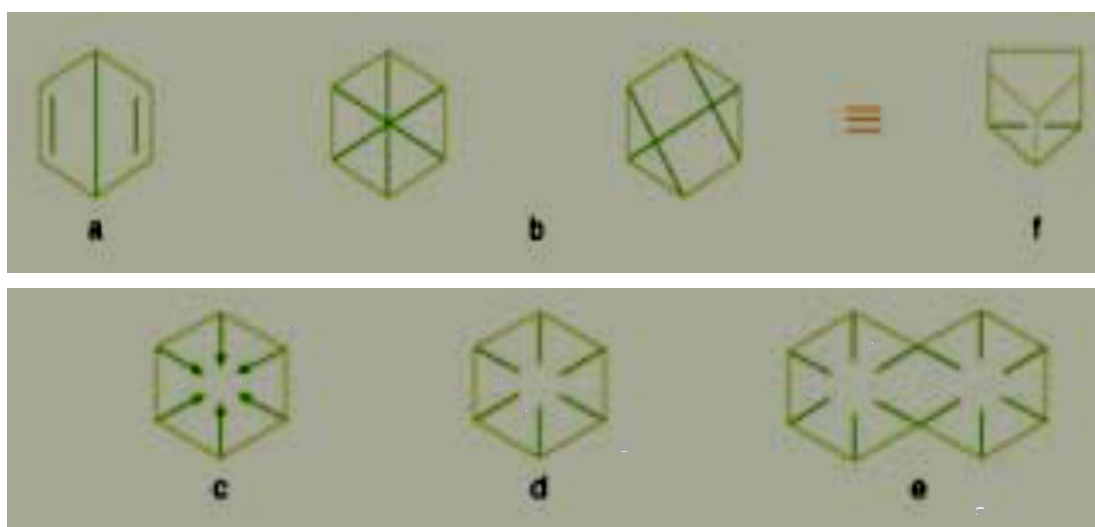
La aromaticidad es un fenómeno que se presenta en anillos orgánicos y que ha dado lugar a muchos estudios y teorías; su estudio comienza con el descubrimiento y descripción del benceno. Brevemente se puede citar a varios científicos del siglo XIX y principios del XX que colaboraron para dilucidar la estructura de esta molécula y otras relacionadas con ella. Faraday descubrió el benceno en 1825 como un componente de la mezcla generada al comprimir el gas producido por la pirólisis del aceite de ballena y determinó correctamente su composición. Por otro lado, Mitscherlich lo sintetizó por primera vez en 1833 mediante la descarboxilación de ácido benzoico; también corroboró la fórmula mínima de Faraday y sintetizó algunos derivados (Partington, 1964).

El compuesto era conocido entonces, se podía sintetizar, se podía adquirir comercialmente e inclusive se le encontraron diversas aplicaciones (principalmente como disolvente o precursor de otras sustancias). Sin embargo, el problema de la estructura constituyó un gran reto para los químicos de la época (que no contaban con espectroscopia; es más, algunos ni siquiera creían en los átomos y las moléculas) y dio origen a diversas proposiciones en las que aún no se discutía el concepto de aromaticidad (ni siquiera existía la idea). En la figura 1 se muestran algunas estructuras propuestas.

Dewar y Wislicenus propusieron la idea de un anillo hexagonal con un enlace para interno (figura 1a), Claus propuso la estructura radial (figura 1b), que fue apoyada con modificaciones por Lothar Meyer y Armstrong (figura 1c), y por Baeyer y Bamberger, que incluso propusieron una estructura equivalente para el naftaleno (figuras 1d y 1e), Ladenburg sugirió una estructura prismática (figura 1f) que fue objeto de diversas controversias ya que van't Hoff sugirió que si esto fuera cierto deberían existir

enantiómeros. Entre todas estas propuestas surgió la de Kekulé, quien sugirió que la molécula de benceno era un hexágono con tres enlaces dobles alternados. Esta proposición no fue muy bien acogida por sus contemporáneos (Garraat, 1986).

Figura 1. a) Estructura de Dewar y Wislicenus, b) Estructuras de Claus, c) Estructura de Meyer y Armstrong, d) Estructura de Baeyer y Bamberger, e) Estructura de Baeyer y Bamberger para el naftaleno, f) Estructura de Ladenburg.



Fuente: Salcedo, R (2004) Materiales Avanzados, Núm. 2, 9-18

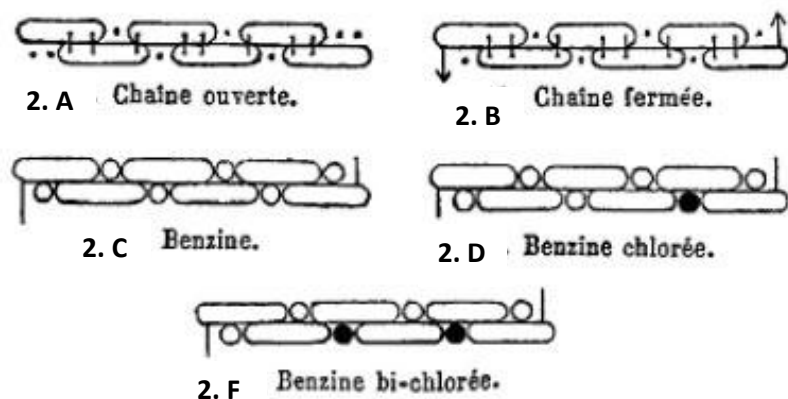
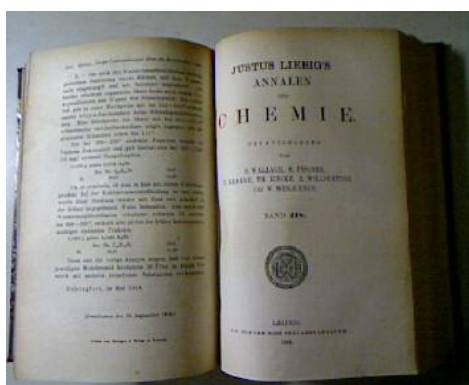
El motivo principal de protesta era que Kekulé en realidad proponía dos estructuras (isómeros de resonancia) que se podían interconvertir una en la otra por “movimiento mecánico”. Esta idea básica, que actualmente calificamos como una genialidad de Kekulé, fue considerada como poco seria en su época. El problema principal no era, en aquella época, la aromaticidad en sí, ya que ni siquiera estaba definida, sino la estructura del benceno. A esto se le acostumbraba llamar “el problema del enlace en los compuestos aromáticos”. (El nombre de compuesto aromático surge del fuerte y característico olor que tienen estos compuestos.) La idea de Kekulé consideraba la existencia de híbridos de

resonancia, pero no la resonancia como tal, ya que ni siquiera se conocía la naturaleza del enlace químico.

4.3.3. DESDE EL MODELO ESTRUCTURAL DE KEKULÉ

En el primer artículo de Kekulé, (*Sur les constitutions des substances aromatiques*) se presentó en enero de 1865 ante la recién fundada Société Chimique de París la estructura del benceno. Él sugería que todos los aromáticos poseían un núcleo de seis carbonos, la terminología era por supuesto la de Laurent, representados por una cadena cerrada de enlaces simples y dobles que se alternaban. En el artículo, esta hipótesis se ilustraba con una fórmula lineal de tipo salchicha.

Figura 2. Primera estructura del benceno propuesta por Kekulé. La primera edición de su *Lehrbuch der Chemie Organischen* apareció en junio de 1859.



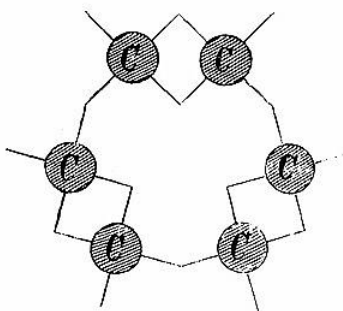
Kekulé introdujo la famosa fórmula de salchicha para ilustrar su discusión verbal en la formación de compuestos orgánicos. En un artículo de 1865, sur la constitution des Aromatiques sustancias, Kekulé presentó su fórmula salchicha para representar una cadena abierta en 2.A, en 2.B una cadena cerrada, en 2.C benceno, benceno con cloro en 2.D y 2.E en el benceno diclorado. En (De Oliveira, T. Koehler, C, Filgueiras, C. 2009.

A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. Quím. Nova vol.32 no.2 São Paulo)

En la figura 2.C (1865), Kekulé representa las cuatro valencias de cada carbono topológicamente por una varilla de dos dimensiones de cuatro unidades de longitud, los hidrógenos por puntos (más tarde por círculos), y el cierre por las flechas. De este modo cada carbono tiene un contacto C-C doble y contactos individuales entre H y un C. En su original, Annalen 1866 de Liebig, Kekule' explicó que el dos carbonos finales en 1a estaban vinculados por una relación de valencia, resultando en "una cadena cerrada (una anillo simétrico), que todavía tiene seis valencias libres". (Balaban, Schleyer, Rzepa, 2005).

En su libro de texto (1866), por primera vez, Herman Wichelhaus y Paul Havrez, discípulos de Kekulé, utilizaron la salchicha hexagonal donde se afirma que "los seis carbonos forman una completa agrupación atómica simétrica, como en un anillo (ver figura 3).

Figura 3. Una representación del anillo de benceno que aparece en una de las ediciones del manual de Kekulé "Lehrbuch der organischen Chemie", que ya se parece a la que se conocería más tarde como estructura de Kekulé.



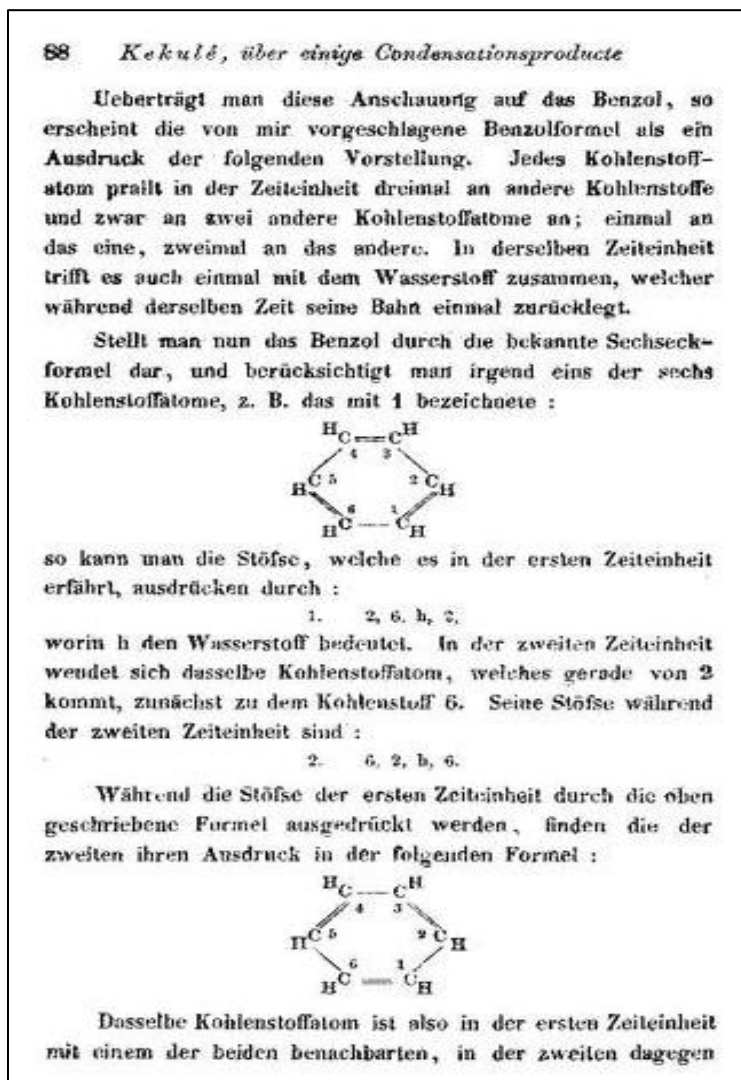
En 1866, Kekulé empleó disposiciones tetracoordinadas planas de las valencias de carbono para representar el benceno, que necesariamente tenía alternando valencia doble y una individual formando conexiones en un anillo.

En su primer artículo Kekulé se había limitado a mostrar como el núcleo de la cadena cerrada explicaba el isomerismo y la homología de los compuestos del benceno (el xileno, el tolueno y el cresol). El nuevo modelo pronto dio pruebas de ser “el hallazgo de un tesoro inagotable” como le confió exultante a Bayer. Permitted a Kekulé abordar el problema del isomerismo dentro del anillo. Si el benceno era hexagonal, entonces solo podía haber un isómero de un mono- o un pentahalogeno benceno, pero tres isómeros cada uno de un tri- o tetrahalogeno benceno. Estas y otras predicciones fueron confirmadas de inmediato por un discípulo alemán de Kekulé, Albert Ladenburg (1842-1911) y por su colaborador Korner (1839 – 1925).

Sin embargo, la existencia de un único isómero orto-disustituido daba serias dificultades de interpretación y ninguna de las propuestas de la teoría estructural podía explicar la diferencia de reactividad del benceno con los alquenos. Estos problemas llevaron a procurar otras explicaciones plausibles para la estructura del benceno como la de Claus y Thiele. Kekulé en 1972 en su libro "Ueber einige Condensationsproducte des Aldehyds".(ver figura 4) se inspiró una vez más en la preocupación de Williamson por la naturaleza dinámica del cambio químico explicará la no existencia de isómeros diferenciados por la posición de los átomos sustituyentes en la relación con enlaces sencillos o dobles, mediante la hipótesis de que las dos formas posibles del hexágono de benceno se hallaban en un equilibrio dinámico (hipótesis oscilante), y estos enlaces dobles y simples cambiaban con el tiempo.(Gero, 1954). Esta proposición no fue muy bien acogida por sus contemporáneos (Garrat, 1986). El motivo principal de protesta era que Kekulé en realidad proponía dos estructuras que se podían interconvertir una en la otra por “movimiento mecánico”.

Kekulé sugirió que el benceno tenía dos estructuras complementarias y que estas formas se interconvertían rápidamente, por lo que si había un doble enlace entre cualquier par de átomos de carbono en un instante, ese doble enlace se convertiría en un enlace sencillo en el instante siguiente (y vice-versa). Para proporcionar un mecanismo para el proceso de conversión, Kekulé propuso que la valencia de un átomo se determina por la frecuencia con la que choca con sus vecinos en una molécula.

Figura 4. Libro de Kekulé, con Historic Benzene Formulae Kekulé (original). Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829–1896)



Tomado de August (1872). "Ueber einige Condensationsproducte des Aldehyds". *Liebigs Ann. Chem.* 162 (1): 77–124 *Justus Liebigs Annalen der Chemie* Volume 162, Issue 1.

Como los átomos de carbono en el anillo de benceno chocaron entre sí, cada átomo de carbono debería chocar dos veces con un vecino durante un intervalo dado y luego dos veces con su otro vecino durante el siguiente intervalo. Por lo tanto, un doble enlace existiría con un vecino durante el primer intervalo y el otro vecino durante el siguiente

intervalo. (Kekulé, 1872). Esta idea básica, que actualmente calificamos como una genialidad de Kekulé, fue considerada como poco seria en su época. El problema principal no era, en aquella época, la aromaticidad en sí, ya que ni siquiera estaba definida, sino la estructura del benceno. A esto se le acostumbraba llamar “el problema del enlace en los compuestos aromáticos”. La idea de Kekulé consideraba la existencia de híbridos de resonancia, pero no la resonancia como tal, ya que ni siquiera se conocía la naturaleza del enlace químico. Aunque una representación única de la fórmula aceptable del benceno que capturó la simetría adecuada no llegó hasta el círculo de la notación de Robinson 1925. (Robinson, 1925).

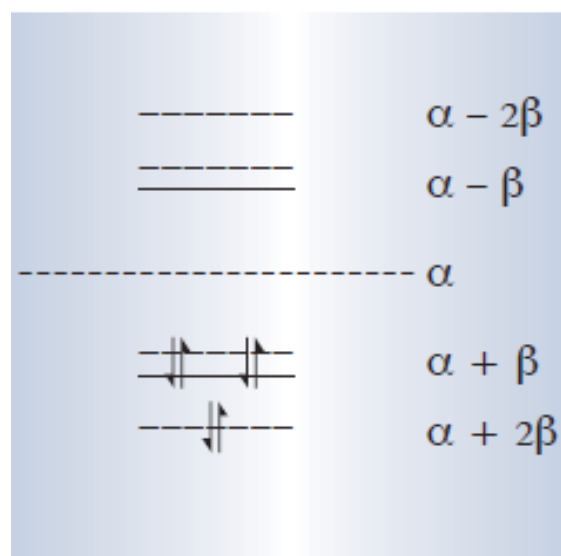
4.3.4. EN EL MARCO DE LOS MODELOS ATÓMICOS Y LA MECÁNICA CUÁNTICA

El electrón fue descubierto por Thomson en 1897. En 1916 Kossel y Lewis sugirieron que los electrones se acomodaban en capas en los átomos, con capacidad de dos electrones cada capa. Posteriormente el mismo Lewis sugirió que un enlace surge simplemente cuando dos átomos comparten dos electrones. Esta idea fue tomada por Ingold por un lado y por Armit y Robinson por el otro para explicar la estructura del benceno, pero desafortunadamente lo hicieron sobre el modelo de Dewar y el problema siguió sin una respuesta satisfactoria. Este problema no sólo tardó mucho tiempo en resolverse sino que se oscureció más con las ideas de Linus Pauling, quien propuso un método para explicar la naturaleza electrónica del benceno basado en la teoría de unión valencia (Pauling, 1940). Su idea consiste en establecer todas las posibles formas canónicas que puede adoptar la molécula en cuestión; incluyendo las estructuras de Dewar, Meyer, Claus, etc; proponer las correspondientes funciones canónicas y establecer una combinación lineal con éstas cuando son linealmente independientes. Esto lleva a un determinante secular que se resuelve por el método perturbacional de Heitler–London, dando como resultado la energía acoplada del sistema como eigenvalor de la correspondiente eigenfunción. El problema es que se deben considerar todas las formas canónicas, ya que todas contribuyen al eigenvalor final, y cuando una molécula se vuelve más complicada que el benceno, comienzan los problemas.

Por la misma época Erich Hückel (1931), propuso su modelo, en el cual se resuelve la ecuación de Schrödinger para orbitales moleculares, definidos como combinaciones lineales de orbitales atómicos según el modelo de Mulliken. Los niveles de energía se calculan por medio de parámetros α y β que se definen con base en las integrales de resonancia y de Coulomb y que representan la energía de un electrón en un sistema sin perturbación y la energía de estabilización respectivamente (ver figura 5).

El resultado genera un nivel discreto de baja energía y un sistema doble degenerado. Respecto a este último, Hückel puntualizó que su alta simetría provenía del hecho de que los electrones deben estar deslocalizados. Como el momento angular resulta ser cero (a diferencia del átomo de Bohr, en el cual el momento angular es $h/2\pi$) el sentido en el que se mueve el electrón no tiene importancia. Entonces se tiene el sistema degenerado en el que hay dos estados con la misma energía y en cada uno se puede tener un sentido del movimiento del electrón.

Figura 5. Niveles de energía frontera para el benceno según la teoría de Hückel.



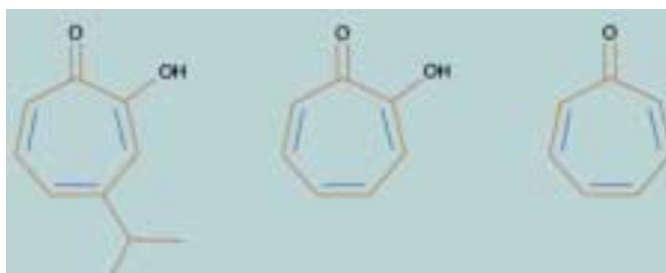
Fuente: Salcedo, R (2004) *Materiales Avanzados*, Núm. 2, 9-18

Esta es la primera vez que se menciona la resonancia como tal y que lleva al concepto de aromaticidad. Además, lo importante es que el único modelo consistente con esta teoría

es el de Kekulé, incluyendo sus isómeros de resonancia que ahora ya tienen sentido físico porque surgen de manera natural del movimiento de los electrones. Según Hückel toda molécula cíclica capaz de albergar un número tal de electrones que se puedan acomodar en un sistema “mágico” como el descrito, debe ser aromática. Estos sistemas son todos aquellos que cumplen con la regla $4n+2$ para electrones π .

Durante más de veinte años la teoría de Pauling fue aceptada y la de Hückel fue sistemáticamente olvidada o arrinconada incluso en Alemania. Sin embargo en 1947, Tetsuo Nozoe (1991), aisló y caracterizó una familia de productos naturales, los troponoides (ver figura 6). En particular, el que más llamó su atención fue el hinokitiol, que fue reportado en la literatura especializada en 1950. Nozoe pudo comprobar por medios experimentales que sus moléculas eran aromáticas; sin embargo, al aplicarles el método de Pauling no pudo llegar a ningún resultado lógico.

Figura 6. Hinokitiol (izquierda), tropolona (centro) y tropona (derecha).



Fuente: Salcedo, R (2004) *Materiales Avanzados*, Núm. 2, 9-18

En 1951 Doering informó sobre la síntesis de la tropona, pariente cercano del hinokitiol, y mencionó por primera vez como referencia el trabajo de Hückel para explicar el comportamiento aromático de esta cetona. Nozoe leyó este trabajo y se abrió un nuevo panorama de estudio para él: recuperó los trabajos de Hückel y los aplicó a su sistema con excelentes resultados. Entonces, en sus subsecuentes publicaciones, comenzó a mencionar el trabajo de Hückel y a partir de las referencias tanto de Doering como de Nozoe, por fin el modelo de Hückel fue reconocido. La investigación en compuestos aromáticos arranca de este punto. A partir de entonces se reconocen las llamadas corrientes en el anillo y los fenómenos magnéticos asociados, se proponen modelos para

su entendimiento y estudio, y surgen las primeras ideas para medir la aromaticidad. En particular la alta estabilidad energética, la gran simetría y las propiedades magnéticas son las que han promovido los desarrollos más importantes (Katritzky, Jug y Oniciu, 2001).

4.3.5. ASPECTOS EPISTEMOLOGICOS DE LA EPOCA DONDE EMERGE EL CONCEPTO DE AROMATICIDAD

A mediados del siglo XIX, predominaba la epistemología positivista entre los científicos, la cual se entiende como una forma de pensamiento basada en la lógica inductiva, propuesta por el filósofo y matemático Francés Augusto Comte (1798–1857). El positivismo se basó precisamente en la opinión de que el conocimiento humano habría pasado por ciertas etapas de desarrollo, desde uno menos perfecto “mito” hasta uno más perfecto y útil “logos”. Las lecturas positivistas se hacen desde el punto de vista del observador histórico al final de su devenir histórico “es decir, él es el último en la cadena de tiempo” por lo que tiende a: (1) proyectar su escala de valores a los fenómenos pasados (2) a leer los fenómenos pasados en términos de lo que bajo su punto de vista fueron fenómenos históricos válidos y victoriosos; bajo el positivismo, estas victorias eran imparables (Vázquez, Manassero, 2001). El positivismo se considera como principio fundamental para el verdadero conocimiento, en donde el saber solo es posible desde la experiencia adquirida por los sentidos. Esta se considera como la fuente y criterio único de la certeza cuya técnica o procedimiento usado es el método científico. (Comte, 1984)

Para Jensen (1998) historiador de la química, identifica tres revoluciones en la historia moderna de la química (1770-1790, 1855-1875 y 1904-1924), caracterizadas por la forma de abordar la estructura de la materia. Al seguir las ideas de Khun, Jensen caracteriza estas revoluciones y para el caso del marco en que emerge el concepto de aromaticidad que corresponde al periodo de 1855- 1875; se evidencia una reinterpretación radical del pensamiento existente y una apertura de un nuevo nivel de comprensión teórica que subsume los viejos modelos especiales. Un punto en común que influyó en este paradigma fue que a partir de la participación de Stanislao Cannizzaro en el primer congreso Internacional de Químicos (Karlsruhe ,1860) convocado por tres reconocidas

personalidades de la época: Karl Weltzein, Friedrich A.Kekulé y Charles A. Wurtz; las moléculas quedaron claramente diferenciadas de los átomos, la valencia y los pesos atómicos. El modelo universitario alemán que relacionaba estrechamente la investigación “pura” con la “aplicada” fue copiado por otros países de Europa. Así, la segunda revolución es testigo del final del químico amateur, para dar paso al profesional. (Chamizo, 2011).

4.4. NECESIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD

Estudiar la química orgánica sin conocer el tema de aromaticidad no tiene objeto, ya que sin él muchas cuestiones que tienen que ver con reactividad, generación de color, conductividad, electroquímica, etcétera, no tendrían explicación. Curiosamente muchos egresados no conocen o no entienden este concepto y, lo que es peor, a pesar de que el estudio de la medición cuantitativa de la aromaticidad empezó hace más de cuarenta años, poca gente sabe que la aromaticidad se puede expresar como un porcentaje.

La aromaticidad es uno de los conceptos esenciales en química, específicamente en el contexto de la química orgánica, sin embargo la aromaticidad es difícil de definir y cuantificar ya que existen algunos acuerdos básicos sobre su significado en la comunidad científica que se relaciona principalmente con la estabilidad, la estructura, las propiedades magnéticas y la reactividad de muchos compuestos orgánicos e inorgánicos. A pesar de que la cuantificación es algo compleja debido a que no existe una magnitud única y específica, esta propiedad se caracteriza de diversas maneras, por ejemplo, criterios energéticos, estructurales o magnéticos. A pesar de no encontrarse una magnitud específica para la aromaticidad se reconocen dos características:

- a. El benceno es el ejemplo de compuesto aromático, que tiene el máximo grado de aromaticidad.
- b. Otros compuestos, relacionados estructuralmente con el benceno, comparten ciertas propiedades con él y también se pueden considerar como aromáticos.

El concepto de aromaticidad es una propiedad que poseen varios compuestos; y nace por la necesidad para describir las propiedades físicas, químicas y la estructura del benceno y algunos de sus derivados (Alonso, 2010). A pesar de que en la década de los sesenta se establecen algunas características específicas como que poseen estructuras cíclicas conjugadas, presentan cierta estabilidad termodinámica comparados con compuestos análogos no cíclicos, poseen una longitud de enlace C-C intermedia entre enlaces dobles y sencillos, presentan un campo magnético externo, no existen criterios claros para describir estas propiedad de algunos compuestos orgánicos.

En la actualidad no existe un parámetro concreto para definir la aromaticidad, sin embargo, para aproximarse a la comprensión y definición del concepto, se puede estudiar el contexto histórico en que aparece y se desarrolla el concepto, teniendo en cuenta la historia de la ciencia, hay que aclarar que la visión de ciencia que poseemos es producto de un desarrollo histórico, en el cual se han abandonado postulados y teorías preexistentes que son reemplazadas por nuevas visiones y explicaciones. (Kragh, 1989).

Al iniciar la reconstrucción histórica de un concepto hay que tener en cuenta varios aspectos que influyen en los esperados. Por ejemplo la lección de las fuentes, el estudio de documentos preferiblemente primarias, donde además es importante la interpretación que da en investigador a dichas fuentes, para acercarse a la “verdad”, mediante el estudio historiográfico (Kragh, 1989). Se propone entonces que al realizar un buen estudio histórico en la reconstrucción del concepto de aromaticidad se puede conocer, caracterizar el concepto y específicamente llegar a entenderlo en la actualidad.

4.5. FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS: LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA

El término transposición didáctica, acuñado por Chevallard (1985), es el proceso por el cual un saber sabio o saber científico se convierte en un saber objeto de enseñanza. En otras palabras, es el proceso por el cual ciertos contenidos seleccionados como aquellos que se deben enseñar en un tiempo y lugar dados, son transformados en contenidos enseñables. Para que ello sea posible debe operar un doble proceso de

descontextualización y recontextualización, que transforma el contenido inicial en un contenido con fines pedagógicos. En palabras de Chevallard (1985): La transposición didáctica es la transformación del saber científico o saber sabio en un saber posible de ser enseñado.

Es sabido que el saber que forma parte del sistema didáctico no es idéntico al saber científico, y su legitimidad depende de la relación que éste establezca desde el punto intermedio en el que se encuentra respecto de los académicos y del saber "corriente" de los padres. En otras palabras, hay una distancia entre el saber a enseñar y el saber científico. La transformación de los conocimientos en su proceso de adaptación supone la delimitación de conocimientos parciales, la descontextualización y finalmente una despersonalización. El concepto Transposición Didáctica propuesto por Chevallard ha tenido dos interpretaciones, la primera de ellas de corte positivistas y la segunda se inserta en un enfoque socio-constructivista, en donde las relaciones pedagógicas se sustentan en una perspectiva cultural de construcción de mundo y se favorece el aprendizaje creativo en los estudiantes, especialmente desde el punto de vista del desarrollo de las estructuras cognitivas (Chevallard, 1985).

A partir de aquí, se desprende la noción de existencia de un objeto de saber que es sometido a un proceso de transformación que tiene como resultado la existencia de un objeto de enseñanza. No obstante y a pesar de la claridad explicativa del autor, surgen interrogantes como: ¿qué elementos intervienen en el proceso de transposición didáctica y cómo lo afectan? ¿Cuál es el o los mecanismos por medio de los cuales un objeto de saber se transforma en un objeto de enseñanza?, ¿el objeto de saber inicial se corresponde necesariamente con objeto de enseñanza final? (Moya, 2008).

Es sabido que el ser humano va adquiriendo el conocimiento de su mundo en la medida en que es capaz de ir captando aquellas propiedades que lo caracterizan. De ahí que, en el aula, el profesor deba intentar que sus estudiantes capten aquellas propiedades distintivas de los objetos estudiados, propiedades que por supuesto ya han sido identificadas previamente en el ámbito científico. Desde esta perspectiva, cada disciplina

no sólo debe distinguir y conocer el objeto de saber que se convertirá en objeto de enseñanza, sino que también le es pertinente determinar cuáles serán las propiedades que deberán conocerse de éste, de manera que el objeto de saber distinguido en el ámbito científico sea el mismo objeto de enseñanza que será captado por el educando (Moya, 2008).

De acuerdo con lo anterior, la tarea primordial de la didáctica es encontrar los mecanismos que faciliten a los educandos la adquisición de las propiedades y características del objeto disciplinar estudiado, como también determinar la etapa de desarrollo cognitivo en la que los sujetos están capacitados intelectualmente para aprender objetos de enseñanza específicos.

El objeto de saber en lugar de ser transpuesto didácticamente, es trasladado didácticamente desde el espacio de su identificación-conocimiento (actividad inherente al científico) hasta el espacio pedagógico de su enseñanza (actividad inherente al docente), ya que al existir en la realidad ubicada allá afuera, el objeto de saber es trasladado desde la disciplina que lo conoce hasta la disciplina que lo enseña, y por ende, no es afectable en un proceso de transformación, por lo tanto, el objeto del docente debe ser idéntico al objeto del científico, de no ser así, lo que enseña uno no corresponde a lo que conoce el otro. Desde esta perspectiva los mecanismos que posibilitan la transposición didáctica no existen, pues no hay transformación, como lo señala Chevallard (1985), y el rol de la didáctica se restringe sólo al desarrollo de técnicas que le permitan al docente facilitar la tarea de aprendizaje de este objeto a sus estudiantes (Gómez, 2000).

Probablemente, la transposición se orienta a la simplificación del objeto de estudio, manteniendo la concepción de su existencia en cuanto a objeto de enseñanza como una entidad significada desde fuera de quien lo aprehende. En el proceso de traducción de los contenidos podemos identificar algunas operaciones frecuentes: la simplificación, modificación y reducción de la complejidad del saber original; y la moralización del contenido. Generalmente en la transposición didáctica se dan por sentados saberes anteriores y necesarios para poder moverse en el marco del contenido a enseñar.

Por otra parte, desde la visión socio-constructivista de la ciencia (Candela, 1999), la realidad es un espacio construido socialmente por quienes interactúan en ella, por ende el conocimiento constitutivo de esta construcción social se corresponde con la dimensión cultural de la que emerge. El saber epistemológico se encuentra permeado por la experiencia cultural del sujeto conocedor, es decir, no hay una realidad allá afuera, preexistente a quien intenta conocerla, sino que existe a partir del acto de conocimiento mismo, y los sujetos que interactúan. Esta perspectiva abre la posibilidad de reinterpretar la transposición didáctica de una forma distinta: la "socio-construcción" del conocimiento del objeto de saber reconocido de manera intersubjetiva en el ámbito científico, permite la transposición de éste a través de su socio - construcción en el ámbito pedagógico, estableciéndose en la interacción profesor-estudiante una nueva pretensión de validez subjetiva que sea coherente con la ya establecida en el ámbito de su origen. El trabajo de transformación es entendido como el cambio que experimenta el objeto de saber al ser reconstruido en el aula de manera intersubjetiva entre el profesor que domina los conocimientos de su disciplina y sus alumnos que ya cuentan con un saber experiencial. El objeto de conocimiento resultante, es decir objeto de enseñanza, ya no es exactamente el mismo del cual se origina, pero mantiene las cualidades que lo distinguen como tal y que permiten validarlo por aquellos sujetos del ámbito educativo que lo reconstruyen.

Por consiguiente, la labor de la didáctica involucra necesariamente reconocer, por una parte, las peculiaridades culturales de la disciplina desde donde se origina un objeto de saber, entendidas como la lógica disciplinar, y por otra, distinguir las peculiaridades de la cultura escolar en donde se efectuará la transposición didáctica de dicho objeto de saber en objeto de enseñanza, entendida como la lógica de la enseñanza y la lógica del aprendizaje. Pese a la complejidad del tema, queda claro que la didáctica debe asumir un rol fundamental en la construcción escolar del conocimiento toda vez que vincula dos ámbitos de elaboración de la realidad habitualmente desconectadas en nuestra experiencia educativa, a saber: la esfera científica aparentemente aislada en su propia actividad y la esfera pedagógica en la que se cimientan las bases del acto epistemológico consciente (Moya, 2008).

Cabe acotar, por último, que el lenguaje juega un rol importante tanto en la transposición didáctica como en el contexto en que deben darse las actividades de aprendizaje. Gómez (2000), lo señala con claridad al indicar "la necesidad de crear un clima que haga posible la comunicación y la producción de textos en el aula en el contexto de diálogo, la negociación y la elaboración conjunta de significados". En el contexto escolar la función del lenguaje es regular los procesos de enseñanza y de aprendizaje y el clima que posibilite esta comunicación es otra pieza igualmente relevante en este andamiaje. En este sentido, "la participación de los estudiantes por medio del concurso de sus concepciones previas, lingüísticamente conformadas y expresadas, facilitan la construcción de conocimientos significados a partir de su propia experiencia. No obstante, la elaboración de este conocimiento debe darse en el desarrollo de un proceso de aprendizaje que convoque como un elemento central a la creatividad, pues la educación la reclama como una entidad protagónica para el desarrollo de nuestra sociedad" (Moya, 2008).

A manera de conclusión se puede afirmar que la transposición didáctica no conlleva una sola vía de concreción y no sólo debe efectuarse en la consideración del proceso de enseñanza que lleva a cabo el profesor, sino que debe contemplar también la naturaleza activa que desarrollan los estudiantes en el proceso de aprendizaje, es decir, la transposición didáctica exige un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la interacción sociocultural de docente y estudiantes en el aula de clase.

4.5.1 IMPLICACIONES DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA

La transposición didáctica implica una relación entre saberes científicos, docente y estudiante, que debería llevar al docente al manejo íntegro de los saberes en ciencias, es decir tener una visión clara y por qué no crítica de los contenidos que se enseñan, además de una visión epistemológica contextualizada, donde las ciencias sean enseñadas de una forma adecuada, sin embargo, es bien conocido que los docentes recurren a los libros de texto regularmente, sin ser conscientes que dichos textos, pueden presentar errores tanto conceptuales, como ilustrativos que conllevan a que los

estudiantes adquieran una visión de ciencia errada. (Solarte, 2006). Enseñar un tema específico de las ciencias implica un dominio disciplinar complejo y claramente es necesaria la transposición didáctica de contenidos; el simple hecho de enseñar las ciencias, puede implicar que un docente enseñe conceptos que lleven a errores durante la transformación de una ciencia sabia a una ciencia enseñable, el problema se extiende más; si el docente no tiene una versión de ciencia clara y además en algunos casos los docentes, no son especialistas en didáctica y mucho menos en el caso de los docentes que no son licenciados en su área de enseñanza, a pesar de poseer un conocimiento amplio en contenidos disciplinares, no tiene muchos recursos didácticos para ser aplicados en la enseñanza de las ciencias. (Cardelli, 2004).

La transposición didáctica implica la transformación de contenidos científicos a contenidos enseñables y teniendo en cuenta la forma de abordar y explicar las ciencias, esto implica conocer modelos didácticos, científicos y pedagógicos, que se entrelazan para explicar y construir un fenómeno, que puede ser enseñable, pero teniendo en cuenta que el estudiante también está construyendo su propio modelo a partir de lo que percibe desde la enseñanza, son muchas las variables que se deben tener en cuenta en la trasposición didáctica y en la enseñanza de las ciencias.

Verret, autor de la teoría de transposición considera, que la transposición tiene distintos niveles: Un primer nivel que se da como una mediación entre el conocimiento científico (erudito) y el conocimiento a enseñar. Y un segundo nivel, dado entre el conocimiento a enseñar y el conocimiento enseñado, es el que aparece en los textos y el conocimiento enseñado es la interpretación que el docente hace de estos y lleva a sus estudiantes en su práctica de enseñanza.

Figura 7. Niveles de la Transposición



4.5.2 LOS LIBROS DE TEXTO Y LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA

Los libros de texto son una de las herramientas primordiales para la enseñanza y son la herramienta más común que usan los docentes para aproximarse a los conocimientos científicos, aunque en algunos casos, sin cuestionar que tipo de información o modelo científico es ilustrado y presentado en los libros de texto.

La enseñanza de contenidos científicos es responsabilidad de los docentes de ciencias, esto implica que el docente conozca íntegramente los contenidos a enseñar y dado que los libros de texto presentan una información que es alterada o no es precisa en relación a su contenido original, es adecuado que los docentes recurran a los contenidos y artículos originales, para acercarse a una enseñanza más apropiada de la ciencia, es decir la ciencia no está presentada de manera clara en los libros, sino más bien en los artículos, donde se aprecian las ideas específicas de que presentan los científicos, el verdadero intermediario debería ser el docente, más un libro o una ilustración que en la mayoría de los casos son diseñadas por personas que no tienen un conocimiento científico, epistemológico, didáctico y pedagógico suficiente.

Otro inconveniente que presentan los textos escolares es la traducción debido que la mayoría de algunos libros que se suelen usar son escritos originalmente en otros idiomas, hay que tener en cuenta que las versiones traducidas al español pueden poseer errores durante la traducción, en las descripciones y explicaciones en relación a las ciencias.

Los libros de texto presentan ilustraciones que pueden ayudar a favorecer la construcción de un modelo mental para los estudiantes mientras lo leen (Glenberg y Langston, 1992 citado por Perales, 2002), lo cual puede ser una herramienta para mejorar la comprensión e interpretación de conocimientos científicos, sin embargo el estudio de los textos evidencia que la mayoría de estas ilustraciones que se presentan errores o explicaciones que no son acertadas, a pesar que el diseño de las ilustraciones graficas llama mucho la atención a los estudiantes, la mayoría de las ilustraciones presentan deficiencias e

incoherencias en la relación a la ilustración, explicación y representación de modelos desde el punto de vista científico.

4.5.3. EL USO DE LOS LIBROS DE TEXTO

En la enseñanza de las ciencias se puede acudir a varias estrategias, teniendo en cuenta que los textos escolares presentan errores, tanto conceptuales como en las ilustraciones (Solarte, 2006), porque no pensar la enseñanza de las ciencias sin acudir exclusivamente a los textos escolares, se podría aprovechar otros recursos como los artículos de las revistas que presentan una información más precisa sobre el saber sabio y los docentes pueden realizar la transposición didáctica desde información de primera mano y no desde una versión deformada que es presentada en la mayoría de los textos, con errores y versiones ciencia modificada.

Un recurso que poseen los docentes es la internet, que se puede usar como una herramienta para acercarse a los contenidos científicos y a los artículos originales presentados por los científicos, aunque la internet es usada como fuente de contenidos científicos, donde se presentan errores más grandes que en los propios textos escolares, más aún cuando los estudiantes tienen acceso a la internet y también la usan como medio para consultar información y presentar trabajos escritos.

Los docentes pueden planear y diseñar sus clases en lo posible usando los contenidos en ciencias en las revistas o artículos de ciencias, se puede proponer el abandono o menor uso de texto como fuente principal de información, acudiendo mayormente a los artículos presentados en revistas o inclusive a los artículos originales, que en su mayor parte se pueden descargar por medio de la internet, es decir la internet debe ser una herramienta para acercarse al saber sabio y no para alejarse de este.

4.6. FUNDAMENTO METODOLÓGICO: ANÁLISIS DE CONTENIDO

La presente investigación se enmarca metodológicamente en el análisis de contenido que es una técnica de investigación cuya finalidad es la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto de la comunicación o de cualquier otra manifestación de la conducta. O bien desde, según Krippendorff (1990), consiste en formular inferencias identificando de manera sistemática y objetiva características específicas dentro de un texto. El método de análisis de contenido permite que investigadores desde diferentes contextos puedan evaluar un mismo objetivo aplicando la técnica a los mismos datos (López, 1986). El análisis de contenido, es aplicable a discursos, información, mensajes, textos, imágenes etc. y se puede optar por una modalidad de análisis cualitativo o cuantitativo. En lo que refiere a la modalidad de análisis cuantitativa, se refiere a distintos tipo de unidades de análisis para obtener una visión de conjunto o efectuar comparaciones o clasificaciones, para lo cual se recurre a elementos clasificatorios o cuantificables: generalmente, habrá de limitarse a aspectos formales y al contenido manifiesto (referidos a la extensión dedicada a un tema, tapa, peso, tamaño, etc.). Cuando se requiere buscar mayores detalles relativos al contenido y aplicar variables e indicadores que pongan en evidencia un contenido latente, estamos ante una labor propiamente interpretativa y que cobra mayor importancia para nuestro trabajo: hablamos de un estudio cualitativo.

4.6.1. LAS UNIDADES DE ANÁLISIS

Recordando muy abreviadamente, que las unidades de análisis son los elementos sobre los que se focaliza el estudio, podemos distinguir tres tipos de unidades en el Análisis de Contenido:

- Las unidades de muestreo son las unidades materiales que, en su conjunto, conforman la realidad a investigar y que deben, en algún momento, ser recogidas y conservadas para permitir el estudio. (Por ej. El diario, un texto escolar, etc.)

- Las unidades de registro son las "partes analizables" en que se divide la unidad de muestreo (no necesariamente delimitables mediante identificadores físicos); son segmentos de contenido que pueden ser categorizados, medidos, descritos, analizados e interpretados sistematizadamente, sin destruir sus posibles relaciones con otras unidades de registro de una misma o distinta unidad de muestreo. (siguiendo con el Ej. Anterior: Sección del diario que nos interesa investigar, capítulo del libro, etc.
- Las unidades de contexto son unidades más amplias que las unidades de muestreo, contienen la información contextual del medio editor. Que se requiere o admite para caracterizar al medio editor de los textos a analizar y que pueden influir en la interpretación o valoración de las unidades de muestreo o de registro. (Siguiendo con el Ej. La editorial del diario o del texto, a investigar)

El análisis de contenido aparece como una técnica confiable que permite obtener significados de materiales desplegados en un soporte específico, en este caso el libro de texto, ofreciendo un modo de procesar la información y categorizarla en datos analizables. Esta metodología se encuentra en un punto medio entre técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas lo que se hace evidente al considerar las cuatro características fundamentales que esta técnica presenta, que son:

- 1. Objetividad:** Los resultados pueden ser verificados, por medio de procedimientos de análisis reproductibles
- 2. Sistemática:** La fijación de criterios previos permite incluir o excluir categorías.
- 3. Contenido manifiesto:** Los contenidos permiten observación directa, sin que perturbe la investigación de los contenidos latentes.
- 4. Capacidad de generalización:** Permite realizar análisis de datos cuantitativos para probar hipótesis y extraer conclusiones.

Krippendorff (1990), ve al análisis de contenido como una técnica adecuada para el análisis social. El análisis de contenido aparece como una técnica adecuada en el campo

de las investigaciones sociales cuando la investigación tiene por objetivo el análisis de símbolos, significados y mensajes, las funciones que estos tienen en el ámbito en que se encuentran, y sus efectos. El citado autor reconoce respecto al mensaje, que nunca hay un solo significado, y que no es necesaria la coincidencia de los significados.

En conclusión, la técnica el análisis de contenido tiene una triple finalidad:

- Prescriptiva: "Guía la conceptualización y el diseño"
- Analítica: "Facilita el examen crítico de los resultados obtenidos por diferentes investigadores"
- Metodológica: "Orienta el desarrollo y perfeccionamiento sistemático del propio método"

De manera que el análisis de contenido se presenta como una técnica versátil que permite la aplicación en diferentes campos como es el campo de investigación social, y también como una técnica equilibrada, ya que se sitúa en un punto intermedio entre las técnicas cualitativas y cuantitativas.

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

5.1. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la didáctica de las ciencias ha adquirido una gran importancia hacia el estudio de los libros de texto en la enseñanza de la química, debido a que la mayoría de los docentes utilizan dichos textos como guía, no solo en la enseñanza, sino también para la construcción de planes de estudio. Desde este punto de vista, los textos y su contenido, adquieren relevancia en la enseñanza dentro del aula de clase y esto lleva a plantear cuestionamientos entre los que se encuentran: ¿la información ilustrada en los libros de texto es acorde con la información presentada en los artículos escritos originalmente por científicos como Kekulé?, ¿es adecuada la transposición didáctica de dicha información a los libros de texto actuales?

En el marco de esta investigación no solo se pretende “describir” la historia de los problemas que surgieron para llegar al concepto de aromaticidad, sino también reconocer el papel que puede jugar la historia de la ciencia en la enseñanza de la química, teniendo en cuenta el saber sabio al saber enseñado que se plasma en los libros de texto. De acuerdo con lo establecido, el problema objeto de esta investigación se basa en el siguiente cuestionamiento:

¿Qué relación se puede establecer entre la reconstrucción historico-epistemológica del concepto de aromaticidad presentado en los artículos originales con los libros de texto que se usan para la enseñanza-aprendizaje de este concepto?

5.2 DISEÑO METODOLÓGICO

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó la metodología denominada análisis de contenido, que según Krippendorff (1990) es una técnica de investigación para formular inferencias identificando de manera sistemática y objetiva características

especificadas dentro de un texto. A partir de esta metodología se hicieron cuatro fases que son:

5.2.1. PRIMERA ETAPA: RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICO-EPITEMOLÓGICA DEL CONCEPTOS DE AROMATICIDAD

En esta etapa se realizó la recolección, selección y análisis de documentos de la literatura especializada de la temática de aromaticidad, para lo cual posteriormente, se obtuvieron herramientas para elaborar la reconstrucción histórico-epistemológica de este concepto objeto de estudio.

5.2.2 SEGUNDA ETAPA: FORMULACIÓN DE CATEGORÍAS DE ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS LIBROS DE TEXTO.

Del conjunto de técnicas de análisis de contenido, se empleó en este trabajo el análisis por categorías, que funciona por descomposición del texto en criterios de análisis. Teniendo en cuenta que los criterios de análisis constituyen segmentos contenidos en los artículos originales, se trata entonces de cruzarlas con las categorías establecidas, con el fin de caracterizarlas (López, 2011). Para ello, mediante la reconstrucción histórico-epistemológica realizada se determinaron inicialmente dos categorías de análisis: fundamentos conceptuales y visión de ciencia, las cuales fueron sometidos a evaluación por parte de tres especialistas pertenecientes a la Universidad Pedagógica Nacional en las líneas de historia, epistemología y didáctica de las ciencias (ver anexo 1). Las recomendaciones por ellos realizadas, fueron acogidas críticamente, para los cuales se rediseñaron las categorías anteriormente mencionadas.

Las categorías de análisis rediseñadas se estructuraron de la siguiente manera: De los fundamentos conceptuales, de referencia a los trabajos realizados, de la construcción colectiva del conocimiento y de la flexibilidad interpretativa. Para cada una de las categorías se plantearon sus respectivos criterios de análisis que a su vez presentan un parámetro a tener en cuenta para la valoración de los libros de texto.

5.2.3. TERCERA ETAPA: SELECCIÓN DE LOS LIBROS DE TEXTO

Para esta etapa, se define el grupo de libros de texto de química orgánica donde se caracteriza el concepto de aromaticidad; para ello se aplicó una entrevista a los docentes que dirigen los espacios académicos de Sistemas orgánicos (I y II) y Química orgánica I (V semestre), de la Universidad Pedagógica Nacional y de la Universidad Francisco José de Caldas (Universidad Distrital) respectivamente. Estas universidades fueron seleccionadas debido a la finalidad que presentan en cuanto a la formación de licenciados en química.

A su vez, la entrevista aplicada a los docentes de estos espacios académicos se usó como instrumento para conocer las razones por las cuales estos libros de texto son usados como guía para el proceso de enseñanza-aprendizaje de este concepto y que criterios son tenidos en cuenta al momento de enseñar la temática a estudiar.

5.2.4. CUARTA ETAPA: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS LIBROS DE TEXTO SELECCIONADOS

Según los criterios de análisis propuestos desde la reconstrucción histórica y epistemológica del concepto de aromaticidad establecidos en la segunda etapa, se realizó el análisis y la evaluación de los libros seleccionados mediante aspectos cualitativos y cuantitativos. Para ello, se acudieron a las reflexiones de los trabajos de Herreño, Gallego y Pérez (2009) y Alméciga y Muñoz (2013), por lo que se adoptaron cuatro niveles de evaluación para cada uno de los criterios de análisis a nivel cualitativo, los cuales se presentan en la tabla 1:

Tabla 1. Niveles de evaluación para el análisis de los criterios.

NIVEL DE EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
A	Información no mencionada	Cuando en el libro de texto no se hace ningún tipo de referencia ni se tienen en cuenta factores asociados al parámetro del criterio de análisis.
B	Información mencionada	Cuando en el libro de texto se menciona vagamente o de manera incompleta el parámetro del criterio.
C	Información mencionada sin profundizar	Cuando en el libro de texto se reconoce la situación a la que hace el criterio de análisis y/o se tienen en cuenta factores asociados a dicho criterio.
D	Información mencionada profundizada	Cuando en el libro de texto, además de referirse al criterio de análisis del que se trata, se desarrollan aspectos fundamentales que permiten establecer claramente el desarrollo histórico-epistemológico en el que se identifican fundamentos conceptuales y metodológicos para el desarrollo del concepto de aromaticidad.

Tomado y adaptado de Herreño, Gallego y Pérez (2009). Transposición didáctica del modelo científico de Lewis-Langmuir

Por otra parte, se estudia la visión de ciencia que presentan cada uno de los libros de texto analizados, para la cual se tienen en cuenta las visiones de ciencia propuestas por Fernández, Gil, Valdés y Vilches (2000).

Tabla 2. Visiones de ciencia para el análisis de los libros de texto.

VISIÓN DE CIENCIA PARA ANALIZAR LOS LIBROS DE TEXTO	
Visión descontextualizada.	Socialmente neutra, que olvida dimensiones esenciales de la actividad científica para el estudio del concepto de la aromaticidad. Indica la necesidad social de la conformación del concepto.
Concepción individualista y	El desarrollo del concepto de aromaticidad aparece como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo.

elitista.	
Concepción empiro-inductivista y ateórica.	Defiende el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso.
Visión rígida, algorítmica, infalible.	Concepción ampliamente recogida en la literatura, que presenta el “Método Científico” como un conjunto de etapas a seguir correlativamente, resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., y olvidando o incluso, rechazando todo lo que significa invención, creatividad, duda...
Visión aproblemática y ahistórica	Transmisión del concepto de aromaticidad ya elaborado, donde se ignoran cuáles fueron los problemas que se pretendían resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos y las dificultades encontradas.

Fuente: Autores

5.3. INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO

Para los instrumentos de análisis para los libros de texto, se tienen en cuenta las categorías y criterios de análisis como se refieren a continuación:

5.3.1. CATEGORÍAS Y CRITERIOS DE ANALISIS DE LA INVESTIGACIÓN

A partir del estudio de los originales de Garrat (1974) y de la revisión histórica de los diversos artículos que abordan este concepto, se construyeron cuatro categorías para el análisis de los libros de texto para el concepto de aromaticidad, estas categorías son (ver tabla 3):

Tabla 3. Categorías y criterios de análisis

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS		CRITERIOS DE ANÁLISIS	
I	<i>De los fundamentos conceptuales</i>	1	Definición de compuestos aromáticos.
		2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.
		3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.
		4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.
		5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.
II	<i>De referencia a los trabajos realizados</i>	6	Descubrimiento del compuesto del benceno.
		7	Formulación de la tetravalencia del carbono.
		8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).
		9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.
III	<i>De la construcción colectiva del conocimiento</i>	10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad
IV	<i>Flexibilidad interpretativa</i>	11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.
		12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia
		13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.

Fuente: Autores

Por otra parte, se diseñaron instrumentos (ver tablas 4, 5, 6 y 7) por cada categoría de análisis, que tienen como objetivo permitir de forma sintética registrar la información necesaria y suficiente estipulado como parámetro a valorar, que permita analizar la transposición didáctica que del concepto de aromaticidad se presenta en los libros de texto estudiados.

5.3.1.1. CATEGORÍA DE ANÁLISIS I: DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

Para esta categoría de análisis se destaca el conjunto de conceptos, procesos y comportamientos físico-químicos que conforman lo relacionado con aromaticidad, los

cuales se ajustan a lo establecido en el libro de Garrat (1974) y otros artículos originales. A continuación se establecen los parámetros para valorar cada criterio de análisis, presentados en la categoría de los fundamentos conceptuales.

Tabla 4. Criterios de Análisis para la categoría de los fundamentos conceptuales

CATEGORIA DE ANALISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES	
CRITERIO	PARAMETRO PARA VALORAR
1	<p>Definición de compuestos aromáticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los compuestos aromáticos son moléculas cíclicas diatrópicas en las que todos los átomos anulares participan en un único sistema conjugado (Garrat, 1974). • Los sistemas aromáticos son moléculas monocarbocíclicas conjugadas que contienen $(4n+2)$ electrones π fuera del plano (Garrat, 1974).
2	<p>Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La primera incursión de la teoría en el criterio energético de la aromaticidad se relaciona con la regla de Hückel, regla que muestra la aromaticidad de los compuestos vía deslocalización cíclica de electrones π (Mizoguchi, 1984). • Determina la estabilidad relativa (energía de resonancia ER) asociada a los compuestos aromáticos con respecto a un sistema de referencia no aromático, que en la mayoría de los casos son olefinas o polienos conjugados (Cyrański, 2005). • La energía de resonancia ha sido ampliamente utilizada como una medida cuantitativa de aromaticidad y se define como la diferencia entre la energía total electrónica π de una molécula conjugada y la energía total electrónica π de la estructura hipotética correspondiente. • Para determinar las energías de resonancia se puede obtener mediante los calores de hidrogenación y de combustión, o los calores de atomización, los cuales se definen como las cantidades de calor requeridas para fragmentar a un compuesto en los átomos que lo integran • Se ha calculado el valor más aceptado hasta la fecha

		para el benceno que es de 37 kcal/mol, aunque también se ha sugerido el de 64.4 kcal/mol considerando la corrección de energía vertical de resonancia.
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en la corriente de anillo diamagnética (opuesta al campo) que se genera cuando un compuesto aromático es expuesto a un campo magnético externo. • Dos propiedades magnéticas se han empleado para la cuantificación del carácter aromático: la susceptibilidad diamagnética y los desplazamientos químicos de protón en RMN. • En sistemas aromáticos la susceptibilidad diamagnética es la más fácilmente investigada y puede ser observada de tres formas: Midiendo la anisotropía de un monocristal, por la determinación de la exaltación de la susceptibilidad diamagnética y por su efecto sobre el espectro de resonancia magnética nuclear de protones (Gaidis y West , 1967)
4	Criterio geométrico: La igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	<ul style="list-style-type: none"> • Llamado también criterio estructural, puesto que involucran rasgos de la geometría del estado basal. Se incluyen aquí longitudes de enlace, órdenes de enlace y planaridad del anillo (Mizoguchi, 1984). • Se basa en dos características muy importantes de los compuestos aromáticos que se pueden medir por métodos cristalográficos: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula. La molécula del benceno es plana y todos los enlaces C---C tienen una longitud de 1.3983 Å. Sin embargo, se ha atribuido aromaticidad a compuestos no planos. De todos los índices cuantitativos basados en la estructura, el más frecuentemente usado es el modelo del oscilador armónico (HOMA, Harmonic Oscillator Model of Aromaticity) propuesto por Krygowski. Este método se basa en el hecho de que se pueden producir cambios notables en la energía de un anillo aromático al cambiar la longitud de los enlaces C---C. (Garrat, 1974).
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrolla en tres etapas con tres estados de transición (dos especies intermedias y un producto neto de sustitución electrofílica); estas etapas son: A. Formación del electrófilo E⁺, el cual se forma a partir

		<p>de reactivos de diferente naturaleza según el tipo específico (nitración, sulfonación, alquilación) conocida como mezcla generadora del electrófilo.</p> <p>B. Formación del intermediario carbocatiónico ciclohexadienilo, que se estabiliza por resonancia.</p> <p>C. Formación del producto de sustitución electrofílica, por la regeneración del sistema aromático, que es la fuerza que impulsa la reacción, mediante la desprotonación del intermediario carbocatión ciclohexadienilo.</p>
--	--	---

Fuente: Autores

5.3.1.2. CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Para esta categoría se indaga por el desarrollo de antecedentes en la formulación del concepto de aromaticidad, tanto de índole teórico como experimental.

Tabla 5. Criterios de Análisis para la categoría de referencia a los trabajos realizados

CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS		
CRITERIO		PARAMETRO PARA VALORAR
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	<ul style="list-style-type: none"> Faraday descubrió el benceno en 1825 como un componente de la mezcla generada al comprimir el gas producido por la pirólisis del aceite de ballena y determinó correctamente su composición, la presión de vapor y el punto de fusión de 42 °F. (Garrat, 1974). Mitscherlich lo sintetizó por primera vez en 1833 mediante la descarboxilación de ácido benzoico; también corroboró la fórmula mínima de Faraday y sintetizó algunos derivados. El compuesto era conocido entonces, se podía sintetizar, se podía adquirir comercialmente e inclusive se le encontraron diversas aplicaciones (principalmente como disolvente o precursor de otras sustancias) (Partington, 1964).

7	<p align="center">Formulación de la tetravalencia del carbono.</p>	<p>Inicialmente en el siglo diecinueve se dio la formulación de una teoría empírica de la valencia el cual se fundamentó en el estudio de los compuestos orgánicos propuesta por Wohler y Liebig; más adelante, Dumas y otros demostraron que esta teoría fracasaba al tratar de explicar el comportamiento de los compuestos orgánicos. Gerhardt combinó la teoría de los radicales y la teoría de la sustitución, utilizando los resultados experimentales de Hofmann y Williamson en la Teoría de los Tipos que indica que los átomos de Hidrógeno del sistema originario de cada tipo se irían sustituyendo sucesivamente por radicales orgánicos.</p> <p>El uso de los pesos atómicos o equivalentes en la formulación de moléculas orgánicas, Berzelius estableció valores para los pesos atómicos, pero el Carbono era el elemento que se afectaba con mayor error; para ello Cannizzaro en 1857, obtuvo la fórmula en la que sería posible obtener un único sistema de pesos atómicos aplicable tanto a compuestos orgánicos como inorgánicos mediante la hipótesis de Avogadro.</p> <p>Por su parte, Kekulé en 1858, reconoció que haciendo uso de los pesos atómicos de Cannizzaro el carbono resultaba ser tetravalente en cierto número de compuestos, además indicó que los átomos de carbono podrían unirse entre sí. Couper, propuso puntos de vista semejantes e introdujo la representación de enlaces de valencia mediante líneas de puntos. Van't Hoff y LeBel, adelantaron el concepto de la disposición tetraédrica de las valencias del carbono. (Garrañá, 1974).</p>
8	<p align="center">Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hückel desarrolló un método simple de orbitales moleculares donde determinó la: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Energía de resonancia ✓ Distancias de enlace ✓ Distribuciones de carga <p>De sistemas insaturados de cadena abierta o cíclicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La regla de Hückel establece que todo sistema monocíclico y planar que posea un total de $(4n+2)$ electrones π en deslocalización, será un sistema aromático y, por lo tanto, tendrá estabilidad electrónica relativa con respecto a un compuesto hipotético con sus

		dobles enlaces localizados. Si el sistema tiene un total de $4n$ electrones π en deslocalización, será antiaromático e inestable electrónicamente.
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	<ul style="list-style-type: none"> El modelo teórico estructural del benceno propuesto por Kekulé en 1865, establece que seis carbonos del benceno se hallaban ligados alternativamente por una y dos valencias, lo que dejaba ocho valencias sin emplear. Dos de ellas se utilizaban para unir entre sí los átomos de carbono terminales formando un sistema cíclico. Los seis átomos de carbono conservaban así seis valencias libres con la que podían unirse a seis átomos de hidrógeno monovalentes. Esta descripción fue ilustrada por Kekulé mediante elipses que representaban los átomos de carbono; líneas, los enlaces entre átomos de carbono el cual modificó más adelante como la estructura hexagonal (Garraat, 1974).

Fuente: Autores

5.3.1.3. CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.

Para ello se intenta demostrar que la llegada al concepto de aromaticidad fue un proceso donde intervinieron varios científicos y no fue el producto de la genialidad de un individuo aislado.

Tabla 6. Criterios de Análisis para la categoría de construcción colectiva del conocimiento

CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO		
CRITERIO		PARAMETRO PARA VALORAR
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	<ul style="list-style-type: none"> Para llegar al desarrollo del concepto de aromaticidad, se han presentado diversas leyes de apoyo: ley de formación de cadenas de carbono (Couper y Kekulé plantean la afinidad del átomo de carbono para unirse con otros átomos iguales o similares), tetravalencia del carbono, ley de valencia (E. Franklan planteó que cada átomo presenta una capacidad fija de combinación frente

		<p>a otro u otros átomos), la espacialidad de la molécula y la hipótesis de Avogadro (que permitió hablar de moléculas formadas por átomos iguales). Kekulé también planteó la hipótesis de oscilaciones en la que se planteaba que las conformaciones estructurales no permanecían estáticas sino que los átomos se mantenían en constante movimiento u oscilaciones. Años después (1874) Lebel y Van't Hoff dieron el salto de las fórmulas planas a las fórmulas tridimensionales en el espacio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por otra parte, se muestran quienes fueron los científicos que trabajaron para el desarrollo del concepto de aromaticidad, estableciendo fechas de los acontecimientos y explicando el trabajo de cada uno de ellos.
--	--	--

Fuente: Autores

5.3.1.4. CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.

Se tiene en cuenta esta categoría debido a que en la revisión histórico-epistemológica de los documentos originales, que deberían ser el sustento de los textos, hay diferentes interpretaciones en el sentido de que la ciencia no se ha construido por una única vía.

Tabla 7. Criterios de Análisis para la categoría de flexibilidad interpretativa.

CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		PARAMETRO PARA VALORAR
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	Se realizaron varias propuestas de las estructuras del benceno después de la realizada por Kekulé, entre las que se destacan: Dewar y Wislicenus quienes propusieron la idea de un anillo hexagonal con un enlace para interno, Claus quien propuso la estructura radial que fue apoyada con modificaciones por Lothar Meyer y Armstrong y por Baeyer y Bamberger, que incluso propusieron una estructura equivalente para el naftaleno. Ladenburg sugirió una estructura prismática que fue objeto de diversas controversias ya que Van't Hoff sugirió que si esto fuera cierto deberían existir enantiómeros.

12	<p>Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo del desenvolvimiento del concepto de energía de resonancia se han propuesto un gran número de variantes, de entre las cuales destacan la energía de resonancia empírica (ERE), la energía de resonancia de Dewar (DRE), la energía de resonancia de Hess y Schaad (HSRE) y la energía de resonancia topológica (TRE). (LeNoble, 1974).
13	<p>Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha establecido que existen al menos dos tipos de aromaticidad; la clásica, que involucra parámetros geométricos y energéticos, y la magnética, que incluye parámetros magnéticos. De aquí que se crea que existen al menos dos escalas cuantitativas de aromaticidad. • Se reconoce que el método simple de orbitales moleculares de Hückel (OMH), predice el comportamiento aromático de un compuesto cuando su energía de resonancia es mayor que cero. Pero puede existir confusión respecto a la aromaticidad y la antiaromaticidad, puesto que el ciclobutadieno tiene una energía de deslocalización igual a Cero y no es aromático. Por ello, Schaad y Hess (1971) tratan este problema mediante la energía de resonancia por electrón (REPE), donde calculan la energía de resonancia por electrón utilizando valores de energía en unidades B para varios tipos de enlace. Con lo anterior, el método Schaad y Hess establecen que un compuesto es: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aromático cuando el REPE es mayor que cero. ✓ No aromático cuando el REPE es igual a cero ✓ Antiaromático cuando el REPE es menor que cero. <p>Por otra parte, se explica el fenómeno de la aromaticidad mediante el método Nemotécnico de Frost y Musulin a partir de un diagrama de energía de los orbitales moleculares π de un polieno conjugado.</p>

Fuente: Autores

5.3.2. DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA ORGÁNICA SELECCIONADOS

Después de realizada la entrevista a los docentes que orientan los espacios académicos de sistemas orgánicos, de la Universidad Pedagógica Nacional y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y además de realizar una revisión a las bases de datos de las

bibliotecas públicas de universidades colombianas con programas de formación inicial y avanzada de docentes de fácil acceso a través de internet, se obtuvo la siguiente lista de libros de texto de química orgánica para analizar con su respectiva codificación (ver tabla 8):

Tabla 8. Libros de texto de química orgánica seleccionados.

CÓDIGO	LIBROS DE TEXTO ANALIZADOS
T1	Solomons T. & Fryhle G. (2014). Organic Chemistry. Ed. John Wiley & Sons, Inc.
T2	McMurry J. (2012). Organic Chemistry. Ed. Cengage Learning.
T3	Brown W. (2012). Organic Chemistry. Ed. College Bookstore Wholesale.
T4	Bruice P. (2008). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación.
T5	Sorrell T. (2006). Organic Chemistry. Ed. University Science Books.
T6	Wade L. (2004). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación.
T7	Morrison T. (2002). Organic Chemistry. Ed. Practice Hall of India
T8	Fessenden R. (2001). Química Orgánica. Grupo Editorial Iberoamérica
T9	Clayden, Greeves, Warren & Wothers. (2001). Organic Chemistry. Ed. Oxford University Press.
T10	Carey A. & Sunberg R. (2000). Advanced Organic Chemistry. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA ORGÁNICA ANALIZADOS

Una vez leídos los artículos originales, se identificaron los aspectos y se registraron en los instrumentos diseñados (tablas 4, 5, 6 y 7), de acuerdo a cada criterio y categoría. A partir de esto, se utilizaron los estados de evaluación y valoración definidos en la metodología (ver tabla 1), donde se elaboró un instrumento de evaluación (ver anexo 2). Los resultados obtenidos se analizaron mediante una evaluación estadística de comparación simple (diagrama de barras), además la información se registró en una base de datos para su evaluación, para ello se tuvo en cuenta en cuenta la siguiente codificación:

NIVELES DE EVALUACIÓN			
A	B	C	D
Información no mencionada	Información mencionada	Información mencionada sin profundizar	Información mencionada profundizada

6.1.1. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T1.

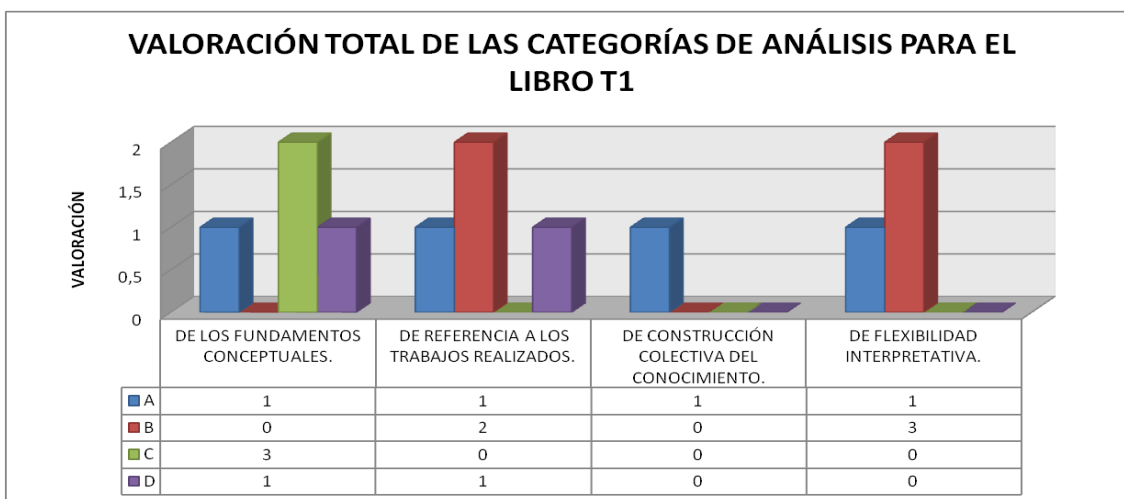
CARACTERIZACIÓN LIBRO T 1	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	T.W. GRAHM SOLOMONS, GRAIG B. FRYHLE
Edición	11 Ed.
Año de edición	2014
Lugar de edición	USA UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA
Editorial	JOHN WILEY & SONS, INC

Tabla 9. Evaluación del libro de Solomons T. & Fryhle G. (2014). Organic Chemistry. Ed. John Wiley & Sons, Inc

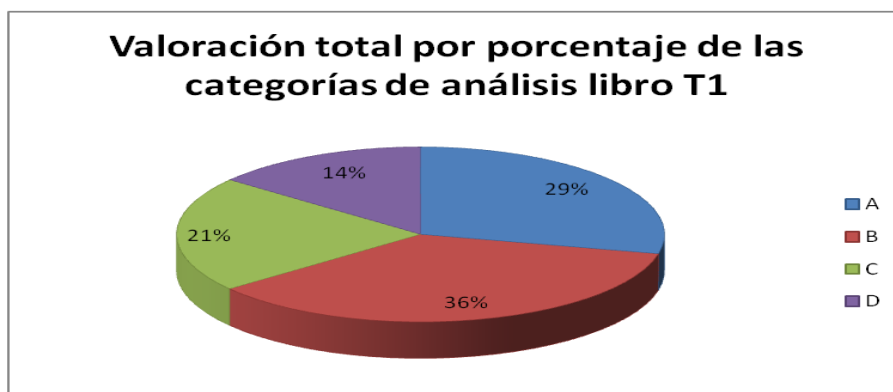
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	C
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	D
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	B
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		

CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	B
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 1. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T1



Gráfica 2. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T1



Después de analizado el libro de Solomons, se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtuvo un nivel de valoración C (información mencionada

sin profundizar), a pesar que la información es mencionada, falta mayor puntualidad en cuanto a los fundamentos conceptuales para definir el benceno, en algunos casos simplemente se nombra, pero no hay conceptos concretos. Específicamente para el criterio 1 (Definición de criterios aromáticos) se asignan una valoración de C (información mencionada sin profundizar), debido a que se presenta el concepto de aromaticidad relacionando los como compuestos conjugados, sin embargo se hace referencia a que poseen electrones π conjugados fuera del plano ($4n+2$). Para el criterio 2 (Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.), también se obtiene una valoración de C (información mencionada sin profundizar), dado que explica la regla de Hückel para compuestos aromáticos, explica los calores de hidrogenación para el bencenos, pero no explica claramente la anergia de resonancia como una medida cuantitativa de aromaticidad, tampoco enuncia la importancia de los calores de atomización para caracterizar los compuestos aromáticos. En relación al criterio 3 (magnético: anisotropía diamagnética), se obtiene un valoración de A (Información no mencionada) puesto que no se desarrollan temas claves para explicar la aromaticidad como las propiedades magnéticas que se emplea para cuantificar el carácter aromático, tampoco menciona la susceptibilidad diamagnética, ni el espectro de resonancia magnética nuclear. Para el criterio 4 (geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula), se asigna una valoración de C (Información mencionada sin profundizar), debido a que explica levemente los ángulos de enlace que forman los átomos de carbón en el benceno, pero no expone las longitudes de enlace C-C, tampoco explica el modelo de oscilación armónico propuesto por Krygrowski. En el criterio 5 (Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática) se obtiene una valoración de D (información mencionada profundizada), puesto que ya que se explica completamente los mecanismo de sustitución electrofílica aromática, donde ilustran los compuestos intermediarios llamados cabocaciones y se explica la predicción de algunos reacciones del anillo del benceno.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración B (información mencionada) para los criterios 8 y 9 (Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH y Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August

Kekulé), aquí se hace apenas mención de los trabajos que realizaron los diferentes científicos para proponer el modelo estructural de benceno. Para el criterio 6 (Descubrimiento del compuesto del benceno), se obtuvo un nivel de valoración D (Información mencionada profundizada), donde se nombra y explica a profundidad el descubrimiento del benceno realizado por Faraday en 1825, por la pirolisis de aceite de ballena, también menciona que el compuesto se pudo sintetizar y adquirir comercialmente. Para el criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono) se le asigna la codificación A, puesto que se encuentra en el texto una descripción, ni explicación en relación a la teoría de valencia, que se fundamenta en el estudio de los compuestos orgánicos y fue propuesta por Wohler y Liebig, tampoco explica la teoría de los radicales, ni la teoría de los pesos atómicos Cannizzaro.

Para el criterio 8 (Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH), se le asigna el valor de B (Información mencionada), debido a que presenta información sobre la regla de Huckel, para sistemas monocíclicos y explica la deslocalización de los electrones π , sin embargo no presenta información sobre compuestos antiaromáticos y tampoco los compara con el benceno. Al analizar el criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.) se le asigna una valoración de B (Información mencionada), puesto que apenas al autor hace mención de la propuesta de Kekulé para la estructura del benceno, dejando a un lado todo el proceso que se llevó a cabo para tal fin, tampoco explica las valencias del átomo de carbono, ni las elipses que propuso inicialmente Kekulé.

En la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, con su criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), se encuentra en un nivel A (Información no mencionada), debido a que no se mencionan los científicos que abordaron teorías para la construcción del concepto de aromaticidad como M. Faraday, E. Hückel, entre otros, tampoco hace mención a las teorías propuestas por estos científicos, ni siquiera presenta la hipótesis de oscilaciones que propuso Kekulé.

Por último en la categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración B para los criterios 11, 12 y 13 (Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia, Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático e Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno), ya que se nombra una sola forma de interpretación para los métodos que explican cuando un compuesto es aromático, haciendo énfasis exclusivamente al método de Hückel. Dejando a un lado las investigaciones y propuesta realizadas para la estructura del benceno, después de la estructura que propone Kekulé.

En conclusión, el libro Organic Chemistry de Solomons, tiene un porcentaje en el nivel A del 15%, el nivel B del 38%, el nivel C del 23% y en el nivel D del 15 %, indicando que hay mucho información que se menciona pero no se aborda con la suficiente profundidad para un nivel de educación superior, en menor medida la información no se presenta, o se presenta pero no con la suficiente pertinencia y en menor proporción la información es mencionada a profundidad en este libro.

6.1.2. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T2.

CARACTERIZACIÓN LIBRO T2	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	JONH McMURRY
Edición	8 Ed.
Año de edición	2012
Lugar de edición	ESTADOS UNIDOS
Editorial	CENGAGE LEARNING

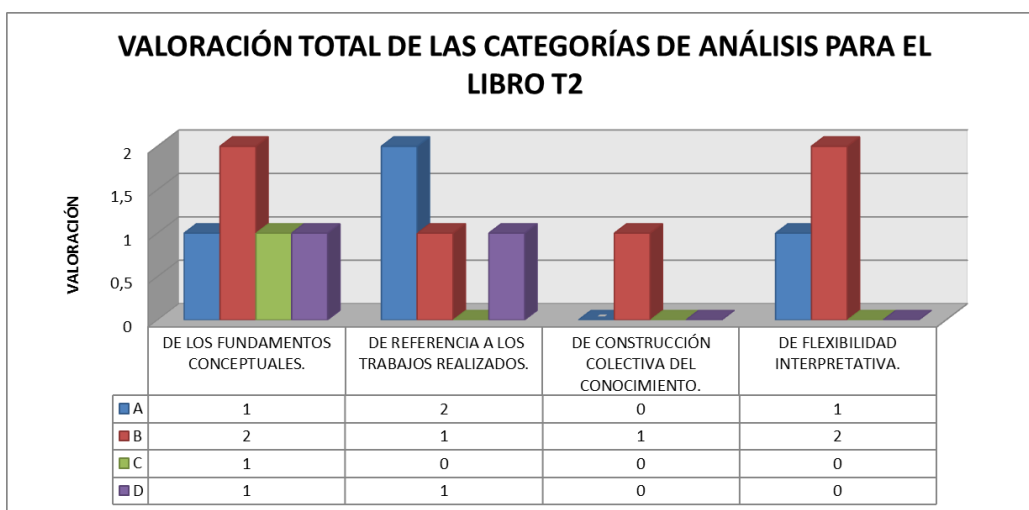
A partir de la lectura del libro de texto T2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10. Evaluación del libro McMurry J. (2012). Organic Chemistry. Ed. Cengage Learning

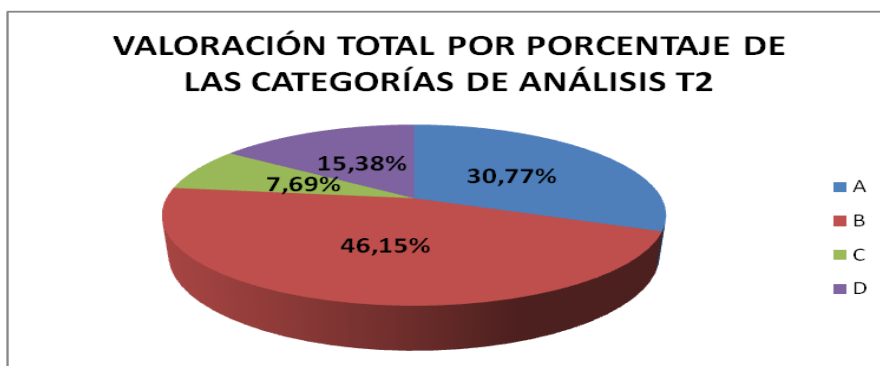
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	B
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	B
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	B
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	D
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		

CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	A
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 3. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T2



Gráfica 4. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T2



Después de analizar el libro de McMurry, se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtuvo un nivel de valoración B (información mencionada) puesto que la información se menciona vagamente o de manera incompleta en los criterios 1 y 4 (Definición de compuestos aromáticos y Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula). En primera instancia, para la definición de compuestos aromáticos, en el libro se establece que la palabra aromático se refiere al benceno y a los compuestos relacionados estructuralmente y no como moléculas cíclicas diatrópicas en las que todos los átomos anulares participan en un único sistema conjugado (Garrat, 1974); y para el criterio geométrico, lo explican mediante la descripción del orbital molecular del benceno, donde la representación de los orbitales del benceno hace clara la conjugación cíclica de la molécula con la forma de un hexágono regular; también indica que todos los ángulos de valencia C---C---C son de 120° , y que además los seis átomos de carbono tienen una hibridación sp^2 , sin embargo al comparar con los artículos originales, no se hace claridad en las longitudes de enlace, órdenes de enlace y planaridad del anillo. Por otra parte, en cuanto al criterio 2 (criterio energético), el nivel de valoración se encontró en el nivel C (Información mencionada sin profundizar), ya que presentan la información comparando los calores de hidrogenación del ciclohexeno, del 1,3-ciclohexadieno y del benceno; donde el benceno es de 150 kJ/mol (36 kcal/mol), además indica que la teoría de resonancia explica la estabilidad y propiedades de benceno describiéndolo como un híbrido de resonancia de dos formas equivalentes.

En cuanto al criterio 5 que se refiere al Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática, se encuentra en el nivel D (información mencionada profundizada), ya que se le da especial atención a este tema en todo un capítulo titulado "Química del benceno: sustitución electrofílica aromática", donde se explican diferentes tipos de reacciones de sustitución con los mecanismos de reacción. El criterio 3 (criterio magnético), no se nombra a lo largo del libro para la aromaticidad. En cuanto a otros fundamentos conceptuales que no se presentaron como criterios de análisis, se hace énfasis en la nomenclatura de este tipo de compuestos y la explicación del comportamiento químico de diferentes compuestos aromáticos.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración A (información no mencionada) para los criterios 7 y 9 (Formulación de la teoría de la tetravalencia del carbono y Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé), aquí no se hace mención a los trabajos que realizaron los diferentes científicos para llegar al modelo estructural de benceno. Para el criterio 6 (Descubrimiento del compuesto del benceno), se obtuvo un nivel de valoración B (información mencionada), donde se nombra vagamente que la palabra fenilo, proviene del griego *phos* "luz", en conmemoración de que el benceno fue descubierto por Michael Faraday en 1825 del residuo oleoso dejado por el gas de la iluminación en las lámparas de las calles de Londres; aspecto que comparado con los artículos originales no coincide. El criterio que presentó un nivel D (información mencionada profundizada) pertenece a la categoría 9: Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH), donde se explica con claridad cada uno de los aspectos propuestos por Hückel y a su vez se desarrollan demostraciones de este método con diferentes compuestos aromáticos.

En la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, con su criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), se encuentra en un nivel B donde se mencionan algunas referencias biográficas de los científicos que abordaron teorías para la construcción del concepto de aromaticidad como por ejemplo la de M. Faraday, E. Hückel, entre otros, como apartados en el capítulo.

Por último en la categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración B para los criterios 12 y 13 (Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia y Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático), ya que se nombra una sola forma de interpretación para los métodos que explican cuando un compuesto es aromático, haciendo énfasis exclusivamente al método de Hückel. Para el criterio 11 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno), no se nombra el problema de la aromaticidad, puesto que solo aparece como un concepto que no presentó complicaciones al momento de ser estudiado.

En conclusión, el libro Organic Chemistry de McMurry, tiene un porcentaje en el nivel A del 31%, el nivel B del 46%, el nivel C del 8% y en el nivel D del 15 %, indicando que hay mucho información que se menciona pero no se aborda con la suficiente profundidad para un nivel universitario, en especial para la formación de licenciados en química, puesto que se desconocen los modelos iniciales que en la historia permitieron la elaboración del concepto de aromaticidad, quizás por considerar que no son útiles en los contextos donde se llevará a cabo la enseñanza o por desconocimiento de la historia.

6.1.3. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T3

CARACTERIZACIÓN LIBRO T3	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	WILLIAM H. BROWN
Edición	6 Ed.
Año de edición	2012
Lugar de edición	USA UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
Editorial	COLLEGE BOOKSTORE WHOLESALE

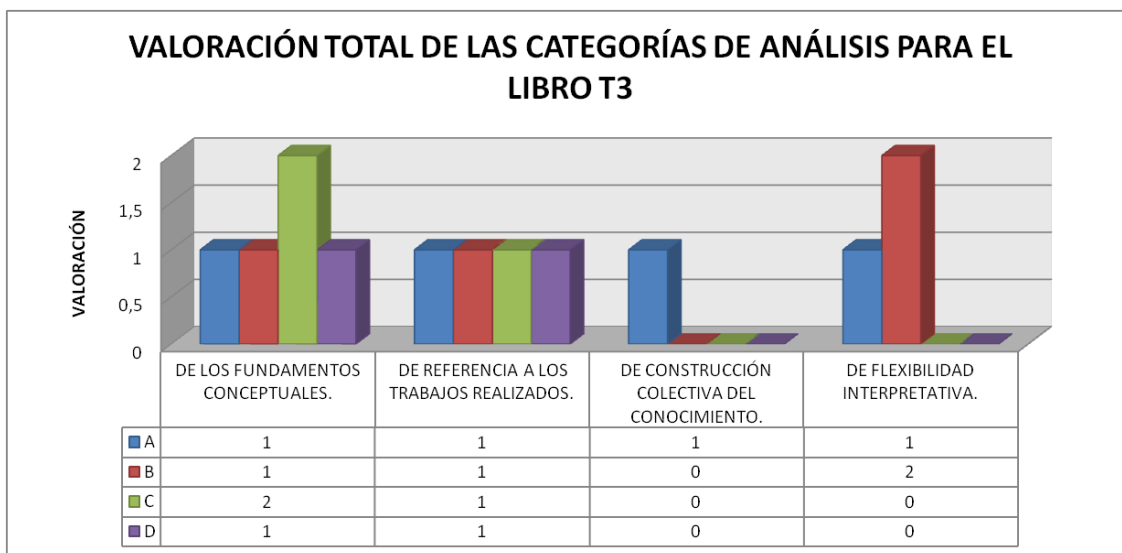
A partir de la lectura del libro de texto T3, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11. Evaluación del libro Brown W. (2012). Organic Chemistry. Ed. College Bookstore Wholesale

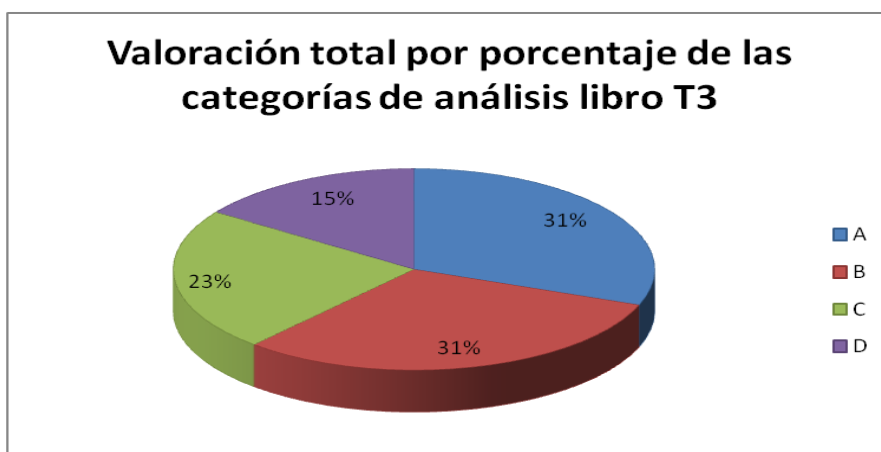
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	B
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C

5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	B
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	D
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	C
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	A
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 5. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T3



Gráfica 6. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis libro T3



Al analizar el libro de texto de la W. Brown, se observa que en la categoría I: de los fundamentos conceptuales, obtuvo en gran mayoría un nivel de valoración C (información mencionada sin profundizar) en los cuales se encuentran los criterios 2 y 3, que se refieren al criterio energético y criterio geométrico, puesto que se resalta el trabajo de los orbitales moleculares de Hückel (OMH), en el cual lo relacionan con su conformación planar, mediante los diagramas de energía de los orbitales moleculares, comparándolo con el ciclooctatrieno. Para el criterio 5 (del comportamiento químico), se hace referencia

en todo un capítulo, a las reacciones del benceno y de sus derivados, mediante la sustitución electrofílica aromática, a partir de la cloración, bromación, nitración y sulfonación entre otros, especificando sus mecanismos de reacción. En cuanto al criterio 1 (definición de compuestos orgánicos), se evaluó en el nivel B (información mencionada), la cual se nombra el concepto de manera superficial, indicando que la aromaticidad es un término utilizado para describir la estabilidad espacial del benceno y sus derivados. En cuanto al criterio 3 (criterio magnético), no se hace referencia a este referente conceptual para dar explicación cuantitativa de cuando un compuesto es aromático.

Pasando a la categoría II: de referencia a los trabajos realizados, se aborda de manera profunda la teoría de los orbitales moleculares de Hückel, obteniendo el nivel D, en la escala de valoración; en ella se indica cuando un sistema es considerado aromático, antiaromático y no aromático en el sistema aromático de electrones π . Siguiendo con el análisis, se encuentra que el criterio 9, referente al Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé, se valora en el nivel C, ya que se hace la distinción de que August Kekulé, propone que el benceno es un compuesto de seis átomos de carbono en un anillo, con un átomo de hidrógeno enlazado a cada átomo de carbono, sin embargo, no se establece su punto de vista ni los trabajos por el realizados para llegar a esta conclusión. En cuanto a los criterios 6 (Descubrimiento del compuesto del benceno) y criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), se valoran en un nivel de B y A respectivamente, indicándose que no se tiene en cuenta parte de la construcción histórica para llegar al modelo estructural del benceno. Para la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, no se tiene en cuenta autores o científicos que permitieron la conformación de algunas de las teorías o métodos basados en la aromaticidad.

Por último, para la categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, los criterios 12 y 13 referentes diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia y Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático, se valoraron en el nivel B, puesto que son mencionados, explicados e ilustrados varios ejemplos de RMN, para diferentes compuestos aromáticos, pero no se indicaron otro tipo de métodos como

los de Hess y Schadd; es decir solo se presentan en forma de ejercicios de lápiz y papel para que el estudiante los analice. El criterio 11 de las Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno, no se abordan a lo largo del libro de texto.

En conclusión, el libro Organic Chemistry de Brown W., tiene un porcentaje en el nivel A del 31%, el nivel B del 31%, el nivel C del 23% y en el nivel D del 15 %, indicando que hay mucho información que se menciona pero no se aborda con la suficiente profundidad para un nivel universitario, en especial para la formación de licenciados en química, puesto que se desconocen los modelos iniciales que en la historia permitieron la elaboración del concepto de aromaticidad, quizás por considerar que no son útiles en los contextos donde se llevará a cabo la enseñanza o por desconocimiento de la historia; sin embargo se reconoce el alto porcentaje entre los niveles C y D, puesto que hay mucha información que se aborda para explicar aspectos conceptuales, que serán de uso para investigaciones disciplinares.

6.1.4. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T4

CARACTERIZACIÓN LIBRO T4	
Título	QUÍMICA ORGÁNICA
Autores	PAULA YURKANIS BRUICE
Edición	5 Ed
Año de edición	2008
Lugar de edición	MÉXICO UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
Editorial	PEARSON EDUCACIÓN

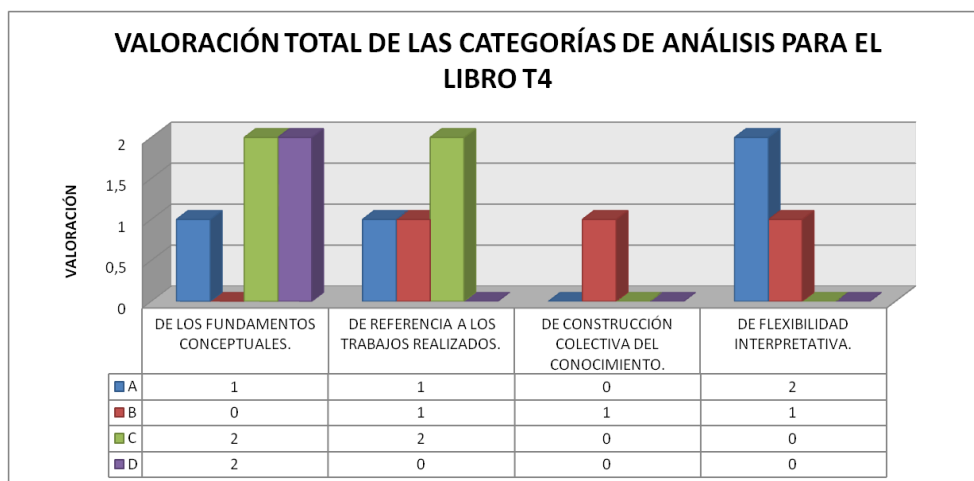
A partir de la lectura del libro de texto T4, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Evaluación del libro Bruice P. (2008). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación

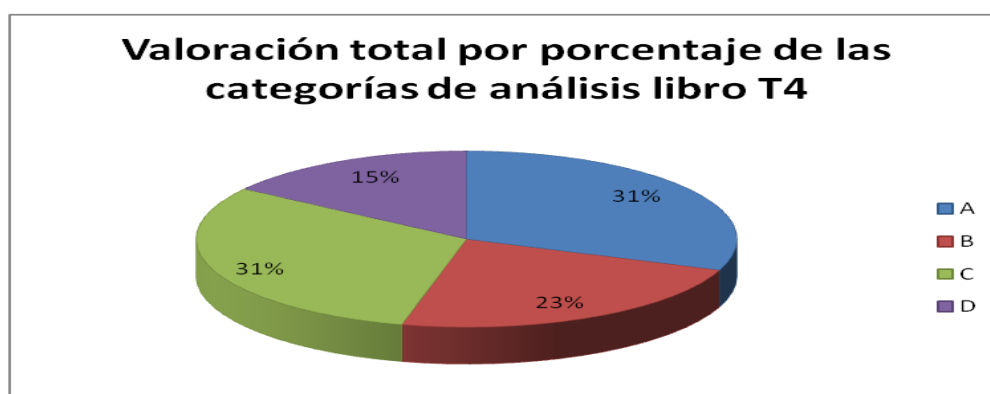
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	C
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	D
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	C
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	C
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	B

CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	A
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	A
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 7. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T4



Gráfica 8. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T4



Al realizar el análisis del libro de Bruice P., se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtienen dos niveles de valoración tanto C como D (información mencionada sin profundizar e Información mencionada profundizada) puesto que alguna información se menciona vagamente, pero también se reconoce la situación y cuenta algunos factores asociados a dicho criterio. Para el criterio 1 se obtiene en un nivel de A (información mencionada sin profundizar), en el texto se intenta presentar una definición de aromaticidad; sin embargo no profundiza en los conceptos propuestos como moléculas diatropicas en un sistema conjugado, aunque en el libro se aproxima a explicar un sistema aromático que contiene $(4n+2)$ electrones π fuera del planos, sin embargo no explica complemente las información para definir los compuestos aromáticos.

En cuanto al criterio 2 (criterio energético), se encontró en el nivel D (Información mencionada profundizada), el texto presenta información sobre la regla de Hückel la explica enteramente y además presenta los criterios de aromaticidad más importantes relacionados también con el calor de reacción del benceno comparado con otros compuestos orgánicos no aromáticos, explica la nube π de los orbitales comparando compuestos orgánicos, finalmente ilustra el calor de hidrogenación del benceno comparados con el coloctatetraeno compuesto que no es aromático.

En cuanto al criterio 3, magnético corriente del anillo diamagnética, susceptibilidad diamagnética y medición de esta se encuentra en el nivel A (Información no mencionada), donde no se menciona ninguna característica de las propiedades diamagnéticas para cuantificar el carácter aromático, tampoco explica métodos para medir la aromaticidad como la susceptibilidad diamagnética y su espectro en el efecto de resonancia magnética nuclear, tampoco explica la influencia de los campos magnéticos externos para cuantificar la aromaticidad. Para el criterio geométrico el numero 4, se encuentra un nivel C (información mencionada sin profundizar)es te criterio se refiere a la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula, se explica en buena medida la planaridad del anillo para la molécula del benceno y los ángulos de enlace en relación a la geometría de la moléculas, sin embargo no se ilustra la longitud de los enlaces C-C, ni compara con compuestos no aromáticos, tampoco explica el modelo de oscilación

armónica que propone Kekulé, para explicar las reacciones que presenta el anillo aromático.

En cuanto al criterio 5 que se refiere al Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática, se encuentra en el nivel D (información mencionada profundizada), ya que se explica este tema en todo un apartado “mecanismo general de las reacciones de sustitución electrofílica aromática”, donde se explican diferentes tipos de reacciones de sustitución con los mecanismos de reacción con los respectivos carbocationes intermedios para cada reacción.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración C (Información mencionada sin profundizar) para los criterios 6 y 8 (Descubrimiento del compuesto del benceno y Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH), en esta parte menciona el descubrimiento del benceno por Faraday en 1825 por residuos líquidos de aceite de ballena, también afirma que Mitscherlich determinó de forma correcta la fórmula estructural del benceno, sin embargo no explica la descarboxilación del ácido benzoico, ni que el compuesto se pudo sintetizar y usar comercialmente para diversas aplicaciones.

Para el criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), se obtiene un valor de A, debido a que no explica la teoría empírica de valencia, ni el estudio de los compuestos orgánicos, el uso de los pesos atómicos para la formulación de moléculas orgánicas y tampoco presenta información sobre el trabajo de Couper quien introdujo la representación de enlaces de valencia mediante líneas de puntos. Con el criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.) se le da una valoración de B (Información mencionada) donde el texto presenta apenas información sobre la estructura del benceno y su representación propuesta por Kekulé, pero no muestra la ilustración mediante elipses, ni explica las ocho valencias sin emplear de los seis carbonos del anillo.

Para la categoría de análisis III: relacionada con la construcción colectiva del conocimiento, se obtuvo un nivel de valoración B (Información mencionada) para el criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), en esta parte menciona el descubrimiento del benceno por Faraday y algunos planteamientos de Kekulé sobre el concepto de aromaticidad, pero no hace referencia a los trabajos de Cooper sobre la afinidad del átomo de carbono para unirse con otros átomos, ni de la ley de valencia tampoco de la hipótesis de Avogadro (que permitió hablar de moléculas formadas por átomos iguales).

En la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, se obtuvo un nivel de valoración A (Información no mencionada) para el criterio (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), puesto que la intencionalidad del autor es la de integrar diversos conceptos propios de este tema, dejando de lado la explicación del momento histórico en la cual se llevó a cabo.

Para la última categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración A para los criterios 11 y 12 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno y Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia), ya que no se nombra de ninguna forma los métodos para determinar la aromaticidad, por ejemplo los criterios magnéticos, ni geométricos tampoco se explica el concepto de antiaromaticidad aplicando el método de orbitales moleculares de Hückel.

En conclusión, el libro Química Orgánica de Bruice P., tiene un porcentaje igual en el nivel A del 30% y en el nivel C del 30%, el nivel B del 23% y en el nivel D del 15 %, la información no es mencionada y que también hay información que indicando que hay mucho información que se menciona pero no se aborda con la suficiente profundidad libros de educación superior, más aún si se tiene en cuenta la formación de licenciados en química, debido a que no se explican modelos, teorías y desarrollo histórico del concepto de aromaticidad, centrándose en la explicación de teorías dogmáticas y descontextualizadas.

6.1.5. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T5

CARACTERIZACIÓN LIBRO T5	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	THOMAS SORRELL
Edición	2 Ed
Año de edición	2006
Lugar de edición	USA UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA
Editorial	UNIVERSITY SCIENCE BOOKS

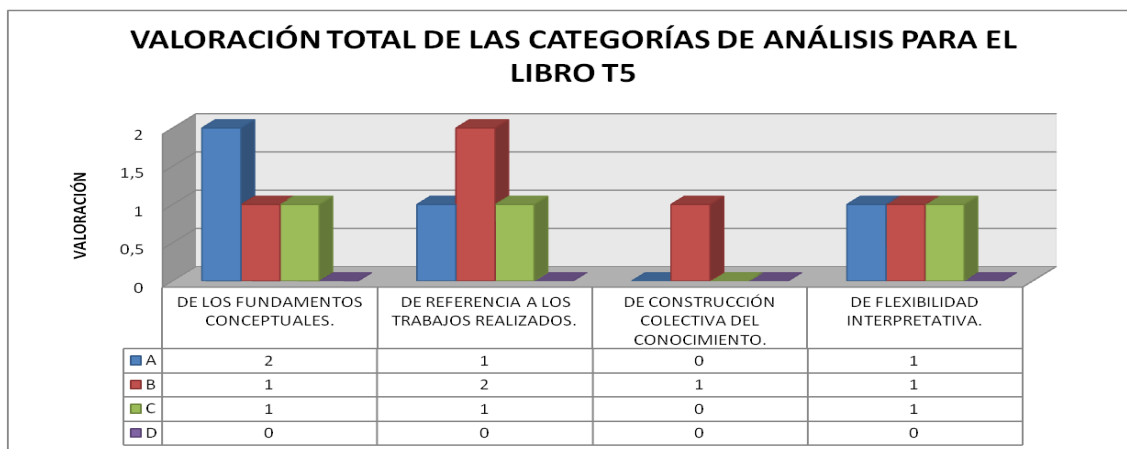
A partir de la lectura del libro de texto T5, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. Evaluación del libro Sorrell T. (2006). Organic Chemistry. Ed. University Science Books

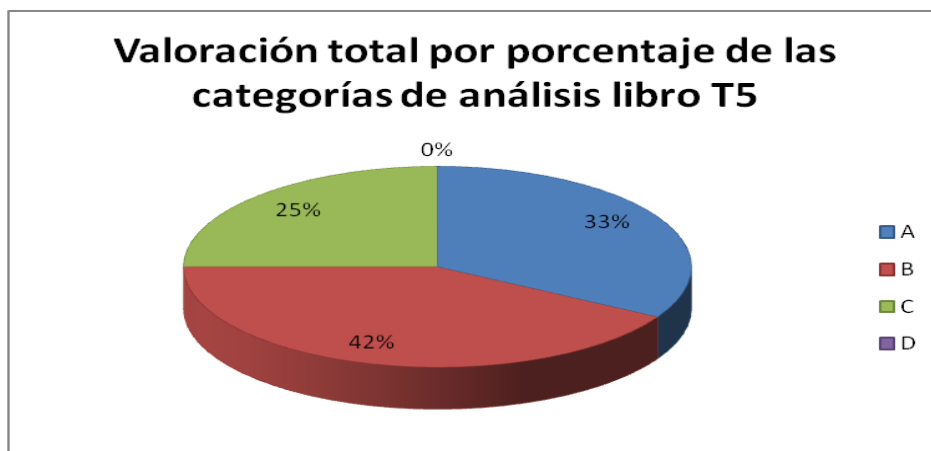
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	B
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	A
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN

6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	B
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	C
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	C
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	A
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 9. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T5



Gráfica 10. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T5



Al realizar el análisis del libro de Sorrell T, se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtiene un nivel de valoración B (información mencionada) puesto que la mayoría de la información simplemente se menciona, sin embargo se obtienen valoraciones de A, C y D en igual cantidad para otros criterios de análisis. Para el criterio 1 se obtiene en un nivel de B (información mencionada), en el texto se encuentra una definición de aromaticidad sin acudir a explicaciones sobre sistemas conjugados, moléculas cíclicas diatropicas, pero se encuentra una explicación sencilla sobre los electrones π que se encuentran fuera del plano y muestran la formula $(4n+2)$ para referirse a compuestos aromáticos.

En cuanto al criterio 2 (criterio energético), se encontró en el nivel C (Información mencionada sin profundizar), el texto presenta información sobre la regla de Hückel sin una entrar en detalles para su explicación, también presenta información sobre el calor de hidrogenación del benceno y el de otros compuestos, por sin mayor profundización, se nombra pero no se explica la energía de resonancia como medida cuantitativa de aromaticidad y no se expone diferenciación como criterio de aromaticidad, además se realiza la comparación del benceno con compuestos cíclicos, pero que no son aromáticos sin un análisis adecuado.

En cuanto al criterio 3, magnético (corriente del anillo diamagnética, susceptibilidad diamagnética y medición de esta) se encuentra en el nivel A (Información no mencionada), donde no se mencionan características, ni propiedades diamagnéticas para cuantificar el carácter aromático no se explican métodos para medir la susceptibilidad diamagnética y su espectro en el efecto de resonancia magnética nuclear, tampoco explica la influencia de los campos magnéticos externos para cuantificar la aromaticidad.

Para el criterio geométrico el numero 4, se encuentra un nivel B (información mencionada), en el texto se encuentra explicada la planaridad del anillo, sin embargo no existe la explicación más profunda en relaciona a la geometría del estado basal, ni las distancias entre enlaces C-C, comparado con compuestos cíclicos que nos son aromático o que presentan dobles enlaces C=C, además no explican los cambios que pueden ocurrir en la energía del anillo al cambiar la longitud de los enlaces.

En cuanto al criterio 5 (Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática), se encuentra en el nivel D (información mencionada profundizada), ya que se explica este en el capítulo "Reacciones de sustitución electrofílica del benceno", donde se explican diferentes tipos de reacciones de sustitución con los mecanismos de reacción con los respectivos carbocationes intermedios para cada reacción, además de la nomenclatura y la forma en que atacan diferentes reactivos al anillo aromático.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración B (Información mencionada) para los criterios 6 y 8 (Descubrimiento del compuesto del benceno y Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH), debido a que se menciona el descubrimiento del benceno por Faraday en 1825 por residuos líquidos de aceite de ballena, también describe los estudios de Kekulé sobre la fórmula estructural del benceno, sin embargo no explica el papel de Mitscherlich para sintetizar y describir la fórmula molecular del benceno.

Para el criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), se le asigna una valoración de A, puesto que no se observa la explicación sobre la teoría de valencia, ni, el uso de los pesos atómicos para la formulación de moléculas orgánicas y tampoco presenta información sobre el trabajo de Couper quien introdujo la representación de enlaces de valencia mediante líneas de puntos. Teniendo en cuenta el criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.) se le da una valoración de B (Información mencionada), puesto que en el capítulo de aromaticidad este texto presenta poca información sobre la estructura del benceno y el desarrollo de la representación propuesta por Kekulé, tampoco muestra la ilustración mediante elipses, ni explica las ocho valencias sin emplear de los seis carbonos del anillo.

Para la categoría de análisis III: construcción colectiva del conocimiento, se le asignó una valoración B (Información mencionada), para el criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), el texto menciona en el inicio el descubrimiento del benceno realizado por Faraday, además menciona los trabajos de Loschmidt, Couper y Kekulé sobre el concepto de aromaticidad, sin embargo apenas son mencionados como dato cronológico, sin hacer referencia a el trabajo de cada uno y a la importancia de sus investigaciones en el desarrollo del concepto de aromaticidad.

Para la categoría de análisis IV: relacionada con de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración muy diverso, puesto que el criterio 11 se valoró en C, el criterio 12 en A y el criterio 13 en B, en ningún caso para esta categoría se obtuvo una valoración de D es decir ninguno es mencionado profundamente.

Para el criterio 11 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno), se valora en C (información mencionada sin profundizar), puesto en el texto se menciona y describen las estructuras propuestas por Kekulé para el benceno, pero no se ilustra sobre las propuestas de otros científicos como Dewar, Wislicenus, Claus Lothar Meyer, Armstrong, Baeyer y Bamberger quienes realizaron investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno. En el criterio 11 (Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia), se le asignó una valoración de A, ya que no es descrita la energía de resonancias, ni los métodos para determinarla, ni los científicos que determinaron la energía de resonancia empírica (Dewar DRE), ni la energía de Hess y Shaad. Para el criterio 13 (Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático), se le asignó una valoración de B (Información mencionada), teniendo en cuenta se menciona el método de orbitales moleculares de Hückel, pero no es explicado completamente, teniendo en cuenta criterios geométricos, magnéticos y energéticos y menciona algunas características de la antiaromaticidad sin explicar detalladamente.

Finalmente se puede decir que el libro de Química Orgánica de Thomas Sorrell., tiene un porcentaje igual en el nivel A del 23%, en nivel B del 46%, en nivel C del 23% y en nivel D del 7.6%, en relación al concepto de aromaticidad el texto apenas menciona la mayoría de la información sin realizar un análisis y descripción detallada, se presenta una muy baja cantidad de información con profundidad y se puede decir que el libro se puede usar para la enseñanza, pero teniendo claro que posee limitaciones al aula que otros textos de educación.

6.1.6. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T6

CARACTERIZACIÓN LIBRO T6	
Título	QUÍMICA ORGÁNICA
Autores	L.G WADE
Edición	5 Ed
Año de edición	2004
Lugar de edición	ESPAÑA UNIVERSIDAD DE BARCELONA
Editorial	PEARSON EDUCACIÓN

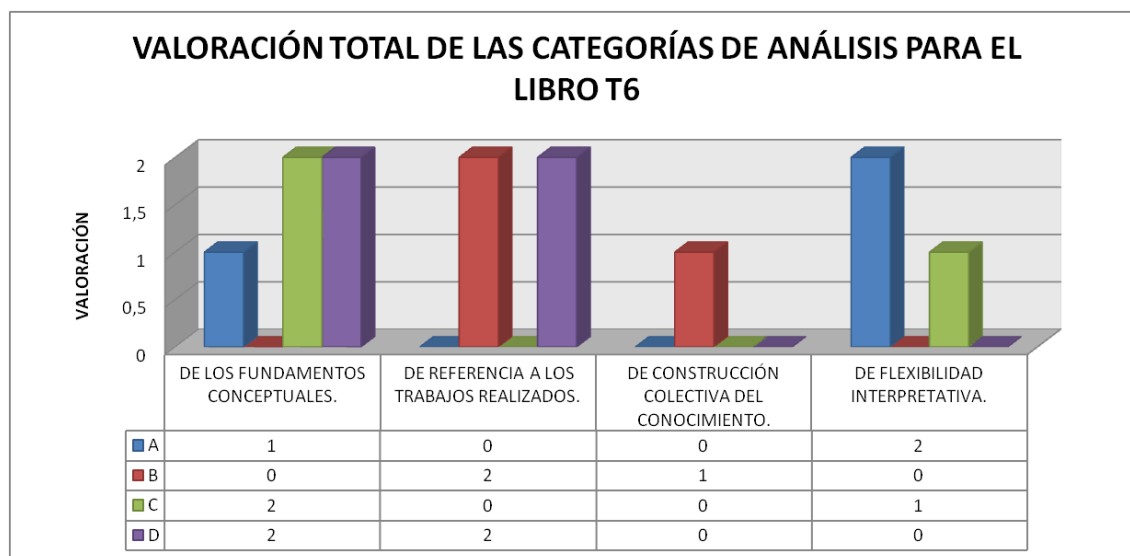
A partir de la lectura del libro de texto T6, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14. Evaluación del libro Wade L. (2004). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación

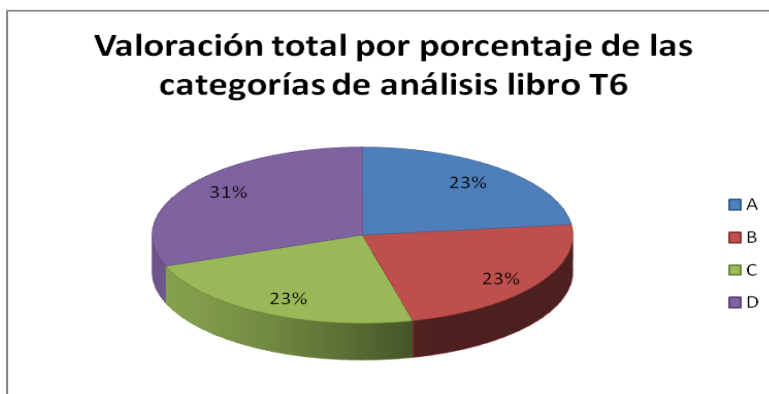
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	D
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	D
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	B
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	D
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	B

CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	A
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	A
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	C

Gráfica 11. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T6



Gráfica 12. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T6



Estudiando del análisis del libro de Wade L, se obtiene que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtienen dos niveles de valoración tanto C, como D (información mencionada sin profundizar e información mencionada profundizada) puesto que la información se menciona, aunque sin profundizar y en buena medida la información se menciona profundizada, en menos cantidad la información nos es presentada y no obtiene que la información se simplemente presentada. Para el criterio 1 (Definición de compuestos aromáticos) puesto que en el libro se realiza una introducción que explica claramente el concepto de aromaticidad, los sistemas conjugados y enuncian que estos compuestos deben contener electrones π fuera del plano, además explican la aromaticidad en relación a la regla de Hückel ($4n+2$).

En cuanto al criterio 2 (criterio energético), se encontró en el nivel C (Información mencionada sin profundizada), el texto presenta información sobre la regla de Hückel y además presenta algunos criterios de aromaticidad, explica la energía de resonancia asociada a los compuestos aromáticos y la compara con otros compuesto no aromáticos, explica los calores de hidrogenación con comparado con el 1,3-ciclohexadieno, sin embargo no menciona los calores de combustión, ni os calores de atomización falta mayor profundidad en la explicación de dichos criterios de aromaticidad.

En cuanto al criterio 3, magnético (corriente del anillo diamagnética, susceptibilidad diamagnética y medición de esta)) se encuentra en el nivel A (Información no

mencionada), en el texto no se explican las características de las propiedades diamagnéticas para cuantificar el carácter aromático, tampoco explica métodos para medir la aromaticidad como la susceptibilidad diamagnética y su espectro en el efecto de resonancia magnética nuclear, no explica la influencia de los campos magnéticos externos para cuantificar la aromaticidad. Para el criterio geométrico el número 4, se encuentra un nivel C (información mencionada sin profundizar), en cuanto a este criterio en el texto se encuentra explicado en buena parte la geometría del benceno como compuesto aromático, sin embargo no se encuentra explicación en cuanto a la longitud de los enlaces C-C que tiene una longitud 1.3983 Å, se halla información en relación a la planaridad del anillo aromático.

En cuanto al criterio 5 que se refiere al Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática, se encuentra en el nivel D (información mencionada profundizada), ya que se explica el tema en un capítulo que explica los mecanismos de las reacciones de sustitución electrofílica aromática, ilustrando diferentes tipos de reacciones de sustitución, con los respectivos mecanismos de reacción e ilustrando los carbocationes intermedios para cada reacción de sustitución.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración tanto de C, como D (Información mencionada sin profundizar e información mencionada profundizada) para los criterios 6 y 8 (Descubrimiento del compuesto del benceno y Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH), en esta parte menciona el descubrimiento del benceno por Faraday en 1825 por residuos líquidos de aceite de ballena, además ilustra el papel de otros científicos como Mitscherlich quien lo sintetizó y confirmó su fórmula molecular. Explica ampliamente la teoría del orbital molecular de Hückel, teniendo en cuenta la mecánica cuántica y la planaridad del anillo aromático.

Para el criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), se obtiene un valor de B, debido a que apenas menciona la teoría empírica de valencia, pero no explica los fundamentos de esta, tampoco explica la teoría de los radicales y tampoco la teoría de tipos, ni los pesos atómicos, a pesar que explica brevemente la valencia del carbono para

explicar las propiedades del benceno. Para el criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.), se obtiene una valoración de B (Información mencionada), donde se encuentra que en el texto, se presentan algunas de las estructuras propuestas por Kekulé, que fueron modificadas y evolucionaron progresivamente con la estructura hexagonal.

Para la categoría de análisis III: relacionada con la construcción colectiva del conocimiento, se obtuvo un nivel de valoración B (Información mencionada) para el criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), en esta parte menciona el descubrimiento del benceno por Faraday y algunos planteamientos de Kekulé sobre el concepto de aromaticidad, pero no hace referencia a los trabajos de Cooper sobre la afinidad del átomo de carbono para unirse con otros átomos, ni de la ley de valencia tampoco de la hipótesis de Avogadro (que permitió hablar de moléculas formadas por átomos iguales).

Para la última categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración A para los criterios 11 y 12 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno y Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia), ya que no se nombra de ninguna forma los métodos para determinar la aromaticidad, por ejemplo los criterios magnéticos, ni geométricos tampoco se explica el concepto de antiaromaticidad aplicando el método de orbitales moleculares de Hückel. En el criterio 13 (Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático) se obtiene una valoración de C, (Información mencionada sin profundizar) teniendo en cuenta que explica el método de orbitales moleculares de Hückel, explica compuestos aromáticos y los compara con antiaromaticos, sin embargo no se explica el fenómeno de la aromaticidad mediante el método Nemotécnico de Frost y Musulin a partir de un diagrama de energía de los orbitales moleculares π de un polieno conjugado.

En conclusión, el libro Química Orgánica de Wade L., tiene un porcentaje igual en el nivel A del 23% y en el nivel B del 23%, el nivel C del 23% y en el nivel D del 30 %, en general se puede decir que la información es mencionada y en la mayoría es mencionada

profundizada, siendo uno de con mayor tendencia a realizar explicaciones completas y contextualizadas, aunque también hay información que se menciona pero no se aborda con la suficiente profundidad. El libro ofrece una buena fuente para la enseñanza del concepto de aromaticidad del benceno tano para el nivel medio como el superior.

6.1.7. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T7

CARACTERIZACIÓN LIBRO T7	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	MORRISON ROBERT THORNTON
Edición	6 Ed.
Año de edición	2002
Lugar de edición	NEW DELHI
Editorial	PRACTICE HALL OF INDIA

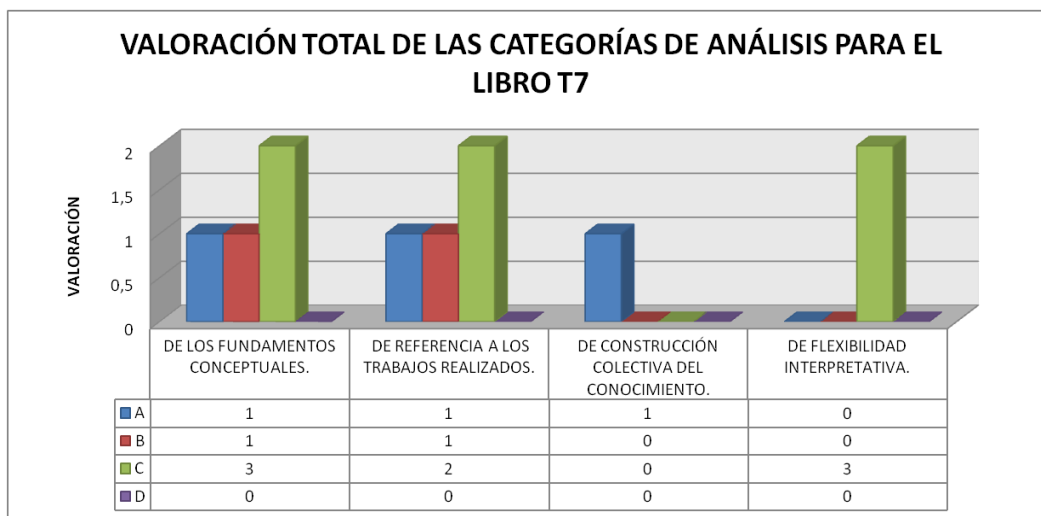
A partir de la lectura del libro de texto T7, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Evaluación del libro Morrison R. (2002). Organic Chemistry. Ed Practice Hall Of India

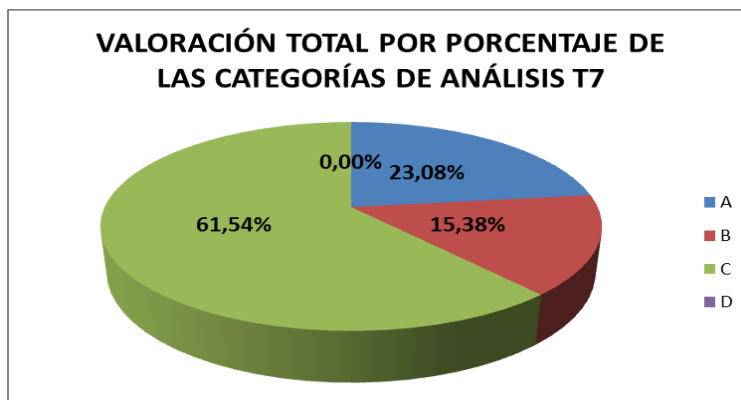
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	C
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	B
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	C

CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	C
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	C
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	B
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	B
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 13. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T7



Gráfica 14. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T7



Después de analizar el libro de Morrison, se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtuvo un nivel de valoración C (información mencionada sin profundizar) puesto que la información se menciona vagamente o de manera incompleta en el criterio 1, 2 y 5 (Definición de compuestos aromáticos, Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos y Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.). En primera instancia, para la definición de compuestos aromáticos, en el libro se establece que la palabra aromático se refiere al benceno y a los compuestos relacionados estructuralmente y en las que todos los átomos anulares participan en un único sistema conjugado (Garrat, 1974); y para el criterio

geométrico, lo explican mediante la descripción del orbital molecular del benceno, sin embargo al comparar con los artículos originales, no se hace claridad en las longitudes de enlace, órdenes de enlace y planaridad del anillo. Por otra parte, en cuanto al criterio 2 (criterio energético), el nivel de valoración se encontró en el nivel C (Información mencionada sin profundizar), ya que presentan la información comparando los calores de hidrogenación del ciclohexeno, del 1,3-ciclohexadieno y del benceno; donde la benceno, sin embargo explica brevemente la regla de Hückel para determinar la aromaticidad aunque de manera muy elemental.

En cuanto al criterio 3 (Criterio magnético: anisotropía diamagnética) se encuentra en el nivel A (información no mencionada), ya que no se mencionan la propiedades diamagnéticas que se pueden usar para cuantificar la aromaticidad de un compuesto, tampoco menciona el efecto del espectro de resonancia magnética nuclear de protones. Para el criterio 4 (Criterio geométrico: La igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula), se le asigna la letra B (Información mencionada), haciendo referencia que en el texto apenas se nombra los ángulos que forman el carbono en el benceno, pero no se observa que explique las distancias de enlace entre átomo de carbono, relacionando la planaridad de la molécula. Para el criterio 5 (Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática), se le asigna la letra C (Información mencionada sin profundizar), puesto que no explica los tres estados de transición durante la sustitución electrofílica, sino que en un solo paso muestra que las reacciones típicas sustitución electrofílica del benceno.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración C (información mencionada sin profundizar) para los criterios 6 y 8 (Descubrimiento del compuesto del benceno y Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH), aquí se hace una breve que el benceno fue descubierto por Michael Faraday en 1825 del residuo oleoso dejado por el gas de la iluminación en las lámparas de las calles de Londres. Para el criterio 8 (Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH). Se le asigna la letra C (información mencionada sin profundizar), debido a que nombra brevemente la regla de orbital de Hückel, sin profundizar en la deslocalización de los electrones y sin explicar la energía de resonancia ni las distancias de enlaces.

Para el criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), se obtuvo un nivel de valoración A (información no mencionada), donde no se nombra el desarrollo de la teoría de valencia, ni valores de pesos atómicos equivalentes y tampoco el trabajo de Couper. El criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé), se le asigna la letra B (Información mencionada) debido a que apenas le da importancia al trabajo realizado por Kekulé, pero no al proceso que debió ocurrir para llegar a proponer una estructura para el benceno, sin explicar conceptos como la valencia.

En la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, con su criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), se encuentra en un nivel A donde no se menciona el desarrollo histórico de otros científicos que también realizaron aportes al concepto de aromaticidad, no son nombrados por ejemplo los trabajos de Cooper, Franklan ni la hipótesis de Avogadro.

Por último en la categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración B para los criterios 11, 12 y 13 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno, Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia y Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático), ya que se nombra una sola forma de interpretación para los métodos que explican cuando un compuesto es aromático, haciendo énfasis exclusivamente al método de Hückel. Para el criterio 11 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno), no se nombra el problema de la aromaticidad, puesto que solo aparece como un concepto que no presentó complicaciones al momento de ser estudiado.

Finalmente, el libro Organic Chemistry de Morrison, tiene un porcentaje en el nivel C del 61%, el nivel A del 23%, el nivel B del 15%, indicando que la mayoría de la información se menciona, pero no se aborda, ni se desarrolla con la suficiente profundidad teniendo en cuenta que es un libro universitario, puesto que se no se muestra el desarrollo adecuado del concepto de aromaticidad, ni el papel de varios científicos que permitieron la elaboración del concepto de aromaticidad, sin embargo es uno de los libros que obtiene

un mayor porcentaje de valoración, debido a que posee gran cantidad de información aunque descontextualizada.

6.1.8. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T8

CARACTERIZACIÓN LIBRO T8	
Título	QUÍMICA ORGÁNICA
Autores	RALPH FESSENDEN
Edición	5 Ed.
Año de edición	2001
Lugar de edición	MEXICO UNAM
Editorial	GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA

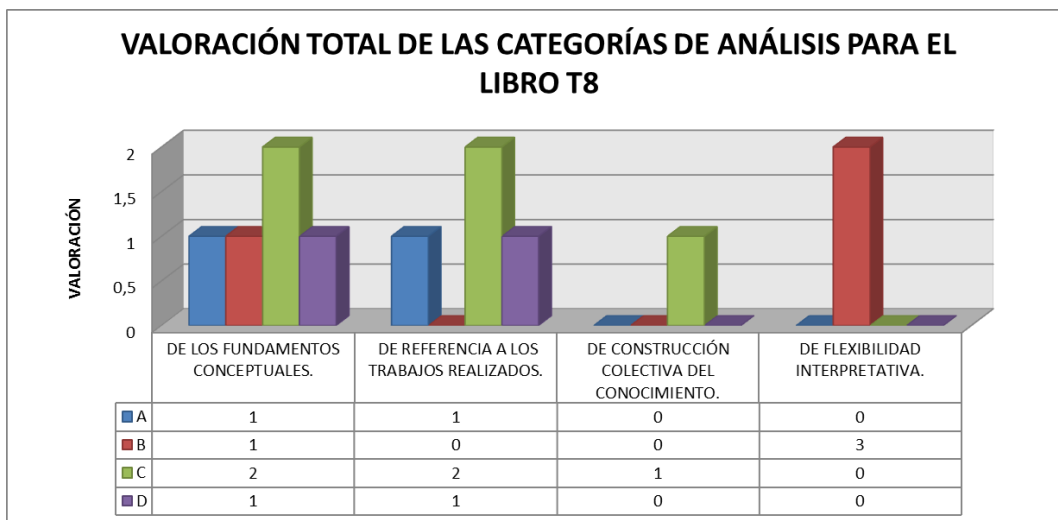
A partir de la lectura del libro de texto T8, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. Evaluación del libro Fessenden R. (2001). Química Orgánica. Grupo Editorial Iberoamérica

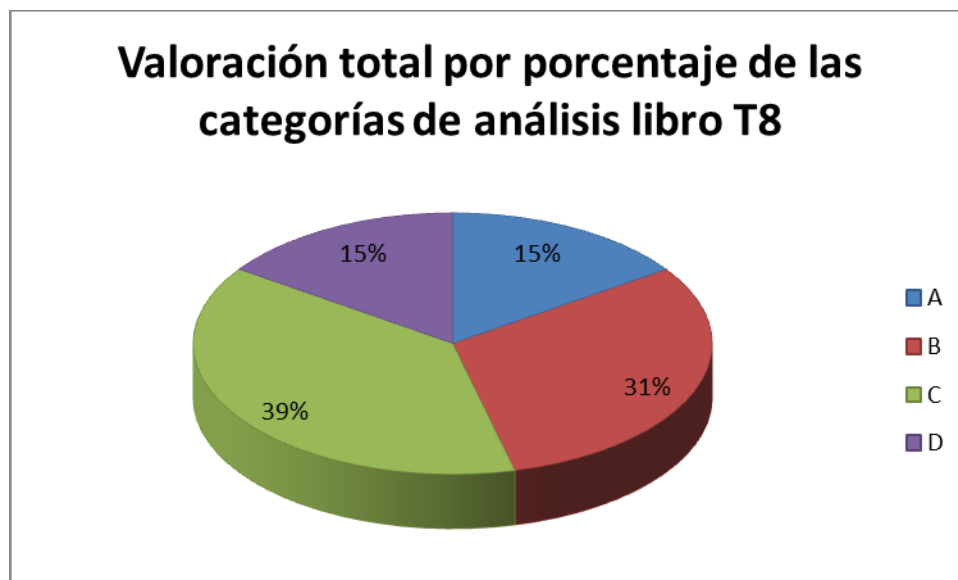
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	B
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	A
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE

		VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	C
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	D
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	C
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	C
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	B
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 15. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T8



Gráfica 16: Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T8



Para el libro de texto de Fessenden se obtuvieron, unas valoraciones en el nivel A del 15 %, el nivel B 31 %, el nivel C un 39 % y el nivel D un 15 %, indicándose que la información planteada por parte de los criterios se aproxima en gran medida, aunque faltan aspectos por profundizar, por otra parte, el aspecto histórico, se recalca en definir

quiénes fueron los autores y en qué año se desarrolló, realizando una corta reseña de lo que se trata el concepto. Por ejemplo, a continuación se extraen algunos apartados que se aproximan a los artículos originales: en cuanto al descubrimiento del benceno: “El benceno fue aislado primeramente en 1825 por Michael Faraday, de los residuos aceitosos que se habían acumulado en los gasoductos de Londres. Hoy, la principal fuente de benceno, bencenos sustituidos y otros compuestos aromáticos es el petróleo. Hasta la década de 1940, el alquitrán de hulla fue la fuente principal. Los tipos de compuestos aromáticos que se obtienen de estas fuentes son hidrocarburos, fenoles y heterociclos aromáticos. Aunque el benceno se descubrió en 1825 y su fórmula C_6H_6 se determinó poco tiempo después, pasaron 40 años antes de que Kekulé propusiera una estructura hexagonal para este compuesto. Esta primera estructura que se propuso no contenía dobles enlaces (ya que el benceno no experimenta las reacciones características de los alquenos). Para ser congruente con la tetravalencia del carbono, Kekulé propuso en 1872 que el benceno contiene tres enlaces sencillos y dobles alternados. Para explicar la existencia de solo tres (no cinco) bencenos disustituidos isómeros, Kekulé sugirió que el anillo del benceno esté en equilibrio rápido con la estructura en la cual los dobles enlaces esté en las posiciones alternas. Esta idea sobrevivió durante casi 50 años hasta que se sustituyó por las teorías de resonancia y orbitales moleculares.” De lo anterior, este libro presenta una aproximación clara a los artículos originales, especialmente, a lo planteado por Garrat (1974).

6.1.9. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T9

CARACTERIZACIÓN LIBRO T9	
Título	ORGANIC CHEMISTRY
Autores	CLAYDEN, GREEVES, WARREN AND WOTHERS
Edición	1 Ed.
Año de edición	2001
Lugar de edición	USA OXFORD UNIVERSITY
Editorial	OXFORD UNIVERSITY PRESS

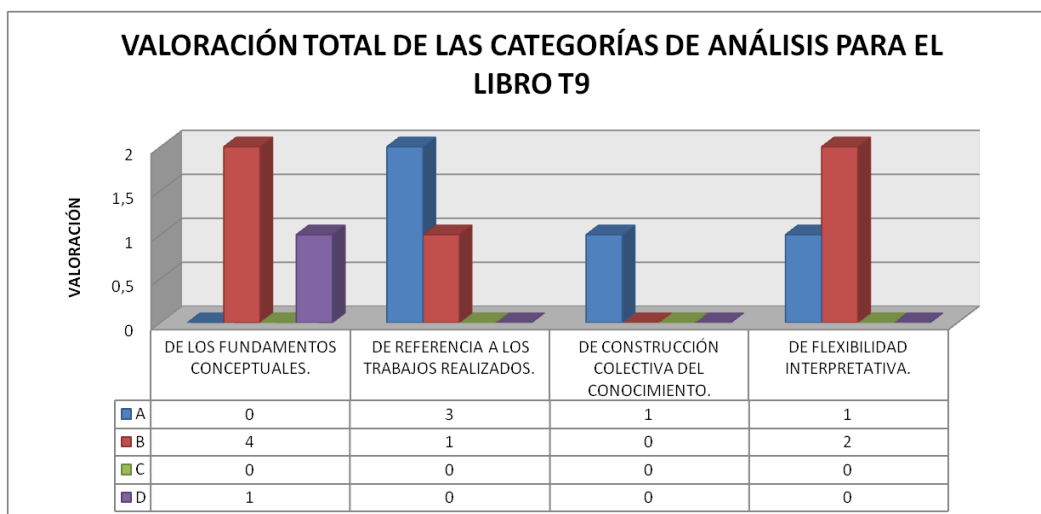
A partir de la lectura del libro de texto T9, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17. Evaluación del libro Clayden, Greeves, Warren & Wothers. (2001). Organic Chemistry. Ed. Oxford University Press.

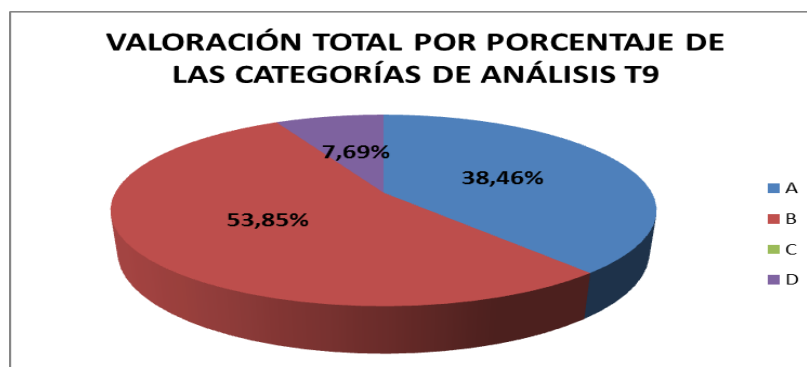
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	B
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	B
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	B
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	B
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	D
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	A
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	B
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		

CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	B
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	A
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	B

Gráfica 17. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T9



Gráfica 18. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis T9



Después de analizar el libro de Clayden, se puede observar que en la categoría I: de fundamentos conceptuales se obtuvo un nivel de valoración B (información mencionada), puesto que la información se menciona vagamente o de manera parcial en los criterios 1, 2, 3 y 4 (Definición de compuestos aromáticos, Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos, Criterio magnético: anisotropía diamagnética y Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula). En primera instancia la definición de aromaticidad, pero sin tener en cuenta el concepto de moléculas cíclicas diatómicas, a pesar de que se nombra la importancia de los electrones π fuera del plano. Para los criterios 2, 3 y 4 apenas se nombra la regla de Hückel, se nombra la energía de resonancias, mismo se explica claramente, se presenta de forma superficial los calores de hidrogenación para el benceno. Se presenta brevemente algunas propiedades magnéticas del anillo, sin embargo no se relaciona como criterio de aromaticidad. Se presenta la fórmula estructural con los ángulos de enlace y pero no se ilustra su importancia, tampoco se muestra la distancia entre enlaces C-C que es un criterio para la aromaticidad.

En cuanto al criterio 5 que se refiere al Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática, se encuentra en el nivel D (información mencionada profundizada), ya que en el texto se explica específicamente los mecanismos de sustitución electrofílica aromática, donde se explican diferentes tipos de reacciones de sustitución con los mecanismos de reacción y los carbocationes intermediarios.

Para la categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un nivel de valoración A (información no mencionada) para los criterios 6, 7 y 9 (Descubrimiento del compuesto del benceno, Formulación de la teoría de la tetravalencia del carbono y Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé), aquí no se nombra a Faraday como descubridor del benceno, no se hace mención a los trabajos que realizaron los diferentes científicos para llegar al modelo estructural de benceno. Para el criterio 6 (Descubrimiento del compuesto del benceno), se obtuvo un nivel de valoración A (información no mencionada), donde no se nombra la importancia de los trabajos de Mitscherlich quien corroboró la fórmula mínima de Faraday y sintetizó algunos derivados.

El criterio 7 (Formulación de la tetravalencia del carbono), que presentó un nivel A (información no mencionada) se observa que no se nombra la teoría de valencia, ni la teoría de tipos y tampoco hacen referencia uso de los pesos atómicos de Cannizzaro. Por el criterio 8 (Teoría de los orbitales moleculares de Hückel OMH) se le asignó la valoración de B (información mencionada), se presenta información sobre la regla de Huckel sin mayor profundización y sin hacer referencia a la deslocalización de los electrones π para sistemas aromáticos. Para el criterio 9 (Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.), se le asigna una valoración de A (información no mencionada), puesto que no se hace mención al modelo teórico de Kekulé teniendo en cuenta las valencias de los átomos del anillo y tampoco se hace referencia a las elipse que inicialmente proponía Kekulé como representación del benceno.

En la categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, con su criterio 10 (Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad), se encuentra en un nivel A (información no mencionada), donde no se mencionan los científicos que abordaron teorías para la construcción del concepto de aromaticidad como por ejemplo la de M. Faraday, E. Hückel, entre otros, tampoco se hace énfasis en la importancia de trabajo colectivo para el desarrollo de la estructura del benceno.

Por último en la categoría de análisis IV: de flexibilidad interpretativa, se obtuvo un nivel de valoración B para los criterios 11 y 13 (Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno y Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático), ya que se nombra una sola forma de interpretación para los métodos que explican cuando un compuesto es aromático, haciendo énfasis exclusivamente al método de Hückel. Para el criterio 11, no se nombra el problema de la aromaticidad, puesto que solo aparece como un concepto que no presentó complicaciones al momento de ser estudiado y para el criterio 13 apenas se nombra el método de orbitales de Hückel para saber si un compuesto es aromático, pero no hay una explicación respecto a la antiaromaticidad en compuestos orgánicos. Para el criterio 12 no se presenta información acerca de la energía de resonancia empírica, la energía de resonancia de Hess ni de la energía de resonancia topológica.

En conclusión, el libro Organic Chemistry de Clayden, tiene un porcentaje en el nivel A del 38%, el nivel B del 53% y en el nivel D del 7%, indicando que hay a pesar que la mucho información que se menciona, falta abordar con mayor profundidad la mayoría de los conceptos, si se tiene en cuenta que el libro es usado en educación superior y en especial para la formación de licenciados en química, puesto que no se explican los modelos iniciales que en la historia permitieron la elaboración del concepto de aromaticidad.

6.1.10. LIBRO DE TEXTO ANALIZADO T10

CARACTERIZACIÓN LIBRO T10	
Título	ADVANCED ORGANIC CHEMISTRY
Autores	FRANCIS A. CAREY - RICHARD J. SUNBERG
Edición	4 Ed.
Año de edición	2000
Lugar de edición	UNIVERSITY OF VIRGINIA
Editorial	KLUWER ACADEMIC/PLENUM PUBLISHERS

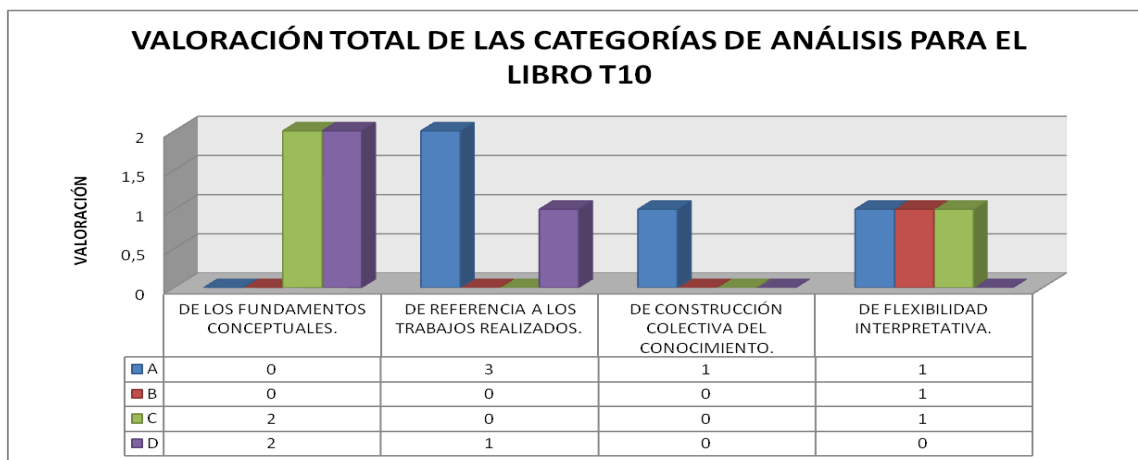
A partir de la lectura del libro de texto T10, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18. Evaluación del libro Carey A. & Sunberg R. (2000). Advanced Organic Chemistry. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers

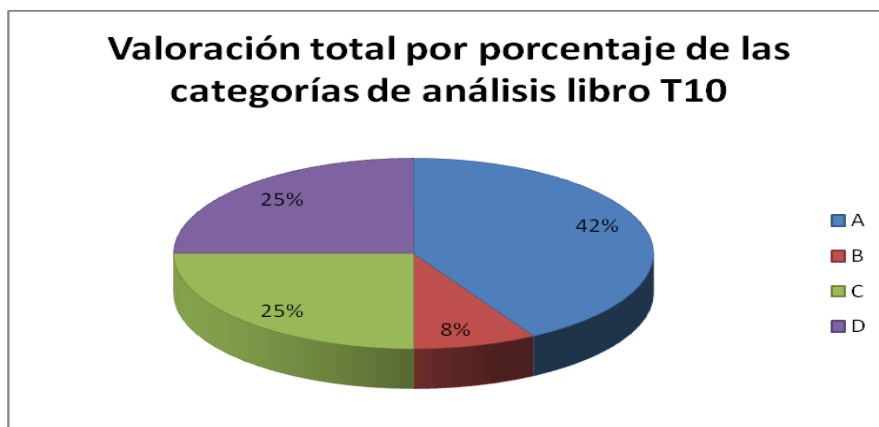
CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	D
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	C
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	C
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	C
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica	D

	aromática.	
CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	A
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	A
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	D
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	A
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	A
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	B
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	C

Gráfica 19. Valoración total de las categorías de análisis para el libro T10



Gráfica 20. Valoración total por porcentaje de las categorías de análisis



Luego de analizado el libro de Carey, se observa que en la categoría de análisis I: de los fundamentos conceptuales, el criterio 1 definición del concepto de aromaticidad, se valora en el nivel D, donde establece el autor que la aromaticidad se describe en términos de Orbitales moleculares. Además indica que son compuestos cíclicos que tienen una estabilidad particular en disposición del orbital molecular π , además, presenta una definición relacionada con el método de Hückel. Aquí el autor explica claramente la teoría de los orbitales moleculares para poder llegar al concepto que se presenta en los libros de

texto. Otro criterio que se encuentra bien fundamentado y que obtuvo una valoración de D, fue para el comportamiento químico, puesto que destina un capítulo exclusivo para este criterio, donde se especifican, los mecanismos de reacción que se presentan en la sustitución electrofílica aromática. Para los criterios 2, 3 y 4 (criterio energético, geométrico y magnético), se obtuvo una valoración en el nivel C, donde se referencian estos criterios para explicar el comportamiento del benceno, y en donde es posible aplicarlos.

En cuanto, a las categorías que contemplan aspectos históricos como por ejemplo, categoría de análisis II: de referencia a los trabajos realizados y categoría de análisis III: de construcción colectiva del conocimiento, no se nombran los trabajos en cuanto al descubrimiento del compuesto del benceno, a la formulación de la tetravalencia del carbono y al trabajo del modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé, esto establece que el presente libro posee una visión ahistórica, dejando de lado aspectos esenciales para la interpretación de los fenómenos que se presentan a nivel experimental.

6.2. DE LA VISIÓN DE CIENCIA QUE PRESENTAN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA ORGÁNICA ANALIZADOS DESDE EL CONCEPTO DE AROMATICIDAD

De manera general, y de acuerdo con los resultados arrojados en las categorías de análisis II: de referencia a los trabajos realizados y III: de construcción colectiva del conocimiento, se pudo establecer que los libros de texto en su gran mayoría presentan exclusivamente fundamentos conceptuales, es decir una visión de ciencia aproblemática y ahistórica, puesto que se observa una transmisión del concepto de aromaticidad ya elaborado, donde se ignoran cuáles fueron los problemas que se pretendían resolver, cuál fue la evolución de dicho conocimiento y las dificultades encontradas. Al presentar unos conocimientos ya elaborados, sin siquiera referirse a los problemas que están en su origen, se pierde de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema.

Este olvido dificulta captar la racionalidad del proceso científico y hace que los conocimientos aparezcan como construcciones arbitrarias. Por otra parte, al no contemplar la evolución de los conocimientos, es decir, al no tener en cuenta la historia de las ciencias, se desconoce cuáles fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos que fue preciso superar, lo que resulta fundamental para comprender las dificultades de los alumnos (Saltiel y Viennot, 1985). Por ejemplo, en los diferentes textos analizados, se desconoce el papel que realizó Kekulé, para el desarrollo del modelo estructural por el planteado, dándole importancia a solo un científico, que en este caso fue Erick Hückel, con su teoría de orbitales moleculares (OMH). Por otra parte, la relación que existió en cuanto a la problemática de la estructura del benceno con la formulación de la tetravalencia del carbono no es explícita, siendo esta parte, un punto esencial para conocer por que el benceno es el compuesto aromático de referencia.

Esta visión aproblemática y ahistórica, por ejemplo, hace posible las concepciones simplistas acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Se piensa que si toda investigación responde a problemas, a menudo, esos problemas tienen una vinculación directa con necesidades humanas y, por tanto, con la búsqueda de soluciones adecuadas para problemas tecnológicos previos. De acuerdo con lo anterior, otro punto de vista que indica el no uso de la historia en la formulación del concepto de aromaticidad, es la falta de información en cuanto a la aplicabilidad a nivel industrial y su uso en la sociedad, además no se establece el porqué de la formación del benceno, si no se limitan exclusivamente a indicar quién lo sintetizó y a partir de que compuesto. De acuerdo con el anterior ejemplo, se observa que el olvido de la dimensión tecnológica en la educación científica impregna la visión distorsionada de la ciencia, socialmente aceptada, que se muestra en los diferentes ámbitos de la enseñanza.

A raíz de esta visión de ciencia que presentan los libros de texto analizados, incluye otra visión deformada, que tienen en común olvidar la dimensión de la ciencia como construcción de cuerpos coherentes de conocimientos; esta es la visión exclusivamente analítica que consiste en presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999), ignorando las crisis y

las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahorrar por ningún modelo definido de desarrollo científico (Giere, 1988; Estany, 1990). Tal es el caso en el que los libros de texto analizados, luego de cada explicación teórica, presentan un sinnúmero de problemas y ejercicios de lápiz y papel, donde el estudiante, con solo la guía del libro y la orientación del docente puede desarrollar, sin entender básicamente el principio de esta teoría; además, muy pocos libros de texto de los que se analizaron para la presente investigación, presentaron citas biográficas de algunos de los científicos que participaron en la construcción del concepto de aromaticidad.

Desde la mirada de la transposición didáctica, esos libros de texto que se usan para la enseñanza, presentan transformaciones de los autores e interpretan esos modelos con base en sus concepciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas, esto es, plasman en esos textos su versión de ciencia, lo que de ella ha de enseñarse y la intencionalidad educativa que se ha de perseguir. De la misma manera, elaboran una ciencia escolar estándar, para la cual ese mismo contexto que rodea a cada institución escolar parece carecer de importancia alguna; quizás con base en esa concepción “universalista” de las ciencias de la naturaleza.

En conclusión, una visión simplista a la que la enseñanza suele contribuir al presentar las teorías hoy aceptadas sin mostrar el proceso de su establecimiento, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas “revoluciones científicas” (Kuhn, 1971), evita que se pueda generar en los estudiantes y docentes diversos análisis y miradas para determinada temática, acortando la capacidad de profundización o de investigación. En su obra Kuhn (1992) mencionó el problema de la transposición didáctica cuando se refirió a las realizaciones científicas, aquellas que fueron aceptadas y reconocidas por la comunidad científica y que son relatadas en los libros de texto, pero, raramente este relato es el original o se acerca al original.

6.3. DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA Y LA VISIÓN DE CIENCIA QUE PRESENTAN LOS DOCENTES ENTREVISTADOS

De acuerdo con la entrevista aplicada (ver anexo 3) a los docentes en ejercicio que orientan los espacios académicos Sistemas Orgánicos I y Química orgánica I de la Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Distrital, respectivamente, se pudo conocer qué tipo de visión de ciencia presentan y algunas razones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas que tiene para escoger y recomendar uno o varios libros de texto que abordan el concepto de aromaticidad y que fueron objeto de estudio en la presente investigación. Las respuestas de los tres docentes fueron sintetizadas en la tabla 19:

Tabla 19. Razones de los docentes que orientan los espacios académicos de química orgánica para la selección de libros de texto.

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. De los textos que usted emplea para trabajar con los estudiantes la unidad didáctica sobre el concepto y desarrollo de la aromaticidad, ¿cuáles recomienda y por qué?	Los libros de texto utilizados, son los que se refieren en el análisis de la presente investigación. Los docentes los recomiendan porque son textos que presentan una metodología acorde con el programa, ya que contiene un orden secuencial, que articulan los conceptos químicos en los diferentes capítulos o temas a desarrollar con los estudiantes.
2. Señale tres objetivos de formación y conocimiento que usted persigue con la enseñanza de esa unidad.	Establecen los siguientes objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Pretenden trabajar los conceptos teórico-prácticos de los compuestos aromáticos que forman científica y pedagógicamente a los estudiantes. • Desean despertar en los estudiantes de la licenciatura en química, el interés por la investigación de estos compuestos, para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales donde estén presentes. • Capacitar al estudiante para que conozca la influencia de los compuestos aromáticos en la vida de los seres humanos y contribuya a la conservación del medio ambiente, y ayude a resolver los problemas mediante el aprendizaje
3. ¿Con qué perspectiva	Los docentes encuestados en su gran mayoría,

conceptual y metodológica desarrolla usted esa unidad?	orientan, explican y analizan con los estudiantes la temática. Por otra parte, realizan experimentos y lecturas de artículos y posteriormente una actividad evaluativa.
4. ¿Qué tipo de aprendizaje espera de los estudiantes?	Esperan un aprendizaje integral, tanto en lo teórico como en lo experimental, valiéndose de su creatividad, análisis, deducciones y crítica.
5. ¿Considera usted que los textos seleccionados y recomendados contemplan contextualizaciones históricas sobre el desarrollo del concepto de aromaticidad?	Establecen los docentes que estos libros de texto analizados, presentan la historia “básica” de cómo se llegó a definir y determinar las estructuras aromáticas de Kekulé y Dewar y además las condiciones y requisitos para considerar una estructura aromática.

De acuerdo con las respuestas presentadas indican que el docente presenta gran importancia en la parte conceptual, teórica y experimental, alejándose de la parte de la conformación histórica del concepto; posiblemente, las visión de ciencia que presentan los docentes que dirigen estos espacios académicos, se orienta a una visión rígida, algorítmica, infalible; esta es una concepción ampliamente difundida entre el profesorado de ciencias, como se ha podido constatar utilizando diversos diseños (Fernández, 2000). Así, en la entrevista mantenida con los profesores, una mayoría se refiere al “método científico” como una secuencia de etapas definidas, en las que las “observaciones” y los “experimentos rigurosos” juegan un papel destacado, contribuyendo a la “exactitud y objetividad” de los resultados obtenidos.

La concepción algorítmica, como la empiro-inductivista, en la que se apoyan los docentes, puede mantenerse en la medida misma en que el conocimiento científico se transmite en forma acabada para su simple recepción, sin que ni los estudiantes ni los profesores tengan ocasión de constatar prácticamente las limitaciones de ese supuesto “método científico”. Por la misma razón se incurre con facilidad en una visión aproblemática y ahistórica de la actividad científica, como lo demuestra la respuesta a la pregunta número 5 de la entrevista: *¿Considera usted que los textos seleccionados y recomendados contemplan contextualizaciones históricas sobre el desarrollo del concepto de aromaticidad?*, en este caso los docentes consideran de que existe una historia “básica”, que para ellos constituye la ubicación de biografía de científicos, y algunas fechas relevantes como por ejemplo , de cómo se llegó a definir y determinar las estructuras

aromáticas de Kekulé y Dewar y además las condiciones y requisitos para considerar una estructura aromática.

Por lo anterior, la transposición didáctica que realizan los profesores a los docentes en formación en esta rama de la ciencia, se da de manera meramente conceptual sin tener en cuenta aspectos histórico-epistemológicos, dejado de lado el pensamiento de los científicos que pretendían conseguir con la construcción de ese conocimiento. El compromiso de enseñar las ciencias experimentales exige que el profesor tenga un manejo muy rico de su disciplina incluyendo el proceso histórico de los conceptos, su desarrollo evolutivo y el manejo del mismo en el contexto donde se maneja.

7. CONCLUSIONES

7.1. DE LAS CATEGORÍAS Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

De la categoría I. De los fundamentos conceptuales se obtuvo un porcentaje del 37% en el nivel C (Información mencionada sin profundizar), y un 23% en el nivel D (Información mencionada profundizada), destacándose el conjunto de conceptos, procesos y comportamientos físico-químicos que conforman lo relacionado con aromaticidad, los cuales se ajustan a lo establecido en el libro de Garrat (1974) y otros artículos originales.

De la categoría II. De referencia a los trabajos realizados, se obtuvo un porcentaje de 35 % en el nivel A (información no mencionada), en el que se establece la falta de indagación por el desarrollo de antecedentes en la formulación del concepto de aromaticidad, tanto de índole teórico como experimental.

De la categoría III. De construcción colectiva del conocimiento, se obtuvo un porcentaje del 50 % en el nivel A (información no mencionada) y un 40 % en el nivel B (Información mencionada), en el que se encuentra que la falta de demostración de la llegada al concepto de aromaticidad fuera producto de la genialidad de un individuo aislado.

De la categoría IV. De flexibilidad interpretativa, se obtuvo un porcentaje del 49 % en el nivel B (información mencionada) y un 32 % en el nivel A (Información no mencionada), debido a que al hacer la revisión histórico-epistemológica de los documentos originales para el concepto, debería haber diferentes interpretaciones en el sentido de que la ciencia no se ha construido por una única vía.

7.2. DE LA RESPUESTA AL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con lo establecido en el problema de la presente investigación, se obtiene que las relaciones existentes entre los artículos originales que se refieren a la formación del

concepto de aromaticidad, con lo planteado en los diferentes libros de texto analizados, se resumen en lo siguiente:

Al momento de plantear las categorías y criterios de análisis, fue necesaria la realización de la reconstrucción histórica del concepto de la aromaticidad donde se detectaron los diferentes saberes científicos o saberes sabios, entre los cuales se destacan: la definición de compuestos aromáticos, el criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos, el criterio magnético: anisotropía diamagnética, el criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula y el comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática. De estos saberes científicos detectados, se observó que la mayoría de libros presentan un nivel de valoración C y D (información mencionada sin profundizar e información mencionada profundizada), puesto que lo que pretenden los autores es entregar una ciencia para formar químicos no relacionados con el área de la enseñanza, tal es el caso del libro de texto Carey A. & Sunberg R. (2000). *Advanced Organic Chemistry*. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, en el que se observan que esos saberes sabios presentan muy poca deformación de la actividad científica, sin embargo, deja de lado el punto de vista histórico esencial para la comprensión de esos conceptos.

Por otra parte, en cuanto a la historia de la formulación y desarrollo del problema del modelo estructural del benceno, la formulación de la tetravalencia del carbono y las diferentes investigaciones acerca de la estructura del benceno no son aludidos en dichos textos de enseñanza analizados; en este sentido hay una descontextualización histórica y, por tanto, del contexto de producción de dicho concepto. Otro aspecto a observar a raíz de lo anterior, los textos estudiados presentan una ciencia “producto”, incluso, limitada a un aprendizaje por repetición memorística de contenidos curriculares, como lo especifican algunos de los docentes entrevistados, al indicar que los libros de texto usados atienden a las necesidades del programa curricular.

A partir de lo anterior, no se muestran las crisis de los grandes paradigmas como es el caso del reconocimiento del método simple de orbitales moleculares que propone Hückel

(OMH), el cual predice el comportamiento aromático de un compuesto cuando su energía de resonancia es mayor que cero. Pero puede existir confusión respecto a la aromaticidad y la antiaromaticidad, puesto que el ciclobutadieno tiene una energía de deslocalización igual a Cero y no es aromático. Por ello, el método que plantean Schaad y Hess (1971) es el de superar este problema mediante la energía de resonancia por electrón (REPE), donde calculan la energía de resonancia por electrón utilizando valores de energía en unidades B para varios tipos de enlace. Por último, en cuanto a los criterios de aromaticidad, específicamente, en el criterio magnético: anisotropía diamagnética, en solo un libro de texto se nombra sin profundizar este concepto, siendo este uno de las principales formas para cuantificar los compuestos aromáticos; solo se tienen en cuenta los criterios energéticos y geométricos, desconociendo otros puntos de vista.

Otro punto a tener en cuenta, es la visión descontextualizada que presentan los libros de texto analizados, ya que no se muestran aplicaciones de estos compuestos a nivel industrial o no se indica la necesidad social de su formulación. Fruto de esta ciencia de grandes autores es la escasa valoración y, en consecuencia, el olvido de las aportaciones a este concepto por parte de Kekulé, que en algunos libros no es mencionado ni él ni su trabajo. Por otra parte, en los libros de texto analizados también predomina una visión de ciencia experimentalista, que promueve una versión de ciencia situada en el siglo pasado, es decir empiriopositivista. Se observa que la manera como está organizado el capítulo referente a la aromaticidad en los textos analizados no favorece la comprensión de las teorías formuladas en los artículos originales; por ejemplo, la explicación de todo el concepto de valencia y la tetravalencia del carbono, la identificación del benceno y el modelo estructural de Kekulé no se incluyen dentro del capítulo de aromaticidad.

En cuanto a la transposición didáctica que se hace del concepto de aromaticidad en los libros de texto analizados es notoria una reducción del concepto, puesto que se dejan de lado aspectos relacionados con la explicación de cuando un compuesto es considerado aromático, el entendimiento de los mismos a partir de los criterios magnéticos y criterios energéticos (estabilidad de la molécula), mostrando sólo aquellos aspectos que a juicio de los autores son importantes, como por ejemplo el énfasis de la nomenclatura de los compuestos aromáticos atribuyéndose un capítulo exclusivo para esta parte, pero que sin

embargo, no se encuentran en los artículos originales o no fue tema de discusión para los científicos de la época.

Se creería que tanto docentes como estudiantes que utilizan estos libros de texto, comienzan a obtener una concepción deformada de la ciencia y de la forma como trabajan las comunidades científicas, en el caso de los profesores esta imagen conlleva implicaciones didácticas que derivarían en un enfoque que promueve una concepción en donde el empirismo, la observación atórica, la descripción analítica y el aprendizaje memorístico sean el quehacer común en el aula de química, lo que reforzaría la actitud negativa hacia el estudio de las ciencias en general y de la química en particular por parte de los estudiantes, en un momento histórico en el que se requieren personas científicamente alfabetizadas y con capacidad de decisión frente a problemas relacionados con la ciencia, la tecnología y el ambiente, y permiten comprender que la extensión de las visiones deformadas son el resultado de la ausencia casi absoluta de reflexión epistemológica y de la aceptación acrítica de una enseñanza por simple transmisión de conocimientos ya elaborados que contribuye, como se ha ido mostrando, a afianzar dichas deformaciones.

Se espera que los profesores que orientan el concepto de aromaticidad o cualquier otro concepto en torno a la ciencia, asuman la utilización de los textos de enseñanza, desde una mirada crítica en lo tocante a los contenidos de estos. Para tal efecto, han de interpretarlos a partir de un examen histórico-epistemológico, didáctico y pedagógico. Esto conlleva a plantear retos. El primero, en cuanto a su formación; formación que habitualmente ha estado centrada en los textos de enseñanza y extraordinariamente en la revisión de los "originales" en los que los colectivos propusieron los modelos, sometieron a la comunidad científica la correspondiente propuesta, la desarrollaron, la modificaron paulatinamente, hasta sustituirla por una de mayor poder heurístico. El segundo, que los profesores de química en particular y de los de ciencias en general, han de ocuparse del estudio de la historia de los contenidos que hacen objeto de enseñanza.

Para terminar, se evidencia una relación directa sobre lo que piensa el profesor y lo que enseña, pues su conocimiento afecta la práctica pedagógica que realiza; al igual que el uso que hace de los libros de texto porque en ellos se observa carencia respecto a la ciencia que enseña, al desconocer aspectos relevantes de la historia y la filosofía de la ciencia; limitando por lo tanto el conocimiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

Adúriz-Bravo, A. (2002). Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Almecida A, y Muñoz M. (2013). pH historia de un concepto. Análisis en texto de educación superior. Bogotá.

Alonso, M. y Herradón, B. (2010). Aromaticidad: un concepto histórico con relevancia actual Investigación química. www.rseq.orgAn.Quím. Real Sociedad Española de Química.

August (1872). "Ueber einige Condensationsproducte des Aldehyds".Liebigs Ann. Chem. 162 (1): 77–124 Justus Liebigs Annalen der ChemieVolume 162, Issue 1.

Bachelard, G. (1978). Conocimiento común y conocimiento científico. En G. Bachelard, El racionalismo aplicado (I. Ramos, Trad., págs. 99-130). Buenos Aires: Paidós.

Benfey, O. (1963). Classics in the theory of Chemical Combination, Dover, New York.

Bensaude-Vincent, B., Stengers I. (1997), Historia de la Química, Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid.

Brown W. (2012). Organic Chemistry. Ed. College Bookstore Wholesale. USA.

Bruice P. (2008). Química Orgánica. Ed. Pearson Educación. Mexico.

Cajas, F. (2002). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. Enseñanza de las Ciencias, 19(2), 243 – 254.

Camacho, J. y Pérez, R. (2005). Análisis de la transposición didáctica de los conceptos calor y temperatura en los libros de texto para la enseñanza de la química. Tecné, Episteme y Didaxis, Bogotá, n. 17, p 117-128,

Cardelli, J. (2004). Reflexiones críticas sobre el concepto de Transposición Didáctica de Chevallard. Cuadernos de Antropología Social No 19, pp. 49-61.

Carey A. & Sunberg R. (2000). Advanced Organic Chemistry. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Chalmers, A. (2003) ¿Qué es esa cosa llamada ciencia?. Ed. Siglo Veintiuno.

Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7, 1, 26-41.

Chevallard, Y. (1985). La transposition didactique. du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: la pensée sauvage.

Clayden, Greeves, Warren & Wothers. (2001). Organic Chemistry. Ed. Oxford University Press. USA.

Comte, A. (1854). Primeros Ensayos. México: Fondo de cultura Económica.

Cruz D., Chamizo J. y Garriz A., (2001) Estructura atómica. Un enfoque químico, Pearson México,

Cuellar, L., Gallego, R. y Pérez, R. (2008). El modelo atómico de E. Rutherford. Del saber científico al conocimiento escolar.- *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 45 – 52.

Cyrański, M. (2005). Chem. Rev. 2005, 105, 3773–3811.

De Oliveira, T. Koehler, C, Filgueiras, C. (2009). A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. Quím. Nova vol.32 no.2 São Paulo.

Estany A. (1990). Modelos de cambio científico. Barcelona: Editorial Crítica.

Farieta y Bonilla (2010). La trasposición didáctica del trabajo de Amadeo Avogadro. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, ISSN 0121-3814, Nº. 27, págs. 134-135.

Farré, A. y Lorenzo, M. (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno. *Educación química*, 23(2), 271-279.

Fessenden R. (2001). *Química Orgánica*. Grupo Editorial Iberoamérica. Mexico

Galagovsky, L. y A. Adúriz-Bravo (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 2, 231-242.

Gallego R, Miranda, Uribe, Cuellar L. (2004). Concepto de valencia: su construcción Histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciencia & educação*, v. 10, n. 3, p. 571-583.

Gallego, R., Pérez M., R. (1998) Aprendibilidad, enseñabilidad y educabilidad en las ciencias experimentales. *Revista educación y pedagogía*, Medellín, v. 11, n. 25, p. 89-117.

Gallego, A. Gallego, R. y Pérez, R. (2009). El Contexto Histórico Didáctico De La Institucionalización De La Química Como Ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 6, Núm. 2, 2009, pp. 247-263. Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA. España.

Garrat, P. (1974). *Aromaticity*. McGraw-Hill. Book Company (UK) 2ed. Alhambra.S.A.Malaga. España.

Gaidis, J, y West , R. (1967). Comments, *Journal of Chemical Physics* 46, 1218.

Giere R.N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

Gillespie, D. y Popelier, P. (2001). *Chemical Bonding and Molecular Geometry from Lewis to Electron Densities*, Oxford University Press, New York.

Gómez (2000). Transposición didáctica y discursos sobre el cuerpo: una mirada a la construcción curricular en educación física.

Fernández, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València

Herreño C., Gallego, R. y Pérez, R. (2010). Transposición didáctica del modelo científico de Lewis-Langmuir. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia, España, v. 7, n. 2, p. 527-543, 2010.

Hess, B, y Schaad L. (1971). Journal of the American Chemical Society 93, 305-310.

Jensen, W. (1998). Chemistry. The Science of Substance. Cincinnati: University of Cincinnati.

Izquierdo, M.; Smartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 17(1), 45- 59.

Jiménez, J. y Perales, F. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), 369-386.

Jug, K, y Köster M. (1991). Journal of Physical Organic Chemistry 4,163-169.

Katritzky, A., Jug K. y Oniciu, D. (2001). Chem. Rev., 101.

Katritzky, A, Barczynski, P, Musumarra, G, Pisano, D, y Szafran M. (1989). Journal of the American Chemical Society 111,7-15.

Kauffman G. (1981), Inorganic Coordination Compounds, Heyden, London.

Kekule, F. (1872). Studies on aromatic compounds. annalen der chemie and pharmacial, leipzig v. 137, p. 129-196.

Kekule, F.A. (1865). Studies on aromatic compounds. *Annalen der Chemie*, 137: 129 – 196. **Dr Rod Beavon 17 Dean's Yard London SW1P 3PB**. Selected Classic Papers. <http://web.lemoyne.edu/~giunta/papers.html>

Kragh, H. (1989). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona. Critica.

Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y Práctica*. Paidós Comunicación.

Krygowski, T., MCyranski, M., Czarnocki Z., Hafelingerb G. y Katritzky, A. (1999). *Aromaticity: a Theoretical Concept of Immense Practical Importance*. Department of Chemistry, University of Warsaw.

Kuhn (1989 y 2001). *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica.

Kuhn, T. S. (1971). Los conceptos de causa en el desarrollo de la física. En: T. Kuhn. *La tensión esencial*. México: FCE, pp. 46-55.

Kuhn, T. S. (1991). Las ciencias naturales y las humanas. En: T. Kuhn. *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós, pp. 257-265.

Labarca M. y A. Zambon (2012). Una reconceptualización del concepto de elemento como base para una nueva representación del sistema periódico. *Educ. quím.*, 24(1), 63-70. Universidad Nacional Autónoma de México.

Leicester, H. (1967), *Panorama Histórico de la Química*, Alambra, Madrid.

LeNoble W. (1974). *Highlights of Organic Chemistry* Marcel Dekker Inc., New York.

Lewis D. y Peters D., (1975). *Facts and Theories of Aromaticity*, MacMillan, Nueva York.

Linnett J. (1964). *The electronic structure of molecules*, Methuen, London.

Lopez R. (2011). Análisis de la transposición didáctica del modelo científico para la electroquímica en textos de enseñanza. *Revista Visión Electrónica* Año 6 No. 1 pp. 53 – 55.

McMurry J. (2012). *Organic Chemistry*. Ed. Cengage Learning. USA.

Miles, M. y Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysis: an expanded sourcebook*. Newbury Park, CA: Sage.

Mizoguchi, N. *Chemical Physics Letters* 106, num.5, 451, 1984.

Moreno J E., Gallego R. Pérez R. (2010). El Modelo Semicuántico De Bohr En Los Libros De Texto. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 3, p. 611-629.

Morrison T. (2002). *Organic Chemistry*. Ed. Practice Hall of India. New Delhi.

Moya (2008). Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar Cuadernos de Lingüística Hispánica, ISSN 0121-053X, Nº. 11, págs. 133-152.

Perales, F. J. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Análisis de los libros de texto. Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369 – 386.

Quintanilla M., Cuellar L., Camacho J. (2008). La historia del átomo en los libros de texto. Didáctica de una propuesta de innovación construida desde una visión naturalizada de la ciencia. *D'història De La Ciència I Ensenyament Nova Època*. Vol. 1 (2), p. 97-107.

Palmer W. (1960). *A History of the Concept of Valency to 1930*, Cambridge at the University Press, Great Britain.

Partington, 1964. *A History of Chemistry*, Vol. 4, MacMillan, Nueva York.

Pauling, L.(1940), *The Nature of the Chemical Bond*, 2a edición, capítulo III, Cornell University Press, Ithaca, Nueva York.

Ramírez, J. E. M., Badillo, R. G., & Miranda, R. P. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto. *The Bohr's quantum model in the textbook. Ciência & Educação*, 16 (3), 611-629.

Salcedo, R (2004), Aromaticidad. *Materiales Avanzados*, Núm. 2, 9-18.

Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 137-144.

Schaad y Hess (1971). Hückel Molecular orbital pi, resonance energies of New approach. *J. Am. Chem. Soc.* 93: 305-310.

Solarte, M. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista Electrónica La red* Vol. 1 No 4.

Solbes, J.; Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 1, p. 103-112.

Solomons T. & Fryhle G. (2014). *Organic Chemistry*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Sorrell T. (2006). *Organic Chemistry*. Ed. University Science Books. USA.

Wade L. (2004). *Química Orgánica*. Ed. Pearson Educación. España.

9. ANEXOS

9.1. INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

INSTRUMENTO N° 1 DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD (ENTREVISTA PARA DOCENTES EN EJERCICIO)

PROYECTO DE GRADO:
LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD EN LOS
LIBROS DE TEXTO

NOMBRE DEL EVALUADOR: _____ FECHA: _____

A continuación se presenta una entrevista de tipo abierto, que se aplicará a docentes en ejercicio que orientan los espacios académicos Sistemas Orgánicos I y Química Orgánica I de la Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Distrital, respectivamente, la cual permitirá conocer la concepción que tienen los entrevistados y las razones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas que tienen los profesores en ejercicio para escoger y recomendar uno o varios libros texto que aborden el concepto de aromaticidad.

Para ello marque con una X la pertinencia de las preguntas que se aplicarán en la entrevista:

PREGUNTAS	PERTINENTE	ALGO PERTINENTE	INADECUADO
1. De los textos que usted emplea para trabajar con los estudiantes la unidad didáctica sobre el concepto y desarrollo de la aromaticidad, ¿cuáles recomienda y por qué?			
2. Señale tres objetivos de formación y conocimiento que usted persigue con la enseñanza de esa unidad.			
3. ¿Con qué perspectiva conceptual y metodológica desarrolla usted esa unidad?			
4. ¿Qué tipo de aprendizaje espera de los estudiantes?			
5. ¿Considera usted que los textos seleccionados y recomendados contemplan contextualizaciones históricas sobre el desarrollo del concepto de aromaticidad?			

Si presenta observaciones con respecto a las preguntas anteriormente establecidas puede realizarlos en el siguiente espacio:

**INSTRUMENTO N°2 DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD
(CRITERIOS DE ANÁLISIS)**

**PROYECTO DE GRADO:
LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD EN LOS LIBROS DE TEXTO**

NOMBRE DEL EVALUADOR: _____

FECHA: _____

A continuación se presentan una serie de criterios, los cuales servirán de base para analizar la relación de la historia de las ciencias en la elaboración de libros de texto en cuanto al concepto de aromaticidad. Para ello marque con una X la pertinencia de cada uno de los criterios establecidos:

CRITERIOS	INSTRUMENTO A APLICAR PARA CADA LIBRO DE TEXTO			ESPACIO EXCLUSIVO PARA EL EVALUADOR		
	SI	NO	COMO LO PRESENTA	PERTINENTE	ALGO PERTINENTE	INADECUADO
1. Presenta el desarrollo histórico de los concepciones y teorías que llevaron al concepto de aromaticidad						
2. Aparecen citas textuales de los científicos que trabajaron en el concepto de aromaticidad.						
3. Intenta demostrar que la llegada al concepto de aromaticidad fue un proceso donde intervinieron varios científicos y no fue el producto de la genialidad de un individuo aislado.						
4. Aparecen biografías detalladas de los científicos que trabajaron en el concepto de aromaticidad.						
5. Presenta una visión únicamente acumulativa del desarrollo de la ciencia sin destacar la aparición de						

paradigmas científicos.						
6. Presenta un enfoque básicamente formalista (aspectos teóricos) del concepto de aromaticidad.						
7. Ofrece una visión externalista en el desarrollo de la formación del concepto de aromaticidad.						
8. Propone actividades explícitas del uso de la historia como trabajo para los estudiantes.						
9. Indaga por el desarrollo de antecedentes en la formulación del concepto de aromaticidad, tanto de índole teórica como experimental						
10. Hay diferentes interpretaciones en el sentido de que la ciencia no se ha construido por una única vía.						

Si presenta observaciones con respecto a los criterios anteriormente establecidos puede realizarlos en el siguiente espacio:

INSTRUMENTO N°3 DE VALIDACION Y CONFIABILIDAD

(CATEGORIAS DE ANALISIS)

PROYECTO DE GRADO:

LA TRANSPOSICION DIDACTICA DEL CONCEPTO DE AROMATICIDAD EN LOS LIBROS DE TEXTO

NOMBRE DEL EVALUADOR: _____ **FECHA:** _____

A continuación se presentan los criterios con sus respectivas categorías de análisis, que tienen como fin analizar el contenido en el que se encuentran los diferentes conceptos propios de la temática de aromaticidad. Para ello se tendrá en cuenta el contenido de los artículos originales y se contrastará con los libros de texto estudiados.

Para ello, se solicita evaluar si los criterios y categorías de análisis son pertinentes con el objetivo de la investigación, y a su vez si el instrumento es el adecuado para la categorización de la información.

Si presenta observaciones con respecto a los criterios anteriormente establecidos puede realizarlos en el siguiente espacio:

CRITERIOS DE ANALISIS	CATEGORIA DE ANALISIS	CONTENIDO DE LOS ARTICULOS ORIGINALES	CONTENIDO DE LOS LIBROS DE TEXTO		
			MENCIONA	NO MENCIONA	MENCIONA SATISFACTORIAMENTE
COMPORTAMIENTO QUIMICO	CA1	Sustitución electrofílica aromática			
CRITERIO ESTRUCTURAL (GEOMETRICO)	CA2	Longitud de enlace debido a la deslocalización cíclica.			
CRITERIO ENERGÉTICO	CA3	Mayor estabilidad (energía de resonancia). Teoría de orbitales moleculares de Hückel (OHM) y Método de Schaad y Hess			
CRITERIO MAGNÉTICO	CA4	Desplazamientos químicos anómalos.			
	CA5	Anisotropía magnética			
	CA6	Corriente de anillo diamagnética			

Gracias

9.2. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA LOS LIBROS DE TEXTO ANALIZADOS

CATEGORÍA DE ANÁLISIS I. DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES		
	CRITERIO	NIVEL DE VALORACIÓN
1	Definición de compuestos aromáticos.	
2	Criterio energético: Estabilidad energética en compuestos aromáticos.	
3	Criterio magnético: anisotropía diamagnética.	
4	Criterio geométrico: la igualdad en la longitud de los enlaces y la planaridad de la molécula.	
5	Comportamiento químico: Sustitución electrofílica aromática.	

CATEGORÍA DE ANÁLISIS II: DE REFERENCIA A LOS TRABAJOS REALIZADOS.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
6	Descubrimiento del compuesto del benceno.	
7	Formulación de la tetravalencia del carbono.	
8	Teoría de los orbitales moleculares de Hückel (OMH).	
9	Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé.	
CATEGORÍA DE ANÁLISIS III: DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL CONOCIMIENTO.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
10	Desarrollo histórico y colectivo para el concepto de aromaticidad	
CATEGORÍA DE ANÁLISIS IV: DE FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA.		
CRITERIO		NIVEL DE VALORACIÓN
11	Investigaciones iniciales acerca de la estructura del benceno.	
12	Diferentes métodos para la determinación de las energías de resonancia	
13	Métodos teóricos que explican cuando un compuesto es aromático.	