

**ENLACE QUÍMICO: ANÁLISIS SEMÁNTICO - ESTRUCTURALISTA DE SUS
REPRESENTACIONES EN LOS LIBROS DE TEXTO DE EDUCACIÓN MEDIA**

NÉSTOR RAÚL VARGAS BELTRÁN

Código: 2015183012

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2017

**ENLACE QUÍMICO: ANÁLISIS SEMÁNTICO - ESTRUCTURALISTA DE SUS
REPRESENTACIONES EN LOS LIBROS DE TEXTO DE EDUCACIÓN MEDIA**

NÉSTOR RAÚL VARGAS BELTRÁN

Código: 2015183012

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGISTER EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

Director

Profesor PhD. FREDY GARAY GARAY

Grupo de Investigación en Filosofía, Historia y Educación en Ciencias

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2017

Notas de Aceptación:

Firma del Director

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Acuerdo No. 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 42, parágrafo 2:

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

DEDICATORIA

**A mi esposa Ángela María Bernal,
por su apoyo incondicional,
por ser el motor de mi vida**

AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo es gracias a:


Mi madre quién siempre se sacrificó por hacer de mí una persona profesional.

Mis hermanos, quienes ven en mí un punto de referencia para sus vidas.

Mi Director, el profesor Dr. Freddy Garay Garay, por su paciencia y sus valiosos aportes.

Las Directivas y Docentes de la Maestría en Docencia de la Química, de la Universidad Pedagógica Nacional, por los servicios prestados.

Mi esposa, quién fue paciente y comprensiva.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>UNIVERSITY OF PEDAGOGY</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 106	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado de Maestría
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	ENLACE QUÍMICO: ANÁLISIS SEMÁNTICO - ESTRUCTURALISTA DE SUS REPRESENTACIONES EN LOS LIBROS DE TEXTO DE EDUCACIÓN MEDIA
Autor(es)	Vargas Beltrán Néstor Raúl
Director	PhD. Fredy Ramón Garay Garay
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 92p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MODELO SEMÁNTICO, ENFOQUE ESTRUCTURALISTA, ENLACE QUÍMICO, REPRESENTACIÓN LINGÜÍSTICA, REPRESENTACIÓN PICTÓRICA, ANÁLISIS DE CONTENIDO, ANÁLISIS SECUENCIAL

2. Descripción
<p>Trabajo de grado de Maestría que realiza un análisis semántica - estructuralista de la carga de contenido de las representaciones lingüísticas y pictóricas, en la construcción del lenguaje científico que emplean los autores de libros de textos de Educación Media en la explicación del tema del Enlace Químico, concepto que ha recurrido al uso de múltiples representaciones para considerar aspectos relacionados con el nivel molecular e incluso eléctrico que no es posible evidenciar a partir de las observaciones que se hace desde el nivel molar (entendido desde la perspectiva de los niveles conceptuales de Jensen (1998)). Aún se evidencian imágenes que conducen a errores post-instruccionales en tanto su contenido sigue siendo denotativo, dejando al lector, en este caso los estudiantes, la potestad de asimilar la teoría con modelos lingüísticos axiomatizados propios de la escuela positivista y representaciones pictóricas alejadas de una construcción modelística de dicho concepto estructurante para la Química.</p> <p>Por tanto, es necesario entender dicho concepto desde una concepción Semántica de las Teorías - específicamente en el Enfoque Estructuralista-, en donde prima la construcción de "Modelos" para conformar sustitutos de los sistemas reales que se están estudiando (Adúriz-Bravo, 2001).</p>

3. Fuentes

- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la Epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en educación en ciencias*. Año 4, No. Especial 1.
- Álvarez, J. M. (2001). *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Ed. Morata, Madrid.
- Ariza, Y., Lorenzano, P., Adúriz-Bravo, A. (2010). *Dificultades para la introducción de la “Familia Semanticista” en la didáctica de las Ciencias Naturales*. *Latinoam.estud.educ.* 6(1), pp. 59 – 74.
- Ariza, Y., Adúriz-Bravo, A. (2010). *La “Nueva Filosofía de la Ciencia” y la “Concepción Semántica de las Teorías Científicas” en la Didáctica de las Ciencias Naturales*. GEHyD – Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, CeFIEC – Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de Las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Ardac, D. & Akaygun, S. (2004). *Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change*. *Journal of Research in Science Teaching, JRST*. Vol. 41, pp. 317 – 337.
- Ayllon, J., Diaz, C., & Izquierdo, M. (2007). *Historia de la filosofía*. Barcelona: Ariel S.A.
- Bengoetxea, J. B. (2004). *Filosofía y enseñanza de la Química sin reduccionismos*. *Educação e Filosofia*. Vol. 18, No. 35/36, pp. 233 – 258.
- Brading, K., Landry, E. *Scientific Structuralism: Presentation and Representation*.
- Caamaño, A. (2014). *La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas*. *Alambique Didáctica de la Ciencias Experimentales*. No. 77, pp. 7 – 20.
- Cáceres, Pablo (2003). *"Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable"*. *Revista de la escuela de psicología*. Facultad de Filosofía y Educación. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2, pp. 53-82.
- Chamizo, J. (1992). *Modelos de enlace químico*. *Elementos, Ciencia y Cultura*, 28-32.
- (2006). *Los modelos en la Química*. *Educación Química*, 17 (4), pp. 476-483.
- Choppin, A. (1980). *L'histoire des manuels scolaires. Un bilan bibliométrique de la recherche français*. *Histoire de l'Education*, 58, pp. 165-185.
- Carnap, R. (1998). *Filosofía y sintaxis lógica*, UNAM, México.
- Cruz-Garriz, D., Chamizo, J.A. & Garriz, A. (1987). *“Estructura Atómica. Un Enfoque Químico”*. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.

- D'Amore, B. (2006). *Objetos, significados, representaciones semióticas y sentido*. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME), Número Especial pp. 177-195
- Díaz, D. (2014). *Modelo semántico de Oxidación – Reducción. Cuestionamiento frente al qué se escribe, se investiga y se enseña en Química*. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional.
- Díez, J. A. y Moulines, U. (1999). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Barcelona, Ariel, 2ª edición.
- Duval, Raymond. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. (Traducción de Miryam Vega). Cali: Universidad del Valle.
- Escolano B. (1997). *El libro escolar como espacio de memoria*. En los manuales escolares como fuente para la historia de la educación en América Latina. España.
- Espinosa-Ricardo, L., Mejía, G., Díaz-Rondón, G. & Rodríguez-García, M. (2009). *El análisis documental de contenido y la normalización terminológica en bibliotecas de Bogotá*. Revista Interamericana de Bibliotecología. Ene. – Jun., Vol. 32, No. 1; pp. 11-30.
- Espinoza, R. (2004). *Historia de la Química enfocada en el átomo y el enlace*. VI Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Mérida: Smart Service C.A.
- Eysenck, M. & Keane, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd. Publishers. 2da reimpression.
- Fanaro, M.A., Otero, M.R. y Greca, I.M. (2005). *Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 4 (2).
- Fernández, F (1997). *Evaluación de competencias en álgebra elemental a través de problemas verbales*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada
- Fox, V. (2005). *Análisis Documental de Contenido: Principios y Práctica*.
- Gagliardi, P.J. y Giordan, A. (1986). *La historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 4(3), pp. 253-258.
- Galavosky, L. (2001). Enseñanza de la Química: Lenguajes expertos como obstáculos de aprendizaje. Enseñanza de las ciencias. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, pp. 425 – 429.
- (2007). Enseñanza vs. Aprendizaje de las Ciencias Naturales: El papel de los lenguajes y su impacto en la comunicación entre estudiantes y docentes. Episteme, Tecné y Didaxis, número extra, 66-87.
- Gallego, R., Pérez, R., Gallego, A. 2006. *El objeto de saber de los Químicos. Formulación, modificación y abandono del modelo icónico inicial*. Investigações em Ensino de Ciências. V. 11(3), pp.365-381.
- García, A., & Garritz, A. (2006). *Desarrollo de una Unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato*. Enseñanza de las Ciencias, 24(1), pp. 111 - 124.

- García, J. J. (2005). *La comprensión de las Representaciones Gráficas Cartesianas presentes en los libros de Texto de Ciencias Experimentales, sus Características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Memoria de Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada
- Giere, R. *Scientific Representation and Empiricist Structuralism: Essay Review of Bas C. van Fraassen's Scientific Representation: Paradoxes of perspective by Ronald Giere*. To appear in *Philosophy of Science*.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Springer.
- Gimeno, J. (2005). *La educación que aún es posible*. Ed. Morata.
- González, C., & Tunon, D. (2007). *Historia de la filosofía*. Barcelona: Linkgua S.L.
- Greca, I. (2000). *Representaciones Mentales. I Escuela de verano sobre investigaciones en enseñanza de las ciencias*. Programa Internacional de doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Moreira, M.A.; Caballero, C. y Meneses, J. org. UBU.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (1996) “*Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales*”. *Revista de Investigações em Ensino de Ciências*- 1 (1), pp. 95-108.
- (1997). “*Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización*”. Trabajo presentado en la Décima Reunión de Enseñanza de la Física (REF X), realizada em Mar del Plata, pp. 27-31.
- Guerrero, G. (2007). *Van Fraassen y la Concepción estructuralista e las teorías*. Universidad del Valle.
- (2007). *Enfoque Semántico de las Teorías. Estructuralismo y Espacio de Estados: Coincidencias y Divergencias*. Tesis Doctoral. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- (2008). *Individuación de las Teorías del Enfoque Semántico*. *Principia an international journal of epistemology*. Vol. 12, No. 1, pp. 97 - 119
- (2010). *La noción de modelo en el enfoque semántico de las teorías*. Universidad del Valle Cali, Colombia. *Praxis Filosófica*, No. 31, pp. 169-185.
- (2012). *Compromisos epistémicos en el enfoque estructuralista de las teorías*. *Revista de Filosofía*. Vol. 37, No. 1, pp. 7 – 26.
- Hendry, R. F. (2006). *Two conceptions of the chemical bond*. *Philosophy of Science*. 75, pp. 909 – 920.
- Jensen, W. (1998). *Logic, history ad the Chemistry textbooks I: Does Chemistry have a logical structure?* *Journal of Chemical Education*. 75 (3), pp. 679 – 687.
- Jiménez, J., Perales, J. (2001). *Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO*. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (1).
- (1997). *Análisis de los modelos y grafismos utilizados en los libros de texto de Física y Química*. *Alambique*, No. 11, pp. 75-85
- Kragh, H. (2001). *Introducción a la Historia de La Ciencia*. Editorial: Critica (Grijalbo Mondadori)

- Krippendorff, K. (1990). *Metodologías de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Ediciones Paidós Ibérica, S. A.
- Labarca, M. (2005). *La Filosofía de la Química en la Filosofía de la Ciencia Contemporánea*. Redes, Universidad Nacional de Quilmes Argentina, Vol. 11, No. 21, pp. 55 - 171
- Labarca, M., Lombardi, O. (2010). *Acerca del Status Ontológico de las entidades Químicas: El caso de los Orbitales Atómicos*. Principia 14 (3), pp. 309 – 333.
- Labarrere, A., y Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, 30 (1), pp. 121 - 137.
- Leicester, H. (1967). *Panorama Histórico de la Química*. Madrid: Alhambra.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. L. (1998). *Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text*. En J. R. Lieben, L. y Downs, R. (1992). *Developing an understanding of graphic representations in children and adults: the case of GEO-graphics*. *Cognitive Development*, 7, pp. 331 - 349
- Lockemann, G. (1960). *Historia de la química*. México: UTEHA.
- Lombardi, G., Caballero, C., Moreira, M. *El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico*.
- López, J. (1984). *La evolución de las Representación Simbólica de los conocimientos Químicos*. Enseñanza de las Ciencias, pp. 131 – 139.
- López R., Saldarriaga J., Tamayo O. (2007). *Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química*. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Universidad de Caldas Manizales, Colombia. Vol. 3, No. 2, julio-diciembre, pp. 61-86
- Lorenzano, P. (2003). “¿Debe ser excluida la concepción estructuralista de las teorías de la familia semanticista? Una crítica a la posición de Frederick Suppe”. *Filosofía de la Ciencia e Historia de la Ciencia* 8(9).
- Lowe, R. (2000). *Alfabetismo visual y educación científica y tecnológica*. *Boletín Internacional de la Unesco de Educación Científica, Tecnológica y Ambiental*, XXV (2), pp. 1-3.
- Markman, A. (1999). *Knowledge representation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martínez, J. (2002). *Políticas de Libro de texto escolar*. Morata. Segunda Edición.
- Matta, C., & Gillespie. (2002). *Understanding and Interpreting Molecular Electron Density*. *Journal of Chemical Education*, pp.1141 - 1152.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. (2008). *Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa*. *Enseñanza de las Ciencias*. No. 32 (3), pp. 551 – 570.
- Ministerio de Educación Nacional. Decreto 1860 de 1994 (Agosto 3). *Diario Oficial* No. 41.473, del 5 de agosto de 1994.
- (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en Ciencias: ¡El desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Serie Guías No. 7
- Moreira M. A. y Greca, I. M. (2003). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre, Vol. 2, No. 3, pp. 37-57*,

- Moulines, U. (1985). *Theoretical Terms and Bridge Principles*. *Erkenntnis*, 22 (1-3) pp. 97 – 117.
- Otero, J. (1990). *Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de Textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión*. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 17 – 22.
- Otero, M.R. (2003). *Investigación en imágenes en la educación en ciencias. Imágenes, palabras y conversaciones*. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, pp. 1-17.
- Perales, F.J. (2006). *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 13-30.
- Perales, F.J. y Jiménez, J.D. (2002): *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto*. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 369-386.
- Partington, J. R. (1945). *Historia de la Química*, Buenos Aires. Buenos Aires: Editorial Espasa - Calpe S.A.
- Pinto, M., Gálvez, C. (1991). *Análisis documental: fundamentos y procedimientos*. Madrid: EUDEMA, Pág. 34 - 91.
- 1996. *Análisis Documental de Contenido. Procesamiento de Información*. Editorial Síntesis, S. A. Madrid, España
- Pozo, J. A., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón M. (1991). *Las ideas de los alumnos sobre la Ciencia: Una interpretación desde la Psicología cognitiva*. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83 – 94.
- Riboldi, L., Pliego, Ó., & Odetti, H. (2004). *El enlace químico: una conceptualización poco comprendida*. *Enseñanza de las Ciencias*, 195-212.
- Roa, R. (2011). *Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de enlace químico en la Educación media vocacional a partir del concepto de densidad de carga*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Roth, W-M. (2002). *Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy*. *Journal of Curriculum Studies*, 34, 1-24.
- Roth, W.-M., Pozzer-Ardenghi, L. y Han, J.Y. (2005). *Critical Graphicacy Understanding Visual Representation*. *Practices in School Science*. Springer: Holanda.
- Roth, W., Bowen B. y McGinn, M. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 36(9), pp. 977-1019.
- Scerri, E. (2000). *Have Orbitals Really Been Observed?* *Journal of Chemical Education*, 1-3.
- Schnotz, W. y Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple Representation. *Learning and Instruction* No. 13, pp. 141–156
- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Towards a R&D program in reading comprehension*. Washington, DC: RAND Reading Study Group.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1991). *Análisis de la Introducción de la teoría de Enlaces y Bandas*. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 53-58.

- Taber, K. (2001). *Building the Structural concepts of Chemistry: Some Considerations from educational research*. Chemistry Education: Research and Practice in Eurpo, Vol. 2, pp. 123 – 158.
- Talanquer, V. (2010). *Construyendo puente conceptuales entre la varias escalas y dimensiones de los modelos químicos*. Educación Química EduQ, No. 5, pp 11-18.
- Tamayo, O. (2006). *Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas*. Revista Educación y Pedagogía. Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Vol. XVIII, No. 45, pp. 37-49.
- Tamayo, O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://www.tdcat.cesca.es>
- van Dijk, T. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- VAN FRAASSEN, B. (1989). "Laws and Symetry". Oxford: Clarendon Press.
- Vivas-Reyes, R. (2009). *Filosofía de la Química*. Revista Académica Colombiana de Ciencias Vol. 33, No. 126, pp. 125-128
- Zamora, J. *Meaning and Testability in the Strucutralist Theory of Science*.

4. Contenidos

Este trabajo de Investigación, en primera instancia contiene la Introducción y el cuerpo del trabajo está organizado en seis (6) Capítulos:

- Capítulo 1, **El Problema objeto de la Investigación** en el cual se explica el marco problematizador que da génesis a esta Tesis: ¿Cuál es la carga de contenido que presentan las formas de significar del enlace químico, tanto lingüísticas como pictóricas, que se utilizan en los Libros de Texto de Educación Media? Y finaliza con la referencia de trabajos de otros investigadores los cuales sirvieron de antecedentes, tanto teóricos como procedimentales;
- Capítulo 2, la **Justificación** se plantean cuatro argumentos que dan respuesta a la pregunta ¿Por qué es necesario realizar un análisis semántico – estructuralista de las representaciones de los enlaces químicos en los Libros de Texto de Educación Media? y se plantean los objetivos General y Específicos que establecen el norte a esta investigación. Como **Objetivo General**, se plantea “Analizar las formas de significar que se han atribuido a las representaciones lingüísticas y pictóricas del modelo enlace químico presentes en los libros de Texto de Educación Media, desde una postura semántica estructuralista que sirva de apoyo a la práctica discursiva de los docentes”;
- Capítulo 3, el **Marco de Referencia**, en el cual se hace, en primer lugar, una revisión histórica de la evolución del Enlace Químico. Luego, se hace una caracterización sobre los aspectos epistemológicos y Filosóficos que fundamentan el trabajo y por último, se hace referencia sobre la concepción de Representación y de Libro de Texto, con el ánimo de establecer una base conceptual estructurada, dando así soporte teórico al trabajo expuesto en este documento;

- Capítulo 4, Metodología en el cual se explica el Tipo de Estudio, el Diseño metodológico en el que se incluyen las etapas el Universo y se explican los Instrumentos de recolección de información;
- Capítulo 5, **Resultados y Discusión** y;
- Capítulo 6, **Conclusiones y Recomendaciones Finales**

5. Metodología

Esta investigación está enmarcada en una epistemología construccionista, basada en la perspectiva interpretativista. En este sentido y para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, la metodología presenta un diseño estructurado en tres momentos:

- 1) El análisis de las formas de significar que se han atribuido a las *representaciones lingüísticas* de modelo de enlace químico, empleando el Análisis de Contenido (AC) basado en dos estrategias de estudio: el Análisis Secuencial propuesto por Perales y Jiménez (1997) y el *Análisis Documental de Contenido (A.D.C.)*, descrito por Pinto y Gálves (1996). Las cuales se basan en las teorías de los reconocidos especialistas en el tema como lo son Teun A. van Dijk y Walter Kintsch y su modelo proposicional, el cual se basa en las **proposiciones** como unidades de representación del significado.
- 2) El análisis de las representaciones pictóricas para identificar las formas de significar del Modelo Semántico de Enlace Químico presente en los libros de Texto utilizados en la Educación Media, determinando el grado de iconicidad que emplea un texto de Química en la decodificación de las teorías científicas, fundamentado en una Taxonomía propuesta por Jiménez y Perales (2002).
- 3) El establecimiento de un esquema de análisis para interpretar las formas de intervención No-verbal que emplean los textos de Química de Educación Media en la enseñanza del modelo semántico del Enlace Químico, desde una postura *semántica - estructuralista* que sirva de apoyo a la práctica discursiva de los docentes.

6. Conclusiones

La construcción del concepto Enlace Químico, en los cinco libros de texto analizados, está permeada e influenciada por una visión positivista de las ciencias, en la cual los términos teóricos están estrechamente relacionados a los términos observacionales mediante reglas de correspondencia o de interpretación (Carnap 1939, en Guerrero, 2011), en tanto se argumenta el concepto del Enlace Químico en función de los trabajos de Lewis y sus colaboradores, sin dar pie a interrogarse sobre la veracidad de dichos trabajos y sobre el origen de los mismos, así como de la necesidad de otros trabajos y otros modelos teóricos.

Se ha podido establecer que, se encuentra una yuxtaposición y mezcla de los modelos atómicos clásicos (Dalton, Rutherford); y cuánticos (Schrödinger) para la explicación del enlace químico, los cuales introducen graves errores conceptuales o errores post-instruccionales, como por ejemplo: considerar al orbital atómico (o los niveles energéticos correspondientes) como zonas del espacio que existen independientemente de los electrones y que pueden ser ocupadas o no por éstos (Realismo Ontológico).

Con respecto al grado de iconicidad, se encontraron representaciones fundamentalmente de dos tipos: a) aquellas donde prima la representación orgánica, en las que se muestran objetos familiares para el lector pero sin ninguna explicación que referencie que éstos son exclusivamente una representación por analogía (en palabras de Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich (2009), modelos para), dejando una relación denotativa para dichas representaciones. y; b) las que representan acciones o magnitudes inobservables -como los átomos, iones, fuerzas de interacción entre ellos, etc.- en un espacio de representación heterogéneo, como símbolos, flechas, puntos y cruces que representan electrones,

enlaces, etc. (entendidos como “modelos de” (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009), fomentando en el lector, la posibilidad de comprensión del concepto desde la realidad de dichas entidades físicas.

“De acuerdo con la concepción semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede ser descrita de varios modos, mediante enunciados diferentes en lenguajes diferentes, y ninguna formulación lingüística tiene ningún estatuto privilegiado. Específicamente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en ningún sentido no trivial” (van Fraassen, 1989, p. 188). En este sentido, la explicación de modelo semántico del Enlace Químico entendido como una familia de modelos, no puede remitirse únicamente a un solo tipo de modo explicativo, pues le resta la validez de los demás componentes modelizados que permiten una comprensión global del fenómeno que se está explicando.

Se puede afirmar que, en general, la imagen de la ciencia que los libros de texto proporcionan es distorsionada y fruto del vacío histórico y filosófico que muestran sus páginas. Adicionalmente, los estudiantes suelen tener muchas dificultades para comprender los textos de ciencias (Snow, 2002) entendiéndolo que no son literatura específica (revistas, libros) mediante la cual los científicos comunican a la comunidad sus aportes a la Ciencia, sino son textos para enseñar y estudiar Ciencias. Por lo tanto han sido escritos para guiar a los alumnos en la adquisición del conocimiento escolar. Es así, que se vuelve necesario reflexionar sobre la selección de los libros de textos, pues éstos abordan los contenidos escolares con unas intenciones como ha quedado demostrado en esta investigación, las cuales resultan muchas veces ser distintas a las desarrolladas por el docente en el aula de clase. Por consiguiente, se tendría que evaluar especialmente aspectos de la construcción del conocimiento científico tales como la manera en la que el autor del libro de texto, intenta representar la realidad.

Elaborado por:	Néstor Raúl Vargas Beltrán
Revisado por:	Fredy Ramón Garay Garay

Fecha de elaboración del Resumen:	07	06	2017
--	----	----	------

CONTENIDO

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Descripción del Problema	11
1.2. Antecedentes.....	12
CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN	17
1. OBJETIVOS.....	19
1.1. Objetivo General.....	19
1.2. Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO 3. MARCOS DE REFERENCIA.....	21
3.1. MARCO HISTÓRICO.....	21
3.1.1. Construcción de modelos Representacionales de los Conceptos Químicos.....	21
3.2. ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS Y FILOSÓFICOS.....	25
3.2.1. Desarrollo de la Filosofía de la Ciencia. Recorrido Histórico.....	26
3.2.2. Enfoque Sintáctico Vs enfoque Semántico.....	27

	17
3.2.3. Enfoque Estructuralista.....	29
3.3.MARCO TEÓRICO.....	31
3.3.1. De las Representaciones.....	31
3.3.1.1.Las Representaciones Externas o Semióticas.....	32
3.3.1.2.Tipos de Representaciones en Química.....	33
3.3.2. De los Libros de Texto.....	34
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....	35
4.1. TIPO DE ESTUDIO.....	35
4.2. MUESTRA.....	36
4.3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	37
4.3.1. Análisis de Contenido de los Libros de Texto. Análisis Secuencial.....	38
4.3.2. El análisis Documental de Contenido (ADC).....	39
4.3.2.1.Descripción del objeto de análisis.....	39
4.3.3. Categorías de Clasificación de Ilustraciones en libros de Texto.....	46
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS.....	

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los *multimedia* se han vuelto parte de nuestra vida diaria, siendo la *imagen* la que domina en esta cultura y se constituye como un medio de expresión y el modo más familiar para acercarse a los jóvenes y niños. No en vano, las imágenes –*representaciones externas visuales*– poseen un creciente protagonismo en los materiales didácticos que se proponen y utilizan en la enseñanza de las ciencias (Fanaro, M., Otero, M. y Greca, I., 2005; Lowe, 2000) y es un carácter dominante en los libros de texto. Es por esto que los estudiantes de hoy viven inmersos en una cultura de la información plena de representaciones de carácter pictórico, tanto en sus hábitos cotidianos como en el propio ámbito educativo. Si se hiciera un comparativo entre libros de texto de Química de finales del siglo pasado y comienzos de este, saltaría a la vista el hecho de la inclusión de imágenes como referente para fijar la atención de los lectores jóvenes. Los docentes, responden a esta cultura generacional, con el suministro de material de apoyo a nuestras explicaciones basado en este carácter pictórico y los textos de enseñanza de educación media, han posicionado el componente multimedia como un aporte a la complementariedad de las explicaciones de modelos semánticos propios de la química.

Esta intensificación de las representaciones visuales en los libros de texto podría responder a diversas razones, entre las cuales se pueden mencionar aquellas vinculadas al *marketing* editorial, al lenguaje visual como requisito comunicativo de la sociedad actual y a las nuevas técnicas de fotografía digital, entre otras. Además, existen creencias en las ventajas del uso de los recursos visuales que integrarían el «imaginario pedagógico» (Otero, 2003). Así es que, en general, los profesores suelen seleccionar los libros que emplean en sus clases teniendo en cuenta la cantidad y calidad visual de las imágenes, pues suponen que las imágenes externas son evidentes, transparentes y más sencillas que otras formas de representación y, por lo tanto, se «instalan» en nuestro cerebro como un modelo de la realidad (Otero, 2003).

Con la implementación de las imágenes, se generan confusiones en la interpretación y decodificación de los modelos semánticos, pues tanto estudiantes como docentes construyen sus

significados, a partir de la interpretación y análisis que hacen de las representaciones externas pictóricas y no a partir de los significantes (Teorías, leyes, principios, modelos).

Precisamente, la propagación del uso de la imagen en los libros de texto para la construcción del discurso científico en la enseñanza de los enlaces químicos, genera interés por parte de este investigador por realizar un *análisis del lenguaje desde una aproximación semántica - estructuralista, centrando la atención en la carga de contenido del sistema de representaciones pictóricas utilizadas para la construcción del lenguaje científico.*

El abordaje de esta problemática se justifica, porque el discurso científico se construye a partir de diferentes sistemas semióticos: lenguaje natural, lenguaje gráfico, lenguaje matemático. Por tanto este trabajo concentra su interés en establecer: **a)** la complementariedad de los diferentes sistemas de representación (lingüística y pictórica), desde una perspectiva del enfoque semántico de las teorías, fundamentalmente la concepción estructuralista; **b)** el análisis de la carga de contenido (significado denotativo y connotativo) que poseen las representaciones pictóricas en los libros de texto en la explicación del tema de Enlace Químico, para lo cual se realiza un Análisis Didáctico Secuencial seguido de un Análisis Documental de Contenido; y, **c)** establecer las implicaciones didácticas y curriculares para atribuir significados a las representaciones pictóricas dentro de una comunidad discursiva en el aula de clase.

CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Problema.

En el Discurso Químico, los conceptos y modelos se dividen en tres grandes clases o dimensiones, basándose en si se ocupan de la **composición/estructura**, con la **energía**, o con el papel del **tiempo** en el proceso químico. Cada una de estas dimensiones puede, a su vez, ser abordada en cualquiera de los tres niveles conceptuales -el **molar**, el **molecular** o el **eléctrico**- (Jensen, 1998).

El *nivel molar* incluye conceptos y modelos que se utilizan para describir, explicar y predecir las propiedades a granel de sustancias y procesos sin ninguna referencia a su estructura submicroscópica. El *nivel molecular* se refiere a modelos de materia basados en la caracterización del número y tipo de átomos, moléculas o iones en un sistema y sus interacciones dinámicas, mientras que el *nivel eléctrico* se centra en los componentes subatómicos, en particular la distribución y dinámica de electrones.

Desafortunadamente, el lenguaje de la química -cuyo *enfoque* clásico ha sido el *Sintáctico*-, ha sido construido tradicionalmente como sistemas axiomáticos parcialmente interpretados, es decir, como *entidades lingüísticas* (Guerrero, 2007), atribuyéndose las dificultades del aprendizaje de esta disciplina en el intento de decodificar dicho lenguaje, complejizándose aún más cuando se intenta integrar los tres niveles ya descritos.

Por tanto, para hacer enseñable este Discurso Químico, los docentes, hacen uso de un **lenguaje específico** -*verbal, simbólico, matemático, icónico y gráfico*-, tanto **conceptual** como **metodológico**, con el ánimo de elaborar modelos que permitan acercar al estudiante a la comprensión de fenómenos propios del estudio de esta disciplina.

Al respecto conviene decir, que *la apropiación de este lenguaje específico es un proceso gradual y contextualizado* que se puede fortalecer a partir de la interacción de los estudiantes con sus profesores, con los materiales y recursos de carácter simbólico que puedan utilizar, como es el

caso de los libros de texto en los que se observa un uso (y abuso) (Perales, 2006) del recurso gráfico, para lo cual Pozo, Gómez, Limón & Sanz (1991) consideran que es preciso un esfuerzo en la **elaboración de sistemas alternativos de representación**, no sólo analíticos o proposicionales (matemáticos, algebraicos o mediante símbolos químicos) sino **fundamentalmente analógicos** (basados en imágenes).

En el caso específico del modelo enlace químico es preciso hacer uso de múltiples representaciones que permitan al estudiante considerar aspectos relacionados con el nivel molecular e incluso eléctrico que no es posible evidenciar a partir de las observaciones que hace desde el nivel molar. En este sentido, este trabajo de investigación, apoyándose en la Filosofía de la Química, reconoce que es necesario entender el Enlace Químico desde una Concepción Semántica de las Teorías, en donde prima la construcción de “Modelos” para conformar sustitutos de los sistemas reales que se están estudiando (Adúriz-Bravo, 2001). Por tal razón, la perspectiva de análisis se realizó desde la Concepción Semántica de las Teorías, específicamente en el Enfoque Estructuralista, en el cual los modelos constituyen el centro de la parte explicativa de una teoría y forman una clase o conjunto que queda caracterizado por las leyes científicas (axiomas en sentido propio) de esta teoría (Moulines, 1985; Diez y Moulines, 1999; Lorenzano, 2003).

En lo que respecta a esta investigación se considera que para un mismo fenómeno (el enlace químico) existen varios modelos o familia de modelos que intentan tener un cierto grado de semejanza con un sistema real (Giere, 1992). Por consiguiente, no se usará el término concepto o teoría de enlace químico sino que, será tenido en cuenta como un **modelo** más dentro del fenómeno de composición de las entidades químicas.

En concordancia, los sistemas de significación en el **modelo semántico del Enlace Químico** son un tema de análisis pertinente, dado precisamente a las dificultades encontradas en la interpretación de las construcciones sintácticas sumado a la pluralidad de representaciones iconográficas de las que se disponen en los libros de textos para acercar al estudiante a su comprensión.

Concretamente se hace relevante indagar el papel de las representaciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje y cómo a partir de ellas los conceptos son aprendidos (Tamayo, 2006), por lo que, esta investigación se propone responder al siguiente interrogante: **¿Cuál es la carga de contenido que existe en las Representaciones Lingüísticas y Pictóricas que emplean los**

autores de libros de texto de Educación Media, para dar significado al fenómeno de estabilidad explicado a través del modelo semántico de Enlace Químico?

1.2. Antecedentes

Abordar el análisis semántico del componente representacional externo -lingüístico y pictórico-, sirve de apoyo a la práctica discursiva del profesional de la enseñanza, en el marco del modelo de la familia semanticista de la Didáctica de la Química. A partir de esto, se pueden establecer relaciones entre significados, significantes y el Referente en cuanto al modelo de Enlace Químico. Para analizar los modos de significar que se han construido sobre las representaciones del Enlace Químico en libros de textos de Educación Media, desde una postura Semántica – Estructuralista, es conveniente referir la consulta documental de trabajos realizados que guardan relación con los objetivos propuestos en este estudio.

En primer lugar se tiene que, Juan de Dios Jiménez y Javier Perales Palacios (2001), investigadores del Departamento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada, han venido haciendo una investigación secuencial y exhaustiva sobre las ilustraciones en los libros de textos: su importancia, relevancia, Clasificación taxonómica. En su trabajo *“Aplicación del Análisis Secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO” (2001)*, desarrollan un instrumento de análisis de las secuencias didácticas de los libros de texto de ciencias que posibilita, por un lado, determinar el papel que los autores atribuyen a las ilustraciones y, por el otro, disponer de un sistema e indicadores relativo a la metodología de enseñanza subyacente a cada libro.

El estudio conduce y orienta esta investigación porque proporciona una herramienta en el análisis de las representaciones pictóricas en los libros de textos de Química de Educación Media en el tema de los enlaces químicos, con el ánimo de establecer la relevancia que los autores de dichos textos generan sobre dichas representaciones y el papel protagónico en la secuencia didáctica expuesta en la explicación del tema escogido para efectos de esta investigación.

En esta misma labor de investigación y consulta se encontraron los trabajos de Aureli Caamaño (2014), quien viene adelantando estudios sobre análisis y secuenciación de contenidos en el área conceptual y atiende a los problemas de aprendizaje de la terminología científica y el

carácter interpretativo del lenguaje científico. Particularmente en su trabajo sobre **“La estructura conceptual de la Química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas” (2014)**, el autor pretende incidir en la clarificación de la naturaleza de los componentes ontológico, conceptual y representacional (verbal, simbólico e icónico) de la química. Establece diferentes tripletes de comprensión de los conceptos estructurantes de la química, partiendo de los niveles de comprensión de Johnstone, incluyendo un componente lingüístico que permita relacionar los grados de iconicidad que se pueden generar en cada uno de los niveles, proponiendo un nivel intermedio entre el mundo macroscópico y el microscópico.

El planteamiento anterior -aunque el autor basa su trabajo en los niveles de comprensión de Johnstone-, sirve a los propósitos de esta investigación dada la aplicación y explicación que hace de las maneras de representación que pueden abordarse en cada uno de los niveles de explicación que emplea la química.

De igual manera, el trabajo investigativo de David Spencer Díaz Moreno (2014), en su trabajo de tesis de Maestría sobre **“El modelo semántico de Óxido – Reducción. Cuestionamiento frente al qué se escribe, se investiga y se enseña en Química” (2014)**, investiga sobre las formas de significar del modelo de oxidación – reducción (transferencia de electrones) presentes en los libros de textos utilizados en educación Media y Universitaria y hace el análisis de algunas tesis de Maestría de docencia de la Química de la U.P.N. que se han propuesto para la enseñanza del modelo y que pueden generar errores post-instruccionales.

La referencia anterior, se relaciona con esta investigación dado el propósito de establecer un *Análisis Documental de Contenido (A.D.C.)* tal como lo abordó dicho autor, para establecer el grado de significancia que presentan los libros de textos de Química con respecto a la explicación del enlace químico y cómo éstas construcciones lingüísticas guardan relación con el referente (objeto).

Por otra parte, se hallan los trabajos de German Guerrero Pino (2007), docente de la Universidad Del Valle, quien en sus estudios Doctorales realizó una interpretación de la teoría estructuralista de la familia Semantista. En su Tesis Doctoral, titulada, **“Enfoque Semántico de las Teorías. Estructuralismo y espacio de Estados: Coincidencias y Divergencias” (2007)**, inscrita dentro del campo de la Filosofía de la Ciencia que tiene como objeto de estudio las teorías científicas el tema que aborda tiene que ver con la naturaleza, estructura y contenido de las teorías

empíricas. Básicamente delinea en qué consiste la relación entre teoría y mundo, qué nos dice una teoría sobre cómo es el mundo, y un análisis de las teorías de acuerdo con la concepción estructuralista y la concepción de espacio de estados y el punto de vista de B.C. van Fraassen acerca de la estructura misma de las teorías.

La revisión de estos trabajos permiten ubicar esta investigación, de manera teórica, en el campo de la Filosofía contemporánea, en la cual se pretende hacer incursión con la realización de esta investigación, al pretender establecer una relación entre el componente lingüístico y el de las representaciones pictóricas y el nivel de compromiso que estas guardan con el referente de estudio, que en este caso puntual, es el Enlace Químico.

Entre algunos de los trabajos que han abordado el tema de las representaciones sobre enlaces químicos podemos mencionar el de Liliana Matus Leites, Alicia Benarroch y Francisco Javier Perales (2008) en el que se indaga sobre el análisis de las imágenes o ilustraciones contenidas en los libros de texto, centrando sus pretensiones concretamente en:

- a) Indagar en la literatura educativa sobre estudios relacionados con las ilustraciones en la enseñanza - aprendizaje de la química.
- b) Utilizar o adaptar algún instrumento para clasificar dichas imágenes en una muestra de libros argentinos de EGB 3 y Polimodal.
- c) Tratar de comparar, si es posible, los tipos de imágenes usados en ambos niveles educativos.
- d) Valorar la pertinencia de las ilustraciones utilizadas desde el punto de vista psicodidáctico.

A partir de sus aportes se puede establecer la pertinencia de la realización de un análisis de las imágenes en los libros de texto de Química de Educación media, pues pueden permitir establecer estrategias didácticas en cuanto a los modelos explicativos que se hagan del tema del Enlace Químico.

En este sentido, cabe destacar que, Ardac & Akaygun (2004) refieren que la comprensión conceptual de la química incluye la capacidad para representar y traducir problemas químicos utilizando el nivel macroscópico (observable), molecular (particulado) y formas simbólicas, por lo tanto, la instrucción en química debe fomentar el desarrollo y producción de múltiples representaciones y debe animar a los estudiantes a reflexionar en sus significados.

Lo antes señalado, tiene estrecha vinculación con los objetivos de este trabajo, en cuanto a las implicaciones didácticas y curriculares que se pueden obtener luego de la implementación de esta investigación.

En este marco, el trabajo de García (2005), es de interés para esta investigación porque plantea aspectos relacionados con la importancia de los recursos simbólicos que pueden utilizar los estudiantes, los sistemas de representación externa con los que ellos interactúan y aquellos que la ciencia utiliza para comunicar el conocimiento; aporta cuatro argumentos desde los que cobran sentido los estudios realizados sobre representaciones externas:

- (a) El lenguaje de la ciencia utiliza numerosas y diferentes representaciones para presentar los fenómenos que estudia.
- (b) Las representaciones usadas por la ciencia son de naturaleza semiótica porque pueden ser expresadas y compartidas con otros.
- (c) El aprendizaje de los conceptos pertenecientes a la ciencia, está ligado al aprendizaje sobre las representaciones que forman parte del conocimiento científico.
- (d) El aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en los procesos necesarios para formar estas representaciones semióticas y para transformarlas en otras.

Trabajos como los de Tamayo (2001) también han enfocado un interés sobre las representaciones y su relación con la evolución conceptual; este autor plantea que el análisis del discurso escrito de los estudiantes permite evaluar la evolución conceptual y que dicho análisis permite acercarse comprensivamente a las distintas representaciones sobre fenómenos específicos (como la respiración) así como también se puede obtener información sobre aspectos relacionados con el conocimiento cotidiano y científico de los estudiantes. De los aspectos planteados en este trabajo es de gran importancia, la relación que existe entre el cambio conceptual (entendido como la posibilidad de acercarse al conocimiento científico a partir de la construcción y reconstrucción de las representaciones que surgen de las ideas previas que los estudiantes tienen y cómo a través de las representaciones se puede evidenciar el cambio del concepto que tiene el estudiante) y el uso adecuado del lenguaje propio de la ciencia.

La revisión de esta literatura da pie para reconocer un potencial de investigación, porque, si bien se ha estudiado sobre las representaciones simbólicas en Química y se han hecho estudios sobre los grados de dificultades del modelo semántico de Enlace químico, no se ve reflejada una

investigación sobre el tema central de este trabajo: Análisis semántico - estructuralista de las representaciones de Enlace Químico en los libros de texto de educación media.

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN

Todos los actores del proceso educativo (docentes, estudiantes, padres de familia, directivos, etc.), deben ser conscientes de la relevancia que tiene el libro de texto como una herramienta didáctica dentro de todo el proceso de reconceptualización, formación en el saber ser y saber hacer, promoviendo procesos orales y escritos que favorecen un aprendizaje. Según Escolano (1997), el libro escolar resulta ser, además, un espejo que refleja en sus marcos materiales los rasgos de la sociedad que lo produce, la cultura del entorno que circula y la pedagogía que a modo de sistema autorreferente, regula sus prácticas de uso. De acuerdo con el Decreto 1860 de 1994 (MEN, 1994), el texto escolar: *“Debe cumplir la función de complemento del trabajo pedagógico y guiar o encauzar al estudiante en la práctica de la experimentación y de la observación, apartándolo de la simple repetición memorística”*.

Los textos escolares son una entrada a la información necesaria para construir saberes, por eso no deben tomarse como único material didáctico en el aula, puede ser el punto de inicio, pero nunca el de llegada del conocimiento, no debe terminar con unos datos sino empezar o continuar la construcción de un conocimiento. Así, ha de tener estructura que ayude a los maestros y maestras a elaborar sus propias situaciones de aprendizaje, que los oriente para encontrar caminos, métodos y técnicas y, sobre todo, que les muestre que hay muchas posibilidades de ampliar los conocimientos y experiencias tanto en la vida misma como en los libros y otros vehículos de la información y la expresión.

Entendiendo el libro de texto como una ayuda didáctica, se debe reconocer la importancia de la imagen en estos materiales, puesto que como lenguaje específico de transmisión de información y relaciones de forma iconográfica, la imagen es un lenguaje que facilita o no la comprensión de determinadas informaciones más eficazmente que el lenguaje verbal. Por ello es necesario analizar la carga de contenido que existe en las Representaciones Lingüísticas y Pictóricas que emplean los autores de libros de texto de Educación Media, para dar significado al fenómeno de estabilidad explicado a través del modelo semántico de Enlace Químico, que sirva de

apoyo a la práctica discursiva de los docentes y el debido empleo del lenguaje icónico a través de una investigación desde una postura *semántica* dentro de un enfoque *estructuralista*.

Recientemente se está prestando atención al lenguaje y se hace uso del marco referencial que aporta la semiótica, porque el discurso científico se construye a partir de diferentes sistemas semióticos: *lenguaje natural*, *lenguaje gráfico*, *lenguaje matemático*, *lenguaje gestual*. Las representaciones externas, presentan así, cuatro componentes (Eysenk y Keane, 1990; Markman, 1999; cita en Greca, 2000; Roth, 2002): a) Un mundo representado (**referente**); b) un mundo representante (**signos**); c) reglas de representación (que permiten, a través de un proceso cognitivo, atribuir **significado a las representaciones**); y, d) un proceso que usa la representación (**contextualización**).

Abordar aspectos sobre las relaciones existentes entre las formulaciones teóricas (representaciones lingüísticas) y la imagen (representación pictórica), resulta ser un trabajo relevante porque hace parte de los intereses que hoy en día tiene la didáctica de las ciencias en el campo de la Familia Semanticista. Además, entender cómo las representaciones contribuyen a la comprensión del modelo semántico de enlace químico cobra importancia ya que con ello se pueden establecer criterios y bases para la enseñanza de este concepto, determinando su interpretación en los niveles molar, molecular y eléctrico estableciendo una unidad lingüística entre el significado (concepto) el Significante (Término) y el Referente (Objeto).

A partir de la presentación de los anteriores escenarios, surge la pregunta: **¿por qué es necesario realizar un análisis semántico - estructuralista de las representaciones de los enlaces químicos en los libros de texto de educación media?**

La respuesta a este interrogante, se basa fundamentalmente en cuatro elementos:

- En primer lugar, en el proceso de aprendizaje de la Química, el modelo semántico de *enlace químico* es de suma importancia, al ser *estructurante* en la química, pues hace posible explicar cómo se unen -y mantiene unidos- los átomos al interior de una molécula o una red cristalina, razón por la que el Ministerio de Educación Nacional al momento de elaborar los estándares básicos de competencias para Ciencias Naturales lo incluyó para ser abordado desde la Educación básica secundaria (Ministerio de Educación Nacional, 2004). El Enlace Químico se considera eje fundamental para el entendimiento de los procesos implícitos en la

transformación de la materia, la comprensión de reacciones químicas y la explicación a múltiples fenómenos naturales, tales como: la reactividad de las sustancias, la conformación tridimensional de estructuras cristalinas en minerales o la reorganización molecular llevada a cabo durante la fotosíntesis y la respiración (Roa, 2011).

- Segundo, se aprecia que en los libros de texto existe una tendencia indiscriminada a emplear diversos modelos para explicar el concepto de enlace (Solbes & Vilches, 1991), como consecuencia, se genera una mezcla entre ellos en la red conceptual del estudiante, originando así una visión distorsionada que impide la unificación del concepto de enlace químico.
- Tercero, se debe entender la relación que guarda la construcción de los referentes lingüísticos (generalmente sintácticos) que explican el modelo semántico del Enlace Químico y el uso de referentes simbólicos empleados para ampliar el marco explicativo de dicho concepto. Dicha temática debe fundamentar una permanente reflexión en la didáctica de la Química.
- Finalmente, porque es fundamental proponer una discusión rigurosa y sistemática en el marco del nuevo enfoque de la Didáctica de las Química: la familia semanticista. Dentro de este marco, el enfoque Estructuralista, brinda elementos de análisis que permiten entender la carga de contenido que se le han atribuido a las representaciones simbólicas en los libros de texto con el pretexto de ejemplificar el concepto de enlace Químico.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la carga de contenido que existe en las Representaciones Lingüísticas y Pictóricas que emplean los autores de libros de texto de Educación Media, para dar significado al fenómeno de estabilidad explicado a través del modelo semántico de Enlace Químico, desde una postura *semántica - estructuralista* que sirva de apoyo a la práctica discursiva de los docentes.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conformar un esquema de análisis que permita interpretar las formas de intervención no verbal que emplean los textos de Química de Educación Media en la enseñanza del modelo semántico del Enlace Químico.
- Identificar las formas de significar del Modelo Semántico de Enlace Químico presente en los libros de Texto utilizados en la Educación Media.
- Determinar el grado de iconicidad que emplea un texto de Química en la decodificación de las teorías científicas a la luz de una postura semántica - Estructuralista.

CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. MARCO HISTÓRICO

La construcción del conocimiento surge de la necesidad de tener modelos que permitan un acercamiento a la explicación del comportamiento de la naturaleza que permita tener una mejor interacción con ella. Esto posibilita apartarse de una mirada historicista y en su lugar, hacer referencia a una historia de las ideas científicas, o en otras palabras una evolución de dichas ideas y, como lo manifiesta Bachelard, una evolución del espíritu científico (Roa, 2011).

3.1.1. Construcción de modelos representacionales de los conceptos químicos.

Al realizar una revisión histórica se puede evidenciar que el concepto de enlace no fue planteado y aceptado de inmediato por la comunidad científica, sino que por el contrario, fue un concepto que pasó varios periodos bajo diferentes nombres. Esto dio lugar a diversos debates sobre los comportamientos y propiedades de las sustancias y la explicación de la estructura a partir de dichas construcciones teóricas.

Es importante preciar que existe una relación establecida entre los conceptos de átomo y enlace químico, pues, los cambios de paradigma concernientes a la estructura atómica han generado transformaciones significativas en los modelos explicativos de las teorías de enlace químico. De este modo la evolución de las teorías atómicas va de la mano de la evolución del concepto de enlace químico.

Para iniciar esta reconstrucción, es importante fijar un punto de origen y por eso ubicamos la discusión en la cultura Griega, quienes se cuestionaron -de una manera racional y objetiva-, sobre la constitución de la materia, específicamente con la escuela atomista. Se atribuye al *principio de los contrarios*, planteado por Heráclito, la responsabilidad de la integración y asociación de los elementos para conformar el mundo y el hombre. Posterior al pensamiento jónico, el filósofo griego Empédocles propuso la doctrina de *la afinidad* como la responsable de la combinación o separación

de las minúsculas partículas constituyentes de los objetos, pero bajo el principio del odio y del amor como ingredientes adjuntos a la materia, siendo este “el primer intento para explicar las combinaciones a base de un sistema fijo de fuerzas” (Leicester, 1967), traducidas en el concepto de afinidad, desde el punto de vista estrictamente material y no energético.

El desarrollo del pensamiento griego dio paso a la **concepción materialista y mecanicista del universo**, a partir de los conceptos de átomo, movimiento y vacío, la escuela atomista se centró en el análisis de las formas, tamaños y movimientos de estas partículas constituyentes de la materia, sin darle relevancia a la forma de asociación existente entre ellas. La visión atomista griega se transformó con los planteamientos de Epicuro, quien se interesó en comprender los mecanismos por los cuales los átomos se unían, y así explicaba la naturaleza de la materia y “*el universo, y también las partes o seres de que consta, como el resultado de los átomos primitivos, los cuales moviéndose y chocando eternamente en el vacío dan y darán origen a todos los seres reales*” (González & Tunon, 2007).

Epicuro concibe a los átomos como partículas sólidas de diversas apariencias geométricas, con hendiduras y protuberancias en forma de ganchos o anclas en constante movimiento, causado por la oscilación natural (de arriba hacia abajo y viceversa) o por el azar, generando este último declinaciones fortuitas denominadas **clinamen**, responsables de la unión entre átomos, pues “provocan la agregación de unos con otros y la generación de cuerpos y compuestos de todo tipo” (Ayllon, Diaz, & Izquierdo, 2007). De este modo, se atribuye la formación de enlaces al movimiento libre, declinado y espontáneo de los átomos, que chocan y se enganchan unos con otros por medio de sus protuberancias.

Aunque las ideas aristotélicas tuvieron tanto peso intelectual que dominaron el pensamiento casi por veinte siglos, hacia el siglo XVII resurge una **filosofía mecánica** que buscaba explicar la naturaleza del universo, sin acudir a fuerzas ocultas y misteriosas sino en función de una base mecánica. En este escenario apareció Robert Boyle, quien retomó la teoría atómica, asumiendo que la materia estaba formada por partículas pequeñas, cuya variedad de tamaños, formas y movimientos, les permitían por mutuo ensamblaje ejercer una atracción y afinidad, de esta manera eliminó un obstáculos epistemológico que se había consolidado por siglos y así los conceptos “simpatía y odio” dejaron de emplearse para explicar la unión entre partículas.

Hacia el siglo XVIII, John Dalton (1766 – 1844), encuentra en el estudio de los gases un recurso para proponer un **primer modelo icónico del átomo**. Lo elabora y da a conocer, primero, en 1808 y definitivamente en 1827, en su *New System of Chemical Pilosophy*; modelo que expone en los capítulos *Acerca de la constitución de los cuerpos* y en *Acerca de la composición química*. En estos capítulos asume los átomos como esferas duras, que representa gráficamente con círculos, introduciendo puntos o rayas para diferenciar las distintas sustancia simples y las compuestas conocidas en la época (Lockemann, 1960).

T. Bergman y C.L. Berthollet a finales del siglo XVIII proponen *la fuerza de gravedad como la responsable del enlace químico*, sin embargo, ésta presunción no podía explicar la gran estabilidad del agua al calentamiento, comparada con el óxido de mercurio, el cual por ser más pesado debería ser más estable (Cruz-Garritz, Chamizo & Garritz, 1987). Esta experiencia permite descartar un referente teórico, con mucha validez pero que no es aplicable a la situación en cuestión.

Se abre así, el paso a la explicación del enlace químico desde otro referente. Berzelius propone la formación de enlaces químicos desde una **perspectiva eléctrica de la materia**, partiendo de las experiencias realizadas con sustancias que conducían la corriente eléctrica y realizando sustituciones de elementos en diferentes tipos de compuestos, justificando estos comportamientos desde el carácter eléctrico que pudieran tener las sustancias con las que trabajaba (Cruz, Chamizo & Garritz, 1987). Pero esta teoría también tuvo que ser reemplazada, debido a que al tratar de extenderla a las sustancias orgánicas, se observó que los comportamientos que exhibían estas sustancias no fueron los que se esperaban.

A partir de esto, se dio paso a otro tipo de pensamiento, en el que predominaba la concepción del **enlace como una fuerza que mantendría unidos a los átomos**, dejando de lado el pensamiento de que los átomos únicamente se unen porque poseen cargas eléctricas, abriéndose así un gran camino por recorrer en el estudio de las sustancias orgánicas. El concepto de molécula formulado por Laurent, poco a poco fue admitido entre los químicos y empezó a constituirse en el eje representacional del objeto de saber de los químicos. A mediados del siglo XIX, se propusieron las primeras representaciones de las fórmulas moleculares.

Al problema de la explicación de cómo se enlazan los átomos para formar moléculas, contribuirá: C. H. Wichelhaus (1842 – 1927) quien propone el concepto de **valencia** para designar la atomicidad y, Bútlarov, A. (1828 – 1886) quien introduce el concepto de **estructura**.

El interés por explicar la naturaleza del enlace químico, renació al inicio del siglo XX, al retomar los estudios sobre el átomo y su estructura, dándose especial relevancia en estos primeros años al descubrimiento del electrón y a las disertaciones sobre espectroscopia de Bunsen, Kirchhoff y Johann Balmer; punto de partida y materia prima para el planteamiento de diversos modelos atómicos.

El descubrimiento del electrón, plantea un nuevo paradigma, generando un marco explicativo para el enlace químico que, al final, con el advenimiento de la teoría cuántica, se convierte en el eje central de la explicación de las uniones entre los átomos en una molécula. El punto de partida, es el modelo de Lewis¹, quien establecía: “*los electrones de un cubo externo incompleto pueden ser cedidos a otro átomo o pueden recibirse de otro para completar el cubo, explicando así las valencias positivas y negativas*”. Lewis y por Kossel en 1916, los cuales consideraban que el **enlace químico es de tipo electrostático**, resultado de la carga que adquieren los átomos para alcanzar la configuración de un gas noble.

La mecánica cuántica y la mecánica ondulatoria resultaron ser complementarias y ambas fueron fructíferas para la comprensión de la valencia, por ello, se emplearon los mismos principios de la física cuántica a la explicación del enlace químico. Una de las primeras aplicaciones de la mecánica cuántica a la química, fue calcular la energía de formación de la molécula de Hidrógeno, aspecto trabajado en 1927 por los físicos Walter Heiter y Fritz London, con lo que se establecería un enlace químico de longitud definida, así se explicaba el enlace covalente y de esta manera surge la **teoría de Orbital Atómico**.

Estas ideas fueron tomadas por Slater, Born, Weyl y en especial por Linus Pauling, quienes las aplicaron al estudio de moléculas más complejas, con lo cual, se desarrolló la **Teoría de Enlace de Valencia**. En el año 1939 Pauling escribe el libro “*The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*”. En este se compilaban los aspectos básicos y fundamentales sobre el enlace químico, definiéndolo así: “*Diremos que hay un enlace químico entre dos átomos o grupos de átomos en el caso que las fuerzas que actúan entre estos son tales como para conducir a la formación de un agregado con la suficiente estabilidad para hacer*

¹ Los primeros bosquejos acerca de su modelo fueron presentados por Lewis a sus estudiantes en 1902, cuando era instructor en la Universidad de Harvard (Leidler, 1995), por lo que puede deducirse que **tuvo su origen en una intencionalidad didáctica**. (Urbina, S., Gallego, R., Royman, P., Gallego, A., 2008)

conveniente para el químico el considerarlo como una especie molecular independiente” (Citado en Espinoza, 2004, p. 105).

En la segunda mitad del siglo XX se proponen dos nuevas teorías, una corresponde a los átomos en la molécula (AIM) en donde “una interacción enlazante es aquella en la cual los átomos se conectan por una vía de enlace y comparten una superficie interatómica” (Espinoza, 2004), mientras que la segunda es la teoría funcional de la densidad, centrada en las distribuciones de densidad electrónica y cuyo inicio se remonta al año 1929 con el modelo desarrollado por Llewellyn Thomas y Enrico Fermi, el cual no tuvo inicialmente eco entre los científicos de la época, debido a que no existía un avance computacional.

En la década de los años 60, los aportes dados por Pierre Hohenberg, Walter Kohn y Lu Sham permitieron establecer el marco conceptual teórico en el que se basa el método usado actualmente, el cual se ha fortalecido con las contribuciones dadas por Walter Kohn -Premio Nobel en Química en el año 1998-, por su desarrollo de la **teoría funcional de la densidad**, la cual ha revolucionado la comprensión actual de la estructura electrónica en los átomos con las consiguientes implicaciones sobre la teoría del enlace.

La teoría funcional de la densidad es empleada para calcular, por ejemplo, la energía de enlace de las moléculas químicas y la estructura de bandas de los sólidos en la física, de esta manera, se abre las puertas a una nueva teoría de enlace, quizás para volver a romper paradigmas y así superar más obstáculos epistemológicos, permitiendo a la química avanzar en el conocimiento de la naturaleza del enlace químico.

Este recorrido, centrado en el interés de la evolución de las teorías con el ánimo de explicar el mismo fenómeno, permite descubrir la riqueza que tiene una construcción semántica de un modelo explicativo y el uso de Representaciones icónicas que permiten precisamente Representar esa porción de la realidad que se quiere explicar.

Para ubicar mejor esta comprensión, es necesario crear un marco explicativo del enfoque Epistemológico y Filosófico que esta investigación asume con el ánimo de dar respuesta a los interrogantes e intereses planteados al inicio de este trabajo.

3.2.ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS Y FILOSÓFICOS

La Filosofía de la Química es una nueva disciplina de la Filosofía de la Ciencia que se ha consolidado plenamente como un campo de investigación interdisciplinario en los últimos años. Pioneros de la filosofía de la química tales como Eric Scerri, Nikos Psarros y Jaap van Brakel, entendieron la necesidad de tener una Filosofía Química, independiente de otros tipos de Filosofías de la Ciencia, especialmente de la Filosofía de la Física. Esta disciplina ha concentrado mucho de su esfuerzo en asuntos tales como la autonomía y la identidad de la química como ciencia y su relación con su imagen manifiesta, de manera tal que pueda ser una herramienta útil que ayude a solucionar los problemas de sobrevivencia de la química como ciencia autónoma, que permita de esta forma mejorar la imagen que tienen la química y los químicos hoy en día (Vivas Reyes, 2009). Entre la amplia variedad de tópicos que se discuten en la actualidad, el enlace Químico es objeto de incesantes discusiones en el plano epistemológico.

3.2.1. Desarrollo De la Filosofía de la Ciencia. Recorrido Histórico de la Naturaleza del Conocimiento Científico

Se pueden establecer tres etapas principales que pueden resumir el desarrollo de la Filosofía de la ciencia. En cada uno de estos períodos prevalece una determinada concepción de la naturaleza y estructura de las teorías científicas (Guerrero 2008):

A. Período Clásico, hasta finales de los años sesenta. Durante este periodo se establece la llamada **Concepción Heredada**, representada por autores como Carnap, Reichenbach, Popper, Hempel, Nagel, etc. Su tarea fundamental es reconstruir la estructura lógica de las teorías científicas de acuerdo con el ideal de la unidad de la ciencia. Se trata de una concepción axiomática, **las teorías como sistemas axiomáticos empíricamente interpretados**, característica del movimiento del empirismo lógico. Sus componentes básicos son:

- el método de reconstrucción axiomática de las teorías científicas en el marco del lenguaje formal de la lógica (predominantemente de la lógica clásica),
- la distinción en los lenguajes de la teoría empírica entre términos (y enunciados) teóricos y términos (y enunciados) observacionales,

- el conjunto de tesis epistemológicas (fenomenalismo, empirismo, etc.) con las que se intenta resolver el problema de las relaciones entre el lenguaje de las teorías y la realidad a la que se refieren.

B. Período historicista o pos-analítico. Iniciado en los sesenta y dominante durante los setenta y principios de los ochenta. Autores representativos son Hanson, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, etc. Se trata de una concepción donde se ven las **teorías como proyectos de investigación**. Pone de relieve una serie de características del enfoque clásico que ahora son vistas como limitaciones del mismo: La reducción de las teorías científicas a entidades lingüísticas y la problemática metacientífica al llamado contexto de justificación. La ciencia aparece como una empresa compleja, no reducible a su dimensión estrictamente lingüística (que, sin embargo, no se niega), sino inserta en el resto de la cultura y de las actividades sociales, y dotada de un carácter esencialmente dinámico y autotransformador. Adquiere una importancia especial el problema del cambio de significado de los términos y proposiciones científicas a lo largo del desarrollo de la ciencia. El reto que plantean las teorías de Kuhn y Feyerabend a la filosofía de la ciencia, y que comparten con autores como Hanson, Toulmin, y el último Lakatos, es el reto de la propia racionalidad del cambio científico y, paralelamente, el del estatuto filosófico de la propia teoría de la ciencia.

C. Período semanticista. A finales de los setenta y en los ochenta, aunque algunas versiones venían desarrollándose con mucha anterioridad, se extiende y acaba imponiéndose en general una nueva caracterización de las teorías científicas que se ha denominado **Concepción Semántica de las Teorías**. En realidad no se trata de una única concepción sino de una familia de ellas que comparten algunos elementos generales relativamente unitarios en comparación con las caracterizaciones de la Concepción Heredada. A esta familia pertenecen, entre otros:

- Suppes, su pionero en los cincuenta, y su escuela de Stanford, anticipando las ideas y métodos conjuntistas y probabilistas;
- Van Fraassen (concepción espacio de estados), Giere y Suppe en EEUU; Van Fraassen en concreto ha aportado su conocida concepción semántica de las teorías, que ha aplicado al análisis de la mecánica cuántica. Mosterin y Torreti han hecho también contribuciones en esta dirección.

- La concepción estructuralista (o concepción no enunciativa) de las teorías, iniciada en EEUU por Sneed y desarrollada en Europa, principalmente, por Stegmüller, Moulines y Balzer. Las teorías no son colecciones de proposiciones ni de enunciados, sino que más bien son entidades extralingüísticas que pueden ser caracterizadas o descritas por medio de formulaciones lingüísticas diferentes.

3.2.2. Enfoque sintáctico versus enfoque semántico

El enfoque semántico apuesta a que las teorías científicas quedan mejor comprendidas como conjuntos de modelos en el sentido matemático abstracto, que como conjunto de enunciados. Esta observación no demuestra, desde luego, que no se pueda obtener una comprensión adecuada de las teorías a partir del análisis de las formulaciones lingüísticas de las mismas, pero indica que es probable que un enfoque semejante produzca una imagen distorsionada de la naturaleza de las teorías científicas.

En este sentido, es evidente que los enfoques semánticos, no sólo sintácticos, a la hora de analizar teorías, constituyen una alternativa válida a la de la Concepción Heredada y a la de los *análisis weltanschauungísticos* (como por ejemplo los de Kuhn y Lakatos) que se quedan en la mera formulación lingüística.

A la Concepción Heredada, que veía la teoría empírica como conjunto de enunciados, Van Fraassen la denominó enfoque sintáctico-axiomático, en contraposición al enfoque semántico.

Dentro del enfoque sintáctico las teorías científicas se conciben como cálculos formales o sistemas formales axiomáticos parcialmente interpretados mediante reglas de correspondencia que relacionan los términos teóricos con los términos observacionales.

La principal dificultad a la que se enfrenta el enfoque sintáctico es su dependencia lingüística, en la implicación que establece al afirmar que las teorías son entidades lingüísticas. En ellas, todo cálculo formal está asociado con un sistema sintáctico, se encuentra bajo el yugo de la sintaxis de un lenguaje.

En la práctica científica, está claro que se puede tener dos formulaciones de una misma teoría. Si nos atenemos al enfoque sintáctico, hablar de dos formulaciones diferentes implica hablar de sintaxis diferentes y dos formulaciones en este enfoque significan dos teorías distintas.

El enfoque semántico supera esta deficiencia asimilando una teoría con una entidad no lingüística, con un conjunto de modelos. Esta sería la concepción semántica estándar de Suppes.

Una figura clave y significativa de este enfoque semántico es, por tanto, la de Patrick Suppes. A él se debe la idea de sustituir la axiomatización de una teoría mediante un sistema formal, al que luego se le busca una interpretación adecuada, por la definición semiformalizada de un predicado conjuntista.

La discusión en torno al uso de modelos en las ciencias empíricas encuentra también en Suppes una posición característica: Aquella que consiste en considerar tanto los sistemas físicos idealizados de los que se ocupan las teorías científicas, cuanto los sistemas de datos que sirven para su comprobación y contrastación, como modelos de estructuras abstractas definidas conjuntistamente.

3.2.3. Enfoque estructuralista

En filosofía de la ciencia se conoce como Estructuralismo al programa de reconstrucción de las teorías físicas propuesto por Sneed y reelaborado y divulgado por Stegmüller y Moulines. El estructuralismo establece una síntesis del aparato formal de Suppes, del racionalismo crítico y del positivismo lógico con la corriente historicista de la ciencia.

Moulines propone una definición recursiva de la Filosofía de la Ciencia como teorización sobre teorizaciones, cuya epistemología no es descriptiva, ni prescriptiva, sino interpretativa. Las teorías de la ciencia son construcciones culturales, pero ello no implica que la Filosofía de la Ciencia sea sustituida por una sociología de la ciencia. Para Moulines, **el estructuralismo es esencialmente una teoría acerca de las teorías científicas, acerca de su identidad, estructura, relaciones mutuas y evolución.**

Dos son las obras claves del estructuralismo: “*An Architectonic for Science*” de Balzer, y “*Logical Structure of Mathematical Physics*” de Sneed, libro que va a constituir sin duda un hito fundamental en la evolución de la actual filosofía de la ciencia. El objetivo de esta obra es ***proporcionar un método de análisis de las teorías científicas alternativo al punto de vista tradicional de los herederos del Círculo de Viena y dentro de un espíritu común a los partidarios del enfoque semántico*** (Guerrero, 2008). Aunque escrito solamente con la pretensión de que el sistema interpretativo valga para las teorías altamente formalizadas de la física matemática (el material real de cuyo análisis se ocupa es la mecánica clásica de partículas según la axiomatización

de McKinsey, Sugar y Suppes), las ideas que desarrolla parecen generalizables a otros tipos de ciencias.

La idea de que el formalismo de Sneed constituye el nuevo marco de referencia obligado para tratar filosóficamente el problema de la estructura y el cambio de las teorías científicas debe su difusión a la insistencia con que Stegmüller la ha desarrollado.

La idea fundamental de este nuevo enfoque de la filosofía de la ciencia se puede enunciar así: “*una teoría científica consta de dos componentes principales, un núcleo K y conjunto I de aplicaciones propuestas (intended) de la teoría. K es una estructura matemática; I es el conjunto de sistemas que constituyen modelos de K* ”. (Guerrero, 2010)

Analizar una teoría científica es poner de manifiesto su estructura matemática o núcleo estructural, así como localizar el conjunto de sus aplicaciones. De esta manera se combinan en la teoría de la ciencia el análisis formal y la tarea histórico-pragmática de localizar las aplicaciones paradigmáticas que constituyen un componente esencial de la teoría. El análisis de Sneed permite distinguir claramente entre las proposiciones que figuran en la exposición o el uso de una teoría y la teoría misma. Una teoría es un compuesto de un núcleo estructural abstracto más un conjunto de pretendidas aplicaciones de ese núcleo a sistemas físicos.

La propuesta de Sneed es relativizar el término teórico, transformándolo en «técnico para una teoría T dada»; es decir no se hablará de términos teóricos frente a términos observacionales, sino simplemente de términos «**T-teóricos**» o técnicos en relación con la teoría T , y de términos «**no T-teóricos**» es decir no técnicos en relación con la teoría T . La definición que se propone para *T-teórico* es esta: “una función f se considera teórica respecto a una teoría T (T -teórica) si la determinación de los valores de f supone la validez de la teoría T ”. Esta definición de teoricidad pone de manifiesto el problema básico que plantea la presencia de términos teóricos: si el valor de una afirmación empírica en que aparece un término *T-teórico* depende de la validez de la teoría y ésta sólo se puede establecer estableciendo la validez de sus afirmaciones empíricas estamos condenados al círculo vicioso, o al regreso al infinito.

Desde el momento en que una teoría no es equivalente al conjunto de sus afirmaciones empíricas, sino que es una estructura abstracta más, un conjunto de aplicaciones históricamente

dadas, no se puede hablar propiamente de refutación de una teoría (en realidad de un núcleo teórico o paradigma).

Esto no implica, sin embargo, conceptualizar la labor del científico normal como una tarea acrítica: el científico en un período normal es perfectamente racional dentro de su paradigma cuando trata de encontrar expansiones del núcleo de su teoría y del conjunto I de sus aplicaciones. Desde este punto de vista es posible el progreso científico dentro de un paradigma como una forma de progreso «normal».

El desarrollo normal de una teoría consiste en la expansión de su núcleo mediante leyes específicas y la expansión del conjunto de las aplicaciones; en tal caso se puede hablar de un progreso científico en el seno de un mismo paradigma en el sentido de Kuhn o de un mismo programa de investigación en el sentido de Lakatos.

Las revoluciones científicas de que habla Kuhn pueden entenderse como progresos científicos si la teoría desplazada se puede reducir a la nueva teoría. Se puede hablar así no de progreso absoluto y acumulativo de la ciencia sino de un progreso relativo a una determinada línea de desarrollo. En todo caso, en la operación de desplazamiento de teorías puede haber un componente práctico (o pragmático) cuya caracterización tendría que ver más con la lógica de la decisión que con la de la racionalidad teórica. Una de las aportaciones más significativas de este enfoque de la estructura de las teorías científicas consiste en haber puesto de relieve lo que podríamos llamar el aspecto constructivista de la teorización científica.

Inventar una teoría es construir una estructura y proponer un conjunto de aplicaciones. Sneed tiene el mérito evidente, señalado por todos, de haber proporcionado instrumentos analíticos poderosos para dilucidar los aspectos lógicos presentes en la historia del desarrollo científico, hasta el punto de que hoy puede parecer anticuada la pregunta del debate entre Kuhn y Popper. Hay que decir, sin embargo, que no es ésta la única manera de superar los planteamientos analíticos clásicos ni de integrar las aportaciones de la filosofía postanalítica de la ciencia.

3.3.MARCO TEÓRICO

Una vez abordado un marco de Referencia en el campo de las Metaciencias, es momento de centrar los aspectos de orden teóricos necesarios para ubicar al lector en conceptos que son relevantes para la comprensión de los resultados y los análisis que se originen.

Atendiendo al título de esta investigación, se da cabida en esta sección a la comprensión del concepto de Representación y de Libro de Texto, pues son ideas estructurantes y coyunturales en los que se quiere generar un discurso argumentado a la luz de los resultados encontrados de la mano de lo que ya se ha contemplado en líneas anteriores.

3.3.1. De las Representaciones

Uno de los temas de mayor interés en la actualidad en campos del saber tan diversos como la Filosofía, las ciencias cognitivas, la semiótica y la didáctica de las ciencias, es el de las representaciones. Son frecuentes las publicaciones que tienen como propósito central entrar a precisar qué se entiende por representación, cómo se construyen las representaciones, cómo cambian, cuál es el papel de la educación en su transformación y cuáles son las relaciones entre las representaciones que tienen los sujetos sobre un objeto o un fenómeno y las representaciones sociales de éste (Tamayo 2006).

Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, se consideran las *representaciones* como cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro mundo interior, estas representaciones son construidas tanto por científicos como por cualquier otro sujeto, en el primer caso obtendríamos una teoría científica y en el segundo, una teoría intuitiva acerca del mundo (López, Saldarriaga & Tamayo, 2007).

En la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular es importante considerar las representaciones que tienen y usan los estudiantes y docentes en el aula de clase con el fin de identificar cuáles son las ideas que los estudiantes tienen con relación a un tema en particular y cómo un proceso de enseñanza centrado en el empleo de diferentes registros representacionales por parte del docente aporta al aprendizaje de los conceptos estudiados. Para ubicar el marco desde el cual se asume este estudio, es necesario destacar algunos aportes realizados por autores refiriéndose a las representaciones internas y externas, en ellos se considera

la importancia de las representaciones mentales en la medida que contribuyen a enriquecer los procesos cognitivos.

3.3.1.1.Las representaciones externas o semióticas.

Las representaciones externas o semióticas son formas de expresión tales como el lenguaje, los diversos sistemas de escritura, los símbolos, las gráficas, ecuaciones, tablas, que hacen parte de un sistema particular de signos y tienen la cualidad de poder convertirse a otros sistemas semióticos con significados diferentes para las personas que las utilicen. Según Duval (1999), las representaciones semióticas están relacionadas con tres actividades cognitivas a saber; la formación de representaciones, el tratamiento de las mismas y su conversión.

La formación de representaciones consiste en seleccionar un conjunto de signos dentro de un sistema semiótico, para representar las características principales de un objeto; la asignación de nombres, la construcción de imágenes esquemáticas de los objetos o la codificación de relaciones o propiedades pertinentes a una transformación de los mismos, corresponden a esta actividad. El tratamiento de las representaciones consiste en transformarlas en otras que están expresadas en el mismo sistema semiótico, por ejemplo cuando se responde a una pregunta o se soluciona un problema, por último, la conversión de las representaciones consiste en la transformación de una representación en otra, que está expresada en un sistema semiótico diferente, a esta actividad corresponden la traducción, la ilustración, la transposición, la interpretación, codificación, entre otros.

Por lo tanto, en la enseñanza y aprendizaje es importante tener presente estos tres procesos cognitivos, para que los conceptos se aprendan en profundidad, desde esta perspectiva se propone el mayor uso de representaciones en uno o varios registros semióticos, dando importancia a las relaciones establecidas entre las diferentes representaciones, ya que dichas relaciones contribuyen a tener en cuenta aspectos antes no considerados en la definición del concepto, los cuales son relevantes para su aprendizaje; si solamente se usa un tipo de registro, éste resultaría insuficiente para explicar un objeto o fenómeno, pues puede tener en cuenta solo algunos aspectos y dejar de considerar otros que son relevantes para la definición del concepto; en la medida que se usen múltiples registros, se amplían las relaciones que se establecen, lo que contribuye a una definición más cercana al concepto científico (Moreira & Greca, 2002).

3.3.1.2. Tipos de representaciones en química

En la bibliografía existe un gran número de trabajos que se refieren a las representaciones. El primer tipo corresponde a las representaciones de los fenómenos experimentados con los sentidos, el segundo tiene como objetivo apoyar una explicación cualitativa de los fenómenos, mientras que el tercero tiene como objetivo apoyar una explicación cuantitativa de los fenómenos. Con algo más de detalle los tres tipos se caracterizan a continuación.

a. Representaciones fenomenológicas

Este nivel consiste en las representaciones de las propiedades empíricas de los sólidos, líquidos (incluyendo las disoluciones), coloides, gases y aerosoles. Las propiedades son perceptibles tanto en el laboratorio como en la vida cotidiana y, por tanto, pueden ser medidos. Ejemplos de estas propiedades son la masa, la densidad, la concentración, el pH, la temperatura y la presión osmótica.

b. Representaciones modélicas

En química se desarrollan modelos para explicar las causas de los fenómenos que son de su competencia. Es común generar modelos a partir de entidades como átomos, iones, moléculas y radicales libres. Por ejemplo, un sólido puede describirse en términos de átomos, iones o moléculas como un conjunto de entidades. Estas descripciones se pueden dar también en el modo visual de la representación, por ejemplo en forma de diagramas o gráficos (es decir, dos dimensiones), o en modo material, por ejemplo maquetas esfera-varilla (es decir, tres dimensiones).

c. Representaciones simbólicas

Este nivel implica la asignación de símbolos para representar los átomos, ya sea de un elemento o de los grupos vinculados de varios elementos, de los signos para representar el cambio eléctrico, de los subíndices que indican el número de átomos en un ion o molécula, de las letras para indicar el estado físico de la entidad.

3.3.2. De los Libros de Texto

Los libros de texto constituyen herramientas mediadoras que traducen y concretan aquellos significados incluidos en el currículo prescripto por los organismos gubernamentales y lo

hacen a través de una presentación didáctica (Martínez Bonafé, 2002; Gimeno Sacristán, 2005). Desde esta perspectiva, Álvarez Méndez (2001) define a los libros de textos como herramientas pedagógicas destinadas al aprendizaje, que imponen una determinada distribución y jerarquización de ideas, a partir de una transformación y recreación del conocimiento epistémico. En este sentido, son soportes de las verdades que la sociedad cree necesario transmitir, depósitos de conocimientos que requieren difundirse para el mantenimiento de los sistemas axiológicos, y marcan las creencias y las actitudes de los ciudadanos de una determinada nación (Choppin, 1980). El libro de texto se constituye así en un elemento de poder que contribuye a la uniformización lingüística de una disciplina, a la nivelación cultural y a la propagación de las ideas dominantes (Choppin, 1980).

3.3.2.1. Función de los Libros de Texto

- a.** Función informativa: el libro juega un papel de depósito de la información, proporcionando al alumno una serie de datos a procesar.
- b.** Función sintética, en cuanto es un compendio preciso, aunque no exclusivo, de lo que es necesario saber en un aspecto concreto del conocimiento.
- c.** Función operativa, en cuanto desarrolla y facilita al profesor una serie de ejercicios y actividades.
- d.** Una función metódica o modélica, que aparece presente en el libro junto con los cuadernos de trabajo.

Definidos los conceptos de Representación y de Libros de Texto y una vez enmarcada la postura y compromisos Metadisciplinarios de esta investigación, se da cabida al marco Metodológico, en el que se detallarán los métodos, técnicas e instrumentos que se implementarán para la recolección y análisis de los datos y de esta manera cumplir con los planteamientos iniciales y así posibilitar una discusión didáctica de lo desarrollado en el proceso investigativo.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

Para el análisis de la teoría del Enlace Químico, como concepto estructurante de la química, se empleó una perspectiva metodológica cualitativa, de carácter crítico-reflexiva, haciendo uso de varias herramientas teóricas ofrecidas por el análisis documental (Van Dijk, 1992), el análisis documental de contenido (Fox, 2005; Pinto y Gálvez, 1996), una valoración basada en las Unidades de Análisis de Krippendorff, alineados con el Análisis Secuencial al estudio del Texto escrito (Perales & Jiménez, 2001) y con relación al componente icónico se utilizó la Taxonomía propuesta por Perales y Jiménez (2002).

4.1.TIPO DE ESTUDIO

La investigación es de corte descriptivo cualitativo, ya que las interpretaciones son fuente esencial de datos. Se efectúa para describir en todos sus componentes principales una realidad. Este método es idóneo para este estudio puesto que su flexibilidad permitió explicar y obtener un conocimiento a fondo sobre la problemática presentada a través de la observación, en la que se evaluó el grado de iconicidad que los libros de textos presentan en la explicación de Enlace Químico. Este estudio cualitativo es de tipo analítico, dado el Análisis de Contenido en el cual se trabajó la revisión de libros de Texto de Química de Educación Media, estableciendo la relación que existe entre las Representaciones Lingüísticas y las Icónicas a la luz del enfoque Estructuralista de la Teoría, con respecto a la explicación del modelo semántico del Enlace Químico.

4.2.MUESTRA

El libro de texto, dentro del contexto educativo colombiano, tiene un papel determinante en lo que se enseña en las aulas. En este sentido dando cumplimiento a los objetivos de este trabajo de investigación, se analizaron libros de texto de enseñanza química de los niveles de la Educación Media. Para la selección de la muestra de libros se tuvo en cuenta: las editoriales de mayor difusión de libros de Texto Escolares en Colombia y; sus recientes trabajos editoriales, posicionados en el mercado local Bogotano. En la tabla No 1 se describen los Textos analizados. (El orden en el que se relacionan, no tiene correspondencia con ningún criterio de selección).

Tabla No.1: *Relación de Libros de Texto seleccionados para el análisis*

REFERENCIA	EDITORIAL	TÍTULO DEL LIBRO DE TEXTO	AUTOR(ES)
L1	SANTILLANA	<i>Los Caminos del Saber. Química I</i>	Wilber Leonardo Martínez Gómez César Humberto Mondragón Luz Yadira Peña Gómez Martha Sánchez de Escobar Fernando Arbeláez Escalante Diana González Gutiérrez
L2	GRUPO EDITORIAL NORMA	<i>Químico@ 1</i>	Yanneth Beatriz Castelblanco Marcelo Blanca Sánchez de Escobar Orlando Peña Suárez
L3	PEARSON	<i>Fundamentos de Química. Quinta Edición</i>	Ralph A. Burns
L4	PEARSON	<i>Química Inorgánica. Aprende haciendo Tercera edición</i>	Leticia López Cuevas Mónica Gutiérrez Franco Luz Marina Arellano Pérez
L5	EDICIONES SM	<i>Claves de la Ciencia. Química I</i>	Ana Isabel Bárcena José Ignacio del Barrio Aureli Caamaño José María Gómez de Salazar Nicolás Romo Alicia Sánchez Soberón María Carmen Vidal

El análisis de los libros estuvo enfocado en la identificación de la forma cómo da a entender semánticamente el autor el Enlace Químico, en especial si este significado está relacionado con algunos de los discursos: fisicalista, reduccionista o realista. En segundo lugar, la *carga de contenido que se adjudican a las representaciones* en la explicación de dicho modelo.

4.3.DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación está enmarcada en una epistemología construccionista, basada en la perspectiva interpretativista. En este sentido y dando cumplimiento a los objetivos propuestos, la metodología presenta una estructura configurada en tres momentos:

- 1) El análisis de las formas de significar que se han atribuido a las *representaciones lingüísticas* de modelo de enlace químico, el cual empleó como método, el Análisis de Contenido (AC)

basado en dos estrategias de estudio: el Análisis Secuencial propuesto por Jiménez y Perales (1997) y el *Análisis Documental de Contenido (A.D.C.)*, descrito por Pinto y Gálves (1996).

- 2) El análisis de las representaciones pictóricas que permitió identificar las formas de significar del Modelo Semántico de Enlace Químico presente en los libros de Texto utilizados en la Educación Media, determinando el grado de iconicidad que emplea un texto de Química en la decodificación de las teorías científicas, fundamentado en una Taxonomía propuesta por Jiménez y Perales (2002).
- 3) El establecimiento de un esquema de análisis que permita interpretar las formas de intervención No-verbal que emplean los textos de Química de Educación Media en la enseñanza del modelo semántico del Enlace Químico, desde una postura *semántica - estructuralista* que sirva de apoyo a la práctica discursiva de los docentes.

4.3.1. Análisis de Contenido de los Libros de Texto. Análisis Secuencial

El Análisis Secuencial (AS), integra dos enfoques: el sintáctico (secuencias de contenido) y el curricular (metodología didáctica subyacente). El procedimiento realizado consistió en fragmentar el texto en unidades y clasificar estas unidades según la función que desempeñan de acuerdo con las categorías establecidas en la Taxonomía de Agrupamiento de las ilustraciones (Jiménez y Perales, 1997).

Para este análisis es necesario entender el concepto *evento* el cuál se entiende como la aparición en el texto de un párrafo que desempeña una de las funciones que se recogen en la tabla 2.

Tabla No. 2: Categorías utilizadas en la función desempeñada por el fragmento de texto (Tomada y adaptada de Jiménez y Perales, 2001, pp. 5-6).

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<i>Evocación</i>	Se hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el estudiante.
<i>Definición</i>	Se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico.
<i>Aplicación</i>	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición.

Descripción	Se refiere a hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario. También se incluyen en esta categoría conceptos necesarios para el discurso principal pero que no pertenecen al núcleo conceptual.
Interpretación	Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales.
Problematización	Se plantean interrogantes no retóricos que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los estudiantes a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque. La importancia de este tipo de actividad ha sido destacada por Ogborn (1996) en lo que llama <i>creación de diferencias</i> entre el pensamiento de los estudiantes y las ideas que se quieren introducir.

4.3.2. El análisis Documental de Contenido (ADC)

Este proceso, fundamentado en diferentes campos del conocimiento (Semiótico, sociológico, documentación, teoría del conocimiento) exige, el desarrollo de tareas analíticas que difieren de las aplicadas al documento textual, en función de sus características, su base semiótica y, por ende, su pluralidad de interpretaciones (Sánchez, 2011).

De acuerdo con García (2002), el ADC “es aquella técnica documental que permite una operación intelectual objetiva, la identificación y la transformación de los documentos en productos que faciliten la consulta de los originales en aras de control documental y con el objetivo último de servicio a la comunidad científica”.

Para esta investigación se hizo uso del *Análisis Documental de Contenido (A.D.C.)*, descrito por Pinto y Gálves (1996). Las autoras se basan en las teorías de los reconocidos especialistas en el tema como lo son Teun A. van Dijk y Walter Kintsch y su modelo proposicional, el cual se basa en las **proposiciones** como unidades de representación del significado. En realidad, se trata de un método de investigación del significado simbólico de los mensajes, ya que estos no tienen un significado único, sino que son capaces de transmitir una multiplicidad de contenidos, incluso a un único receptor.

Las **etapas** o secuencias de este tipo de ADC, radica básicamente, en la *generación de proposiciones*, su *jerarquización*, su *composición lógica*, el *uso de macrorreglas*, con el fin de determinar macroestructuras semánticas (van Dijk, 1983), y en la *obtención de un resumen* del cual

se analizaron las formas de significar y de sentido de los diferentes autores. El ADC contempla procesos, estrategias y técnicas descritos en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3: *Procesos del ADC (Tomado de Espinoza-Ricardo et al, 2009)*

PROCESOS	ESTRATEGIAS	TÉCNICAS
COMPRENSIÓN	Selección	Señalizaciones Macro-reglas selectivas
	Organización	Formalización proposicional Mapas y redes conceptuales Estructuración del Texto Técnicas especiales (diagramación)
INTERPRETACIÓN	Elaboración del contenido	Macro-reglas elaborativas
PRODUCCIÓN	Producción del Documento secundario	Traducción relectura o evaluación

Para la realización del Análisis se debe definir, en primer lugar, el *Universo*, que para efectos de esta investigación hace referencia a los libros de Texto de Química, específicamente el apartado donde el autor expone el concepto de Enlace Químico. En segundo lugar, se deben establecer las *Unidades de Análisis* (Tabla No. 4) las cuales delimitan la función, la separación, teniendo en cuenta sus respectivos límites y su identificación para el análisis (Krippendorff, 1990). En el caso concreto de este estudio, se refiere a las **Representaciones Lingüísticas (RL)** y **las Representaciones Pictóricas (RP)**, atendiendo al objetivo propuesto para esta investigación (Tabla No. 6). En tercer lugar, las *Categorías*, las cuales son los niveles donde serán caracterizadas las unidades de Análisis (Ver Tabla No. 8).

Para abordar este análisis, es necesario conocer sobre la función de las **Macroestructuras Semánticas** para poder recuperar o abstraer la información requerida. Van Dijk (1983), considera que una superestructura puede caracterizarse intuitivamente como la *forma, coherencia y contenido global de un discurso, que define la ordenación global del discurso y las relaciones (jerárquicas) de sus respectivos fragmentos* (proposiciones).

Las macroestructuras de hecho son proposiciones, y de allí, es necesario poseer reglas para la proyección semántica que relacionen las proposiciones de las microestructuras textuales con las de las macroestructuras textuales. Tales reglas se llaman **Macrorreglas**, luego que promueven macroestructuras (Van Dijk, 1983).

Con el fin de determinar las proposiciones principales, se hace uso de las Macrorreglas, que se caracterizan por ser operaciones que tienen como función, *transformar, proyectar y reducir la información semántica de los niveles inferiores hasta filtrar y separar la información esencial de los niveles superiores*. El uso de estas reglas son importantes, ya que:

1. Guía la obtención de la estructura del contenido.
2. Permite organizar la información al introducir relaciones entre las proposiciones.
3. Ayuda a construir una representación del contenido de la información.

Las macrorreglas se dividen en dos importantes grupos de estrategias, de Selección y de Elaboración.

Tabla No. 4: Clasificación de las Macrorreglas

MACRORREGLAS	REGLAS	DEFINICIÓN
SELECCIÓN	OMISIÓN	Al aplica esta regla se elimina las proposiciones o grupo de proposiciones que no son relevantes o de carácter esencial, para la interpretación de la información
	SELECCIÓN	Tiene la función también de eliminar proposiciones, pero estas proposiciones pueden ser recuperadas ya que establecen una relación de presuposición con las proposiciones no canceladas
ELABORACIÓN	GENERALIZACIÓN	Radica en cambiar una secuencia de proposiciones por una proposición general que incluye su sentido esencial y ordena todo el conjunto
	CONSTRUCCIÓN O INTEGRACIÓN	Se utiliza con el fin de encontrar esa información que no está a simple vista en el texto, así, dicha información contenida se infiere de los hechos manifiestos como circunstancias, consecuencias o componentes de la información explícita.

Los pasos para la realización del Análisis se discriminan a continuación:

1. Explicitación de las **Variables**. Dentro de cada variable puede haber categorías
2. Explicitación del sistema de **Categorías** que se va a utilizar en cada variable. Sistema de Relaciones: Dicotómico, Ordinal o Numérico
3. Utilización de **criterios de medida** adecuados
4. **Tratamiento cuantitativo**. Tabulación de los materiales categorizados (por ejemplo, estadístico)
5. **Tratamiento de los datos**: Cualitativo y cuantitativo
6. **Utilidad** de los Resultados y **Generalización** de los mismos

El modelo de análisis se planteó en función de tres perspectivas: **Representación Proposicional, Valoración y Producción**, las cuales se muestran en las tablas 8 y 9 (Adaptada de la propuesta metodológica de Pinto y Gálvez, (1992), para fines de esta investigación).

4.3.2.1. Descripción del objeto de análisis

Tabla No. 5: *Unidades Físicas del Análisis (Unidad de Análisis propuesta por Krippendorff (1990))*

UNIDADES FÍSICAS	Es una de las unidades de Análisis que propone Krippendorff (1990) dentro del análisis Documental de Contenido, que para efectos de esta investigación se remite a la caracterización de los libros de Textos susceptibles de análisis	AUTOR(ES)	El autor es la persona que crea una obra, en este caso, el Libro de Texto
		TÍTULO	Denominación dada al Libro de Texto
		EDITORIAL	Casa Editorial que ampara la publicación del Libro de Texto
		EDICIÓN	Conjunto de ejemplares de una obra o impresos de una sola vez sobre el mismo molde.
		AÑO	Año en el que fue publicado el Libro de Texto
		UNIDAD / CAPÍTULO	Referencia del Orden dado por el autor para la explicación del modelo de Enlace Químico
		TEMAS ANALIZADOS	Temas que acompañan el análisis fruto de esta investigación referidos a la explicación del modelo de Enlace Químico

Tabla No. 6: *Procesos interpretados para el análisis*

PROCESOS		
	COMPRENSIÓN	INTERPRETACIÓN
Basado en los procesos del Análisis Documental de Contenido (ADC) (Pinto & Gálvez (1999), Citado en Espinoza et al, 2009). Los procesos permiten la identificación y Representación del Contenido del Texto o Documento.	Hace referencia a los proceso de Investigación del Significado Simbólico de los mensajes contenidos en un Texto o Documento. Para efectos de este trabajo de Investigación, se tomaron los dos tipos de Representaciones: Lingüísticos y pictóricos.	Este proceso implica la reconstrucción de la estructura o sistema de relaciones que organizan todas las partes y elementos del discurso.

Tabla No. 7: *Entidades de Análisis del Texto*

REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS	REPRESENTACIONES PICTÓRICAS
Enunciados en un determinado lenguaje formal utilizados para representar un conocimiento. Las representaciones lingüísticas son representaciones atómicas de carácter simbólico que se caracterizan porque la	Las representaciones pictóricas son representaciones molares cuya estructura se parece a la del mundo que representa, es decir, son analógicas. (Lombardi, G., Caballero, C. & Morera, M., 2005) También se conocen como: descriptivas (Schnotz y Bannert, 2003); incrustaciones (Roth, Bowen y McGinn,

relación entre el signo lingüístico y lo que este signo representa es arbitraria. (Lombardi, G., Caballero, C. & Morera, M., 2005)	1999); representaciones gráficas (Lieben y Downs, 1992); imágenes visuales (Otero, 2003); gráfico-visuales (Lemke, 1998b), no-textuales (Lombardi et al, 2005).
--	---

Tabla No. 8: Criterios Establecidos para el Análisis (Variables)

PROCESO DE COMPRENSIÓN	REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS	REPRESENTACIÓN PROPOSICIONAL	Hace mención a cada uno de los enunciados que el autor se vale para hacer la explicación de modelo de Enlace Químico.
		VALORACIÓN	Determinación de las Macroestructuras Semánticas.
		PRODUCCIÓN	Producción del significado que el autor quiere dar a entender en su libro.
	REPRESENTACIONES PICTÓRICAS	FUNCIÓN DE LA IMAGEN	Para qué se emplean las imágenes, en qué momento de la explicación se sitúan.
		GRADO DE ICONICIDAD	Qué grado de complejidad poseen las imágenes. Análisis semiológico: Significado y Sentido.
	REPRESENTACIONES PICTÓRICAS	RELACIÓN CON EL TEXTO PRINCIPAL	Referencias mutuas entre texto e imagen. Ayudas para la interpretación.
		ETIQUETA VERBAL	Textos incluidos dentro de las ilustraciones. Análisis desde lo estructural, mental, subyacente e inconsciente.
		CONTENIDO CIENTÍFICO QUE LA SUSTENTA	Caracterización desde el punto de vista mecánico de las situaciones representadas en las imágenes. Análisis epistemológico fundamentado en el estructuralismo metateórico, enfoque de la familia semanticista.
		NIVEL DE REFERENCIA	Grado de Representación que sustenta la imagen, basado en los niveles de Jensen (1998).

Tabla No. 9: Categorías establecidas para el análisis

PROCESO DE COMPRENSIÓN	REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS (R.L.)	REPRESENTACIÓN PROPOSICIONAL	Representación proposicional de las ideas más importantes	Individualizar las proposiciones que expresan ideas relevantes
		VALORACIÓN	Determinación de la información principal	Seleccionar las ideas (proposiciones) más importantes del texto y eliminación de las accesorias

		PRODUCCIÓN	Construcción del Significado	Elaborar una proposición en la cual se proponga el significado del modelo de Enlace Químico para el autor, que sería la número uno
REPRESENTACIONES PICTÓRICAS	FUNCIÓN DE LA IMAGEN		Evocación	Hace referencia a un hecho cotidiano o concepto que se supone conocido por el alumno
			Definición	Establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico
			Aplicación	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición
			Descripción	Se refiere a hechos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario.
			Interpretación	Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales
			Problematización	Se plantea interrogantes que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que luego justifiquen una interpretación o un nuevo enfoque.
	GRADO DE ICONICIDAD		Dibujo Figurativo	Prima la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad
			Dibujo Figurativo + Signo	Representan acciones o magnitudes inobservables en un espacio de representación heterogéneo
R.L.	REPRESENTACIÓN PROPOSICIONAL	Discursos identificados	Se establece una referencia a los discursos epistemológicos en los que el autor hace referencia a sus enunciados teóricos.	
REPRES ENTACI	RELACIÓN CON EL TEXTO PRINCIPAL	Connotativa	Consiste en ubicar las imágenes en relación directa con el texto escrito, siendo citadas en él y dependiendo del mismo para su comprensión.	

			Denotativa	En este caso el texto escrito es el que aporta el contenido total de la información y la imagen cumple el papel de la mera ilustración
			Sinóptica	Imágenes que tienen mayor información y, además, ésta es diferente a la contenida en el texto escrito.
		ETIQUETA VERBAL	Sin etiqueta	No existen mensajes de texto que acompañen la imagen
			Nominativa	Letras o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración.
			Relacional	Textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración.
		CONTENIDO CIENTÍFICO QUE LA SUSTENTA	Contenidos Ilustrados	
	Errores técnicos o científicos presentes en las ilustraciones			
	Inducción / disuasión de ideas alternativas características de los alumnos			
	NIVEL DE REFERENCIA	Molar		
		Molecular		
		Eléctrico		

4.3.3. Categorías de Clasificación de Ilustraciones en libros de Texto

Tras el análisis de las diferentes propiedades que podían ser analizadas en las imágenes usadas para la enseñanza del enlace químico en los libros de texto, se optó por utilizar la Taxonomía de Perales y Jiménez (2002). Se trata de una clasificación que tiene en cuenta una multiplicidad de aspectos de las imágenes (iconicidad, relación con el texto principal, etiqueta verbal, función de la secuencia didáctica y contenido científico que las sustenta), lo que permite considerarla como una clasificación completa y representativa.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se describirán cada uno de los datos obtenidos, siguiendo el orden descrito en el Diseño Metodológico.

4.1. UNIDADES FÍSICAS

Para iniciar el análisis propuesto en esta investigación, se hace una referencia de los Libros de Texto, empleando como Unidad de Análisis las Unidades Físicas (Krippendorff, 1990), las cuales se describen en las Tablas 10 a la 14.

Tabla No. 10: *Unidad Física libro de texto No. 1 (L1)*

AUTOR(ES)	Wilber Leonardo Martínez Gómez César Humberto Mondragón Luz Yadira Peña Gómez Martha Sánchez de Escobar Fernando Arbeláez Escalante Diana González Gutiérrez
TÍTULO	Los Caminos del Saber. Química I
EDITORIAL	Santillana
EDICIÓN	21
AÑO	2014
UNIDAD / CAPÍTULO	UNIDAD 1. Introducción a la química Capítulo 6. El enlace químico p. 76 – 77
TEMAS ANALIZADOS	6. El enlace Químico 6.1. ¿Qué mantiene unidos a los átomos? 6.1.1. Longitud y energía de enlace 6.1.2. Regla del Octeto

Tabla No. 11: *Unidad Física libro de texto No. 2 (L2)*

AUTOR(ES)	Yanneth Beatriz Castelblanco Marcelo Blanca Sánchez de Escobar Orlando Peña Suárez
TÍTULO	Químico@ 1
EDITORIAL	GRUPO EDITORIAL NORMA
EDICIÓN	-
AÑO	2003
UNIDAD / CAPÍTULO	Unidad Temática: Hacia el enlace químico Capítulo 5. ¿Cómo es la configuración estable de un átomo? P 88 - 90

TEMAS ANALIZADOS	¿Cómo es la configuración estable de un átomo? Ley del octeto Estructuras de Lewis Los electrones del último nivel de energía: electrones de valencia
-------------------------	--

Tabla No. 12: *Unidad Física libro de texto No. 3 (L3)*

AUTOR(ES)	Ralph A. Burns
TÍTULO	Fundamentos de Química General
EDITORIAL	PEARSON
EDICIÓN	Quinta Edición
AÑO	2011
UNIDAD / CAPÍTULO	Unidad 8. Enlaces Químicos
TEMAS ANALIZADOS	Enlaces Químicos

Tabla No. 13: *Unidad Física libro de texto No. 4 (L4)*

AUTOR(ES)	Leticia López Cuevas Mónica Gutiérrez Franco Luz María Arellano Pérez
TÍTULO	QUÍMICA INORGÁNICA. Aprende Haciendo
EDITORIAL	PEARSON
EDICIÓN	Tercera Edición
AÑO	2012
UNIDAD / CAPÍTULO	Módulo 6_ Enlaces Químicos p 364 - 407
TEMAS ANALIZADOS	Enlaces Químicos La regla del Octeto, los electrones de valencia y su relación con la posición de los elementos en la tabla periódica y el tipo de enlace que forman Enlaces: En busca de la estabilidad Estructura de Lewis y fórmulas estructurales

Tabla No. 14: *Unidad Física libro de texto No. 5 (L5)*

AUTOR(ES)	Ana Isabel Bárcena José Ignacio del Barrio Aureli Caamaño José María Gómez de Salazar Nicolás Romo Alicia Sánchez Soberón María Carmen Vidal
TÍTULO	Claves de la Ciencia. Química I
EDITORIAL	SM
EDICIÓN	-
AÑO	2014
UNIDAD / CAPÍTULO	BLOQUE II. ESTRUCTURA INTERNA DE LA MATERIA Capítulo 6. Enlace Químico. Enlace Covalente p 172 - 175
TEMAS ANALIZADOS	6. Enlace químico. El enlace Covalente 6.1. La naturaleza del enlace químico La regla del Octeto Tipos de enlace

4.2.UNIDADES CONCEPTUALES

En la tabla 15 se hace la descripción del Modelo de Enlace Químico -objeto del análisis de esta investigación- y la manera en la que se expone en los libros de Texto seleccionados.

Tabla No. 15: Ubicación del tema de Enlace Químico en los libros de Texto

LIBRO DE TEXTO		SECCIÓN DE ESTUDIO		UNIDADES CONCEPTUALES	CANTIDAD DE IMÁGENES
Editorial	Título	Unidad Temática	Páginas		
Santillana	Los Caminos del Saber. Química I	Tema 6 (El enlace químico), contenido dentro de la unidad Temática 1 (Introducción a la química y estructura atómica)	76 - 77	6. El Enlace Químico 6.1. ¿Qué mantiene unidos a los átomos? 6.1.1 Longitud y energía de enlace 6.1.2. Regla del Octeto	4
Grupo Editorial Norma	Químico@ 1	Unidad 3 (Hacia el enlace químico)	88 - 90	Capítulo 5 ¿Cómo es la configuración estable de un átomo? Ley del octeto Estructuras de Lewis Los electrones del último nivel de energía: electrones de valencia	5
Pearson	Fundamentos de Química	Capítulo 8 (Enlaces Químicos)	213	Enlaces Químicos	1
Pearson	Química Inorgánica. Aprende haciendo	Módulo 6 (Enlaces Químicos)	125 - 131	Enlaces Químicos La regla del Octeto, los electrones de valencia y su relación con la posición de los elementos en la tabla periódica y el tipo de enlace que forman Enlaces: en busca de la estabilidad Estructura de Lewis y fórmulas estructurales	18
SM	Química I	Bloque Temático II (Estructura Interna de la materia) Capítulo 6 (El enlace químico)	172 - 175	6. Enlace químico. El enlace Covalente 6.1. La naturaleza del enlace químico La regla del Octeto Tipos de enlace	5

Como puede apreciarse en la tabla No. 15, el tema del Enlace Químico es concebido como un concepto Estructurante (Gagliardi y Giordan, 1986) en la Química Escolar. En la

mayoría de los textos analizados, hace parte de una unidad temática, la cual es precedida del tema de Tabla periódica y propiedades periódicas.

Al revisarse las unidades conceptuales, puede establecerse una relación del Modelo semántico del Enlace Químico con un solo modelo explicativo -de principios del siglo XX-: las ideas expuestas por Gilbert Newton Lewis, no consideraron, dentro de la familia de modelos que representa el Enlace Químico, otros modelos explicativos como lo son, la Teoría del Orbital molecular e incluso los aportes de la teoría cuántica actual respecto a la densidad de cargas -el trabajo de Bader y colaboradores-.

Al contemplarse las unidades temáticas, es notoria la omisión de una revisión histórica de la evolución del Enlace Químico, o de las ideas que permitieron la estructuración de esta familia de modelos explicativos, restándole la importancia que tiene situar al estudiante (lector principal de dichos libros de texto) en la perspectiva de una construcción del modelo explicativo inmerso en la evolución de otros conceptos como estructura atómica o el concepto de valencia, entre otros. Esta situación le hace desconocer al estudiante, la intención de cada modelo representacional creado como una respuesta a unos resultados o evidencias experimentales contextualizados en ciertos períodos históricos y que permitía explicar en su momento esa fracción de la realidad.

El concepto mismo de enlace, no ha permanecido estático en el tiempo, sino que ha sufrido importantes transformaciones, incorporando una información cada vez más rica y detallada. En este sentido, presentar el tema sin ninguna referencia histórica, haría que los estudiantes generaran la creencia acerca de que en la Química, las teorías surgen por una acción individual de *“científicos dotados de un poder extraordinario para interpretar los fenómenos químicos”*. Reflexionar en torno del cómo ha sido la construcción del conocimiento científico en química, conduce a un análisis profundo sobre las teorías científicas que han servido de soporte conceptual para su estructuración. Con la ausencia de estas reflexiones pierden sentido interrogantes tales como, ¿Qué condiciones históricas y qué necesidades intelectuales, ideológicas y prácticas hicieron posible la consolidación del modelo explicativo de Enlace Químico?

Por último, se debe mencionar que, las características descriptivas y normativas en la construcción del discurso de dicho modelo semántico, han sufrido una serie de cambios significativos a lo largo de la historia -como se puede constatar en el marco histórico de este

trabajo-, demostrado en las dinámicas generadas de los aspectos metodológicos, ontológicos y lógico-semánticos constitutivos de sus productos teóricos. Por tanto es comprensible pensar en la incorporación de estas referencias evolutivas del modelo en el marco explicativo de dicho fenómeno, por parte de los autores de los Libros de Texto.

4.3. ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS

4.3.1. ANÁLISIS SECUENCIAL

Una vez hecha la selección de textos y sus respectivas Unidades Físicas (Tablas 10 a 14), se procedió a realizar el análisis Secuencial, determinando la Secuencia Didáctica presentada por el(los) autor(es) en cada uno de sus producciones escritas, teniendo en cuenta los ítems definidos en la Tabla 2 del capítulo anterior.

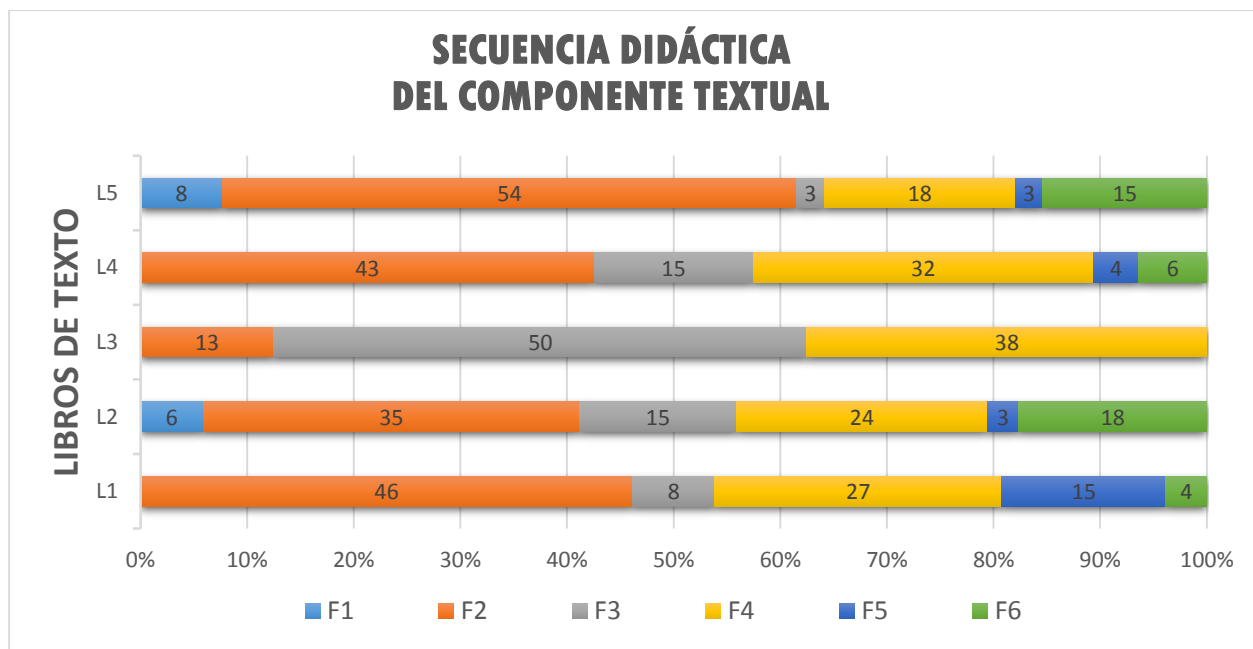
Tabla No. 16: *Análisis Secuencial de los Libros de Texto*

LIBRO DE TEXTO	ANÁLISIS SECUENCIAL	
	FUNCIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	
L1	DEFINICIÓN	Ilustración 3. Gráfica que muestra Energía y Longitud de enlace
	Ilustración 1. Reloj con proyección de agrupación de “átomos” de plata	DESCRIPCIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	APLICACIÓN
	INTERPRETACIÓN	DESCRIPCIÓN
	DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
	DEFINICIÓN	INTERPRETACIÓN
	Ilustración 2. Representación enlace iónico y covalente con modelo de Niveles de Energía	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
	DEFINICIÓN	DESCRIPCIÓN
	DEFINICIÓN	DESCRIPCIÓN
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
	DESCRIPCIÓN	Ilustración 4. Configuración electrónica en Diagrama de celdas
INTERPRETACIÓN	DEFINICIÓN	
DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	
L2	PROBLEMATIZACIÓN	Ilustración 4. Modelo de Rutherford para el átomo de Cloro, potasio y Calcio
	Ilustración 1. Sal en Manaure con enlace Sodio Cloro y cristal de Cloruro de Sodio	DESCRIPCIÓN
	EVOCACIÓN	DESCRIPCIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DESCRIPCIÓN

	PROBLEMATIZACIÓN	DESCRIPCIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DESCRIPCIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	APLICACIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DEFINICIÓN
	Ilustración 2. Mapa Conceptual sobre enlaces químicos	DEFINICIÓN
	INTERPRETACIÓN	APLICACIÓN
	DEFINICIÓN	APLICACIÓN
	APLICACIÓN	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	EVOCACIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	APLICACIÓN	DEFINICIÓN
	Ilustración 3. Representación de Formación de Enlace iónico entre Na y F, a través de estructuras de Lewis	Ilustración 5 Fotografía de Linus Pauling
L3	Ilustración 1. Fotografía de paracaidistas tomados de manos y pies en el aire	APLICACIÓN
	DEFINICIÓN	APLICACIÓN
	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
	APLICACIÓN	
L4	Ilustración 1. Mapa Conceptual sobre enlaces químicos.	DESCRIPCIÓN
	DEFINICIÓN	APLICACIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	Ilustración 6. Estructura de Lewis para el agua
	INTERPRETACIÓN	DESCRIPCIÓN
	Ilustración 2. Fotografía de Eritrocitos deformados	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 7. Fórmula estructural del agua de forma lineal
	DEFINICIÓN	INTERPRETACIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 7. Fórmula estructural del agua de forma angular
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
	DESCRIPCIÓN	Ilustración 8. Fórmula estructural del agua de forma angular
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	APLICACIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 9. Estructura de Lewis para Carbono, Oxígeno, Hidrógeno y Nitrógeno
	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
	DESCRIPCIÓN	Ilustración 10. Estructura de Lewis para Dióxido de carbono
	APLICACIÓN	Ilustración 11. Estructura de Lewis para Ácido Cianhídrico
	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 12. Fórmula Estructural para el Dióxido de carbono
	DEFINICIÓN	Ilustración 13. Fórmula Estructural para el Ácido Cianhídrico
	PROBLEMATIZACIÓN	DESCRIPCIÓN

	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	APLICACIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 14. Estructura de Lewis para Sodio y Cloro
	DESCRIPCIÓN	Ilustración 15. Estructura de Lewis para Cloruro de Sodio
	DEFINICIÓN	DESCRIPCIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	Ilustración 3. Símbolo Químico átomo de oxígeno	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	Ilustración 17. Fotografía de apuntes de Lewis
	Ilustración 4. Símbolo Químico átomo de oxígeno con número atómico	Ilustración 18. Fotografía de Lewis en el laboratorio
	APLICACIÓN	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	Ilustración 5. Estructura de Lewis para el oxígeno	DEFINICIÓN
L5	Ilustración 1. Fotografía de paisaje con cascada	DEFINICIÓN
	EVOCACIÓN	DEFINICIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN
	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	PROBLEMATIZACIÓN
	DEFINICIÓN	PROBLEMATIZACIÓN
	DESCRIPCIÓN	PROBLEMATIZACIÓN
	Ilustración 2 Gráfica energía y distancia de enlace	DESCRIPCIÓN
	INTERPRETACIÓN	DESCRIPCIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DEFINICIÓN
	PROBLEMATIZACIÓN	DEFINICIÓN
	DEFINICIÓN	EVOCACIÓN
	DEFINICIÓN	Ilustración 4. Fotografía luces de Neón
	Ilustración 3. Modelo atómico de Rutherford para Oxígeno	EVOCACIÓN
	APLICACIÓN	Ilustración 5. Fotografía buzo sumergido
	DESCRIPCIÓN	

Los datos fueron graficados para determinar la relación de la función didáctica empleada por cada uno de los autores (Gráfica No. 1). En este caso, debe tenerse en cuenta que los Libros de Textos están relacionados como L1, L2, L3, L4 y L5, en el orden que se establecieron desde el inicio en el capítulo anterior y, la función Didáctica como F1 para Evocación, F2 para Definición, F3 para Aplicación, F4 para Descripción, F5 para Interpretación y F6 para Problematización.

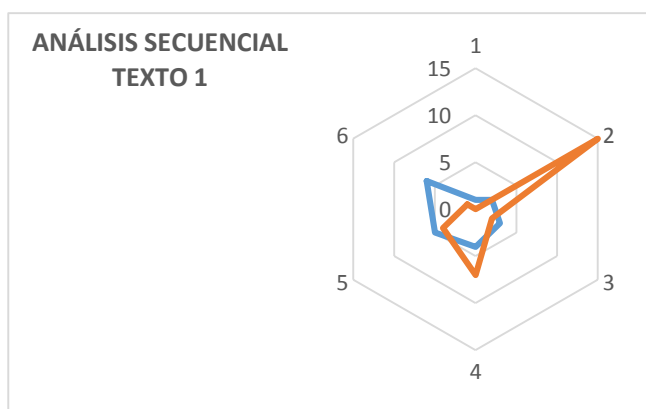


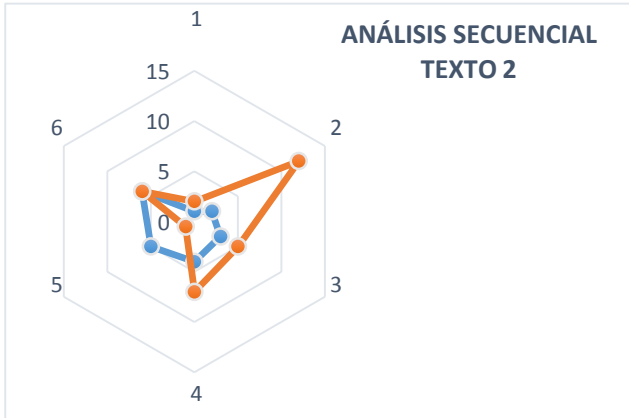
Gráfica No. 1: *Secuencia Didáctica de los Libros de Texto*

Seguindo a Escudero (1983), el libro de texto está constituido por tres dimensiones: **(a)** semántica, es decir, su contenido; **(b)** estructural-sintáctica, que hace referencia a su forma de organización y sistema de símbolos; y **(c)** pragmática, donde se tiene en cuenta su uso, propósitos, etc. En este sentido, y como se observa en la gráfica No. 1, la principal función del texto es la de definición, seguido de una Aplicación y Descripción.

En este punto interesa determinar la frecuencia de aparición de las diferentes funciones en cada texto. Un texto que emplee muchas definiciones y aplicaciones tendrá, claramente, un enfoque diferente a otro texto que utilice con mayor frecuencia la interpretación o la evocación.

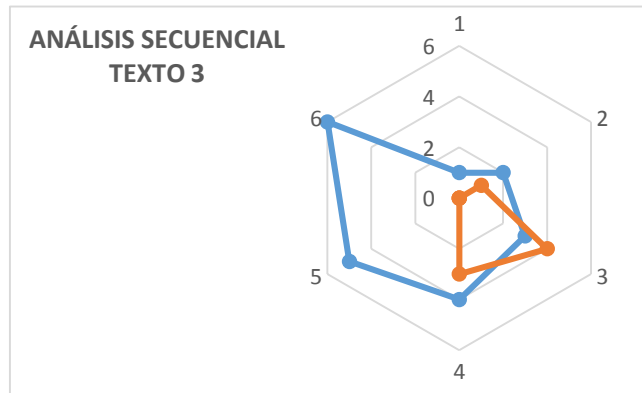
LIBRO 1	
FUNCIÓN	FRECUENCIA
1	0
2	15
3	2
4	7
5	4
6	1
TOTAL	29



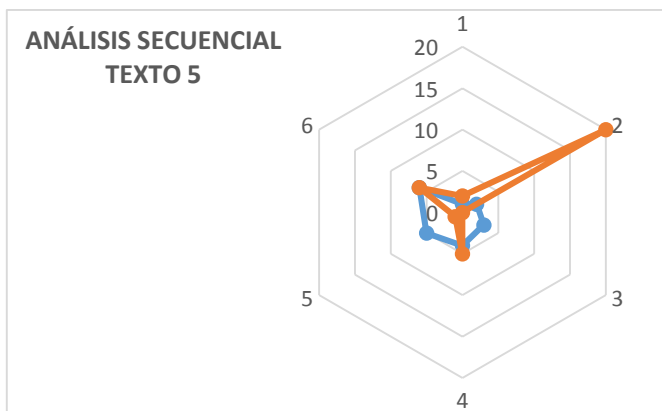
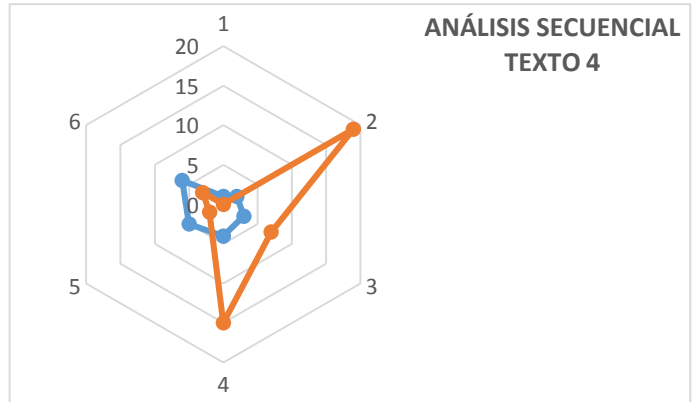


LIBRO 2	
FUNCIÓN	FRECUENCIA
1	2
2	12
3	5
4	7
5	1
6	6
TOTAL	33

LIBRO 3	
FUNCIÓN	FRECUENCIA
1	0
2	1
3	4
4	3
5	0
6	0
TOTAL	8



LIBRO 4	
FUNCIÓN	FRECUENCIA
1	0
2	19
3	7
4	15
5	2
6	3
TOTAL	46



LIBRO 5	
FUNCIÓN	FRECUENCIA
1	2
2	20
3	0
4	5
5	1
6	6
TOTAL	34

4.3.2. ANÁLISIS DOCUMENTAL DE CONTENIDO

➤ **PROCESO:** COMPRESIÓN

ENTIDAD DE ANÁLISIS: DESCRIPCIONES VERBALES (REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS)

CRITERIOS DE ANÁLISIS:

1. REPRESENTACIÓN PROPOSICIONAL

Se individualizaron las proposiciones que expresan las ideas relevantes en cada uno de los libros de Texto analizados, las cuales establecen la relación entre la *Definición*, la *Argumentación*, la *Comprensión*, el *Fundamento*, las *Herramientas de Representación* y las *Relaciones de Implicación* del Modelo (Tabla No. 17). Estas proposiciones se tomaron, teniendo en cuenta los elementos teóricos y conceptuales que cada autor emplea para explicar el modelo de Enlace Químico.

Tabla No. 17: *Representación Proposicional de las ideas relevantes en cada uno de los Libros de Textos*

	1.1. Representación Proposicional de las ideas relevantes
L1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando dos o más átomos se unen forman una molécula, la cual puede estar constituida por átomos de un mismo elemento o por átomos de elementos diferentes. 2. La mayoría de los elementos forman compuestos. 3. El compuesto es mucho más estable que sus elementos por separado 4. Se llama enlace químico al conjunto de fuerzas que mantiene unidos a los átomos, iones y moléculas cuando forman distintas agrupaciones estables. 5. La unión de dos átomos y la consecuente formación de un enlace es un proceso químico que va acompañado de cierta variación de energía potencial. 6. Al aproximarse dos átomos, las nubes electrónicas externas de los dos átomos se ven influenciados mutuamente, lo que se traduce en un incremento de la fuerza de repulsión entre ambas a medida que la distancia disminuye. 7. Al aproximarse dos átomos, la energía potencial del sistema formado por los dos átomos decrece a medida que estos se aproximan. 8. Existe una distancia para la cual la energía es mínima y la estabilidad el sistema es máxima. 9. En el proceso de formación de un enlace se desprende energía. 10. La energía de enlace es la cantidad de energía necesaria para romper el enlace entre dos átomos. 11. Si el número de enlaces entre dos átomos aumenta, la longitud de enlace disminuye pero la energía de enlace crece. 12. Los gases nobles se encuentran en la naturaleza en forma atómica y no tienden a formar compuestos químicos.

	<ol style="list-style-type: none"> 13. Se ha comprobado que los átomos de los gases nobles se caracterizan por tener todos sus niveles y subniveles energéticos completamente llenos. 14. La estabilidad de los gases nobles se asocia con la estructura electrónica de su última capa que queda con ocho electrones. 15. La regla del octeto permite explicar la formación de moléculas y compuestos químicos. 16. Los átomos se combinan para alcanzar una estructura más estable. 17. El enlace químico se puede considerar como un incremento de estabilidad. 18. La materia presenta aspectos y propiedades distintas por el tipo de átomos que la componen y por la forma de unión entre dichos átomos. 19. Existen tres grandes grupos de sustancias, en función de cómo se realice el enlace químico: Sustancias iónicas, sustancias covalentes y sustancias metálicas.
L2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los compuestos están formados por átomos de varios elementos que se combinan de diferentes maneras. 2. Los gases nobles no se combinan fácilmente con otros elementos; esto se debe a una configuración electrónica estable que corresponde con $ns^2 np^6$ con un total de ocho electrones. 3. Los átomos de los demás elementos alcanzan esta estabilidad mediante arreglos en su estructura electrónica, perdiendo, ganando o compartiendo electrones con otros átomos. 4. Lewis y sus colaboradores enunciaron la regla del octeto. 5. La regla del octeto es la clave fundamental para comprender la manera como los átomos se enlazan para formar compuestos. 6. Lewis propuso representar los electrones del último nivel de energía por medio de puntos u otros símbolos con el fin de visualizar la transferencia o compartición de electrones en un enlace químico. 7. La configuración electrónica es importante para determinar los electrones de un elemento dado que participan en un enlace químico. 8. Una propiedad destacada de los elementos es su tendencia a formar una estructura estable en el último nivel de energía. 9. Fuerzas de atracción mantienen unidos a los átomos entre sí, formando compuestos, para lograr así su estabilidad. 10. Los responsables de la formación de los enlaces son los electrones de valencia de los átomos. 11. Del tipo de enlace presente en los compuestos, dependen la mayoría de las propiedades físicas y el comportamiento de una sustancia frente a otra. 12. Existen tres clases de enlaces: iónico, covalente y metálico
L3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los enlaces químicos son las fuerzas de atracción que mantienen unidos los átomos en las moléculas y los iones en los cristales. 2. A los tipos de enlaces presentes en una sustancia se deben en gran medida las propiedades físicas y químicas de la sustancia. 3. A los enlaces se debe la atracción que una sustancia ejerce sobre otra. 4. Las propiedades de las sustancias se explican en términos de diferencias en cuanto a sus enlaces químicos.
L4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las atracciones y las uniones entre átomos son de interés para el hombre. 2. Para comprender las propiedades físicas y químicas de las sustancias es importante conocer su estructura y los tipos de enlace que presenta. 3. La estructura de una sustancia muestra el acomodo de sus átomos en el espacio.

	<ol style="list-style-type: none"> 4. Los enlaces son las fuerzas de atracción que mantienen la unión de los átomos en los compuestos. 5. La gran mayoría de los átomos deben completar su nivel de valencia con una cantidad específica de electrones para lograr mayor estabilidad. 6. Cuando el nivel de valencia no está completo, el átomo reacciona, es decir, tiende a aceptar o a donar electrones e incluso los comparte con otro átomo para completar octetos y adquirir una configuración electrónica similar a la que poseen los gases nobles más cercanos en número atómico. 7. Los distintos tipos de enlace confieren a los compuestos formados, las propiedades físicas y químicas específicas. 8. En los compuestos, todos los átomos participantes cuentan con sus niveles de valencia completos, razón que los hace estables en condiciones ambientales. 9. Para predecir la tenencia de un átomo a la formación de uno u otro tipo de enlace, lo que depende de su capacidad para donar, aceptar o compartir electrones, es importante conocer su electronegatividad. 10. La electronegatividad de un elemento es una medida de la atracción que ejerce un átomo sobre un par de electrones compartidos. 11. Para los no metales es más fácil adquirir uno dos o tres electrones y completar su octeto. 12. Los metales tienden a ceder electrones. 13. Para entender la forma en la que los átomos completan sus octetos y forman compuestos, nos auxiliamos de las estructuras de Lewis. 14. En las estructuras de Lewis se representan a los electrones de valencia. 15. Los electrones de valencia forman los enlaces químicos. 16. La configuración electrónica permite conocer los electrones de valencia que posee un átomo. 17. Asignar un máximo de 2 electrones para cada uno de los cuatro lados del símbolo hasta tener un máximo de 8 electrones, distribuidos de manera equitativa y simétrica. 18. “Un punto o una cruz representa un electrón” 19. En donde existe una pareja de electrones de dos átomos distintos se forma un enlace químico, ya sea de tipo iónico o covalente. 20. El par electrónico que comparten dos átomos también se representa mediante una línea. 21. Dado que cada par electrónico forma un enlace, cuando dos átomos comparten 4 o 6 electrones, se originan enlaces dobles o triples, respectivamente. 22. Si existe una transferencia total de electrones de un átomo a otro, uno los pierde y otro los gana. 23. Las cargas eléctricas permiten identificar el átomo que perdió y ganó electrones. 24. El enlace iónico no se representa con una línea, ya que los átomos no comparten electrones. 25. Los distintos tipos de enlace químico son: Iónico o electrovalente; covalente (polar, no polar, coordinado); Puente de Hidrógeno; enlace metálico.
L5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los átomos se combinan entre sí. 2. En la naturaleza, los átomos no aparecen aislados, sino unidos entre sí, originando moléculas o estructuras gigantes. 3. Los gases nobles están formados por átomos aislados, pues no tienen tendencia a unirse. 4. El enlace químico es la fuerza atractiva que se establece entre átomos o grupos de átomos y es responsable de que permanezcan unidos. 5. Cualquier teoría sobre la naturaleza del enlace debe explicar aspectos tales como, la clase de átomos y su proporción; la geometría y disposición espacial de los átomos y; su contenido energético y determina la estabilidad de la especie química. 6. Cuanto menor sea el contenido energético de un sistema químico, mayor es su estabilidad.

	<ol style="list-style-type: none"> 7. Una especie química es un sistema químico estable si corresponde a un mínimo de energía. 8. Cuando dos átomos se aproximan pueden dar lugar a una situación antienlazante; Prevalen las fuerzas de repulsión entre ellos. 9. Cuando dos átomos se aproximan pueden dar lugar a una situación enlazante; Prevalen las fuerzas atractivas sobre las repulsivas. 10. Los sistemas evolucionan hacia situaciones de mínima energía. 11. La distancia internuclear (o distancia de enlace) corresponde con el mínimo de energía, responsable de la estabilidad de la nueva especie química. 12. Los electrones de la capa de valencia son la causa de que se dé una situación enlazante o antienlazante. 13. Los átomos se unen para conseguir la estructura electrónica de los gases nobles. 14. Para conseguir la estructura electrónica del gas noble más próximo, los átomos compartirán, cederán o ganarán electrones. 15. Según la intensidad de las fuerzas que mantienen unidas a las especies químicas, los enlaces se pueden clasificar en principales y secundarios. 16. Los enlaces secundarios se conocen como fuerzas intermoleculares y poseen una energía muy inferior a la de los principales. 17. Los enlaces principales son casos extremos ya que los enlaces reales son situaciones intermedias entre ellos. 18. Según la electronegatividad de los átomos que se unen, los enlaces principales pueden ser Covalentes, Iónicos o Metálicos.
--	---

2. VALORACIÓN

En este apartado se seleccionaron las ideas (proposiciones) más relevantes del texto, aplicando las Macrorreglas descritas en el capítulo anterior. Se hizo la eliminación de las proposiciones accesorias, en función de las conexiones lógicas con el fenómeno descrito y se discriminaron aquellas que le dan fuerza argumentativa a la construcción discursiva que cada autor de libro de texto elaboró para generar un marco explicativo del Enlace Químico. Estas proposiciones se pueden apreciar en la tabla No. 18.

Tabla No. 18: *Determinación de la información principal*

MACROESTRUCTURAS SEMÁNTICAS	
L1	<ul style="list-style-type: none"> • Se llama enlace químico al conjunto de fuerzas que mantiene unidos a los átomos, iones y moléculas cuando forman distintas agrupaciones estables. • La unión de dos átomos y la consecuente formación de un enlace es un proceso químico que va acompañado de cierta variación de energía potencial. • En el proceso de formación de un enlace se desprende energía. • La regla del octeto permite explicar la formación de moléculas y compuestos químicos. • Los átomos se combinan para alcanzar una estructura más estable. • El enlace químico se puede considerar como un incremento de estabilidad. • La materia presenta aspectos y propiedades distintas por el tipo de átomos que la componen y por la forma de unión entre dichos átomos.

	<ul style="list-style-type: none"> Existen tres grandes grupos de sustancias, en función de cómo se realice el enlace químico: Sustancias iónicas, sustancias covalentes y sustancias metálicas.
L2	<ul style="list-style-type: none"> Los átomos de los elementos alcanzan esta estabilidad mediante arreglos en su estructura electrónica, perdiendo, ganando o compartiendo electrones con otros átomos. La configuración electrónica es importante para determinar los electrones, de un elemento dado que participan en un enlace químico. Fuerzas de atracción mantienen unidos a los átomos entre sí, formando compuestos, para lograr así su estabilidad. Los responsables de la formación de los enlaces son los electrones de valencia de los átomos. Del tipo de enlace presente en los compuestos, dependen la mayoría de las propiedades físicas y el comportamiento de una sustancia frente a otra. Existen tres clases de enlaces: iónico, covalente y metálico
L3	<ul style="list-style-type: none"> Los enlaces químicos son las fuerzas de atracción que mantienen unidos los átomos en las moléculas y los iones en los cristales. A los tipos de enlaces presentes en una sustancia se deben en gran medida las propiedades físicas y químicas de la sustancia. Las propiedades de las sustancias se explican en términos de diferencias en cuanto a sus enlaces químicos.
L4	<ul style="list-style-type: none"> Los enlaces son las fuerzas de atracción que mantienen la unión de los átomos en los compuestos. Cuando el nivel de valencia no está completo, el átomo reacciona, es decir, tiende a aceptar o a donar electrones e incluso los comparte con otro átomo para completar octetos y adquirir una configuración electrónica similar a la que poseen los gases nobles más cercanos en número atómico. Para predecir la tenencia de un átomo a la formación de uno u otro tipo de enlace, lo que depende de su capacidad para donar, aceptar o compartir electrones, es importante conocer su electronegatividad. Los electrones de valencia forman los enlaces químicos. En donde existe una pareja de electrones de dos átomos distintos se forma un enlace químico, ya sea de tipo iónico o covalente. Los distintos tipos de enlace químico son: Iónico o electrovalente; covalente (polar, no polar, coordinado); Puente de Hidrógeno; enlace metálico.
L5	<ul style="list-style-type: none"> El enlace químico es la fuerza atractiva que se establece entre átomos o grupos de átomos y es responsable de que permanezcan unidos. Cualquier teoría sobre la naturaleza del enlace debe explicar aspectos tales como, la clase de átomos y su proporción; la geometría y disposición espacial de los átomos y; su contenido energético y determina la estabilidad de la especie química. Cuanto menor sea el contenido energético de un sistema químico, mayor es su estabilidad. Una especie química es un sistema químico estable si corresponde a un mínimo de energía. La distancia internuclear (o distancia de enlace) corresponde con el mínimo de energía, responsable de la estabilidad de la nueva especie química. Los electrones de la capa de valencia son la causa de que se dé una situación enlazante o antienlazante.

	<ul style="list-style-type: none"> • Los átomos se unen para conseguir la estructura electrónica de los gases nobles. • Para conseguir la estructura electrónica del gas noble más próximo, los átomos compartirán, cederán o ganarán electrones. • Según la electronegatividad de los átomos que se unen, los enlaces principales pueden ser Covalentes, Iónicos o Metálicos.
--	---

3. PRODUCCIÓN

En esta sección se realizó la construcción del significado, a partir de las proposiciones, en las cuales se genera la comprensión del modelo Enlace Químico para el autor del Libro de Texto, es decir, lo que el autor quiere dar a entender en su libro (Tabla No. 19).

Tabla No. 19: Significado del modelo Enlace químico dado por el(los) autor(es) del libro de texto.

LIBRO	L1	L2	L3	L4	L5
SIGNIFICADO DE ENLACE QUÍMICO DE CADA AUTOR	Conjunto de fuerzas que mantiene unidos a los átomos, iones y moléculas cuando forman distintas agrupaciones estables.	Fuerzas de atracción que mantiene unidos a los átomos entre sí, formando compuestos, para lograr así su estabilidad.	Fuerzas de atracción que mantienen unidos los átomos en las moléculas y los iones en los cristales.	Son las fuerzas de atracción que mantienen la unión de los átomos en los compuestos.	Es la fuerza atractiva que se establece entre átomos o grupos de átomos y es responsable de que permanezcan unidos.

A través de los resultados evidenciados en el proceso de Comprensión de las Descripciones Verbales, se evidencia una tendencia a enmarcar el Enlace Químico como una *Fuerza*, la cual, no se refleja en las construcciones lingüísticas formuladas en el cuerpo del marco explicativo, donde, se desvanece esta idea y se centra en entidades como los electrones - específicamente los *electrones de valencia*-, como los agentes responsables de la formación de los Enlaces Químicos.

En el aspecto Denotativo, la construcción lingüística que hacen los autores de los libros de texto, dejan clara la mirada conceptual en la que basan sus explicaciones, pero en contraposición con el postulado central que hacen de la definición del fenómeno estudiado, generan una interpretación Connotativa en el estudiante, que redundante en la falta de comprensión del fenómeno descrito y propicia errores post-instruccionales que pueden conducir a la formulación de Representaciones del Enlace erróneas o dicotómicas, pues, en la definición se

explicita el concepto desde “la fuerza” y luego ésta se desvanece en entidades fisicalizadas como lo son los electrones.

Si se centra el interés en los sistemas semióticos de representación y en la importancia de las tareas de conversión entre diferentes representaciones, se debe tener presente algunos aspectos teóricos que presentan autores como Duval (1999), quien caracteriza un **sistema semiótico** como un sistema –registro- de representación, si permite tres actividades cognitivas relacionadas con la semiosis: a) la presencia de una representación identificable; b) el tratamiento de una representación que es la transformación de la representación dentro del mismo registro donde ha sido formada; c) la conversión de una representación que es la transformación de la representación en otra representación de otro registro en la que se conserva la totalidad o parte del significado de la representación inicial.

En este sentido, una línea dibujada entre dos símbolos químicos de los elementos, ha sido una referencia del Sistema Semiótico de Representación para el enlace y se ha adherido al lenguaje propio de la química. No obstante, dicha representación puede generar un error post-instruccional si no se especifica, que dicha línea sólo es una manera de presentar una analogía con un sistema semiótico inscrito en un modelo explicativo específico, en este caso particular, en el modelo de Lewis.

En consonancia con lo anterior, los sistemas de representación son un conjunto estructurado de notaciones, símbolos y gráficos, con reglas y convenios, que nos permiten expresar aspectos y propiedades de un concepto, pero, teniendo presente que ningún sistema de representación agota por sí solo un concepto (Fernández, 1997). Dichos aspectos no son considerados por los autores de los libros de texto y simplemente dan cabida a una representación pictórica sin las advertencias necesarias para su comprensión en el modelo explicativo que se propone.

Ahora bien, el único modelo explicativo empleado para el campo descriptivo se basa en los aportes de Lewis, estableciéndose como modelo de estabilidad la Regla del Octeto. Aunque las teorías (según el estructuralismo considerado familia de modelos) que fundamentan el enlace químico son múltiples y complejas, en la discusión que realiza cada autor sólo se usa un modelo esencial, haciendo una explicación simple y específica para la comprensión del fenómeno tratado.

Ahora bien, retomando las proposiciones contempladas en la tabla No. 19 como las definiciones dadas por cada autor de libro de texto y, resaltando que las definiciones de enlace son pilares conceptuales de la química (concepto estructurante), se concierta la idea de enlace como una Fuerza. No obstante, en la mayoría de los casos no se hace o se interpreta de modo incompleto. En ocasiones se confunde la causa con la consecuencia y se remiten a realizar el posterior análisis de las propiedades de las sustancias. Enlace quiere decir unión por fuerzas que mantienen asociadas las partículas que en ambos casos está regido por fuerzas electrostáticas. Los autores basan su construcción en aspectos estructurales y sólo en dos de los libros de texto analizados se remiten a considerar los aspectos termodinámicos, y este es otro modelo.

La nueva literatura filosófica sobre el enlace químico comienza con la concepción estructural del enlace químico (Hendry, 2006). En la concepción estructural, los enlaces químicos son sub-moleculares, partes materiales de las moléculas, que se localizan entre centros atómicos individuales y son responsables de mantener la molécula junta. Esta es la noción del enlace químico que surgió a finales del siglo XIX, que continúa informando la práctica de la química sintética y analítica. Pero, ¿es correcta la concepción estructural de la vinculación?

Además de lo planteado hasta el momento, otro aspecto para resaltar es que, en todos los libros de texto se reconocen tres tipos de enlace y se establecen el que las propiedades físicas (evidencia molar) y el comportamiento de las sustancias químicas (propio del nivel molecular) obedece al tipo de enlace formado entre los átomos que la constituyen (que se relaciona en el nivel eléctrico). En este sentido se nota una trasgresión de niveles explicativos, sin hacer mención de ellos y sin tener las precauciones de referirse a cada uno como modos de percibir el fenómeno explicado. Esto puede propiciar una dificultad en los estudiantes para la comprensión del fenómeno, en tanto, ellos pueden generar una relación de igualdad entre los distintos modelos representativos y los sistemas representacionales empleados, sin fomentar una reflexión de discrecionalidad entre las funciones que se establecen al hacer referencia a un nivel de comprensión u otro.

Retomando a Ardac & Akaygun (2004) quienes refieren que la comprensión conceptual de la química incluye la capacidad para representar y traducir problemas químicos utilizando el nivel macroscópico (observable), molecular (particulado) y formas simbólicas, pero en este sentido, la instrucción en química debe fomentar el desarrollo y producción de múltiples

representaciones y debe animar a los estudiantes a reflexionar en sus significados. Para conseguir esto, los autores de los libros de texto deberían ser cuidadosos al momento de realizar sus marcos explicativos y hacer mención en cada instante sobre el nivel de comprensión en el que se están ubicando y de esta manera alinear las representaciones pictóricas que correspondan con el mismo Nivel en el que se desenvuelve dicho discurso argumentativo.

➤ **PROCESO:** INTERPRETACIÓN

ENTIDAD DE ANÁLISIS: DESCRIPCIONES VERBALES (REPRESENTACIONES LINGÜÍSTICAS)

CRITERIOS DE ANÁLISIS:

1. REPRESENTACIÓN PROPOSICIONAL

1.1. Discursos Identificados

Se evidencia en los cinco libros de textos que los autores refieren el enlace químico a entidades físicas (electrones) entre ciertos átomos, es decir el(los) autor(es) considera(n) la idea del electrón como partícula, provista de la capacidad para desplazarse a fin de cederse, aceptarse o compartirse entre átomos de igual o distinto elemento.

Se considera al enlace como una fuerza, lo cual hace pensar en un discurso Reduccionista, pues se basa en la consideración de enérgicas fuerzas electrostáticas, aunque induce a errores instruccionales, pues, si se entiende que el electrón es una entidad de carga negativa, ¿cómo es que ellos son los responsables de mantener unidos a los átomos? En ningún libro de texto esta discrepancia se resuelve sino simplemente se recurre a afirmaciones como “los electrones de valencia son los responsables del enlace químico”.

Cuando se habla del Discurso Reduccionista, se hace sobre la afirmación “la química es exclusivamente una ciencia experimental, careciendo de una teoría propia, donde las teorías dependen completamente de las teorías de la Física Atómica”. Esto conduce a pensar que hay una reducción entre disciplinas científicas (Bengoetxea, 2004). Este reduccionismo de la Química a la

Física ha conllevado a la creación de diferentes tipos de reduccionismo, entre otros, el epistemológico y el ontológico.

En términos del Discurso Fisicalista, se asume como aquel, en que los términos científicos se refieren a objetos (Carnap, 1998) aquel que otorga un sentido físico a las entidades teóricas.

Y, respecto del Discurso Realista, se evidencia en los libros de texto analizados, un Realismo de entidades y de teorías y se suma, además, un realismo ingenuo ceñido a la idea de comprender los modelos como una verdad sobre el mundo, calcada a partir de él (Galagovsky, 2007; Adúriz-Bravo, Izquierdo Aymerich, 2009).

Las especies químicas realizan procesos de formación de enlaces (realista de teorías) pero desde otras dinámicas que no corresponden a la transferencia física y real de entidades –electrones- (anti-realismo de entidades). La enseñanza de una química realista, fisicalista y reducida, que puede caracterizar a los libros de texto, producirá lo que Taber (2001) considera como errores post-instruccionales.

4.4. ANÁLISIS DEL CONTENIDO ICONOGRÁFICO

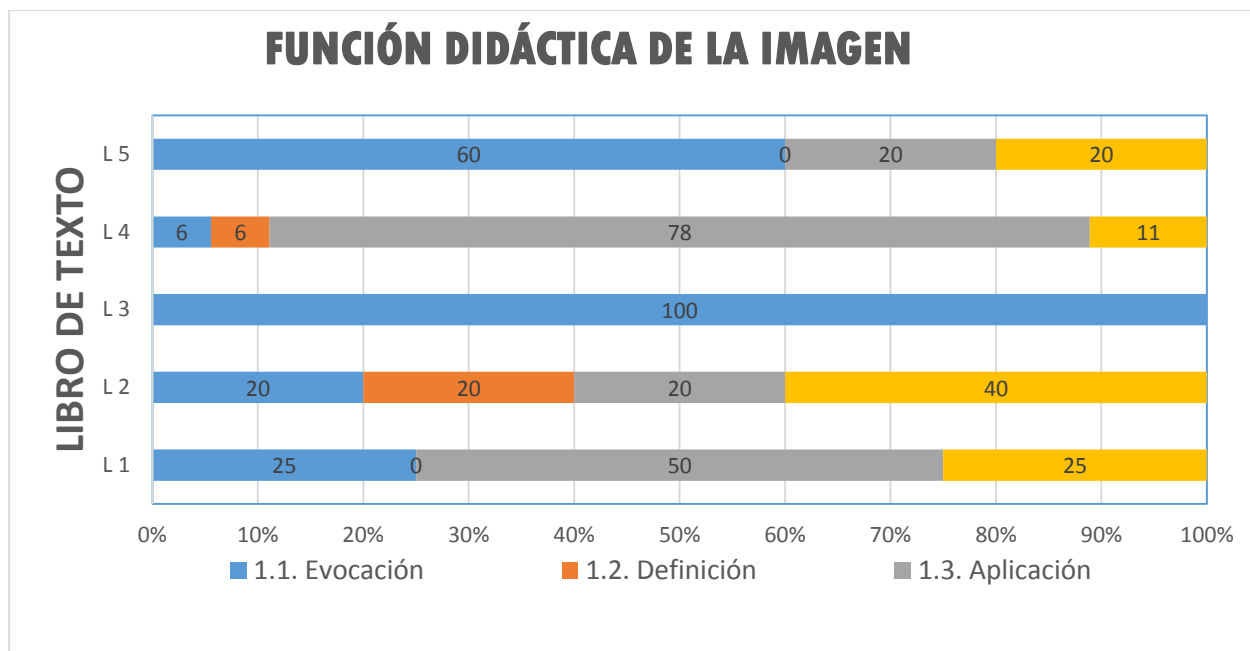
Una vez aplicado la Taxonomía propuesta por Perales y Jiménez (2002), se obtuvieron los siguientes resultados.

PROCESO: COMPRENSIÓN

CRITERIOS DE ANÁLISIS:

1. FUNCIÓN DE LA IMAGEN

	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
1.1. Evocación	1	1	1	1	3
1.2. Definición		1		1	
1.3. Aplicación	2	1		14	1
1.4. Descripción	1	2		2	1
1.5. Interpretación					
1.6. Problematización					

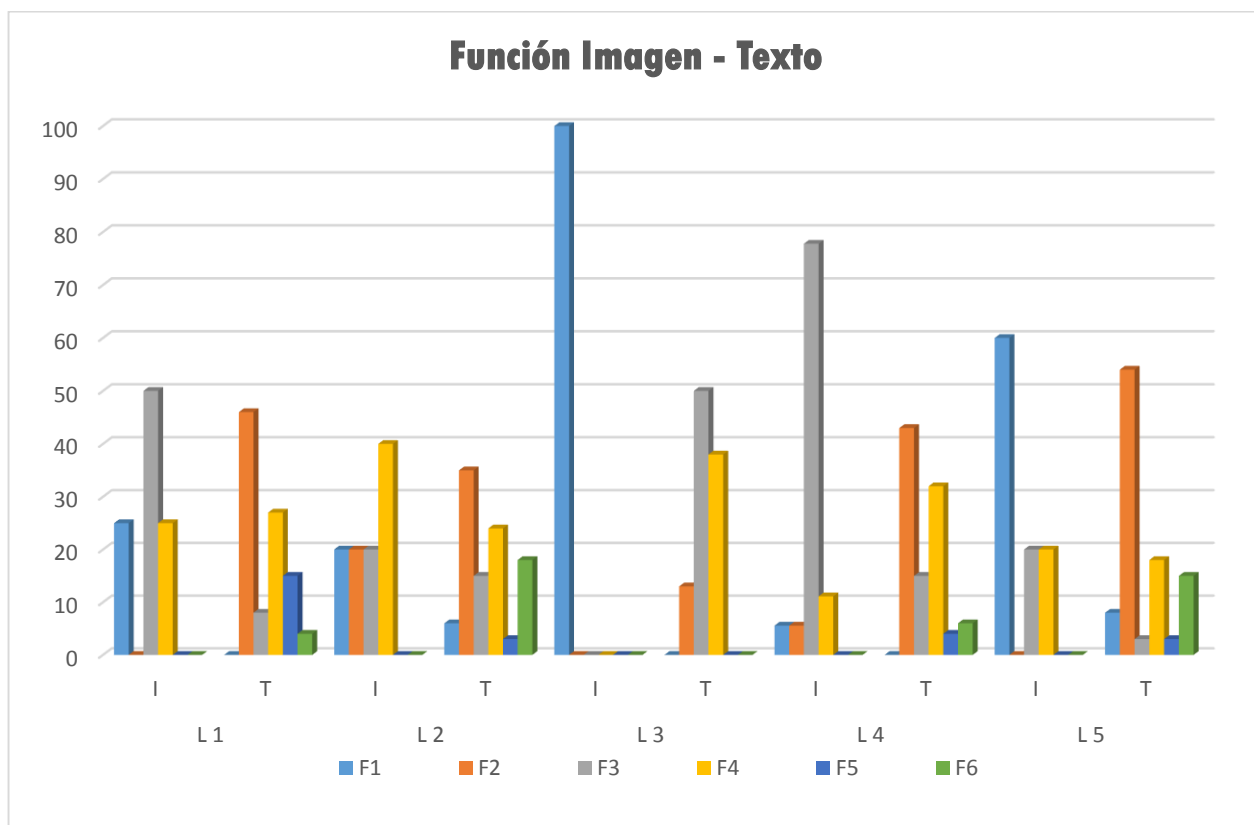


Gráfica No. 2: Función *Didáctica de la Imagen*

La función de la imagen tiene un gran componente de Aplicación en el libro de Texto 1 y 4, mientras que en los libros 3 y 5, su función es más de Evocación. Se denota, además, una disparidad entre la función que cumple el texto y la que se evidencia en las imágenes. No se encuentra una linealidad de la presentación de una Representación Iconográfica en la secuencia didáctica del texto, permitiendo deducir que las imágenes cumplen el rol de volver más llamativo el texto. El discurso científico se construye a partir de diferentes sistemas semióticos: lenguaje natural, lenguaje gráfico, lenguaje matemático... Cada representación facilita hablar de una manera determinada sobre un tema en particular, en consecuencia los diferentes modos semióticos deben actuar de manera sinérgica, y en los libros de texto no se nota esta relación, atribuyéndose a las representaciones pictóricas una función netamente decorativa.

No se evidencia una relación estrecha entre el Texto y las representaciones, como se observa en la gráfica No. 8. En el libro 1 (L1), las imágenes (I) tienen una función más proporcionada en la Aplicación (F3) mientras el texto (T) lo hace en el sentido de Definición (F2). En el libro 2, las imágenes se mueven en el campo de la Descripción (F4), mientras que el texto lo hace en la Definición. En el libro 3, la imagen presenta una función de Evocación (F1), mientras el texto tiene una orientación hacia la Aplicación. En el libro 4, las imágenes tienen la tendencia a la Aplicación, mientras el texto se mueve entre la Definición y la Descripción. Y,

por último, en el libro 5, las imágenes tienen un sentido más de Evocación y el texto, de nuevo, tiene una función de Definición.



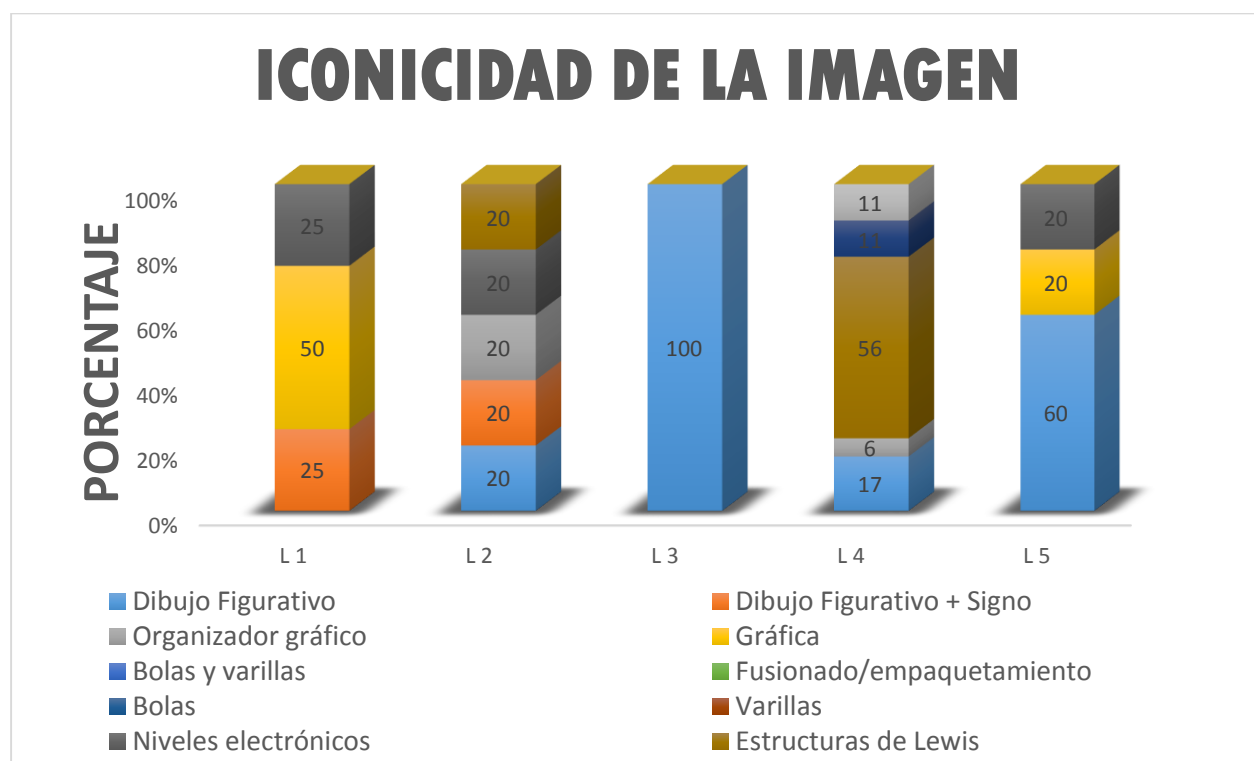
Gráfica No. 8: Función Texto – Imagen en los Libros de Texto.

Las definiciones de enlace y sus tipos, enlace iónico y enlace covalente son pilares conceptuales de la química, pero las concepciones de los autores que tratan este crucial aspecto son disímiles y en la mayoría de los casos no se hace o se interpreta de modo incompleto, en ocasiones se confunde la causa con la consecuencia y no permiten realizar el posterior análisis de las propiedades de las sustancias.

2. GRADO DE ICONICIDAD

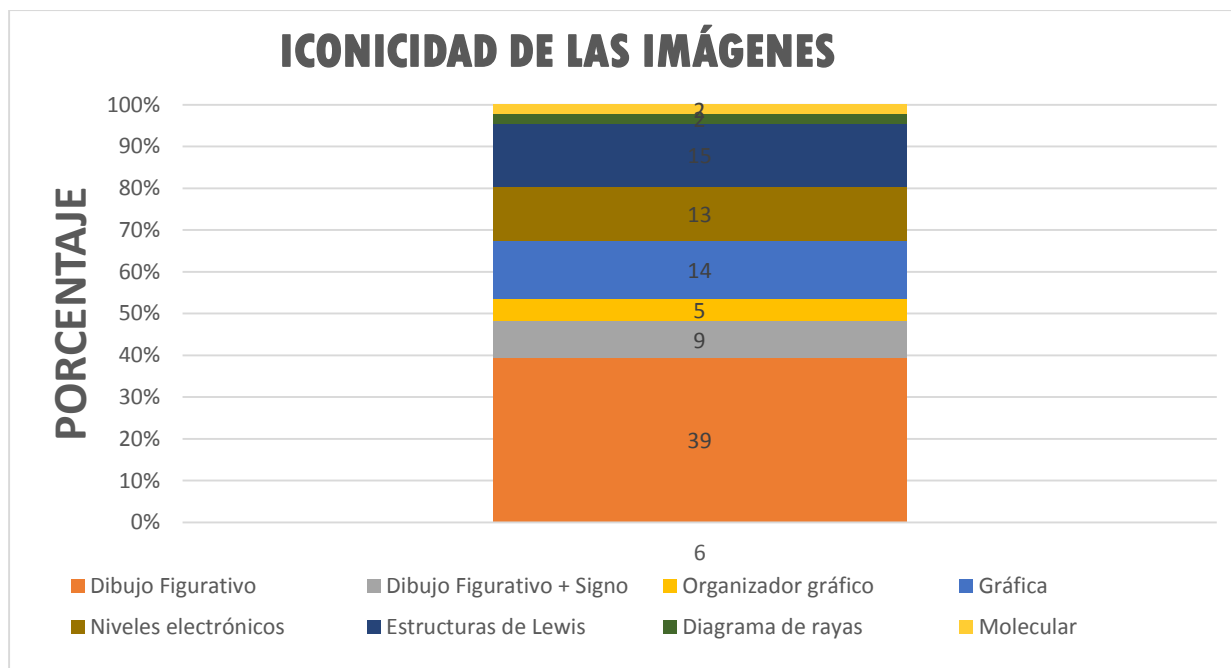
ICONICIDAD	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
Dibujo Figurativo		1	1	3	3
Dibujo Figurativo + Signo	1	1			
Organizador gráfico		1		1	
Gráfica	2				1
Bolas y varillas					
Fusionado/empaquetamiento					

Bolas					
Varillas					
Niveles electrónicos	1	1			1
Estructuras de Lewis		1		10	
Diagrama de rayas				2	
Combinación lineal de orbitales atómicos					
Orbitales moleculares					
Cuñas					
Molecular				2	
Densidad de carga					



Gráfica No. 3: Grado de Iconicidad de las Imágenes

A pesar de que el texto contiene elementos que inducen a un marco explicativo fundamentado en el nivel eléctrico, las imágenes no se correlacionan de manera directa con la intención explicativa de las representaciones lingüísticas. El uso de distintos sistemas de representación no responde al propósito de repetir, ilustrar, hacer más llamativa la información que se presenta, por el contrario, se incluyen con el propósito de complementar –o completar- la información de las representaciones lingüísticas para de esta manera facilitar el mensaje que se quiere transmitir (Lemke, 1993). Mientras el componente lingüístico hace referencia a Fuerzas, las representaciones pictóricas se vuelcan a imágenes del nivel molar donde no se ponen en evidencia dichas relaciones semióticas.



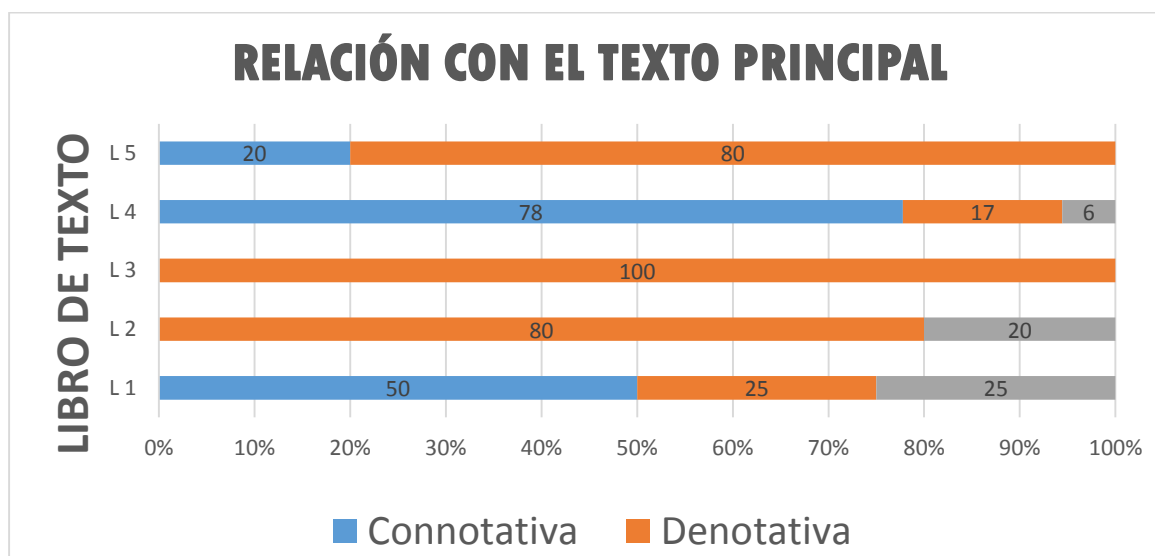
Gráfica No. 4: Grado de Iconicidad de los Libros de Texto

PROCESO: INTERPRETACIÓN

CRITERIOS DE ANÁLISIS:

1. RELACIÓN CON EL TEXTO PRINCIPAL

	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
Connotativa	2			14	1
Denotativa	1	4	1	3	4
Sinóptica	1	1		1	

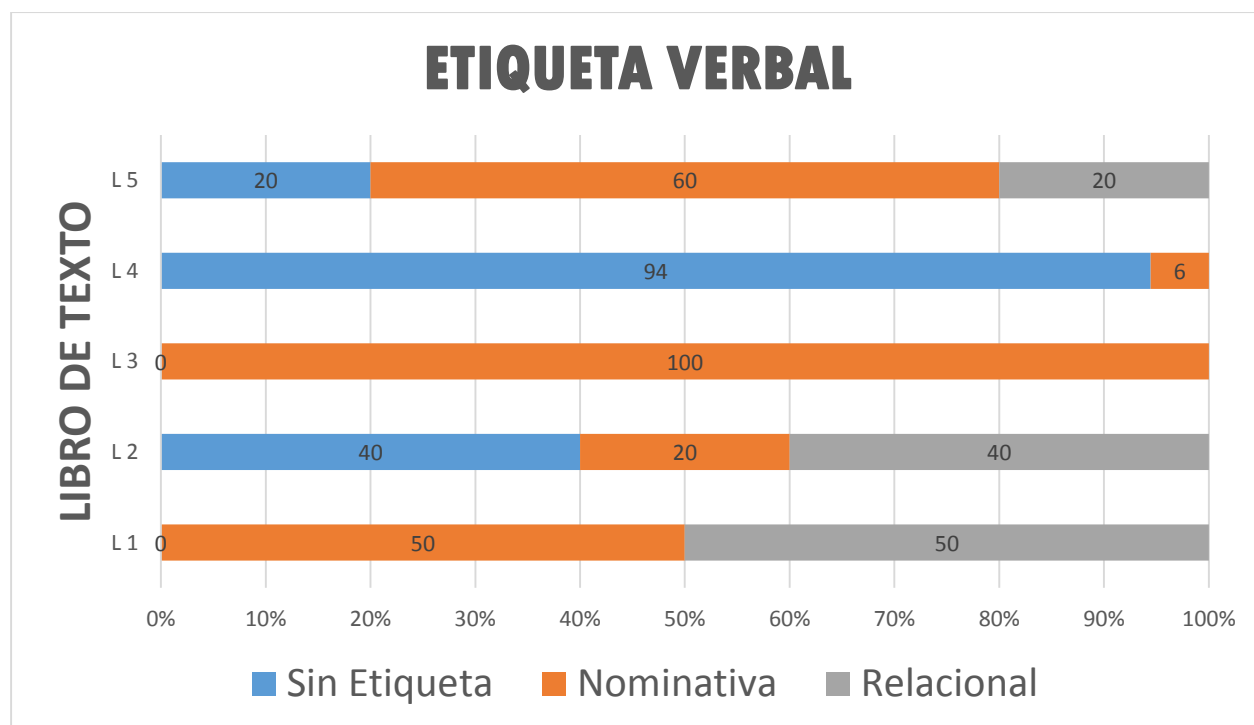


Gráfica No. 5: Relación de la imagen con el texto principal

Como se puede observar en la gráfica No. 5, la Relación de las Representaciones Pictóricas son de tipo connotativo, es decir, el texto (componente lingüístico) es el que aporta el contenido total de la información y la imagen cumple el papel de mera ilustración. En el caso de los libros 1 y 4, la relación Connotativa obedece a imágenes de tipo gráficas que explican el texto a través de Energías y longitudes de Enlace. Para el caso de la Relación sinóptica, hace alusión a Mapas conceptuales que engloban los conceptos relacionales en el concepto del Enlace Químico.

2. ETIQUETA VERBAL

	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
<i>Sin Etiqueta</i>		2		17	1
<i>Nominativa</i>	2	1	1	1	3
<i>Relacional</i>	2	2			1



Gráfica No. 6: *Etiquetas Verbales en las Imágenes*

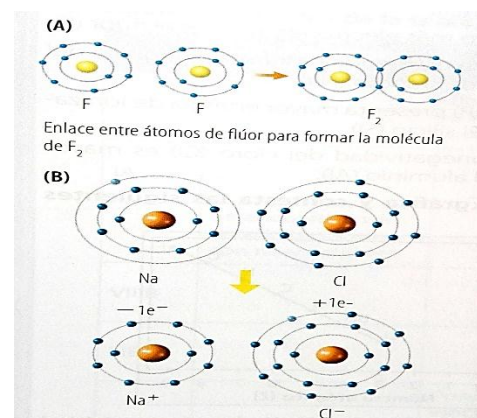
Las etiquetas verbales permiten al lector, en este caso a los estudiantes, entender la imagen, no obstante, se presenta un gran porcentaje de imágenes sin etiquetas y las que existen son en mayor proporción del tipo Nominativas donde el texto no aporta mucho para la comprensión total de la imagen expuesta.

3. CONTENIDO CIENTÍFICO QUE LAS SUSTENTA



En este apartado debe especificarse, que las imágenes encontradas presentan algunos errores de asociación respecto de la representación lingüística. Por ejemplo, en el libro 1, el texto que da cabida a la imagen es *“Cuando dos o más átomos se unen forman una molécula, la cual puede estar constituida por átomos de un mismo elemento (figura 81)”*. No obstante, la imagen muestra un reloj de plata, del cual se hace una referencia del contenido del marco, evidenciándose un conjunto de esferas idénticas de las que se establece un texto que dice *“estructura cristalina de la plata”*. Como bien lo menciona el texto, se habla de moléculas, sin embargo la imagen hace referencia a redes cristalinas metálicas.

En el mismo texto, la imagen 82, muestra modelos de átomos donde se parecían niveles de Energía circulares y un núcleo macizo, desconociéndose, en primer lugar la composición del núcleo atómico y los aportes del nuevo modelo atómico.



En el libro de texto 2, la primera imagen que muestra una fotografía de las minas de sal en Manaure, se complementa con dos imágenes adicionales, un modelo de bolas y esferas para el cloruro de sodio y una representación de bolas esferas para representar la estructura cristalina de dicho compuesto. Se hace uso de distintos tipos de representaciones sin advertir la relación entre ellos.

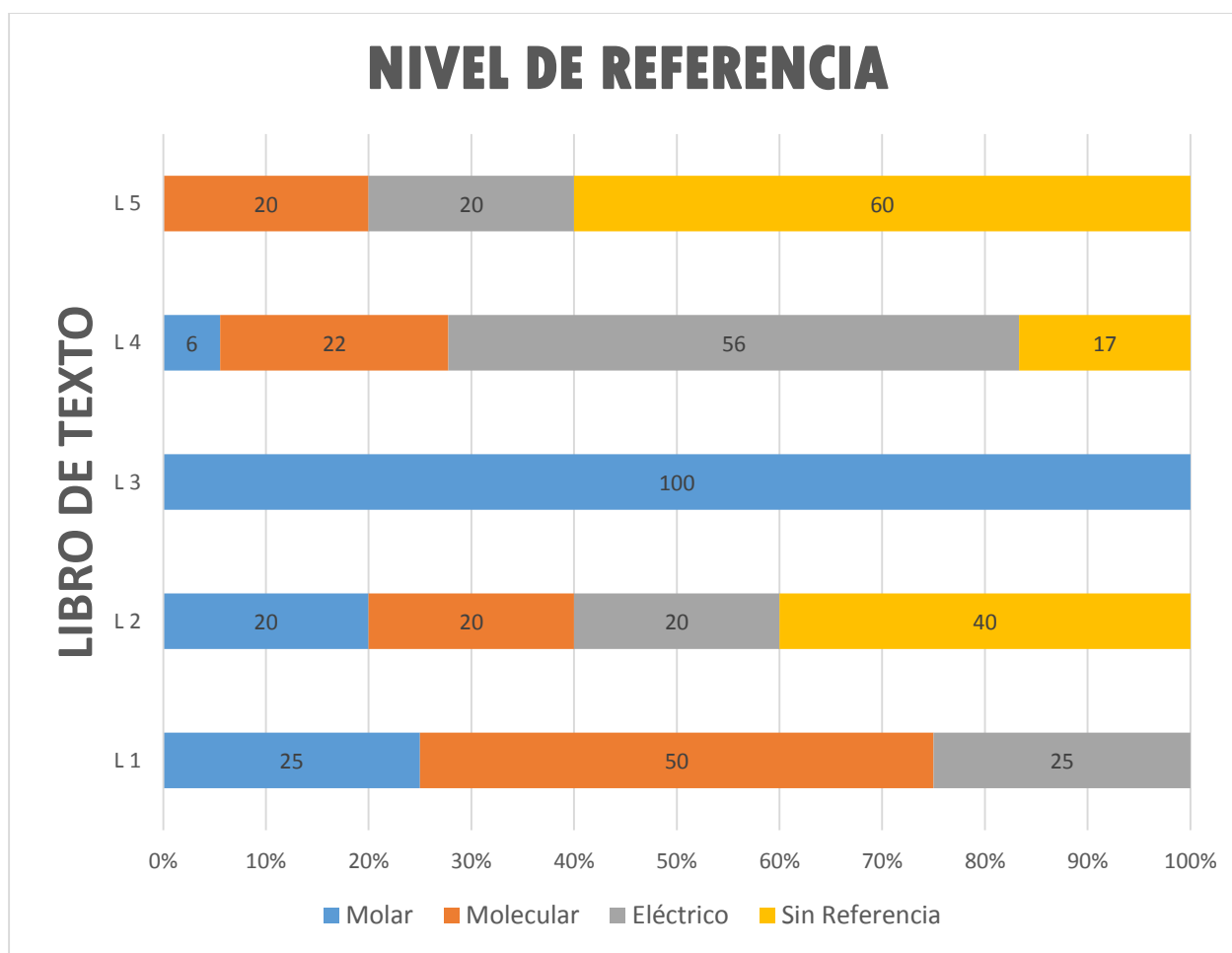


Figura 5.1 En la fotografía observas el proceso de extracción de sal en Manaure, en la Guajira. La sal es un compuesto formado por la unión de sodio y cloro mediante un enlace iónico.

4. NIVEL DE REFERENCIA

	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
Molar	1	1	1	1	
Molecular	2	1		4	1
Eléctrico	1	1		10	1
Sin Referencia		2		3	3

Nive l	Molar			Molecular			Eléctrico		
	Composición y Estructura	Energía	Tiempo	Composición y Estructura	Energía	Tiempo	Composición y Estructura	Energía	Tiempo
L1	1			1	1		1		
L2	1			1			1		
L3	1								
L4	1			4			10		
L5				1			1		



Gráfica No. 7: Nivel de Referencia

RESULTADOS CONJUNTOS

	FIGURA	FUNCIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	ICONICIDAD	RELACIÓN CON EL TEXTO PRINCIPAL	ETIQUETA VERBAL	NIVEL DE REFERENCIA
L1	8.1	Evocación	Dibujo Figurativo + Signo	Denotativo	Nominativo	Molar
	8.2	Descripción	Niveles electrónicos	Connotativo	Relacional	Molecular
	8.3	Aplicación	Gráfica	Connotativo	Relacional	Molecular
	8.4	Aplicación	Gráfica	Sinóptico	Nominativo	Eléctrico
L2	5.1	Evocación	Dibujo Figurativo + Signo	Denotativo	Nominativo	Molar
		Definición	Organizador Gráfico	Sinóptico	Sin Etiqueta	
		Descripción	Estructura de Lewis	Denotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
	5.2	Descripción	Niveles electrónicos	Denotativo	Relacional	Molecular
	5.3	Definición	Dibujo Figurativo	Denotativo	Relacional	
L3		Evocación	Dibujo Figurativo	Denotativo	Nominativo	Molar
L4		Definición	Organizador Gráfico	Sinóptico	Sin Etiqueta	
	6.1	Evocación	Dibujo Figurativo	Denotativo	Nominativo	Molar
		Aplicación	Molecular	Connotativo	Sin Etiqueta	Molecular
		Aplicación	Molecular	Connotativo	Sin Etiqueta	Molecular
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Diagrama de Rayas	Connotativo	Sin Etiqueta	Molecular
		Aplicación	Diagrama de Rayas	Connotativo	Sin Etiqueta	Molecular
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Aplicación	Estructura de Lewis	Connotativo	Sin Etiqueta	Eléctrico
		Descripción	Dibujo Figurativo	Denotativo	Sin Etiqueta	
	Descripción	Dibujo Figurativo	Denotativo	Sin Etiqueta		
L5		Evocación	Dibujo Figurativo	Denotativo	Sin Etiqueta	
		Aplicación	Gráfica	Denotativo	Nominativo	Eléctrico
		Descripción	Niveles electrónicos	Connotativo	Relacional	Molecular
		Evocación	Dibujo Figurativo	Denotativo	Nominativo	
		Evocación	Dibujo Figurativo	Denotativo	Nominativo	

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la revisión de los libros de texto, al respecto de las unidades Físicas de análisis (Krippendorff, 1990), se observa la recurrencia de establecer un estatus de *Concepto estructurante* al Enlace Químico (Gagliardi y Giordan, 1986). La escuela prioriza los conocimientos producidos en las instituciones especializadas, pero en los Libros de Texto se consolidan o se priorizan sólo aquellos que, a juicio de los autores, puedan dar cuerpo a una Química escolar que permita el aprendizaje de los contenidos propios de esta disciplina. El enlace Químico, parece ser uno de estos temas que resultan relevantes para la explicación de los fenómenos químicos, pues está articulado entre el tema de Propiedades Periódicas y el de Reacciones Químicas. En este sentido, se puede interpretar, que la comprensión de este concepto, requiere del manejo de aspectos tales como la electronegatividad, la energía de ionización, la afinidad electrónica, entre otros, los cuales, no obstante no se retoman ni se articulan cuando se construyen las explicaciones del Modelo Enlace Químico. Y finalmente, al revisarse las composiciones lingüísticas, parece entenderse que, la comprensión de este tema le permite al estudiante (población a la cual se dirigen los libros de Texto), la estructura conceptual necesaria para la asimilación de fenómenos asociados a los cambios que ocurren en las sustancias cuando se combinan con otras.

En cuatro de los cinco libros analizados, se presenta el tema con una mirada de tipo empiro-positivista. Esto puede apreciarse en la construcción del discurso argumentativo, en tanto los autores le configuran al enlace una imagen estática y única atribuyendo la estabilidad de las sustancias a una única teoría: *la regla del octeto*. Se lee en algunas líneas de los libros de texto que la configuración electrónica de los gases nobles explica su comportamiento químico, comportamiento que los demás átomos deben cumplir para llegar a esta misma estabilidad.

No se evidencia en ninguno de los textos analizados una sección o subtítulo en relación a la Historia del concepto, que describa las diferentes contribuciones y acontecimientos sobre la construcción del modelo de Enlace Químico, desconociéndose el valor de este componente en la construcción de dicho concepto que resulta ser tan abstracto e intangible, omitiendo

herramientas de juicio para la comprensión y apropiación por parte de los estudiantes, a quienes, se supone va dirigido este material de consulta. Recurrir a la historia de la Química resulta ser provechoso puesto que nos familiariza con las reflexiones especulativas de los grandes químicos del pasado y nos permite valorar exactamente el progreso actual de esta ciencia y contribuir a su desarrollo constante. En el largo curso del esfuerzo humano para interpretar y, en cierto modo, dirigir los fenómenos de la Naturaleza, las ideas han sido siempre más potentes que la simple habilidad técnica.

Kragh (2001) presenta un análisis interesante que permite identificar las diferentes valoraciones e interpretaciones que pueden atribuirse a la Historia de la Ciencia según la época y el "lente" desde la cual esta sea concebida. Una enseñanza de la química basada en una perspectiva histórica, adquiere importancia en el diseño de Libros de Texto que incorporen los aspectos involucrados en la génesis y evolución de los conceptos científicos, y de esta manera dimensionar el carácter problematizador de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en busca del cambio en la imagen de ciencia que generalmente se socializa en el aula y no contempla el propio proceso histórico del sujeto que aprende ciencias (Labarrere y Quintanilla, 2002).

Definitivamente, las representaciones lingüísticas evidenciadas en todos los libros de textos, denota la determinación del (los) autor(es) a la construcción sintáctica de las teorías, y no se vislumbra un referente que establezca la posibilidad de la comprensión de modelos explicativos de la ciencia, sino que se afirman en la posibilidad de establecer un enlace en función de un componente electrónico que se ha cedido, aceptado o compartido. En este sentido, la teoría estructuralista ha tratado de implementar los conceptos de "estructura" y "modelo" para captar la esencia y representar un fenómeno. Es así, que hacer restricciones del enlace químico a entidades materiales como los electrones, no permite comprender el fenómeno en toda su plenitud y genera en el estudiante una visión de relación 1:1 entre enlace y electrón.

La construcción del concepto Enlace Químico, en los cinco libros de texto analizados, está permeada e influenciada por una visión positivista de las ciencias, en la cual los términos teóricos están estrechamente relacionados a los términos observacionales mediante reglas de correspondencia o de interpretación (Carnap 1998), en tanto se argumenta el concepto del Enlace Químico en función de los trabajos de Lewis y sus colaboradores, sin dar pie a

interrogarse sobre la veracidad de dichos trabajos y sobre el origen de los mismos, así como de la necesidad de otros trabajos y otros modelos teóricos.

Se ha podido establecer que, se encuentra una yuxtaposición y mezcla de los modelos atómicos clásicos (Dalton, Rutherford); y cuánticos (Schrödinger) para la explicación del enlace químico, los cuales introducen graves errores conceptuales o errores post-instruccionales, como por ejemplo: considerar al orbital atómico (o los niveles energéticos correspondientes) como zonas del espacio que existen independientemente de los electrones y que pueden ser ocupadas o no por éstos (Realismo Ontológico).

Con respecto al grado de iconicidad, se encontraron representaciones fundamentalmente de dos tipos: a) aquellas donde prima la representación orgánica, en las que se muestran objetos familiares para el lector pero sin ninguna explicación que referencie que éstos son exclusivamente una representación por analogía (en palabras de Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich (2009), modelos para), dejando una relación denotativa para dichas representaciones. y; b) las que representan acciones o magnitudes inobservables -como los átomos, iones, fuerzas de interacción entre ellos, etc.- en un espacio de representación heterogéneo, como símbolos, flechas, puntos y cruces que representan electrones, enlaces, etc. (entendidos como “modelos de” (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009), fomentando en el lector, la posibilidad de comprensión del concepto desde la realidad de dichas entidades físicas.

“De acuerdo con la concepción semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede ser descrita de varios modos, mediante enunciados diferentes en lenguajes diferentes, y ninguna formulación lingüística tiene ningún estatuto privilegiado. Específicamente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en ningún sentido no trivial” (van Fraassen, 1989, p. 188). En este sentido, la explicación de modelo semántico del Enlace Químico entendido como una familia de modelos, no puede remitirse únicamente a un solo tipo de modo explicativo, pues le resta la validez de los demás componentes modelizados que permiten una comprensión global del fenómeno que se está explicando.

Se puede afirmar que, en general, la imagen de la ciencia que los libros de texto proporcionan es distorsionada y fruto del vacío histórico y filosófico que muestran sus páginas. Adicionalmente, los estudiantes suelen tener muchas dificultades para comprender los textos de

ciencias (Snow, 2002) entendiendo que no son literatura específica (revistas, libros) mediante la cual los científicos comunican a la comunidad sus aportes a la Ciencia, sino son textos para enseñar y estudiar Ciencias. Por lo tanto han sido escritos para guiar a los alumnos en la adquisición del conocimiento escolar. Es así, que se vuelve necesario reflexionar sobre la selección de los libros de textos, pues éstos abordan los contenidos escolares con unas intenciones como ha quedado demostrado en esta investigación, las cuales resultan muchas veces ser distintas a las desarrolladas por el docente en el aula de clase. Por consiguiente, se tendría que evaluar especialmente aspectos de la construcción del conocimiento científico tales como la manera en la que el autor del libro de texto, intenta representar la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la Epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en educación en ciencias*. Año 4, No. Especial 1.
- Álvarez, J. M. (2001). *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Ed. Morata, Madrid.
- Ariza, Y., Lorenzano, P., Adúriz-Bravo, A. (2010). *Dificultades para la introducción de la “Familia Semanticista” en la didáctica de las Ciencias Naturales*. *Latinoam.estud.educ.* 6(1), pp. 59 – 74.
- Ariza, Y., Adúriz-Bravo, A. (2010). *La “Nueva Filosofía de la Ciencia” y la “Concepción Semántica de las Teorías Científicas” en la Didáctica de las Ciencias Naturales*. GEHyD – Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, CeFIEC – Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de Las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Ardac, D. & Akaygun, S. (2004). *Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change*. *Journal of Research in Science Teaching, JRST*. Vol. 41, pp. 317 – 337.
- Ayllon, J., Diaz, C., & Izquierdo, M. (2007). *Historia de la filosofía*. Barcelona: Ariel S.A.
- Bengoetxea, J. B. (2004). *Filosofía y enseñanza de la Química sin reduccionismos*. *Educação e Filosofia*. Vol. 18, No. 35/36, pp. 233 – 258.

Brading, K., Landry, E. *Scientific Structuralism: Presentation and Representation*.

Caamaño, A. (2014). *La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas*. Alambique Didáctica de la Ciencias Experimentales. No. 77, pp. 7 – 20.

Cáceres, Pablo (2003). "Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable". Revista de la escuela de psicología. Facultad de Filosofía y Educación. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2, pp. 53-82.

Chamizo, J. (1992). *Modelos de enlace químico*. Elementos, Ciencia y Cultura, 28-32.

-- (2006). *Los modelos en la Química*. Educación Química, 17 (4), pp. 476-483.

Choppin, A. (1980). *L'histoire des manuels scolaires. Un bilan bibliométrique de la recherche français*. Histoire de l'Education, 58, pp. 165-185.

Carnap, R. (1998). *Filosofía y sintaxis lógica*, UNAM, México.

Cruz-Garriz, D., Chamizo, J.A. & Garriz, A. (1987). "Estructura Atómica. Un Enfoque Químico". Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.

D'Amore, B. (2006). *Objetos, significados, representaciones semióticas y sentido*. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME), Número Especial pp. 177-195

Díaz, D. (2014). *Modelo semántico de Oxidación – Reducción. Cuestionamiento frente al qué se escribe, se investiga y se enseña en Química*. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional.

Díez, J. A. y Moulines, U. (1999). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Barcelona, Ariel, 2ª edición.

Duval, Raymond. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. (Traducción de Miryam Vega). Cali: Universidad del Valle.

- Escolano B. (1997). *El libro escolar como espacio de memoria*. En los manuales escolares como fuente para la historia de la educación en América Latina. España.
- Espinosa-Ricardo, L., Mejía, G., Díaz-Rondón, G. & Rodríguez-García, M. (2009). *El análisis documental de contenido y la normalización terminológica en bibliotecas de Bogotá*. Revista Interamericana de Bibliotecología. Ene. – Jun., Vol. 32, No. 1; pp. 11-30.
- Espinoza, R. (2004). *Historia de la Química enfocada en el átomo y el enlace*. VI Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Mérida: Smart Service C.A.
- Eysenck, M. & Keane, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd. Publishers. 2da reimpresión.
- Fanaro, M.A., Otero, M.R. y Greca, I.M. (2005). *Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 4 (2).
- Fernández, F (1997). *Evaluación de competencias en álgebra elemental a través de problemas verbales*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada
- Fox, V. (2005). *Análisis Documental de Contenido: Principios y Práctica*.
- Gagliardi, P.J. y Giordan, A. (1986). *La historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 4(3), pp. 253-258.
- Galavosky, L. (2001). Enseñanza de la Química: Lenguajes expertos como obstáculos de aprendizaje. Enseñanza de las ciencias. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, pp. 425 – 429.
- (2007). Enseñanza vs. Aprendizaje de las Ciencias Naturales: El papel de los lenguajes y su impacto en la comunicación entre estudiantes y docentes. Episteme, Tecné y Didaxis, número extra, 66-87.

- Gallego, R., Pérez, R., Gallego, A. 2006. *El objeto de saber de los Químicos. Formulación, modificación y abandono del modelo icónico inicial*. Investigações em Ensino de Ciências. V. 11(3), pp.365-381.
- García, A., & Garritz, A. (2006). *Desarrollo de una Unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato*. Enseñanza de las Ciencias, 24(1), pp. 111 - 124.
- García, J. J. (2005). *La comprensión de las Representaciones Gráficas Cartesianas presentes en los libros de Texto de Ciencias Experimentales, sus Características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Memoria de Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada
- Giere, R. *Scientific Representation and Emprircist Structuralism: Essay Review of Bas C. van Fraassen's Scientific Representation: Paradoxes of perspective by Ronald Giere*. To appear in Philosophy of Science.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Springer.
- Gimeno, J. (2005). *La educación que aún es posible*. Ed. Morata.
- González, C., & Tunon, D. (2007). *Historia de la filosofía*. Barcelona: Linkgua S.L.
- Greca, I. (2000). *Representaciones Mentales. I Escuela de verano sobre investigaciones en enseñanza de las ciencias*. Programa Internacional de doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Moreira, M.A.; Caballero, C. y Meneses, J. org. UBU.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (1996) “*Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales*”. Revista de Investigações em Ensino de Ciências- 1 (1), pp. 95-108.
- (1997). “*Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización*”. Trabajo presentado en la Décima Reunión de Enseñanza de la Física (REF X), realizada em Mar del Plata, pp. 27-31.

- Guerrero, G. (2007). *Van Fraassen y la Concepción estructuralista e las teorías*. Universidad del Valle.
- (2007). *Enfoque Semántico de las Teorías. Estructuralismo y Espacio de Estados: Coincidencias y Divergencias*. Tesis Doctoral. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- (2008). *Individuación de las Teorías del Enfoque Semántico*. Principia an international journal of epistemology. Vol. 12, No. 1, pp. 97 - 119
- (2010). *La noción de modelo en el enfoque semántico de las teorías*. Universidad del Valle Cali, Colombia. Praxis Filosófica, No. 31, pp. 169-185.
- (2012). *Compromisos epistémicos en el enfoque estructuralista de las teorías*. Revista de Filosofía. Vol. 37, No. 1, pp. 7 – 26.
- Hendry, R. F. (2006). *Two conceptions of the chemical bond*. Philosophy of Science. 75, pp. 909 – 920.
- Jensen, W. (1998). *Logic, history ad the Chemistry textbooks I: Does Chemistry have a logical structure?* Journal of Chemical Education. 75 (3), pp. 679 – 687.
- Jiménez, J., Perales, J. (2001). *Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO*. Enseñanza de las Ciencias 19 (1).
- (1997). *Análisis de los modelos y grafismos utilizados en los libros de texto de Física y Química*. Alambique, No. 11, pp. 75-85
- Kragh, H. (2001). *Introducción a la Historia de La Ciencia*. Editorial: Critica (Grijalbo Mondadori)
- Krippendorff, K. (1990). *Metodologías de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Ediciones Paidós Ibérica, S. A.
- Labarca, M. (2005). *La Filosofía de la Química en la Filosofía de la Ciencia Contemporánea*. Redes, Universidad Nacional de Quilmes Argentina, Vol. 11, No. 21, pp. 55 - 171

- Labarca, M., Lombardi, O. (2010). *Acerca del Status Ontológico de las entidades Químicas: El caso de los Orbitales Atómicos*. Principia 14 (3), pp. 309 – 333.
- Labarrere, A., y Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. Pensamiento Educativo, 30 (1), pp. 121 - 137.
- Leicester, H. (1967). *Panorama Histórico de la Química*. Madrid: Alhambra.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. L. (1998). *Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text*. En J. R.
- Lieben, L. y Downs, R. (1992). *Developing an understanding of graphic representations in children and adults: the case of GEO-graphics*. Cognitive Development, 7, pp. 331 - 349
- Lockemann, G. (1960). *Historia de la química*. México: UTEHA.
- Lombardi, G., Caballero, C., Moreira, M. *El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico*.
- López, J. (1984). *La evolución de las Representación Simbólica de los conocimientos Químicos*. Enseñanza de las Ciencias, pp. 131 – 139.
- López R., Saldarriaga J., Tamayo O. (2007). *Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos. Universidad de Caldas Manizales, Colombia. Vol. 3, No. 2, julio-diciembre, pp. 61-86
- Lorenzano, P. (2003). “¿Debe ser excluida la concepción estructuralista de las teorías de la familia semanticista? Una crítica a la posición de Frederick Suppe”. Filosofía de la Ciencia e Historia de la Ciencia 8(9).
- Lowe, R. (2000). *Alfabetismo visual y educación científica y tecnológica*. Boletín Internacional de la Unesco de Educación Científica, Tecnológica y Ambiental, XXV (2), pp. 1-3.

- Markman, A. (1999). *Knowledge representation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martínez, J. (2002). *Políticas de Libro de texto escolar*. Morata. Segunda Edición.
- Matta, C., & Gillespie. (2002). *Understanding and Interpreting Molecular Electron Density*. *Journal of Chemical Education*, pp.1141 - 1152.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. (2008). *Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa*. *Enseñanza de las Ciencias*. No. 32 (3), pp. 551 – 570.
- Ministerio de Educación Nacional. Decreto 1860 de 1994 (Agosto 3). *Diario Oficial* No. 41.473, del 5 de agosto de 1994.
- (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en Ciencias: ¡El desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Serie Guías No. 7*
- Moreira M. A. y Greca, I. M. (2003). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre, Vol. 2, No. 3, pp. 37-57,*
- Moulines, U. (1985). *Theoretical Terms and Bridge Principles*. *Erkenntnis*, 22 (1-3) pp. 97 – 117.
- Otero, J. (1990). *Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de Textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión*. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 17 – 22.
- Otero, M.R. (2003). *Investigación en imágenes en la educación en ciencias. Imágenes, palabras y conversaciones*. IV Encuentro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, pp. 1-17.
- Perales, F.J. (2006). *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 13-30.
- Perales, F.J. y Jiménez, J.D. (2002): *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto*. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 369-386.

- Partington, J. R. (1945). *Historia de la Química*, Buenos Aires. Buenos Aires: Editorial Espasa - Calpe S.A.
- Pinto, M., Gálvez, C. (1991). *Análisis documental: fundamentos y procedimientos*. Madrid: EUDEMA, Pág. 34 - 91.
- 1996. *Análisis Documental de Contenido. Procesamiento de Información*. Editorial Síntesis, S. A. Madrid, España
- Pozo, J. A., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón M. (1991). *Las ideas de los alumnos sobre la Ciencia: Una interpretación desde la Psicología cognitiva*. Enseñanza de las Ciencias, 9(1), pp. 83 – 94.
- Riboldi, L., Pliego, Ó., & Odetti, H. (2004). *El enlace químico: una conceptualización poco comprendida*. Enseñanza de las Ciencias, 195-212.
- Roa, R. (2011). *Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de enlace químico en la Educación media vocacional a partir del concepto de densidad de carga*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Roth, W-M. (2002). *Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy*. *Journal of Curriculum Studies*, 34, 1-24.
- Roth, W.-M., Pozzer-Ardenghi, L. y Han, J.Y. (2005). *Critical Graphicacy Understanding Visual Representation*. Practices in School Science. Springer: Holanda.
- Roth, W., Bowen B. y McGinn, M. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 36(9), pp. 977-1019.
- Scerri, E. (2000). *Have Orbitals Really Been Observed?* *Journal of Chemical Education*, 1-3.
- Schnotz, W. y Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple Representation. *Learning and Instruction* No. 13, pp. 141–156

- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Towards a R&D program in reading comprehension*. Washington, DC: RAND Reading Study Group.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1991). *Análisis de la Introducción de la teoría de Enlaces y Bandas*. Enseñanza de las Ciencias, 9(1), pp. 53-58.
- Taber, K. (2001). *Building the Structural concepts of Chemistry: Some Considerations from educational research*. Chemistry Education: Research and Practice in Eurpo, Vol. 2, pp. 123 – 158.
- Talanquer, V. (2010). *Construyendo puente conceptuales entre la varias escalas y dimensiones de los modelos químicos*. Educación Química EduQ, No. 5, pp 11-18.
- Tamayo, O. (2006). *Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas*. Revista Educación y Pedagogía. Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Vol. XVIII, No. 45, pp. 37-49.
- Tamayo, O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://www.tdcat.cesca.es>
- van Dijk, T. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- VAN FRAASSEN, B. (1989). "Laws and Symetry". Oxford: Clarendon Press.
- Vivas-Reyes, R. (2009). *Filosofía de la Química*. Revista Académica Colombiana de Ciencias Vol. 33, No. 126, pp. 125-128
- Zamora, J. *Meaning and Testability in the Strucutralist Theory of Science*.

ANEXOS

1. IMÁGENES DEL LIBRO DE TEXTO DE S&M (L5)

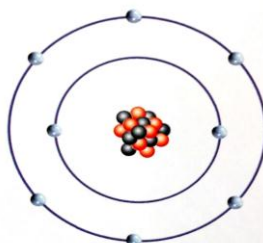
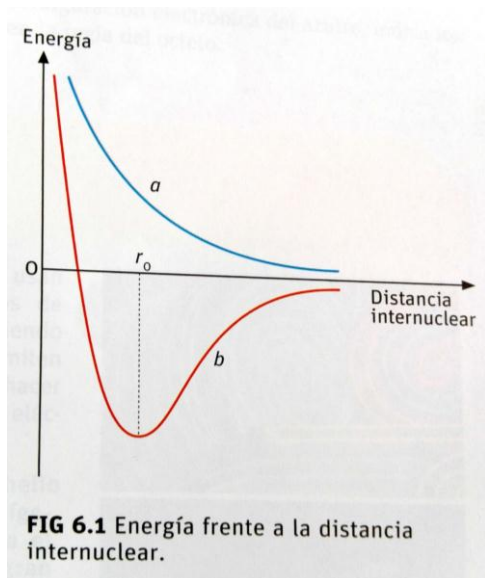


FIG 6.2 Distribución de los electrones en capas para el átomo de oxígeno. La capa de valencia, con $6e^-$, es la responsable de las uniones con otros átomos.

En iluminación se usan los llamados “tubos de neón” que, dependiendo del gas encerrado, emiten un color diferente al hacer pasar una corriente eléctrica.



Por su parte, el helio mezclado con el oxígeno, se emplea para el submarinismo de gran profundidad, como sustituto del nitrógeno que a elevadas presiones provoca el llamado “mal de profundidad”.



2. IMÁGENES DEL LIBRO DE TEXTO DE PEARSON (L4)

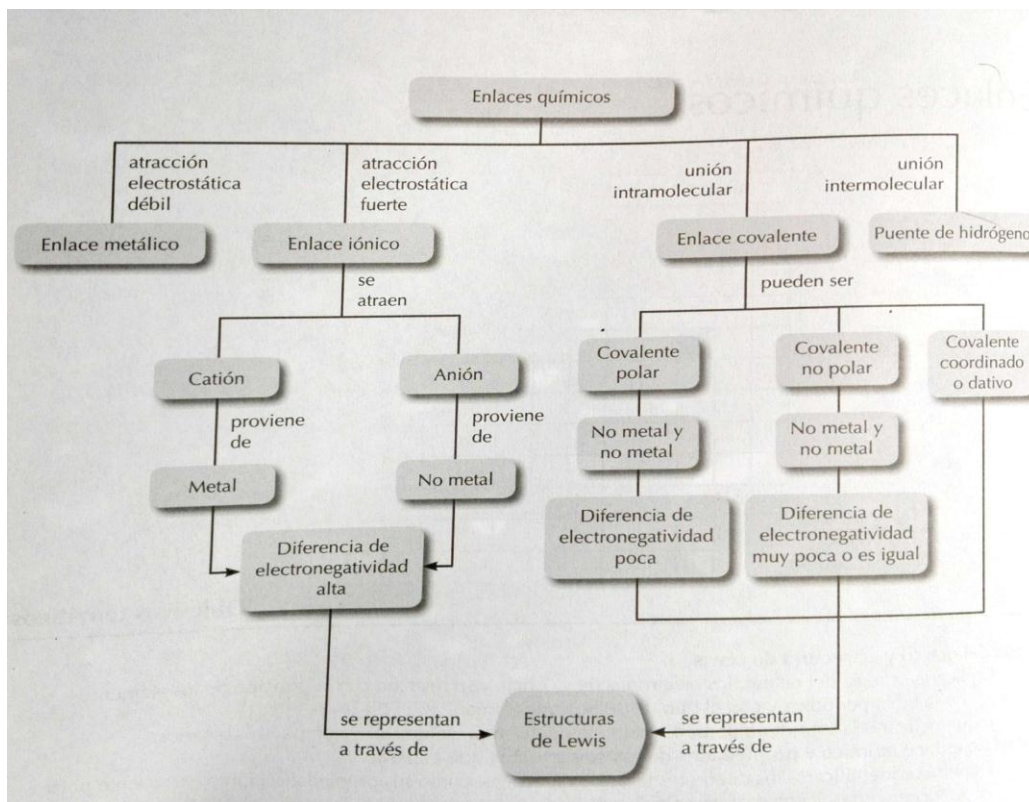
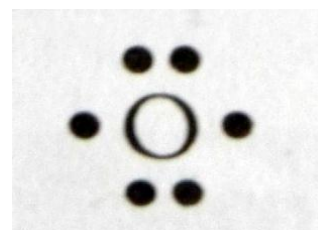
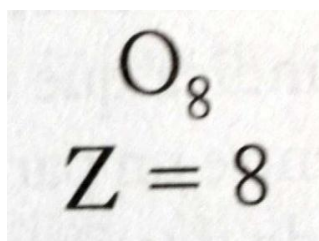
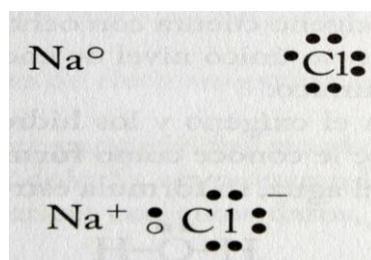
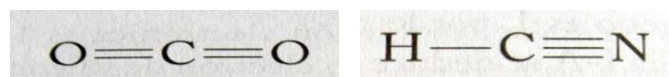
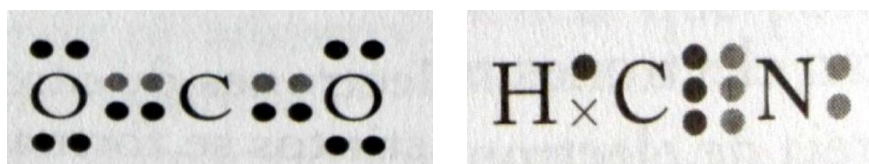
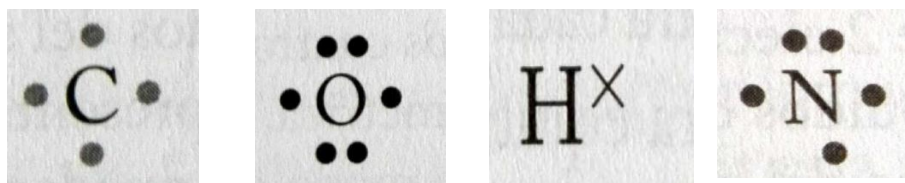
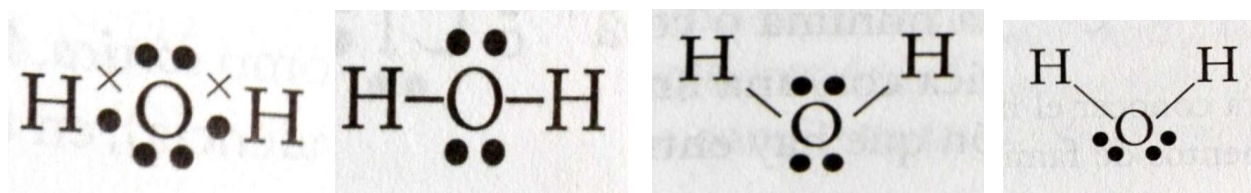


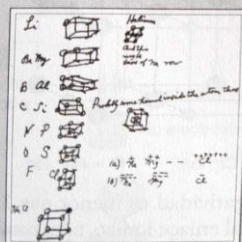
Figura 6.1

Eritrocito afectado por la deformación de la molécula de hemoglobina visto al microscopio. La baja concentración de oxígeno que capta la hemoglobina origina su deformación y adquiere la apariencia de media luna. Esta forma obstruye los vasos sanguíneos y causa síntomas como dolor en las extremidades, entre otros. Los glóbulos deformes tienen una vida más corta y al no ser reemplazados a tiempo provocan anemia.





Cápsula informativa



Gilbert Newton Lewis (1875-1946)

Químico estadounidense. Nació en Weymouth, Massachusetts, el 23 de octubre de 1875. Realizó importantes aportaciones científicas en el área de termodinámica, fotoquímica e isótopos, entre otros. Sus contribuciones más conocidas fueron en torno a la naturaleza ácido-base y su teoría del par de electrones compartidos. Fue autor del libro *Valencia y la estructura de átomos y moléculas*. En la figura se muestra el sobre donde plasmó algunas ideas relacionadas con el tema de enlaces químicos.



3. IMAGENE DEL LIBRO DE TEXTO DE PEARSON (L3)

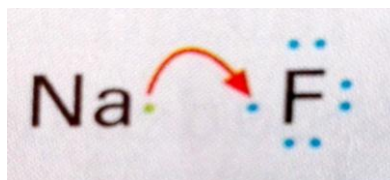
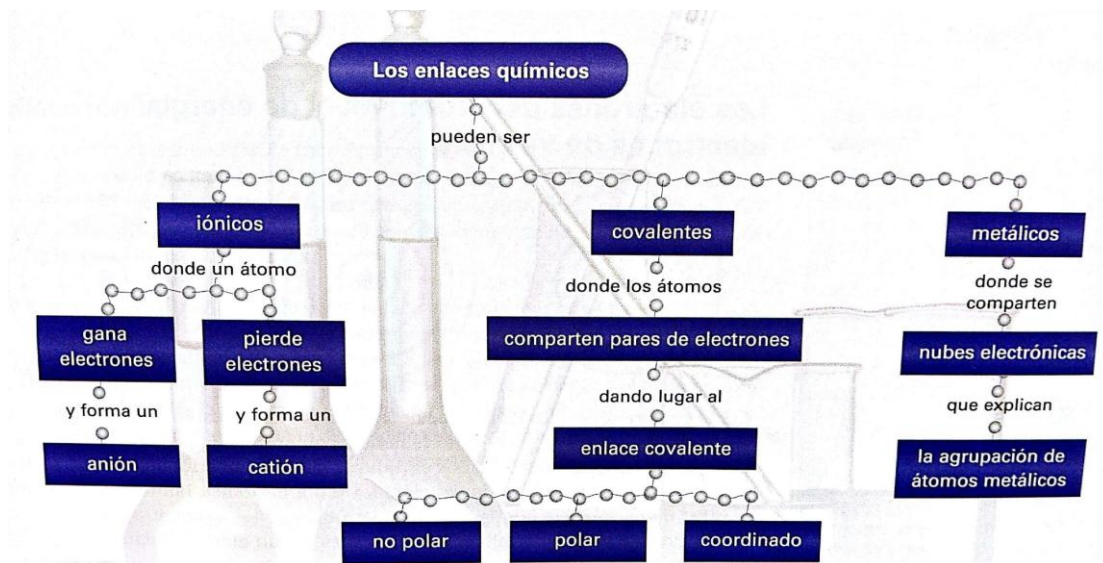


La unión entre los paracaidistas en esta formación de caída libre es análoga al enlace de los átomos entre sí, lo que confiere a cada molécula una distribución de sus átomos, una forma y un conjunto de propiedades específicas.

4. IMÁGENES DEL LIBRO DE TEXTO DE NORMA (L2)



Figura 5.1 En la fotografía observas el proceso de extracción de sal en Manaure, en la Guajira. La sal es un compuesto formado por la unión de sodio y cloro mediante un enlace iónico.



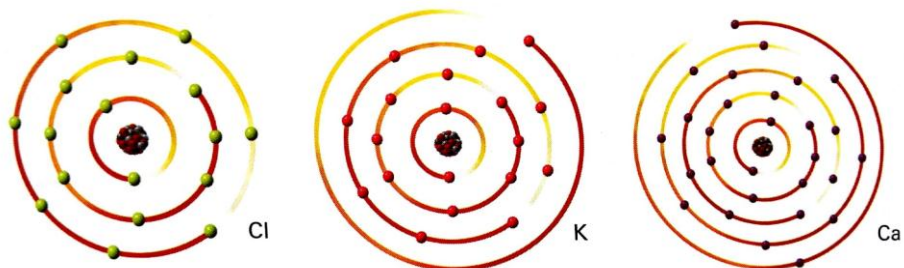
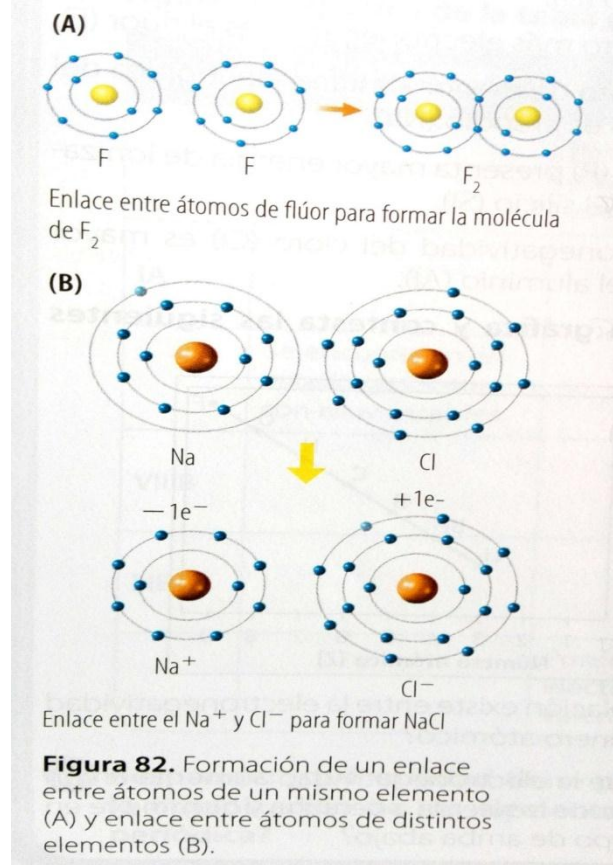


Figura 5.3

UN POCO DE HISTORIA

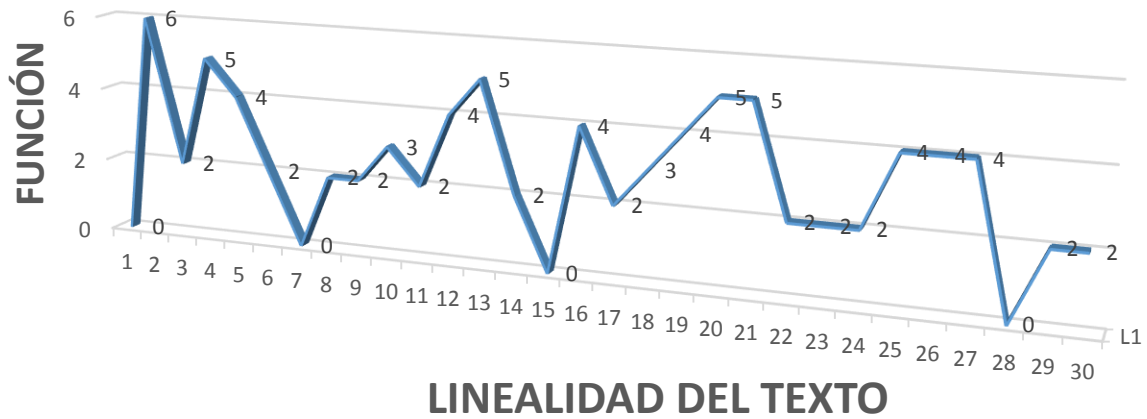
Linus Pauling nació en Oregón en 1901; se graduó como ingeniero químico y, posteriormente, obtuvo su doctorado en la ciudad de California. En 1954, le fue concedido el Premio Nobel de la Química por su investigación sobre la naturaleza del enlace químico y su aplicación en la estructura de sustancias complejas. Luego, en 1962, recibió el Premio Nobel de la Paz.

5. IMÁGENES DEL LIBRO DE TEXTO DE SANTILLANA (L1)

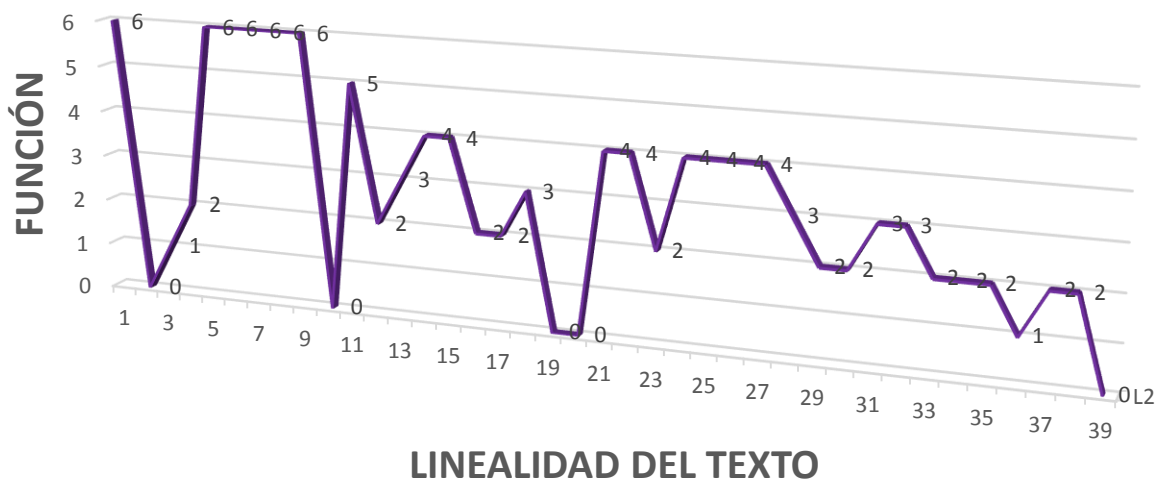


ANEXO No. 2: SECUENCIAS DIDÁCTICAS DE LOS LIBROS DE TEXTO

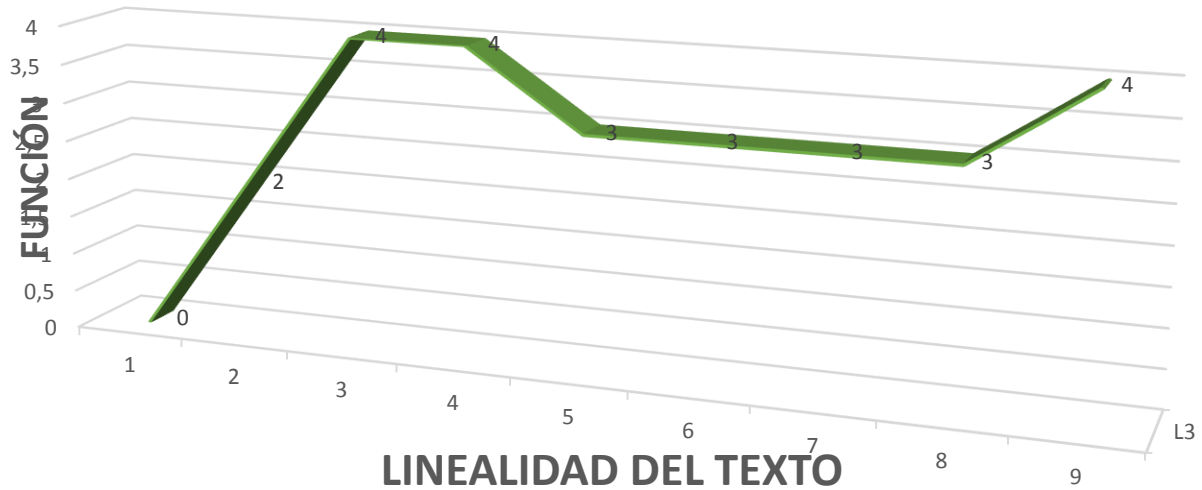
SECUENCIA DIDÁCTICA LIBRO DE TEXTO 1



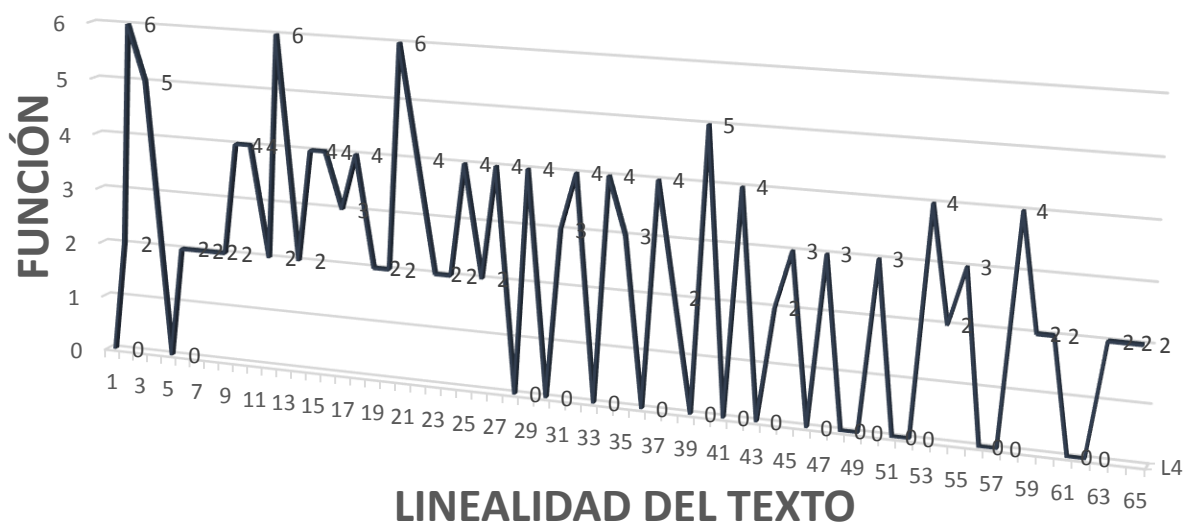
SECUENCIA DIDÁCTICA LIBRO DE TEXTO 2



SECUENCIA DIDÁCTICA LIBRO DE TEXTO 3



SECUENCIA DIDÁCTICA LIBRO DE TEXTO 4



SECUENCIA DIDÁCTICA LIBRO DE TEXTO 5

