

**APROXIMACIÓN AL CAMPO LIGANDO: ANÁLISIS DE CONTENIDO
DOCUMENTAL.**

FABIAN STIVEN ARGÜELLO PINEDA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ

2018

**APROXIMACIÓN AL CAMPO LIGANDO: ANÁLISIS DE CONTENIDO
DOCUMENTAL.**

FABIAN STIVEN ARGÜELLO PINEDA

Trabajo monográfico para optar por el título de licenciado en Química

QUIRA ALEJANDRA SANABRIA ROJAS

Magíster en Docencia de la Química

**Naturaleza de las ciencias (NOS) y diversidad cultural con enfoque de género: Química y
enseñanza QUYEN**

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ

2018

Dedicatoria

*Para las
personas que hicieron
que ésta meta fuera
posible: compañeros,
profesores pero sobre
todo a mis padres que
me apoyaron siempre.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a **mis padres** principalmente, por ser un apoyo fundamental en este proceso de formación investigativa y académica, a quienes de algún modo pusieron su granito de arena en éste arduo camino, como lo fueron mis compañeros de estudio y familiares, también un muy cordial agradecimiento a los **profesores** de la **Universidad Pedagógica Nacional** los cuales desde su filantrópica profesión se convierten en pilares y enriquecen día a día con sus enseñanzas en especial a la maestra **Quira A. Sanabria** sin la cual no hubiese sido posible este proceso investigativo.



FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 5 de 98

1. Información general

Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Aproximación al campo ligando: análisis de contenido documental.
Autor(es)	Argüello Pineda, Fabian Stiven
Director	Sanabria Rojas, Quira Alejandra.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 85 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	HISTORIA DE LA QUIMICA, CAMPO LIGANDO.

2. Descripción

El trabajo de grado presenta un estudio documental acerca de la evolución histórica de los núcleos temáticos del campo ligando como programa de investigación en los periodos (1775-1795), (1855-1875) y (1904-1924). La búsqueda y análisis de documentos relacionados con la temática se hizo a través de bases de datos especializadas. Del rastreo se tomaron 21 documentos para ser analizados, y con los cuales se realizó la reconstrucción historiográfica.

Se destaca que se trata de un desarrollo teórico de la primera parte del siglo XX, que dependió no sólo de experimentos cruciales sino de los avances que sobre la estructura molecular y su representación se alcanzaron en la misma época lo que permitió comprender el vínculo entre la química estructural orgánica e inorgánica.

3. Fuentes

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada, 1–34, centra.
- Adúriz, A. (2013). Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias. *Educación química*, 9– 12.
- Adúriz, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *revista electronica de investigacion en educacion en ciencias*, 40–49.
- Adúriz, A. Izquierdo, M. y Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *nseñanza de las ciencias revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 465–476.
- Alonso, M. (2010). Bases epistemológicas y operativas de la didáctica del resumen documental : un enfoque basado en la competencia resumidora, *Perspectivas em Ciência da Informação* 15(3),2–22.
- Amador, R. Gallego, R. y Pérez, R (2008) Desde qué versiones epistemológicas construyen modelos

- mentales los profesores en formación inicial: una investigación didáctica. *Revista TED*, (24), 8-22.
- Bailar, J. C. & Busch, H. D. (1956). The chemistry of the coordination compounds. New York, EE.UU. Chapman and Hall Ltda.
 - Cabrera (2015) Los modos de representación de los modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*,
 - Galagovsky, I. y Adúriz, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*. 21(1) 107-121.
 - Gómez, M. Galeano, C. Jaramillo, D y Muñoz, D. (2015). el estado del arte: una metodología de investigación. *revista colombiana de ciencias sociales*, 6(2), 423.
 - Izquierdo, M y Sánchez, C. (2011). los estudios de resumen documental en las ciencias de la documentación: un recorrido histórico desde sus orígenes hasta las teorías actuales. *revista de lingüística y lenguas aplicadas*. 6, 209–227.
 - Jensen, W. (1998a). Logic, history, and the chemistry textbook: ii. Can we unmuddle the chemistry textbook? *journal of chemical education*, 75(7), 817.
 - Jensen, W. (1998b). Report : new england association of chemistry teachers logic, history , and the chemistry textbook iii .One chemical revolution or three ? *Journal of chemical education*, 75(8), 961–969.
 - Johnstone, A (2009). Multiple representations in chemical education. *International journal of science education*.
 - Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83.
 - Justí, R. (2006). la enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173–184.
 - Lakatos, I (1978). historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales, Madrid, España. Alianza editorial.
 - Martínez (2002). Hermenéutica y análisis del discurso como método de investigación social. *Paradigma*, 21 (1),1–13.
 - Molina, M. (1989). introducción al análisis documental y sus niveles: el análisis de contenido. *anabad*.
 - Nelson, P. (2002). Teaching chemistry progressively: from substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *chemistry education research and practice*, 3(2), 215.
 - Noguero, F. (2002). el análisis de contenido como método de investigación. *Revista de educación*, 4(2002), 167–179.
 - Pinto, M (1989) Introducción al análisis documental y sus niveles: el análisis de contenido. *Revista Anabad* 39(2), 323-341.
 - Pozo, J. y Gómez, M (1998). aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. *aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*.
 - Sanabria, Q. Pérez, R. y Gallego, R (2009). modelos científicos y algunas implicaciones en la formación inicial de profesores de química. *tecné, episteme y didaxis*, (25), 85–98.
 - Vilanova, J. (2012). revisión bibliográfica del tema de estudio de un proyecto de investigación. *radiologia*, 54(2), 108–114.
 - Winston, J y Chacón, B. (2013). Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas, 27, 83–105.

4. Contenidos

Este documento corresponde con un estudio monográfico sobre el desarrollo teórico del campo ligando, que comprendido como programa de investigación lakatosiano se centró en determinar la configuración de los núcleos conceptuales que lo componen, en tres periodos históricos determinados

(1775-1795), (1855-1875) y (1904-1924). Los antecedentes presentados se agruparon de acuerdo con los estudios en didáctica de las ciencias sobre la enseñanza del campo ligando.

Se presenta un marco en el que se desarrollan aspectos importantes a cerca de los contenidos conceptuales sobre el campo ligando tal como se entienden hoy día y la hermenéutica como método de análisis documental para una aproximación al enfoque epistémico lakatosiano.

En la metodología se presenta los criterios de búsqueda de información documental desde las palabras clave para el posterior rastreo y recopilación y la forma en que se construyeron las fichas resumen, las cuales sirvieron como insumo para el análisis general de la información. En ese orden de ideas, se presentan resultados y discusión sobre la base de los mismos núcleos temáticos. Con los cuales se elaboró el desarrollo historiográfico sobre el campo ligando. Finalmente se presentan conclusiones enmarcadas en la información encontrada, recopilada y analizada respectivamente en función de los objetivos propuestos.

5. Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se hizo un estudio monográfico desde la aproximación del campo ligando, consultando y analizando tanto citas bibliográficas como documentos encontrados en bases de datos para la ubicación panorámica y contextual del campo ligando en términos de la evolución de la química como disciplina científica, lo que puede llamarse, reconstrucción historiográfica.

Se desarrolló en dos etapas (heurística y hermenéutica) y tres fases que dirigen el proceso: la planeación, organización y análisis de la información, el enfoque es externalista dado a que la necesidad es ubicar el desarrollo teórico en un contexto social.

6. Conclusiones

- Se fijaron relaciones sintácticas como criterios que permitieron el rastreo de la información y posteriormente se realizó una clasificación dentro de las categorías socio-críticas en el avance del campo ligando, para dar paso al análisis de carácter hermenéutico a la información, en la cual se identificaron tendencias de publicaciones como heurísticas tanto positivas como negativas en torno a los periodos propuestos, retomados desde la evolución histórica de la química como disciplina científica.
- Se infirió que el campo ligando tuvo una evolución prolongada que llevó un hilo conductor desde mitades del siglo XIX, en comparación con el nacimiento de la química orgánica, donde se hicieron propuestas importantes como representaciones en términos de las posibles estructuras químicas de las moléculas formadas entre los metales de transición y los ligandos.
- El campo ligando como programa de investigación científica tiene sus cimientos prácticamente en la tercera revolución de la química hacia comienzos del siglo XX, donde se desarrollan contenidos conceptuales propios del atomismo y surgen los estudios sobre la cantidad de valencias complejas que tienen algunos metales en la unión con otras moléculas como el amoníaco (NH₃), pero el programa de investigación fue catapultado en su desarrollo gracias a los conocimientos que surgieron a cerca de los electrones y su comportamiento en los átomos a mitades del tercer periodo (1904-1924).
- Gran parte de la documentación encontrada estaba escrita en alemán, lo que sugiere que Alemania tuvo gran participación y estatus en términos de publicaciones especializadas en la química como disciplina y en el desarrollo de la teoría de enlace covalente coordinado para la explicación de la formación de campos ligandos.

Elaborado por:	Argüello Pineda, Fabian Stiven.		
Revisado por:	Sanabria Rojas, Quira Alejandra.		
Fecha de elaboración del Resumen:	27	08	2018

CONTENIDO

CAPÍTULO I	17
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	17
<i>ANTECEDENTES</i>	19
<i>MARCO TEÓRICO</i>	22
LA ENSEÑANZA POR EXPLICACIÓN DE MODELOS	22
LA TEORÍA CONCEBIDA COMO UN PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	24
LAS REVOLUCIONES DE LA QUÍMICA	27
TRES HITOS DE LA QUÍMICA QUE CONSTITUYEN SU EVOLUCIÓN COMO CIENCIA Y SU IMPLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA.	30
LA HERMENÉUTICA Y EL ANÁLISIS DISCURSIVO.	33
LA COORDINACIÓN COMO NÚCLEO IMPORTANTE DEL CAMPO LIGANDO	36
CAPÍTULO II	59
<i>DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</i>	59
<i>OBJETIVOS</i>	61
OBJETIVO GENERAL	61
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	62
<i>DISEÑO METODOLÓGICO</i>	63
TIPO DE INVESTIGACIÓN	63
<i>ETAPA I: METODOLÓGICA</i>	64
FASE UNO: PLANEACION	64
FASE DOS: CLASIFICACIÓN.	65
FASE TRES: DISEÑO HEURÍSTICO.	68
CAPÍTULO III	78
ETAPA II: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
FASE UNO: RESULTADOS	78
FASE DOS: HERMENÉUTICA DE LOS RESULTADOS	80
CAPÍTULO IV	85
<i>CONCLUSIONES</i>	85
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	87
<i>ANEXOS</i>	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Etapas históricas dónde ocurrieron revoluciones en la química.	27
Tabla 2 Sistema de nomenclatura de algunos complejos por su color	56
Tabla 3 Centros de documentación consultados.	66
Tabla 4 Operadores lógicos utilizados para la consulta.	66
Tabla 5 Enfoque científico-documental.	75
Tabla 6 Recopilación de documentos	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tabla de ciertos complejos con sus respectivos colores.	36
Ilustración 2 Representación del cloruro de cobalto (III) tomado de (Busch, 1956, p. 101)	37
Ilustración 3 Sales de Platino y Cobalto (Busch, 1956, p. 103)	39
Ilustración 4 Valencias cercanas y lejanas del platino por Bloomstrand (Busch, 1956, p. 103). 39	
Ilustración 5 Estructura de la sal de Cobalto ($\text{Co}_2\text{Cl}_4 \cdot 12\text{NH}_3$) propuesta por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p. 104)	40
Ilustración 6 Estructura de la sal de Cobalto ($\text{Co}_2\text{Cl}_6 \cdot 10\text{NH}_3$) propuesta por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p. 104)	40
Ilustración 7 Nueva representación de Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p.105).....	41
Ilustración 8 Representación de las sales purúreo (lado izquierdo, color morado) y sales lúteo (lado derecho, color amarillo) tomado de (Busch, 1956, p.105).....	42
Ilustración 9 Representación del Amín-roseo (Busch, 1956, p105).....	42
Ilustración 10 Fórmula simplificada del compuesto amín-roseo (Busch, 1956, p. 105).....	43
Ilustración 11 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106) ...	43
Ilustración 12 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106) ...	44
Ilustración 13 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106) ...	44
Ilustración 14 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106) ...	44
Ilustración 15 Estructura de anillos de los hidratos por Wurtz en 1879 tomado de (Busch, 1956, p. 107)	45
Ilustración 16 Representaciones de Bloomstrand tomado de (Busch, 1956, p. 108).....	46
Ilustración 17 Representación de Remsen 1889 sobre los anillos con halógenos tomado de (Busch, 1956, p. 108).....	46
Ilustración 18 Representación de Horstmann 1885 sobre la reacción química,tomado de (Busch, 1956, p. 108)	47
Ilustración 19 Representación de Horstmann 1885 sobre la reacción química,tomado de (Busch, 1956, p. 108)	47
Ilustración 20 Representación de Werner sobre ion tetrakis(etilendiamin)- μ -amino-nitro-dicobalto (III),tomado de (Busch, 1956, p. 111).....	49
Ilustración 21 Representación de las estructuras de Jörgensen (Busch, 1956, p. 112)	51
Ilustración 22 Representación de las estructuras de Jörgensen (Busch, 1956, p. 112)	52
Ilustración 23 Conductividad de los iones de cobre por (Brock, 1992)	55
Ilustración 25 porcentaje de la Cantidad de documentos encontrados por periodos.....	81
Ilustración 26 Linea del tiempo donde se ubican los principales trabajos.	83

LISTA DE FICHAS

Ficha 1 Organización de los documentos por centros de documentación.....	69
Ficha 2 Matriz analítica de contenido.	73
Ficha 3 Para el análisis histórico externalista.....	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Resultados de la recopilación de documentos.....	90
Anexo 2 Resultados para el análisis histórico internalista.....	90
Anexo 3 Resultados para el análisis histórico externalista	95

INTRODUCCIÓN

Planteamientos de autores como Johnstone (2009) aseveran que la poca articulación en enseñanza de ciencias de la naturaleza como la química es la causa de generar ideas alternativas sobre los conceptos y la nueva información que debiera ser conocida es rechazada en el proceso, o dado el caso, aprendida por rutina; lo cual constituye un buen comienzo para reconocer el modo en que están problematizando la enseñanza de contenidos teóricos los profesores de química, desde su propia reflexión epistemológica.

Es posible afirmar que los modelos constituyen el lenguaje que permite la comunicación entre científicos de una disciplina dada, así mismo, por medio de una transformación didáctica, éstos mismos modelos son utilizados en el proceso de enseñanza; la lengua que hablamos, por ejemplo, es un modelo de representación para comprender conceptos de todo tipo, porque compone todos los símbolos semióticos necesarios para que exista una relación comunicativa.

Ahora bien, la modificación de dichos modelos por parte del profesor implica no solo la articulación entre la historia, la epistemología y la química, sino también una relación sustancial entre el cambio de nivel de abstracción que va desde lo más grande hacia lo más pequeño; dicho en otras palabras, teniendo en cuenta los niveles de representación a los cuales podemos llegar a interiorizar dichos modelos tal como lo expone Johnstone citado en Galagovsky, Rodriguez, Stamatí y Morales (2003).

Entonces, se admite que es una posibilidad elaborar modelos didactizados de los modelos científicos como un recurso de la enseñanza, lo cual es de suma importancia en el aprendizaje de la química como ciencia a partir de la reconstrucción de teorías que la componen y desde los

documentos especializados que se suman para producir un gran peso en la línea de investigación y por supuesto de una manera más general, al campo investigativo.

Por lo tanto en el presente trabajo se propone la metodología desarrollada en una etapa heurística y una hermenéutica del desarrollo de algunos sucesos históricos y sociales que se dieron en la reconstrucción del campo ligando como fuerte programa de investigación científica y que hoy en día permite la explicación de conceptos abstractos desde las conformaciones estructurales, principalmente de los metales de transición y otros contenidos conceptuales como ejes transversales, como las valencias altas, las esferas de coordinación y la formulación de la estructura de los compuestos coordinados

CAPÍTULO I

JUSTIFICACIÓN

Partiendo entonces de la versión epistemológica del profesor, se encuentra que existen líneas de investigación sobre el proceso de enseñanza de contenidos teóricos que se fundamentan en la capacidad investigativa del profesor, lo cual garantiza que éstos contenidos sean representados bajo comunicación semiótica, es decir todo contenido que tenga como fin último, comunicar ideas, procesos o actividades humanas, desde los aportes de Barona (1994) se puede decir que uno de los elementos fundamentales en la construcción de la ciencia es la recopilación de documentos que permiten la divulgación de actividades científicas, que presenten y representen temáticas relacionados con una línea de investigación, fortaleciéndola teóricamente.

Tenemos que cada ciencia comunica información relevante en la construcción de los programas de investigación que se fortalecen para explicar teorías a partir de la publicación de diversos documentos que tienen por objetivo la difusión de la información, desde allí se asume la postura de Barona (1994) que la ciencia depende de la comunidad científica, la cual comunica y obvio elemental, de esa comunicación se pueden hacer inferencias.

El trabajo documental ha constituido la base fundamental para la comunicación de las ciencias y de la humanidad desde hace mucho tiempo González Uceda (1997), pero solo hace algunos años surgieron las entidades especializadas en publicación de carácter científico para garantizar su reproducción Vilanova (2012), la propuesta entonces se basa en la unificación entre historia, sociedad y lenguaje en la comunicación científica para la reconstrucción y contextualización de la

teoría del campo de los ligandos, asumiendo hermenéuticamente el desarrollo de contenidos conceptuales importantes que hoy son propios del sistema teórico, en el desarrollo histórico de la química misma asumiendo posturas de Jensen (1998) y Nelson (2002).

Es tan posible como probable que de éste tipo de trabajos documentales salgan a la luz fragmentos de la historia que estaban ocultos, o que se llegue a una unificación de cabos sueltos que permitan la generación de nuevos conocimientos; por ese motivo esta investigación se circunscribe como trabajo heurístico, o sea, de gran utilidad para la recuperación de la información sobre trabajos que se dieron en periodos de tiempo desde el siglo XIX, siendo objeto, también de reflexión sobre la perspectiva desde la cual el profesor realiza modelos para la explicación de contenidos conceptuales, asumiendo que los modelos en sí mismos son mediadoras entre las teorías y las realidades según Morrison y Morgan (1999) citados por Justi (2006).

El trabajo se presenta como una oportunidad de investigación dado que no existen evidencias documentales, según el rastreo, acerca de la teoría del campo ligando desde sus núcleos temáticos básicos en la explicación de la formación de enlaces coordinados entre los metales de transición y otras moléculas y sus implicaciones macro, micro y sub-microscópicas, por último se hace necesario el análisis como fase hermenéutica de contenido de documentos publicados al respecto, en tiempos establecidos, desde la metodología por fases, donde se tendrá en cuenta el enfoque externalista e internalista de la documentación en las ciencias Noguero (2002).

ANTECEDENTES

Dado a que no hay resultados satisfactorios en la búsqueda de antecedentes como trabajos publicados de tipo monográfico sobre el campo ligando incluyendo la perspectiva del análisis de contenido documental, Las consultas en revistas especializadas permitieron un primer panorama de las investigaciones hechas en torno a la enseñanza en el campo educativo de la teoría del campo ligando aplicada a los metales de transición y se encuentra la siguiente información:

En países como Suiza donde Sam, Niebert, Hanson, y Kwarteng (2015) bajo el modelo de reconstrucción educativa analizan los dominios específicos que dan cuenta del conocimiento de los estudiantes universitarios acerca de la química de la coordinación, nomenclatura y geometría molecular, en el trabajo metodológico realizan un análisis cualitativo de los dibujos hechos por los estudiantes comparándolos con los científicos o especializados que aparecen en los libros de texto universitarios, se concluye que muchas de las representaciones generadas por los estudiantes son ingenuas y poco concuerdan con el saber científico y por último sugieren la implementación de estrategias de enseñanza que ayuden a superar estos errores conceptuales acerca del conocimiento de los compuestos de coordinación.

Green y Parkin (2014) quienes realizan una investigación didáctica acerca de los enlaces covalentes como una aplicación para la clasificación de los elementos desde sus estados de oxidación y valencias posibles, por medio del diseño de una rúbrica que prácticamente permite indicar la representación correspondiente de la estructura posible del elemento central, la conclusión a la que se llega es que se ha podido minimizar la falta de concordancia de los posibles enlaces que pueda tener el elemento con la descripción de la fuerza iónica del mismo, explicado bajo el análisis elemental desde la teoría orbital-molecular, es así como el método de clasificación

del enlace covalente (CBC) podría determinar aún más que el conteo de electrones y las valencias, el número de coordinación en los enlaces con ligandos.

La tesis doctoral presentada en Castilla-la Mancha por Gonzalez (2013) quien centra su investigación en la metodología se desarrolla por medio de estudios de caso analíticamente a partir de rúbricas desde los contenidos encontrados en los libros de texto, con los cuales concluye que las categorías de caracterización de los libros pueden ser una herramienta pedagógica para el profesor con la cual elige bajo sus criterios los contenidos más adecuados para la enseñanza, con el objetivo de reducir la poca favorabilidad que tiene la explicación de ciertos contenidos que no son explicitados dentro de la literatura o que pueden generar confusión.

Desde una mirada latinoamericana se encuentran y muy pocas investigaciones aplicadas a la enseñanza desde el campo ligando, pero desde una perspectiva más local se encuentran trabajos como el de Tejada, Acevedo, y Gattas, C (2015) en Cartagena - Colombia, quienes intentan identificar la influencia de los libros de texto de química en el proceso de enseñanza, mediante la aplicación de un test de concepciones previas a cuarenta estudiantes universitarios, motivados principalmente por la preocupación de que muchos libros de texto presentan concepciones de manera estática e incompleta, desvirtuando temáticas importantes como las que involucran como ejemplo, los aportes realizados por Werner sobre las valencias secundarias, lo que puede intervenir en los vacíos conceptuales que quedan en los estudiantes a la hora de aprender valencia en general, finalmente se puede concluir que los resultados muestran un retroceso en términos del aprendizaje de algunos conceptos relacionados con la valencia química y la poca importancia que tiene para el profesor la trascendencia de éste tipo de aportes para la conformación de teorías químicas importantes.

Al igual que el trabajo anterior, Tejada, C, Chicangana, C y Villabona, A (2013) realizan en la ciudad de Cartagena Colombia una revisión de las diferentes concepciones de investigadores en el área de educación, analizando el rol de los profesores y su manera de enseñar utilizando herramientas didácticas, así, bajo el esquema del aprendizaje subordinado basado en la formación por etapas de las acciones mentales, se logra determinar que es posible llegar a la reconciliación integradora como propuesta de instrumento de conocimiento para llegar a un acuerdo de conexión conceptual dentro del contexto tratado entre estudiantes y profesor.

Como último antecedente realizado en la Universidad Pedagógica Nacional por Yepes, 2016 en Bogotá con el trabajo titulado “Síntesis y caracterización de complejos de cobalto (II) soportados en ligandos derivados de azoles, con potencial aplicación como agentes antimicrobianos; propuesta para la enseñanza de reacciones de combinación” el cual tiene como objetivo contribuir al avance del conocimiento en química inorgánica ya que la enseñanza de la química de coordinación es un campo con poca exploración en lo concerniente al uso de reacciones de síntesis de ligandos, como medio para el diseño didáctico de rutas de intervención a nivel universitario.

MARCO TEÓRICO

LA ENSEÑANZA POR EXPLICACIÓN DE MODELOS

El hecho de problematizar la enseñanza requiere de la utilización de actividades y evaluaciones acordes con el objetivo propuesto curricularmente (Pozo y Gómez, 2001, p. 299), entonces, para la enseñanza por contrastación de modelos se requiere una planeación donde es importante que los estudiantes comprendan las teorías científicas a partir de modelos creados por sujetos científicos, así como aseguran Pozo y Gómez (1998) el estudiante “dispondrá como elemento de reflexión y re-descripción representacional de los modelos y teorías elaborados por esos mismos científicos” (p. 299) y con ellos construirá sus propios modelos escolares con la intervención del profesor el cual jugará el papel de mediador para que el estudiante reconstruya su propio conocimiento científico.

La principal dificultad está entonces en lograr reconocer el concepto de teoría científica y la utilización de modelos para su explicación, los cuales funcionan como un lenguaje por el cual los científicos pueden intercomunicar sus ideas acerca de un fenómeno, manipular variables y descifrar los secretos de los fenómenos de la naturaleza midiendo y comparando sus comportamientos, dicen (Pozo y Gómez, 1998) que, es “la contrastación de modelos alternativos lo que el profesor debería llevar a cabo en la enseñanza y así el estudiante pueda entender las diferencias conceptuales” (p. 299) de los modelos que pueden conformar una misma teoría o como llamaremos más adelante, “programa de investigación” (Lakatos, 1978, p. 65).

Desde las postulaciones de Pozo y Gómez (1998) se concibe la enseñanza por medio de la explicación de los modelos que conforman una teoría científica en la escuela como una tarea pedagógica totalmente constructivista, la propuesta de enseñanza plantea como objetivo principal la integración jerárquica metacognitiva de dichos modelos para así poder analizar los distintos fenómenos susceptibles de estudio al tiempo que se entiende la naturaleza misma del conocimiento que los científicos elaboraron para interpretarlos en su época, así a medida que el estudiante comprende y contrasta modelos desde sus diferencias y similitudes aprende la importancia de las ciencias y de la química específicamente en el desarrollo, evolución y conservación de las especies actuales.

Una de las dificultades previsibles de este tipo de enseñanza está dado en términos de la imposibilidad que pueden presentar algunos estudiantes a la hora de diferenciar conceptualmente los modelos; su nivel de argumentación y su nivel de favorabilidad para explicar ciertos aspectos teóricos aceptables, es así como Pozo y Gómez (1998) sugieren “la explicitación de contenidos específicos durante la conformación del currículo para llevar los contenidos de conceptos específicos a dominios generalizados” (p. 305).

Los modelos en palabras de Adúriz e Izquierdo (2009) “abarcan un esquema teórico de un sistema o realidad compleja y el fin último de su elaboración es comprender tal sistema en el estudio de su comportamiento” (p. 42), dado el fin pedagógico funcionará como un mediador o facilitador de la comprensión del mundo real, lo que concluye Moreira según Adúriz e Izquierdo (2009) es que una teoría es una representación específica de la ciencia, la que puede conjugar las relaciones entre modelos teóricos y dominios de fenómenos a través de una hipótesis.

La perspectiva de Giere citado por Sanabria y Gallego (2009) es que la elaboración de modelos es la ruta más efectiva para obtener explicaciones del entorno, “los modelos son abstractos y reducidos

y dan cuenta sólo de una parte de la realidad, pero al combinarse con otros, permiten reconocer la complejidad en las explicaciones que se dan sobre la naturaleza”. (p. 86)

Quienes defienden que la base de la enseñanza de la química está soportada principalmente en la producción conceptual de modelos, encuentran la razón principalmente en los estudios hechos por distintos autores (Aduríz, Izquierdo y Estanny 2002; De Amoré, 2007; Galagovsky, 2009; Gallego y Pérez, 2003 y Niaz, 2009) citados por (Sanabria, Pérez y Gallego, 2009, p. 87) que demuestran que “existen aproximaciones contundentes y significativas de los estudiantes cuando se confrontan racionalmente con distintos modelos científicos”.

Las representaciones científicas en su caso son todo el conjunto de entes comunicadores que utiliza el profesor en su trasposición didáctica y que aprende el estudiante en su proceso de asimilación de conceptos teóricos, cabe resaltar que es imposible que “estas representaciones no sean modificadas por experiencias idiosincráticas del estudiante” (Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003, p.108).

Y Galagovsky (2003) dice que un estudiante no será capaz de enfrentarse a la química de forma directa sino solamente con la ayuda de las representaciones científicas que pueden estar organizadas por distintos niveles de percepción sensorial tales como los propuestos por Johnstone (1991) “macroscópico, sub- microscópico y simbólico” (p. 78).

LA TEORÍA CONCEBIDA COMO UN PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Desde las propuestas de Lakatos (1971) una teoría, no puede tener la posibilidad de ser completamente verdadera, dado que, siempre es susceptible a otras conjeturas que sean totalmente

opuestas o incompatibles y den explicaciones a hechos basados esencialmente en la observación, si las teorías no fueran susceptibles a estas falsaciones, no sería posible la reconstrucción de la ciencia en su totalidad, de manera que el reemplazo de una teoría por otra permite a la nueva teoría reemplazante valerse de las hipótesis correctas derivadas de la anterior teoría y explicar fenómenos que la teoría reemplazada no explicaba con claridad.

La forma en como la teoría da respuesta a ciertos fenómenos y se resiste a ser falsada por otras conjeturas es lo que le permite su resistencia a ser cambiada, sin embargo una buena teoría es la que corresponda perfectamente con algunos aspectos explicativos de los fenómenos dentro de un sistema de estudio pero que pueda ser falsada en otros aspectos adicionales que permitan que ésta se vuelva robusta o se transforme en otra teoría más valedera dando cabida a nuevas posibilidades de falsación.

Es así como el científico en su labor diaria puede llegar a tener la habilidad de reconocer los problemas asociados a los fenómenos que las teorías ya aceptadas no pueden explicar aún, en ese orden de ideas, las teorías podrían ser sometidas infinitamente a cuestionamientos y rigurosos estudios basados en su poder explicativo y tener también las infinitas posibilidades de ser falsadas en su deficiencia en el poder para explicar ciertos aspectos, el trabajo de los científicos estará centrado en intentar resolver esos problemas encontrando nuevos dentro del estudio de un sistema de variables definido, para el progreso de la ciencia.

Es imprescindible detenerse para analizar las construcciones epistemológicas en torno a las teorías científicas hechas por Lakatos (1978), quien siendo discípulo de Popper (1902-1994) y Thomas Khun (1922-1997), realiza toda una explicación en torno a la conformación conceptual que da origen a lo que se conoce por teoría científica, ésta última llamada programa de investigación, por

el mismo Lakatos (1978), está dotada de toda conjetura razonable que permite identificar ciertos aspectos propios en su conformación.

Aquello que por nombre recibe, cinturón protector, es una constitución que abarca todas aquellas hipótesis irrefutables o con bajos índices de incertidumbre, las cuales generalmente corresponden con los hechos, así, la hipótesis puede ser negativa o positiva en la medida que pueda empíricamente explicar y predecir los fenómenos que ahondan en las construcciones teóricas referentes.

En palabras de Lakatos (1978) las heurísticas positivas tienen una alta fuerza explicativa y vuelven más grueso al cinturón protector y las negativas mueven el cinturón de manera que tenga que acomodarse para asimilar los nuevos problemas asociados y darles una explicación razonable bajo la función de modelos y comprobaciones experimentales, cada una de estas conjeturas serán llamadas heurísticas.

Las conjeturas audaces en el caso del falsacionismo sofisticado lakatosiano tienen que ver con el hecho de que no hacen parte del contenido teórico dentro del conocimiento de la época, históricamente hablando; principalmente porque son ignorados por la comunidad; como bien quiere dar a entender Lakatos (1978) es típico de los científicos ser escépticos inclusive con las propias teorías científicas y no es común que haya quienes vayan a abandonar una teoría fielmente aceptada solo porque un par de hechos la contradigan, aunque estos hechos sigan hipótesis que puedan ser predictivas y comprobables, por ese motivo el cambio de modelación dentro de un programa de investigación requiere un tiempo de reflexión científica prudencial.

Las conjeturas prudentes son un factor calificativo de las hipótesis ya que estas aseguran la falsedad de aquellas teorías que carecen de problemas verdaderos dentro de la explicación de

fenómenos específicos, si esto llegase a suceder, la teoría pierde relevancia y estatus frente a los posibles fenómenos que puedan aparecer en el futuro, típico del desarrollo científico como tal, ambos tipos de conjeturas mencionados anteriormente son pruebas por las que pasan el nuevo conjunto de hipótesis, el cual Lakatos (1978) presenta como programa de investigación científica en lugar de hablar aisladamente de una teoría científica.

LAS REVOLUCIONES DE LA QUÍMICA

Jensen, (1998) es el autor que representa este enfoque histórico de tres hitos de la química como periodos importantes en los cuales sucedió el desarrollo de posturas importantes que van desde lo macroscópico hasta lo más sub-microscópico, éste definió periodos de veinte años entre los siglos VXIII XIX y XX, donde habrían de ocurrir sucesos importantes en el desarrollo de la química como disciplina.

Entre los periodos se pueden destacar sucesos importantes según las documentaciones presentadas por Jensen (1998) así:

Tabla 1 Etapas históricas dónde ocurrieron revoluciones en la química.

SIGLO	ETAPA HISTÓRICA	PERIODO	HEURÍSTICAS
-------	-----------------	---------	-------------

XVIII	Primera revolución de la química; periodo de la composición molar.	1770-1790	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumática o leyes iniciales sobre los gases. • La combustión y el descubrimiento del aire vital. • Fenómenos de calcinación. • Fenómenos de causticidad. • Comportamiento calórico de los estados de agregación.
XIX	Segunda revolución de la química; periodo molecular.	1855-1875	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría atómica (atomismo especulativo.- composición gravimétrica) • Determinación de densidad de los gases y composiciones volumétricas.

			<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de Calores específicos. • Desarrollo de la química orgánica.
XX	Tercera revolución de la química; periodo electrónico.	1904-1924	<ul style="list-style-type: none"> • Hipótesis del quantum. • Desarrollo de la espectroscopia. • Trabajo experimental con tubos de descarga. • Primeras propuestas de la organización periódica de elementos descubiertos. • Fenómenos de radiactividad.

Fuente: tomado y modificado de Jensen (1998)

TRES HITOS DE LA QUÍMICA QUE CONSTITUYEN SU EVOLUCIÓN COMO CIENCIA Y SU IMPLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA.

Las ciencias naturales, especialmente la química tiene la dificultad de manejar conceptos abstractos para la explicitación de teorías por eso, además de Johnstone (1991) y Nelson (2002) propone la disección de la química como ciencia según las representaciones que maneja y lo que representa dentro del contexto teórico, así, éstas representaciones pueden tener categorías o niveles de profundidad para lograr encoger la brecha existente entre las definiciones conceptuales y sus abstracciones, los tres niveles propuestos por (Nelson, 2002, p. 215) son:

- Nivel uno: Macroscópico o sustancial.
- Nivel dos: Atómico y molecular.
- Nivel tres: Electrónico y nuclear.

Químicamente los tres niveles de representación mencionados resumen en términos conceptuales el comportamiento e identidad de las sustancias a nivel tanto macro como microscópico y se pueden relacionar, los niveles microscópicos o como dirían Galagovsky *et al.* (2003) “sub-microscópicos” (p.112) con lo que en palabras de Nelson (2002) son formas que se consideran en “un nivel simbólico, usado para su representación” (p. 215).

Es fácil pensar que solo se puede llegar a entender los niveles dos y tres cuando los estudiantes ya se encuentren inmersos en el nivel uno, así la experiencia a partir del contacto entre los órganos de los sentidos y la parte sustancial de los fenómenos, puede permitir la capacidad de reconocer y relacionar las variables dentro de las observaciones experimentales y darles un sentido a partir de la teoría que los explica.

Según Nelson (2002) la tendencia de los profesores de química es tratar de llegar a los dos niveles posteriores lo más pronto posible, desligados completamente del nivel uno en el cual, nuestros órganos perceptivos nos ayudan a identificar y construir teóricamente versiones de la realidad más fácilmente, así que lo mejor en éste sentido sería revisar la documentación histórica en el desarrollo de la química a partir de distintas teorías y enfocar la enseñanza correspondiendo los hitos de la química con los niveles de representación.

Así pues, el orden cronológico del desarrollo teórico se dio en términos del descubrimiento de los elementos químicos y sus propiedades hasta el siglo XVIII, el desarrollo de la teoría que explica la estructura atómica hacia el siglo XIX y por último el desarrollo de la teoría cuántica en términos de los movimientos electrónicos en el siglo XX en adelante.

DEL NIVEL UNO AL NIVEL DOS

Ahora, es necesario reconocer los principales ejes temáticos que conforman las conceptualizaciones básicas acerca del comportamiento e identidad de las sustancias desde el paso de un nivel de representación al otro en el proceso tanto de enseñanza como de aprendizaje, la primera transición lógica va desde el nivel uno (macroscópico) al nivel dos (atómico y molecular), (Nelson, 2002, p. 216) propone las siguientes premisas que evidencian el traspaso de un nivel a otro:

Cambio químico: Como una forma de introducir a los estudiantes a la química, se puede trabajar desde las propiedades macroscópicas de las sustancias, como la clasificación de las mismas, en sustancias puras, mezclas y soluciones, así como la diferenciación entre elementos y compuestos.

Fenómenos básicos: dominados principalmente por leyes que describen sus comportamientos y tendencias, que sirven como una forma de predicción.

Átomos y moléculas: En este orden de ideas, se concibe que toda la materia se compone de partículas agrupadas llamadas átomos, un elemento se compone de átomos de la misma naturaleza y un compuesto se forma con moléculas de la misma naturaleza y éstas a su vez de átomos de distinta naturaleza.

Composición atómica: Las maneras por las cuales se calculan las composiciones de átomos constituyentes de una molécula y las masas atómicas correspondientes.

Sustancias moleculares y no moleculares: Donde es posible la clasificación de sustancias entre las que presentan volatilidad y solubilidad, por la interacción principalmente intermolecular.

Valencia: como menciona Nelson (2002) la valencia es un concepto clave que los estudiantes deben entender para llegar al siguiente nivel de representación, dado que allí se conocen

Tabla periódica: Desarrollo de las primeras propuestas sobre la organización de los elementos desde sus propiedades físicas y químicas.

DEL NIVEL DOS AL TRES

Electrolitos: es de gran importancia anotar que la conductividad eléctrica puede producir cambios dentro de la estructura química, el mejor ejemplo es entonces, la electrólisis de alguna sustancia para que pueda separar sus componentes por la ruptura y formación de nuevos enlaces.

Iones: Aquí se puede decir que es de importancia química la comprensión del comportamiento molecular a través de cargas que se neutralizan y forman una solución, las cargas pueden ser positivas o negativas y si son opuestas se atraen, lo que da paso al siguiente apartado.

Carga iónica: basada principalmente en las leyes de la electricidad de Faraday, para reconocer la carga de los iones de diversos elementos o compuestos y sus valencias.

El electrón: habiendo entendido el comportamiento químico de las sustancias a nivel de sus cargas es posible establecer esas relaciones con el concepto de electrón.

Isótopos: Cuando se comprende que la masa registrada en la tabla periódica para los átomos de distintos elementos químicos, es el promedio de las masas que se pueden registrar de todos los isótopos existentes del mismo elemento.

Estructura nuclear del átomo: Cuando se reconoce el concepto de número atómico correspondiéndolo con la cantidad de electrones en la periferia y la cantidad de protones en el núcleo atómico, el comportamiento de estos electrones está dado por las valencias del elemento.

Es así como es posible evidenciar “como la química del nivel dos y tres puede derivar de las observaciones hechas desde el nivel uno” (Nelson, 2002, p. 226), quien en sus conclusiones, rescata que es mejor una química que se enseñe mostrando la transición que conlleva el cambio de nivel de representación de una manera adecuada. Lo anterior podría ser aplicable como método de enseñanza desde el análisis de las controversias y sucesos históricos que dan paso a la comprensión meta-cognitiva de la evolución de los programas de investigación científicos como teorías que explican el mundo, en este caso concreto tenemos el análisis de la evolución histórica del campo ligando.

LA HERMENÉUTICA Y EL ANÁLISIS DISCURSIVO.

Toda ciencia, como disciplina, se caracteriza en su actuar por la observación de datos tangibles o intangibles para la contrastación e interpretación de unos resultados que posiblemente puedan cambiar marcos conceptuales o teóricos , así lo menciona Martínez (2002) y en ese sentido cada

ciencia desarrolla técnicas especiales para efectuar dichas observaciones sistemáticas que finalmente validarán la interpretación.

Es la discusión de los resultados la que determina la hermenéutica del investigador, dice Martínez (2002) porque allí es donde centra su atención en darle sentido a la obtención de unos datos, lo cual no implica, por ende, desligar la hermenéutica que conlleva el proceso metodológico de plantearse un problema de investigación, elegir un enfoque, realizar preguntas para recolectar los datos, dado a que todo se resume en el acto interpretativo que por naturaleza tenemos los seres humanos, gracias a nuestra memoria.

A propósito de la hermenéutica como corriente de pensamiento y por documentaciones hechas por Martínez (2002), es posible referirse a los principales autores y sus propuestas metodológicas, como Dilthey (1990) quien propuso el método del “círculo hermenéutico” que intenta dar significado a un discurso, de manera deductiva e inductiva para comprender el todo y sus partes, uno en función del otro, Heidegger (1974) además sostiene que la interpretación es tan natural del ser humano, que no es necesario inclusive usar la interpretación como instrumento, Gadamer (1960) sugirió que el pensamiento y la interpretación en la mente del ser humano se veía siempre influido por la historia del mismo, de lo cual surge la idea de que la interpretación surge de la interacción dialéctica entre expectativa de investigador y texto o acto humano.

A través de diversos estudios acerca de las ideas sobre fenomenología, psicoanálisis, estructuralismo entre otros, Ricoeur (1971) propone, según Martínez (2002), el desarrollo del “modelo del texto” para la comprensión del significado de la acción humana, todos los anteriores autores ponen de manifiesto la importancia de la investigación cualitativa ubicada en un contexto social, tratando de comprender lo amplio que puede llegar a ser el contexto donde se celebraron los descubrimientos y las invenciones publicados.

Según Martínez (2002) fue Radnitzky (1970) quien propuso siete reglas para la interpretación fiable de textos las cuales se describen a continuación:

- Usar el círculo hermenéutico: Significado global de texto a sus partes y viceversa.
- Reflexionar: Sobre lo apropiada y plausible que resulta una interpretación.
- Autonomía del objeto: Reconocer los términos del texto por su función informativa en la forma como fueron usados dentro del mismo.
- Importancia de la tradición: Importancia de la contrastación de las normas, costumbres o estilos dialecticos actuales con respecto a las primitivas.
- Empatía con el/la autor(a) del texto: Esto implica reconocer lo que alcanzaba a entender teóricamente el autor desde su mundo y su vida con las tradiciones que influyeron en él o ella.
- Contrastar: Con otros textos afines del mismo autor, para permitir que la interpretación sea razonable al máximo.
- Innovación y creatividad: Toda interpretación debe ser una versión mejorada de la interpretación anterior.

LA COORDINACIÓN COMO NÚCLEO IMPORTANTE DEL CAMPO LIGANDO

Gracias a las documentaciones hechas por Bailar (1956) se puede reconstruir la historia de la química en el siglo diecinueve, la cual hizo parte del crecimiento y revolución de los conocimientos acerca de las estructuras moleculares de algunos compuestos, donde la valencia constante era una teoría que bien explicaba las estructuras de los compuestos orgánicos, según Bailar (1956) la química inorgánica es la más antigua entre los dos campos, con el estudio de los hidratos, las sales dobles y los compuestos metálicos de amoníaco; pero el detenimiento histórico estuvo centrado en la forma en que podían reaccionar los compuestos metálicos con amoníaco

CoCl ₂ Blue	[Co(H ₂ O) ₆]Cl ₂ Red	[Co(NH ₃) ₆]Cl ₂ Rose
CuCl ₂ Brown	[Cu(H ₂ O) ₄]Cl ₂ Blue	[Cu(NH ₃) ₄]Cl ₂ Deep Blue
NiCl ₂ Light brown	[Ni(H ₂ O) ₆]Cl ₂ Green	[Ni(NH ₃) ₆]Cl ₂ Blue
CrCl ₃ Violet	[Cr(H ₂ O) ₆]Cl ₃ Gray-violet	[Cr(NH ₃) ₆]Cl ₃ Yellow
	[Cr(H ₂ O) ₅ Cl]Cl ₂ ·H ₂ O Green	[Cr(NH ₃) ₅ Cl]Cl ₂ Rose red
	[Cr(H ₂ O) ₄ Cl ₂]Cl·2H ₂ O Green	[Cr(NH ₃) ₄ Cl ₂]Cl <i>cis</i> -violet

Ilustración 1 Tabla de ciertos complejos con sus respectivos colores.

principalmente, Tassaert (1798) fue pionero en el descubrimiento de éste tipo de sales, observando el comportamiento de las sales combinadas con cobalto. (p. 100)

Berzelius por su parte da la primera explicación en 1819 a cerca de la conjugación de los compuestos amoniacales, quien pudo darse cuenta que el metal conjugado a amoníaco tenía la capacidad para combinarse con otras sustancias, Graham en 1837 hace la primera inferencia de la

estructura de las sales de cobalto diamoniacaes proponiendo una estructura, donde los átomos de hidrógeno de cada

uno de los grupos de amoniaco han sido desplazados por el átomo de cobre, más adelante sugerencias a la modificación de la teoría desde los estudios de Gerhardt (1850) , Wurtz (1850), Riesel (1844), A. W. Hofmann (1851) y Boedecker (1862) que propusieron el modelo dónde los átomos no eran desplazados sino reemplazados no solo por metales sino también por otros grupos amoniacaes, Hofmann hace la representación del compuesto cloruro de cobalto (III) con seis moléculas de amoniaco:

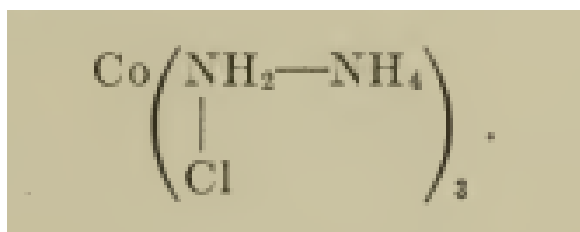


Ilustración 2 Representación del cloruro de cobalto (III) tomado de (Busch, 1956, p. 101)

Fue después en la historia que Jørgensen niega el argumento propuesto, dado que bajo esa estructura era completamente difícil explicar porque se altera completamente la función del cloro en el compuesto en el momento que le era removida la molécula de amoniaco, fue Boedecker (1862) quien determinó que la asociación se daba entre los grupos amoniaco, y así representó las fórmulas moleculares de:

Los cloruros diamin y tetraamin platino (II)

- $\text{Pt}(\text{NH}_3\text{-Cl})_2$

- $\text{Pt}(\text{NH}_3\text{-NH}_3\text{-Cl})_2$

Como si ellos mismos sirvieran de grupos sustitutos, programa que tuvo la anomalía de no poder explicar el hecho de que una cadena como estas se pueda alargar con uniones amoniacaes y solo hasta cierto límite dentro de una molécula como estas, Claus 1854 reconoció que los óxidos metálicos combinados con amoniaco no solo no afectan la capacidad de saturación del metal, sino que el amoniaco también se vuelve pasivo en referencia a su basicidad.

Fue Odling (1870) quien propuso que posiblemente se daba una sustitución de los átomos de hidrógeno del amoniaco por metales, tal como sucedería en el caso de los radicales orgánicos, entonces la analogía para el caso de la fórmula de los cloruros tanto de platino como de cobalto en combinación con amoniaco se hace comparando su estructura con la del cloruro ácido de etilendiamina:

Cloruro de platino	Cloruro ácido de etilendiamina
$\text{Pt}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HCl}$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HCl}$

Fuente: Tomado y modificado de Bailar, 1956.

Así Blomstrand en 1871 propone una estructura para las sales de platino y cobalto más estable representada por cadenas de amonio, dado que nota que algunos metales tienen la capacidad de albergar varios amoniacos, menos platino y cobre que no podían albergar más de dos átomos de nitrógeno:

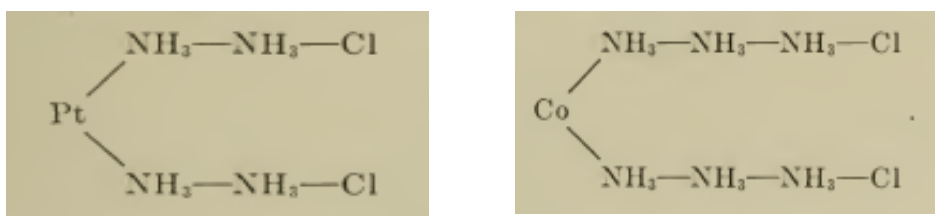


Ilustración 3 Sales de Platino y Cobalto (Busch, 1956, p. 103)

Así mismo propuso que la estabilidad del compuesto nada tenía que ver con la longitud de la cadena, pero, platino siendo la excepción no logra estabilizarse con cadenas muy extensas, la sal cloruro amoniacal de platino (II); caso concreto, la cual no puede ser atacada con sulfuro de hidrógeno e hidróxido de sodio. Con cloro, se oxida el átomo de platino, sin atacar los amoniacos

Blomstrand se refiere a los cloruros dentro de las moléculas como *los cercanos* a los que experimentalmente se les podría ser reemplazados por la acción del carbonato de sodio y *los lejanos*, que solo precipitan cuando reaccionan con nitrato de plata, inspiración para que Werner propusiera la idea de las esferas de coordinación. (Bailar, 1956, p. 103)

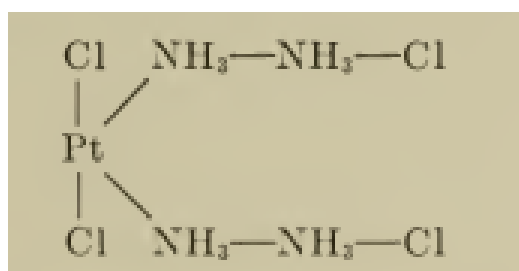


Ilustración 4 Valencias cercanas y lejanas del platino por Bloomstrand (Busch, 1956, p. 103)

Del anterior postulado se deriva la interesante controversia entre Jörgensen y Werner acerca de los compuestos de cobalto con amoniacos, en 1890 Jörgensen habiendo recogido evidencia de los

pesos moleculares y resuelto las fórmulas de Blomstrand, logró el avance del programa que unos años más tarde Werner trabajaría profundamente, el primer análisis de Jörgensen fue acerca de la estructura de las sales de cobalto ($\text{Co}_2\text{Cl}_4 \cdot 12\text{NH}_3$) clasificada como lúteo dónde pudo obtener una estructuración completamente simétrica.

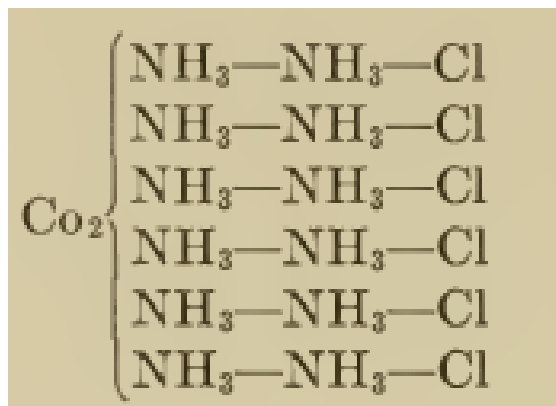


Ilustración 5 Estructura de la sal de Cobalto ($\text{Co}_2\text{Cl}_4 \cdot 12\text{NH}_3$) propuesta por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p. 104)

Así como las estructuras de las sales purpúreas ($\text{CoCl}_6 \cdot 10\text{NH}_3$)

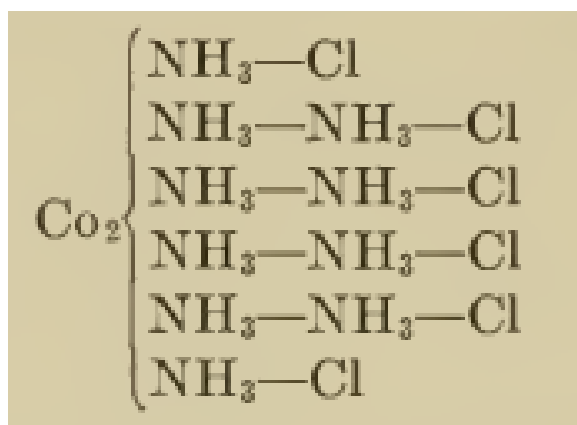


Ilustración 6 Estructura de la sal de Cobalto ($\text{Co}_2\text{Cl}_6 \cdot 10\text{NH}_3$) propuesta por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p. 104)

Pero esta suposición no tardó mucho en ser incorrecta, ya que las sales purpúreas tienen cloros en su estructura en dos formas muy distintas de combinación, en una solución fría, por ejemplo, el nitrato de plata precipita dos-terceras partes de cloro a la vez, y la última parte sólo después de un tiempo, las experiencias mostraban que las fórmulas propuestas anteriormente, difícilmente explicaban estas diferencias en las formas de reaccionar.

Jørgensen prepara toda una serie de sales que precipitaban el ion cloruro más fácilmente si éste último era reemplazado por otros grupos; concluyendo entonces que uno de los cloruros en éste tipo de sales está combinado directamente con el metal, mientras que los otros grupos con característica negativa podían unirse con el amoníaco; existen equiparaciones que se muestran con las sales penta-amoniacaes de cromo y rodio, así el científico supo que el cloruro podía ser reemplazado por otros grupos negativos tales como el bromuro o sulfatos los cuales perdían sus propiedades iónicas como lo hacía el cloruro en las sales purpúreo originalmente según Bailar (1956).

Cuando Jørgensen encontró que las dos-terceras partes de cloruro en el tetra-amoniaco de los metales trivalentes estaba oculto, concluyó que éste tipo de representación sería más adecuada ya que mostraba las uniones directas con el metal:

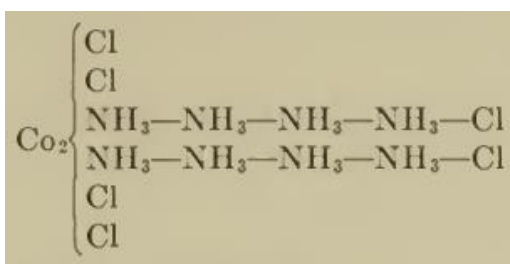


Ilustración 7 Nueva representación de Jørgensen tomado de (Busch, 1956, p.105)

Y de las sales purpúreo y lúteo:

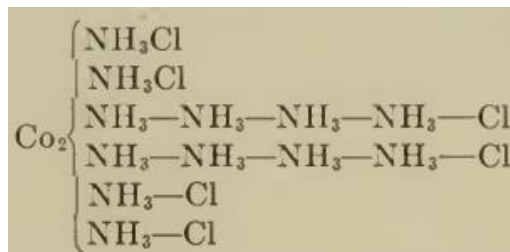
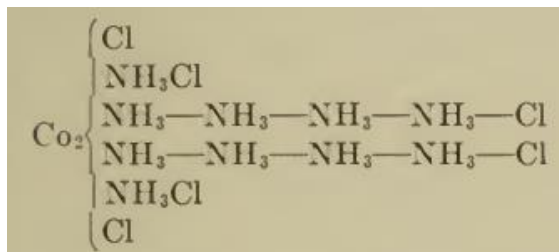


Ilustración 8 Representación de las sales purúreo (lado izquierdo, color morado) y sales lúteo (lado derecho, color amarillo) tomado de (Busch, 1956, p.105)

Jörgensen demuestra que las sales roseo, que se pensaba que eran isómeros de las sales purpúreo, contenían dos moléculas de agua, las cuales se perdían con solo elevar la temperatura, dejando el residuo de una sal purpúreo. Las sales de roseo se parecen a las sales de luteo en que todos los grupos negativos son iónicos así como en solubilidad, forma cristalina y apariencia. Jörgensen infiere que hay sales de luteo en las cuales las seis moléculas de amoniaco podrían ser reemplazados por agua. (Bailar, 1956, p. 105)

Las sales roseo de tetra-amin podían ser análogas a las sales de luteo, pero en lugar de una-tercera parte de amoniaco contiene moléculas de agua, como no se conocía compuesto alguno que dejase reemplazar más de una tercera parte de amoniaco por agua, se asume una molécula desencadenada como dice (Busch, 1956, p. 105) con la siguiente representación para el tetra-amín roseo:

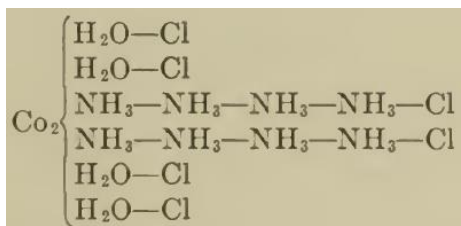


Ilustración 9 Representación del Amín-roseo (Busch, 1956, p105)

O usando la fórmula simplificada:

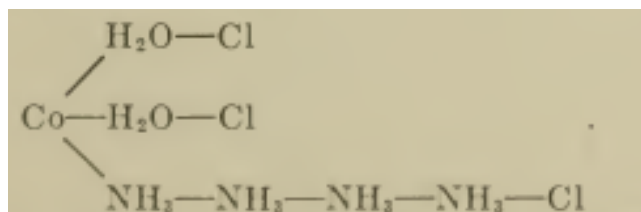


Ilustración 10 Fórmula simplificada del compuesto amín-roseo (Busch, 1956, p. 105)

Las preguntas que ahondaban sobre la teoría de Jörgensen eran específicamente las relacionadas a las cadenas de grupos NH_3 , ¿por qué el cobalto solo puede sostener seis moléculas de amoníaco? ¿Pueden existir cadenas de más de cuatro amoníacos? Y la posibilidad de explicar la existencia de los compuestos como isómeros con éstas estructuras.

Jörgensen pudo responder a la hipótesis propuesta por Blomstrand sobre las tres diferentes valencias del cobalto, demostrado a partir de la representación de las sales luteo de cloruro.

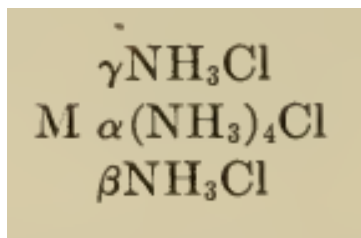


Ilustración 11 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106)

Quien pierde fácilmente una molécula de amoníaco para formar:

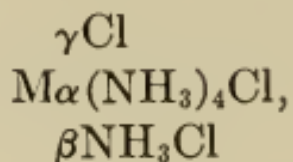


Ilustración 12 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106)

En el cual el agua se convierten una sal “aquo” (rosea), siendo:

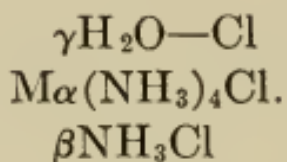


Ilustración 13 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106)

Y la di-aquo sal rosea sería:

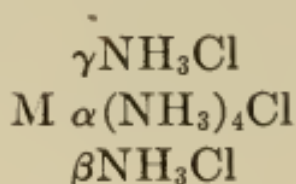


Ilustración 14 Las tres valencias de un metal por Jörgensen tomado de (Busch, 1956, p106)

La cual fácilmente pierde una molécula de agua para formar un compuesto que contenga los grupos Cl y H₂O-Cl, pero éste último no es el mismo grupo en el caso de la sal rosea penta-amoniaca, el anterior compuesto pierde una molécula de agua cuando es calentado a cien grados centígrados (100°C) incluso a menor temperatura, según Jörgensen, las diferencias podían deberse a que los dos enlaces β y γ no actúan de la misma manera o con la misma intensidad.

Recientes Teorías sobre la estructura de los hidratos

Wurtz quien en 1879 desarrolla la teoría de los hidratos proponiendo estas estructuras:

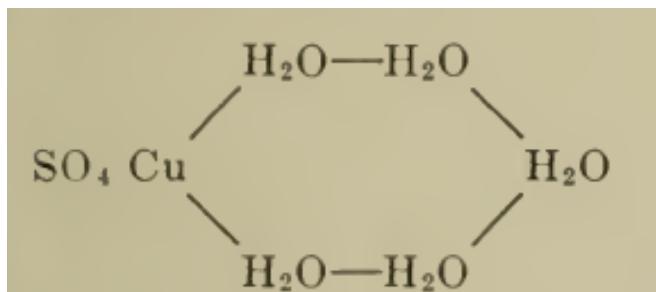


Ilustración 15 Estructura de anillos de los hidratos por Wurtz en 1879 tomado de (Busch, 1956, p. 107)

Sin tener evidencia experimental se postula como una primera explicación como si las moléculas de agua enlazaran al metal central y entre ellas mismas formando anillos.

Teorías recientes sobre las estructuras de las sales dobles

Bonsdorff 1827 y Boullay 1827 comparan los óxidos de algunos cloruros, de los cuales algunos eran ácidos y otros básicos, lo que supone la formación de sales dobles productos de una reacción de neutralización, Naquet 1867 expresa que lo mas probable es la unión de dos cloruros a un solo oxígeno y Blomstrand va incluso mas lejos y propone enlaces dobles entre los cloruros; para las siguientes bases 3KCl . FeCl₃ y 2KCl . PtCl₄

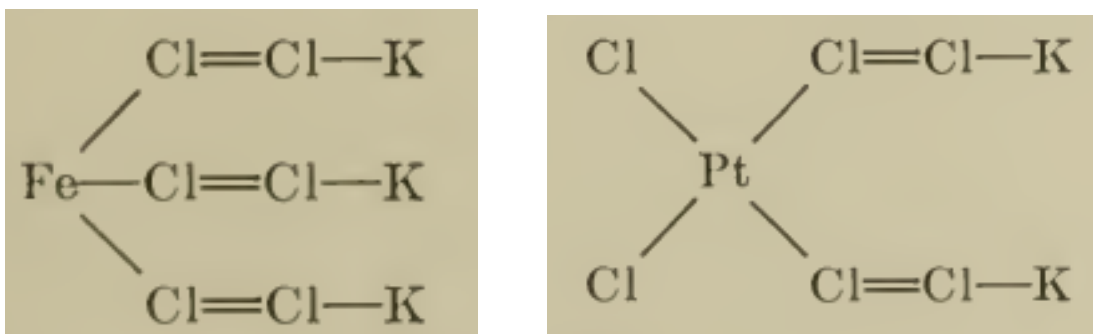


Ilustración 16 Representaciones de Bloomstrand tomado de (Busch, 1956, p. 108)

Como las propuestas de Blomstrand carecían de base experimental, las fórmulas no indicaban porque el potasio debía ser iónico y el hierro y platino no iónicos, ni tampoco la formación de sales de doble cloruro como $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{KCl}$, en la cual el número de moléculas del cloruro con el metal alcalino excede el número de átomos de cloro provenientes del cloruro del metal pesado, Remsen (1889) propone una estructura de anillo entre los halógenos para resolver la dificultad:

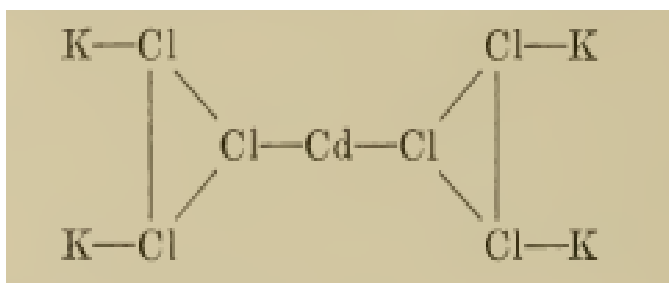


Ilustración 17 Representación de Remsen 1889 sobre los anillos con halógenos tomado de (Busch, 1956, p. 108)

Y Horstmann en 1885 escribe la reacción así:

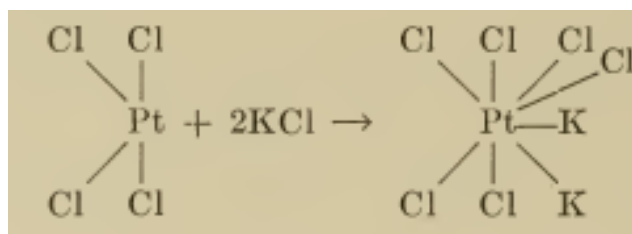


Ilustración 18 Representación de Horstmann 1885 sobre la reacción química, tomado de (Busch, 1956, p. 108)

Como analogía de:

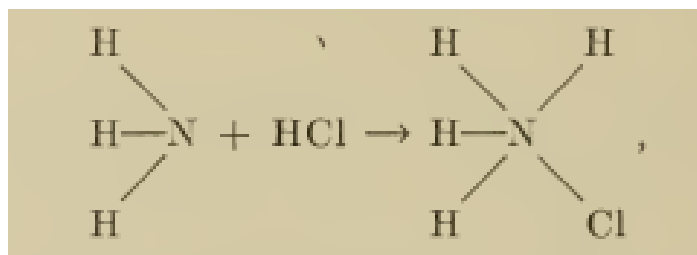


Ilustración 19 Representación de Horstmann 1885 sobre la reacción química, tomado de (Busch, 1956, p. 108)

El cual era un mecanismo de reacción generalmente aceptado para la reacción entre el amoníaco con ácido clorhídrico. Asumiendo largas valencias para los metales, podemos aplicar la teoría a complejos de todo tipo. Es, claro está, engañosa la idea de que todos los grupos ataquen al átomo central así como los potasios y los cloruros en el ejemplo dado, con esta característica modificada, las formulaciones de Horstmann podrían equipararse con las hechas por Werner.

TEORÍA DE LA COORDINACIÓN DE WERNER

La siguiente es la historia tras la publicación del trabajo “contribution to the theory of affinity and valence” en 1891, donde sugirió que los átomos debían tener una fuerza atractiva de valencia que exorbita sobre la superficie del átomo sin que éste tenga un cierto número definido de enlaces de

valencia, que además estas valencias podían dividirse en unidades distintas de fuerza variable, entonces, algunas de esas fuerzas de valencia podrían ser inesperadas.

Así en la época se tenía como referencia el número de valencia de los elementos, el poder combinatorio de algunos átomos era variado, dichos átomos pueden participar activamente en la construcción de moléculas complejas con la formación de enlaces atómicos definidos. Para entonces era ya conocido que además de la afinidad de algunos átomos para formar enlaces era designado la valencia principal, y valencia auxiliar cuando existían otro tipo de enlaces con el átomo, el problema era conocer el número y la distribución espacial de dichas valencias.

Las valencias auxiliares no presentaban ionización en solución a diferencia de las valencias principales, Werner al igual que Jörgensen creían firmemente que el cloro no iónico podría estar junto al metal en vez del amoniaco el cual había perdido. En soluciones acuosas, el compuesto penta-amoniacoal sufre un cambio lento donde el tercer cloro vuelve a ser iónico. Después de una evaporación a temperatura ambiente, el resultado del rendimiento de la reacción de los cristales rosas-rojos del penta-amoniacoal, demostraban que contenía una molécula de agua, Jörgensen demostró que éste compuesto “roseo” era cercano analógicamente al hexa-amoniacoal, y reconoce que podría ser un hexa-amin al cual se le ha reemplazado una molécula de amoniaco por una de agua.

La principal objeción entre los dos programas radicaba principalmente en la posición del cloro que es desplazado por la molécula de agua, Jörgensen defendía la idea del desplazamiento por parte de la molécula de agua debido a la tetravalencia del oxígeno, mientras que Werner sentía que la fuerza de atracción no dependía de un átomo en particular sino del ion complejo como un todo.

Postulados que aclaraban algunas sombras sobre la teoría de ionización de las sales en estado cristalino y ha sido ampliada gracias a la confirmación por parte de las mediciones hechas en equipos de rayos x.

Mientras Werner estudiaba el ion tetrakis(etilendiamin)-μ-amino-nitro-dicobalto (III) pudo acortar la brecha entre los que se consideraba valencia primaria y secundaria

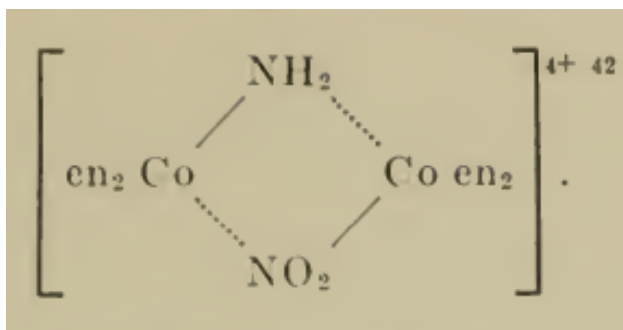


Ilustración 20 Representación de Werner sobre ion tetrakis(etilendiamin)-μ-amino-nitro-dicobalto (III), tomado de (Busch, 1956, p. 111)

Este ion contiene dos átomos asimétricos de cobalto que aparentemente no son idénticos, uno de ellos está cercano al grupo amino por medio de una valencia primaria y al grupo nitro por medio de una valencia secundaria y viceversa en el caso del otro átomo de cobalto, según su representación el compuesto en cuestión debería y tener un dextrógiro, un levógiro y dos formas meso, pero cuidadosas experimentaciones concluyeron que el compuesto solo tenía una forma meso y que era completamente inactivo, lo que indicaba la presencia de dos átomos centrales pero asimétricos

Ya de hace mucho tiempo se conocía una variedad de iones metálicos que podían formar hexa-aminas y hexa-hidratos si como eran comunes las tetra-aminas. Los tetra y hexa-cianatos se

estudiaban como unos de los compuestos más estables y por lo tanto bien definidos, así fue como Werner dedujo que solo podía haber ciertas valencias secundarias para algunos elementos y que los grupos que se acercaran al elemento central por la atracción de éste tipo de valencias estaban siendo coordinados por él.

Es así como el número de coordinación de un átomo depende del número de grupos con los que puede coordinar, y así se conozcan un poco más los que coordinan cuatro y seis veces, se sabe de la existencia de compuestos con coordinación de dos, tres, cinco, siete y hasta ocho.

En el caso del cloruro de hexaamíncromo (III) con un número de coordinación de seis, si una de las moléculas de amoniaco es extraída, este espacio vendría a verse ocupado por otro ion cloruro para mantener el mismo número de coordinación, es decir, en términos del programa de Werner las valencias secundarias deberían estar completas siempre.

Si un cloruro de hexa-amin con un metal central pierde una molécula de amoniaco, uno de los cloruros pierde sus propiedades iónicas y lo mismo sucederá con el segundo cloruro si se le extrae otra molécula de amoniaco, pero el hecho de pensar ¿qué pasaría si se le es retirada una tercera molécula de amoniaco al compuesto? las predicciones sobre diferentes comportamientos que hace Werner lo induce a proponer que el tercer cloruro sería no iónico y el resultado sería una molécula no electrolítica en contraposición a lo que representaba la cadena de Jörgensen donde si se le era extraída una molécula de amoniaco al compuesto, simplemente se acortaba la cadena pero siempre dejando al cloruro en un estado iónico.

Como no se conocían muchas tri-aminas de metales trivalentes, la objeción de Jörgensen era que no había suficiente conocimiento acerca del comportamiento y estructura de éste tipo de

compuestos que justificara la conclusión a la que Werner llegaba. $\text{Ir}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3$ era uno de esos compuestos, Palmer en 1889 lo había descrito y una de las conclusiones experimentales era que no liberaba ácido clorhídrico cuando era calentado en presencia de ácido sulfúrico concentrado, detallando al compuesto como si no tuviera una fórmula simple sino correspondiente a una sal doble $\text{Ir}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3 \cdot \text{IrCl}_3$, el mismo Jörgensen había concluido una vez que no se liberaba cloruro de hidrógeno cuando se calentaba una sal doble de rodio en presencia de ácido sulfúrico

Siguiendo a Erdmann en 1866 quien fue estudiado por Werner, propuso la estructura del compuesto $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$ pero según Werner resulto de manera incompleta, comparado con la cantidad de sustancias con la misma composición que habían sido descubiertas, las investigaciones acerca del compuesto convencieron a Jörgensen de proponer esta estructura:

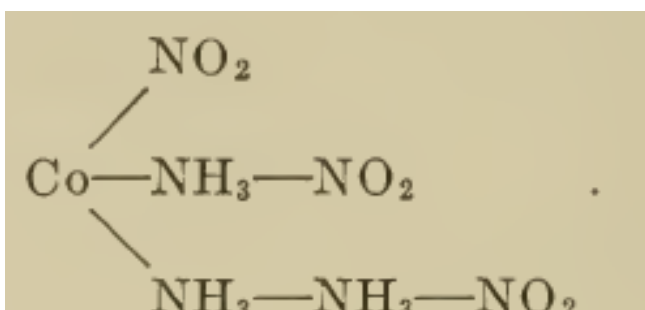


Ilustración 21 Representación de las estructuras de Jörgensen (Busch, 1956, p. 112)

Reemplazando en la molécula los nitritos por cloruros, representa la molécula con la siguiente estructura, asignando firmemente una molécula de agua, así:

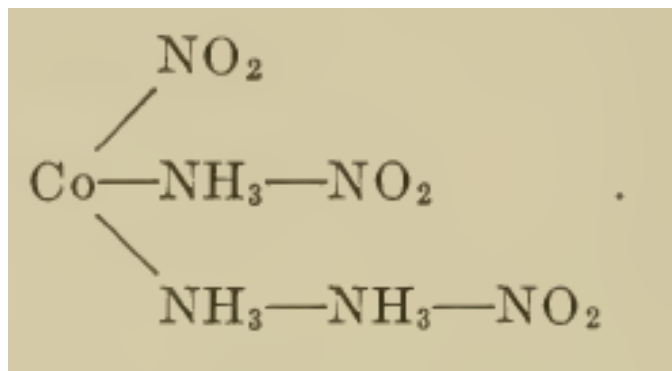


Ilustración 22 Representación de las estructuras de Jørgensen (Busch, 1956, p. 112)

Como todo el cloro precipitó al tiempo con nitrato de plata. Este compuesto puede ser trasladado fácilmente a la representación propuesta por Erdmann.

Los dos programas difieren también por su grado de predicción para explicar la pérdida de la molécula de amoníaco, con la producción de una di-amina, este era el único compuesto que concordaba con la teoría de Werner, dado que no se conocían más; así que una de las propuestas de Werner es que la molécula de amonio no se podía perder sino solo reemplazar por otro grupo y solo los haluros presentes en la molécula pueden hacer este reemplazo, pero si un nuevo grupo puede ser suministrado y su carga es negativa, toda la molécula adquiere esta carga.

Fueron los compuestos complejos quienes dieron el estatus a la química inorgánica como disciplina científica en el marco de la química general y su desarrollo a comienzos del siglo XX, según (Brock, W, 1992, pág. 484), reconocida principalmente por científicos como Ronald Nyholm (1917-1971), la principal controversia y posteriores debates estaban centrados principalmente en las posibles valencias y estructuras de algunos elementos dentro de sustancias inorgánicas, entre Werner (1866-1919) y Sophus Jørgensen (1837-1914), además de las contribuciones de los químicos australianos.

Es a Werner a quien se le atribuye una explicación perfectamente coherente de los compuestos formados a partir de los metales de transición, su alta carga fenomenológica estuvo dada por los más de setecientos (700) compuestos descubiertos en sus trabajos con los compuestos de cobalto en 1893, trasladando de manera analógica la explicación ya existente para los compuestos orgánicos en la época; es decir, en términos de su valencia, estereoquímica, estructura y demás a los ya mencionados compuestos de metales de transición.

Werner quien casi que comparaba la química del carbono tetravalente con la química del cobalto hexavalente se dio cuenta de algunas cosas, y como no hacerlo si el cinturón protector de la química como ciencia es la química orgánica desde la aparición de la primera teoría de valencia a mediados del siglo XIX y desarrollada por científicos tales como Frankland (1825-1899), Kekulé (1829-1896), Couper (1831-1892), Butlerov (1828-1892) y Kolbe (1818-1884) según la documentación hecha por (Gonzalez 2017), sirvió de modelo para explicar enlaces entre átomos que no fueran de carbono en la posteridad.

Werner a diferencia de Lewis, Langmuir y Sidgewick no aplicó su teoría de la coordinación a todos los elementos de la tabla periódica, tomado de (Butler, I & Harrod, J) sino solamente a aquellos que presentaban valencias inusuales en ciertos experimentos, presentar valencias inusuales era prácticamente no cumplir con la regla del octeto o el análogo a que todos los elementos de la tabla periódica “*quieran parecerse a los gases nobles*” y tener posiblemente todos los orbitales llenos para no reaccionar, y eran precisamente los metales de transición quienes prescindían de éste comportamiento.

En 1911 cuando realmente pudo demostrar la conformación octaédrica resolviendo la anomalía que presentaban las moléculas racémicas de la sal: 1,2-cloroamina bis (dietilendiamina) cobalto (III) preparados por él mismo, en el laboratorio y proponiendo por vez una fórmula estructural para un compuesto que tiene una valencia de tres, la atracción de los compuestos que hasta el momento llamamos ligandos (nombre propuesto por primera vez por Alfred Stock (1876-1946) en 1916, pero que fue usado por la comunidad hasta los años cincuenta) podía producirse hacia el centro del compuesto complejo una valencia hasta de seis cargas; el metal de transición, el cual atrae otro tipo de cargas puntuales o valencias secundarias dependen de las moléculas enlazantes de las cuales Werner dedujo el número de coordinación.

La evidencia experimental tenía que estar dada por la comprobación de que a medida que éstos compuestos coordinados preparados con cobalto como el ion central, aumentaban su propia fuerza de atracción hacia los ligandos, disminuían su capacidad para conducir la corriente eléctrica debido a la posible formación de un ion fuertemente enlazado y no de varios iones que pueden disociar fácilmente, de donde posiblemente sale la propuesta de las esferas de coordinación desde las cargas negativas hasta las positivas pasando por una neutra y mediante la cual se sugiere el cambio de la representación otorgada por Sophus Jørgensen (1837-1914) quién fue prácticamente la heurística positiva para las conformaciones teóricas de Werner en 1907 cuando logró aislar sales isómeras de la serie de las “sales vióleo” no conocidas comparadas con las “sales práseo” que el mismo se propuso a preparar confirmando que era posible que la molécula de etilendiamina (en) entraba por dos sitios alrededor del metal.

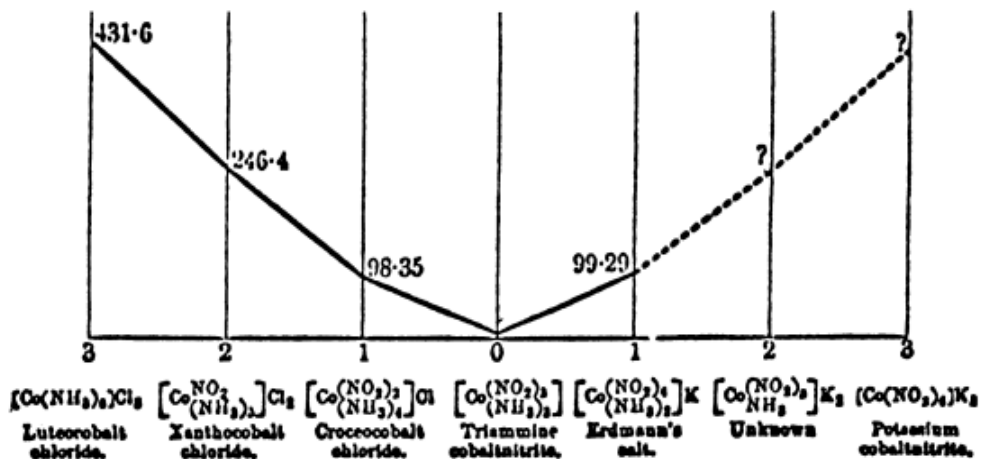


Ilustración 23 Conductividad de los iones de cobre por (Brock, 1992)

Según Brock (1992) aunque la química inorgánica tiene su punto más álgido en los resultados dados por químicos Australianos y debido a grandes aportes hechos por John, C Bailar (1904-1991) Melvin Calvin (1911-1997), Fred Basolo (1920-2007), los rusos Aleksandrovich Chugaev, y Ilya Ilich Cherniáev (1893-1966) es importante reconocer sus yacimientos en las ideas que se planteaba Werner durante la preparación química de los distintos compuestos complejos con cobalto. (p. 485)

WERNER MANTIENE LA TEORÍA DE COORDINACIÓN EN PIE

En 1890 presentando su tesis doctoral con la ayuda del trabajo de Arthur Hantzsch (1857-1935) Werner usando analógicamente la química del carbono, demostró que la química del nitrógeno trivalente podía tener una estereoisomería tetraédrica, creyendo fielmente en las posibles expansibilidades de las valencias de los elementos químicos, en 1893 por medio de un artículo publicó la misma tendencia entre dos sales de amino o hidrato de cobalto y cobre $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ y

$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)_2$ y dedujo el hecho de poder reducir su cantidad de agua o amoníaco por molécula llegando gradualmente a cero

$\text{M}(\text{NH}_3)_6\text{X}_3$	$\text{M}(\text{NH}_3)_5\text{X}_3$	$\text{M}(\text{NH}_3)_4\text{X}_3$	$\text{M}(\text{NH}_3)_3\text{X}_3$	$\text{M}(\text{NH}_3)_2\text{X}_3$	$\text{M}(\text{NH}_3)\text{X}_3$	MX_3
-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---------------

Tomado y modificado de Brock ()

Los trabajos de Werner sobre las sales de cobalto tienen su razón de ser en los ya extensos estudios realizados por Edmond Frémy (1814-1894) en Francia y Sophus Jørgensen (1837-1914) En Dinamarca como lo menciona (Brock, 1992)

Una alta carga cualitativa y reconocible a los ojos del espectador, como lo es el color que producían estas sales, los que realmente cautivaron los estudios de grandes químicos como los anteriormente mencionados. Así una primera clasificación por parte de Frémy acerca de los colores de las sales de cobalto permitió una aproximación teórica a cerca de la cantidad de moléculas que podían existir alrededor del catión central, los “luteo” compuestos como los llamó por la coloración amarilla que presentaban algunas de estas sales, simplemente hacían parte de un sistema de nomenclatura que permitía diferenciarlas debido a su constitución y estructura química propuesta:

Tabla 2 Sistema de nomenclatura de algunos complejos por su color

Nombre	Color	Ejemplo
Flavo.	Marrón	$\text{Cis}-[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]^+$
Cróceo.	Amarillo	$\text{Trans}-[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]^+$
Lúteo	Amarillo	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

Práseo	Verde	Trans- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{H}_2\text{O}]$
Róseo	Bermellón	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]^{3+}$
Purpúreo	Morado	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$
Vióleo	Violeta	Cis- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$

Tomado y modificado de Bailar y Busch (1956)

Éste sistema de nomenclatura como caso concreto era para todos aquellos complejos que contenían seis grupos NH_3 o HO . Werner apreció que había una serie de metales como el cobalto ($\text{M}(\text{NH}_3)_6\text{X}_3$) que siempre formaban tres subclases de sales dependiendo de la carga del metal dentro del ion:

- $(\text{MIV}(\text{NH}_3)_6\text{X}_3)$ Cuando el metal era tetravalente.
- $(\text{MIII}(\text{NH}_3)_6\text{X}_3)$ cuando el metal era trivalente.
- $(\text{MII}(\text{NH}_3)_6\text{X}_3)$ en el caso del metal divalente.

De las cuales siempre se desprendía una molécula de amoniacó para formar una nueva sal "purpúreo" retomado de Brock (1992), esta perspectiva basada en el color de los complejos formados permitió que Werner razonara acerca de la forma en que enlazan las distintas moléculas de amoniacó alrededor del cobalto, cambiando la representación gradualmente de las moléculas de amoniacó enlazadas alrededor de los cloruros de amoniacó formando cadenas y no directamente al metal central, en su experimento utilizando hexacloroplatinato de potasio como agente precipitante, determinó que las sales pentavalentes dejaban de ser iónicas y por lo tanto no precipitaban, explicación de la posible ubicación de una de las aminas dentro de la molécula.

La geometría fija hablando de simetría de los complejos permitió a Werner introducir un segundo concepto teórico estableciendo la actividad óptica de dichos compuestos, y demostrando que quienes se volvían asimétricos eran los que tenían ligandos que ocupan dos posiciones de coordinación al tiempo conocidos hoy por el nombre de bidentados.

De manera que así ocurre una transición de la nomenclatura de los compuestos coordinados con referencia a las coloraciones que producían por la de un nombre atribuido principalmente a la naturaleza de aquellos ligandos con quienes podía formar dichos enlaces coordinados, evitando las confusiones.

Fueron los años treinta los que marcaron el hito dentro de la historia de la química inorgánica dado a que muchas estructuras saltaron a la vista de muchos químicos con la adaptación de los aparatos de rayos x al comportamiento de las sustancias, antes de éste potente desarrollo instrumental, la tradición era la preparación de muchos compuestos que cumplieran simétricamente con la química del carbono poniendo como átomo central otros elementos tales como el nitrógeno.

Quien continúa e influencia los estudios posteriores sobre la química de la coordinación es precisamente Nyholm abriendo un campo gigantesco dentro del estudio de los metales de transición, sus estructuras, valencias, formación de enlaces y demás que complementan la teoría del campo de ligandos e inclusive la proposición de la teoría del campo cristalino, por la cual se explican desde el desarrollo de la cuántica el movimiento electrónico que interactúa con la luz para la producción de los distintos colores propios de los compuestos complejos o con enlaces coordinados.

CAPÍTULO II

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El problema de investigación que presentamos a continuación se mueve en la línea de (NdC), la cual sostiene que una construcción didáctico-epistemológica define el acto de modelización científica como una forma de agrupar características esenciales de un fenómeno de la realidad y representarlas Adúriz-Bravo,(2002), en la enseñanza de las ciencias en general existen diversas maneras de representación de conocimiento científico dado el contenido conceptual hecho objeto de estudio, según autores como (Aduriz ,2005; Adúriz, 2013; Chamizo,2006; Galagovsky y Adúriz, 2001 e Izquierdo y Adúriz, 2009) en química como ciencia en particular existen consensos epistemológicos que procuran ser, en palabras de Chamizo (2006) lo menos “controvertidos posible para la explicación de un concepto científico en el proceso de enseñanza” (p.476).

Estos consensos son criterios que se han de tener en cuenta a la hora de abordar la explicación de conceptos científicos puesto que ellos en sí mismos disminuyen la “mala utilización de los modelos de enseñanza por parte de los profesores” (Cabrera, 2015, p. 575) como se ha documentado por Amador, Gallego y Pérez (2009) y por Sanabria *et al.* (2009) una de las carencias que evidencian los egresados de las licenciaturas en ciencias, hablando más específicamente química, se centran en la dificultad que tienen a la hora de plantear y resolver problemas que emergen del sistema teórico como una forma de coyuntura para la enseñanza puesto que exigen articular un sistema teórico con una posible evidencia experimental a un problema planteado.

Por lo tanto revisar desde donde delimitar el objetivo de este ejercicio de investigación exige como ya se dijo manifestar el interés en los hechos históricos que permitieron el avance de una teoría como programa de investigación científica desde su evolución como forma de conocimiento representada por modelos semióticos que explican elementos de fondo conceptual.

Por ende, las reflexiones estarán dadas en torno a la incidencia de la perspectiva externalista y en la forma como el profesor puede entender la química y el desarrollo de la misma como una disciplina científica; que no prescinde de los ejes transversales, y que ésta determinada por parámetros rigurosos de aceptación en la comunidad social y científica, la cual a su vez sigue estructuras más estrictas, pero que pueden ser transformadas y modificadas didácticamente para hacerlas comprensibles, labor irremplazable de los profesores quienes son destinados a investigar, reconstruir y redefinir conceptos en su futura profesión haciendo uso de los distintos modelos.

En este caso, se hace objeto de estudio, los contenidos teóricos publicados en tres periodos importantes para la química relacionados con núcleos comunes del campo ligando y otras teorías, como por ejemplo, el término coordinación, dado que no fue posible ubicar ningún tipo de estudio monográfico con relación al campo ligando como teoría.

Así que se considera una oportunidad de proponer problemas para la enseñanza de la química que articulen por lo menos los siguientes aspectos: la postura de ciencia que resulta determinante para el seguimiento y comprensión de las huellas bibliográficas dentro de la reconstrucción, una visión externalista de la teoría desde lo que propone Lakatos como programas de investigación científica correspondientes a heurísticas positivas y negativas que permitieron su desarrollo, la perspectiva de los niveles de representación mental que pueden surgir equiparables con la aparición de conceptos en la historia, dentro de los tres hitos que permitieron la conformación de tales teorías

como evolución colectiva de conocimiento a partir de su transmisiones de unas generaciones a otras.

Por último desde la afirmación de (Amador, Gallego, & Pérez, 2009, pág. 10), si el profesor en su actividad de enseñanza “modeliza el conocimiento científico presentando su versión de los consensos obtenidos por la comunidad científica, es consciente de la articulación” de asuntos que desde el enfoque (NdC) son relevantes en la enseñanza de las ciencias y progreso de la comunidad científica, mientras se reúnen elementos como: la historia del sistema teórico y su importancia desde el trasfondo epistemológico, los procesos meta-cognitivos que ayuden a proponer problemas propios del campo de las ciencias y de la comprensión del origen de la comunidad tanto como su progreso y para finalizar el reconocimientos de las distintas formas de modelización que pueden ser adecuadas o no en el proceso de enseñanza, es así como se propone desde una perspectiva historiográfica la siguiente pregunta de investigación como eje articuladora del presente trabajo

¿Cómo se puede ubicar el avance teórico del campo ligando; desde la evolución misma de sus núcleos conceptuales más importantes, en el contexto historiográfico de la química como ciencia, a partir de un estudio monográfico y desde un enfoque externalista?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Reconstruir el avance del campo ligando a partir del análisis de contenido de los documentos que tengan relación con algunos conceptos fundamentales y a la evolución de la teoría por las huellas en comparación con las tres épocas como hitos históricos de la química.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las categorías de análisis correspondientes al enfoque socio-crítico de las ciencias para acopiar información relevante.
- Organizar la información documental desde sus características bibliométricas para el posterior análisis de contenido.
- Analizar desde la inferencia la evolución histórico-social y cambios de modelos del campo ligando como programa de investigación.

DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio que se presenta a continuación atiende a un estudio monográfico desde la aproximación al campo ligando, consultando y analizando tanto citas bibliográficas como documentos encontrados en bases de datos y centros de documentación para la ubicación panorámica y contextual de la misma teoría en términos de la evolución de la química como disciplina científica, lo que puede llamarse, reconstrucción historiográfica.

Por enfoque, se puede decir que el presente trabajo tiende a ser más extensivo que intensivo porque se reconocen algunos sucesos tales como las controversias científicas entendidas desde el marco de la naturaleza de las ciencias y por último, dado que se hace una comparación con tres hitos históricos de la química decimos que la investigación está centrada en ser externalista ya que tiene como objetivo ubicar dicha evolución teórica en un contexto científico.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por el objetivo planteado en el presente trabajo, la metodología investigativa en concordancia es cualitativa, corresponde a una tesis descriptiva según el nivel de profundización en el mismo, y de carácter holística ya que abarca la importancia de algunos conceptos que hacen parte de una teoría

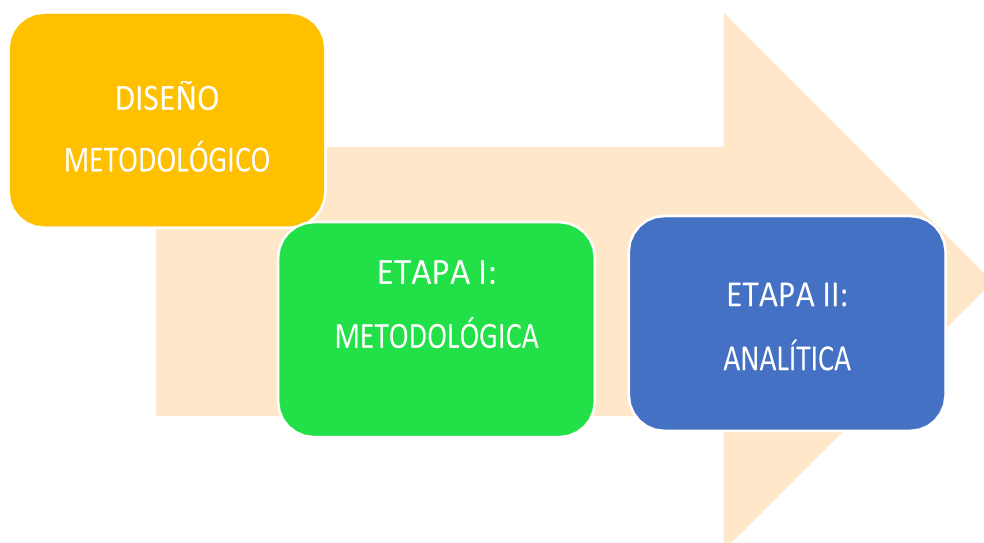


Ilustración 24 Flujograma que muestra el proceso secuencial llevado a cabo en el diseño metodológico el cual se abordó en dos etapas.

ETAPA I: METODOLÓGICA

FASE UNO: PLANEACION

TIPOS DE DOCUMENTOS

Los documentos a analizar son aquellos que se encuentren entre los periodos de tiempo seleccionados como filtro de información, que sean textos verbales que representen cualquier tipo de huella. Como el material documental después de los años 30's ha ido aumentando por todo tipo de sucesos fortuitos que contribuyeron al avance en términos de conocimiento y documentación en la química inorgánica, se presentarán resultados de artículos científicos específicamente que

aparecen sobre el campo ligando desde el año 1956 hasta el 1920, para observar como el crecimiento en documentación científica al respecto permite ver el avance de la teoría y el aumento del cinturón protector en tales años.

CRITERIOS DE CONTEXTUALIZACIÓN:

El contexto puede definirse como los aspectos espacio-temporales en los cuales se desarrollan las obras, pero definitivamente no se hace ningún tipo de restricción en términos del país o región de publicación, desde la hipótesis de que los países donde hubo científicos con mayor participación en esas épocas seguro tuvieron que haber sido: Alemania, Inglaterra, Francia, Estados Unidos entre otros, así que se espera una participación por parte de estos países.

Como se ha mencionado antes, los tiempos entre los cuales se hizo el análisis del campo ligando corresponde según los documentos encontrados y aportaciones hechas al respecto para su reconstrucción historiográfica y correspondientes a las tres revoluciones de Jensen (1998) y como base teórica, la monografía presentada por Bailar (1956) sobre la química de los elementos de coordinación.

FASE DOS: CLASIFICACIÓN.

RASTREO DE INFORMACIÓN Y CRITERIOS DE BÚSQUEDA:

Los elementos de extracción se retoman de un motor de búsqueda que permite seleccionar las palabras claves de un texto, así se pueden mencionar cinco palabras claves del documento de

(Busch, 1956) que tienen una amplia relación con la evolución de la teoría, por ende, las palabras son términos gramaticales muy propios de éste campo, tales como; complejo, enlace coordinado, valencias múltiples, metales de transición y coordinación ya que son las que permitirán la búsqueda de los demás documentos por la concordancia con el título o los resúmenes en los distintos motores de búsqueda o centros de documentación.

Tabla 3 Centros de documentación consultados.

Centros de documentación
Journal of the American Chemical Society
Wiley Online Library
Royal Society of Chemistry
ScienceDirect

La búsqueda por las seis palabras clave con la búsqueda avanzada por operadores lógicos o también llamados booleanos que son términos que permiten la búsqueda en profundidad y con especificidad, así:

Tabla 4 Operadores lógicos utilizados para la consulta.

Operador Booleano	Definición	Ejemplo
AND	Recuperación de citas que contengan dos términos	Ligand AND Coordination

		Ligand AND transition metal
		Ligand AND complex
		Ligand AND Multiples Valences.
		Ligand AND Coordinated bond
	Recupera las citas que contengan dos términos o por lo menos uno de ellos.	Multiples Bonds OR Multiple Valence.
		Complex OR Coordinated Compound
NOT	Excluye las citas que contenga el segundo término.	Ligand NOT Medicine

Fuente: autor

Los patrones de búsqueda se eligen siguiendo los criterios respectivos de núcleos temáticos y el conceptual del campo ligando.

NÚCLEO CONCEPTUAL	Ligando
NÚCLEOS TEMÁTICOS	Metal de transición/Metal pesado
	Valencias Múltiples/Enlaces múltiples
	Complejo/Compuesto coordinado

Fuente: Autor.

En esta fase se describe la forma en cómo se procede para la recolección de datos en una aproximación al campo ligando, para su estudio historiográfico ubicándolo en un contexto científico en la comunidad de la disciplina de la química, para ello es importante tener en cuenta las categorías teóricas que permitan visualizar el panorama evolutivo del campo ligando en contraste con el panorama evolutivo de la química como ciencia.

FASE TRES: DISEÑO HEURÍSTICO.

ORGANIGRAMAS PARA EL ESTUDIO DE LOS DOCUMENTOS

Se diseñaron los organigramas para la presentación de resultados.

DELIMITACIÓN CRONOLÓGICA

Se realiza una aproximación del campo ligando a los documentos publicados entre los tres periodos; primero (1770-1790), segundo (1855-1875) y tercero (1904-1924) constituyentes de las tres categorías de análisis, es decir, se ubicará el desarrollo de los conceptos básicos de la teoría del campo ligando para permitir la ubicación historiográfica.

Ficha 1 Organización de los documentos por centros de documentación.

Criterios de búsqueda	Ligand AND Coordination.		Ligand AND transition metal OR heavy metal.		Ligand AND coordinated compound OR complex.		Ligand AND multiples valences OR multiples bonds.,		Ligand AND coordinate bond.	
	registros	Seleccionados	Registros	seleccionados	Registros	Seleccionados	registros	seleccionados	Registros	seleccionados
Centros de documentación										
Journal of the American Chemical Society										
Wiley Online Library										

Royal Society of Chemistry										
ScienceDirect										
Total										

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS:

Las categorías de análisis en las cuales se va a clasificar la información seleccionada desde el enfoque externalista, se retomarán a partir de los planteamientos de (Nelson, 2002) y (Jensen, 1998a) sobre los hitos históricos de la química como revoluciones que concuerdan con el traspaso didáctico de lo macroscópico a lo submicroscópico, entonces, se seleccionan tres categorías generales:

Tabla 6 Categorías teóricas desde el enfoque externalista

CATEGORÍA N° 1: ENFOQUE HISTÓRICO-EXTERNALISTA			
N°	SUBCATEGORÍAS		DESCRIPCIÓN
UNO	NOMBRE	NIVEL MACROSCÓPICO	Época donde se describe la historia de la química desde la

	CAMPO CONCEPTUAL	COMPOSICIÓN MOLAR	composición de algunas sustancias ya encontradas pero poco conocidas, desarrollo de una química neumática y especulativa hasta la aparición de las leyes sobre la conservación masa de Lavoissier, modelos de la química a nivel sustancial donde solo se llega a la descripción física de la materia conocida y las relaciones de combinación de algunas sustancias.
DOS	NOMBRE	NIVEL ATÓMICO Y MOLÉCULAR	Periodo de la historia de la química donde se producen cambios en términos del conocimiento del átomo y su capacidad para formar moléculas, los diferentes trabajos sobre pesos gravimétricos, medición del
	CAMPO CONCEPTUAL	ATOMOS Y MOLÉCULAS	

			comportamiento del estado gaseoso, planteamiento de estructuras moleculares y síntesis orgánica.
TRES	NOMBRE	NIVEL ELECTRÓNICO Y NUCLEAR	En ésta época se evidencia la evolución del eje transversal entre química y física, desarrollado en términos del descubrimiento del electrón, la hipótesis sobre los quantum de energía, el desarrollo de técnicas analíticas, la finalización de la tabla periódica, incluyendo los trabajos sobre electroquímica y radiactividad, así como la conceptualización del enlace químico.
	CAMPO CONCEPTUAL	ELECTRONES Y PROTONES	

Fuente: Autor

Ficha 2 *Matriz analítica de contenido.*

Categoría N° 2: ENFOQUE HISTÓRICO-INTERNALISTA					
DOI	DOCUMENTO	SUBCATEGORÍAS			OBSERVACIONES
		Ligando y metal transición	Ligando y valencias múltiples	Ligando y complejos	

Tomado y modificado de Gómez, Galeano, Jaramillo y Muñoz (2015)

Gracias a los aportes de (Gómez Vargas, Galeano Higueta, Jaramillo Muñoz, & Muñoz, 2015) sobre estados del arte, se puede proceder al análisis respectivo por categorías de análisis según la siguiente matriz que permitirá establecer la relación temporal entre las huellas publicadas en fechas que comprenden esas épocas

Ficha 3 Para recoger la cantidad de documentos por periodo en química.

Categoría N° 3: ENFOQUE BIBLIOMÉTRICO
--

SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS	DOCUMENTOS ENCONTRADOS		PERIODOS DE PUBLICACIÓN
	Registrados	Seleccionados	
NIVEL UNO			(1775-1795)
NIVEL DOS			(1855-1875)
NIVEL TRES			(1904-1924)

Fuente: Autor.

El análisis de contenido se hará entonces, a textos escritos que estén publicados desde 1798; fecha donde se publicó el primer aporte con relación al campo ligando según (Busch, 1956), los cuales permiten dar una información de la utilización de conceptos como significantes de los estudios hechos a propósito de los tres niveles de representación correspondientes a cada categoría.

Se tendrán que realizar dos análisis, uno a partir de las referencias que recorren la cantidad de citas hechas por (Busch, 1956) para reconocer los aportes a la teoría y el año de publicación y el otro a partir de los documentos seleccionados según las fechas y su grado de concordancia con la historia relatada en el marco teórico.

El enfoque científico-documental, desde los instrumentos técnicos para la recolección de datos, el análisis bibliométrico es aquel que se hace sobre toda publicación científica la cual constituye un dato o huella importante de la actividad científica de una época determinada, éstas huellas

normalmente provienen de los aportes que se hacen en libros, folletos y artículos de revistas especializadas.

Tabla 5 Enfoque científico-documental.x

Categoría N° 4: ENFOQUE CIENTÍFICO DOCUMENTAL		
Dimensión metodológica.	Parámetros o indicadores	Descripción
Subcategoría: Científico-documental.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis bibliométrico. 	<p>Huellas bibliográficas o datos como aportes hechos desde los diferentes libros, folletos, papers o artículos de revistas especializadas evaluados desde los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lugares donde se editaron las huellas para ser publicadas. ✓ Idiomas de las instituciones. ✓ Huella original o traducida.
	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis semántico documental. 	<p>Los significados o definiciones conceptuales así como sus significados tienen relación con el conocimiento de la sociedad en la época respectiva y posibles incidencias culturales.</p>

Así, los parámetros en concordancia son los lugares de la edición, los datos sobre años o periodos de publicación, los idiomas de las instituciones así como los trabajos originales o traducidos. Por último, se da paso al análisis semántico- documental, donde los términos científicos engloban un indicador social e histórico de cambio tanto en significantes como en significados como lo diría Barona (1994) que tiene que ver con la evolución de las teorías dominantes en el desarrollo de la química, las cuales pueden propiciar un marco de explicación a este caso concreto el comportamiento de algunos elementos de transición como el cobalto formando sales coloreadas.

Fuente: Autor.

Para realizar el análisis respectivo de los textos seleccionados se retoman los conceptos utilizados para la búsqueda de la información,

Ficha 3 Para el análisis histórico internalista

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO						
DATOS BIBLIOGRÁFICOS	Referencia	AÑO	IDIOMA	PAIS	HEURÍSTICAS COMO ANÁLISIS DE CONTENIDO SEMÁNTICO.	
					POSITIVA	NEGATIVA
AUTOR						

Fuente: Autor.

CAPÍTULO III

ETAPA II: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FASE UNO: RESULTADOS

Tabla 6 Recopilación de documentos

Criterios de búsqueda	Ligand AND Coordination.		Ligand AND transition metal OR heavy metal.		Ligand AND coordinated compound OR complex.		Ligand AND multiples valences OR multiples bonds.,		Ligand And coordinate bond.		
	registros	Seleccionados	Registros	seleccionados	Registros	Seleccionados	Registros	Seleccionados	Registros	seleccionados	
ACS PUBLIC ATIONS	P 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P 3	0	0	0	0	282	7	0	0	0	0

Wiley Online Library	P 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P 2	0	0	68	8	324	1	0	1	5	0
	P 3	0	0	1706	5	5692	5	0	0	141	1
Royal Society of Chemistry	P 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P 2	0	0	41	0	127	0	18	0	0	0
	P 3	0	0	835	0	3028	4	828	1	0	0
Science Direct	P 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3										
TOTAL		0	0	2650	13	9453	17	846	2	146	1

Tomado y modificado de Rodríguez, A (2016)

FASE DOS: HERMENÉUTICA DE LOS RESULTADOS

Se puede decir desde un análisis estadístico inicial que existe relación entre la cantidad de publicaciones o documentos hechos al respecto de las palabras claves escogidas como núcleos temáticos con relación a las tres revoluciones de la química, cabe anotar que la cantidad de resultados arrojada se presenta por la similitud de las palabras claves con otros campos de la química, los documentos que realmente se seleccionaron, no fueron muchos, pero a partir de ello se pueden hacer inferencias importantes.

Los términos como núcleos conceptuales; ligando, coordinación, metal de transición o pesado, enlace coordinado, valencias múltiples o secundarias fueron utilizados como palabras clave para la búsqueda de los documentos. Como se puede evidenciar en la figura la mayor cantidad de documentos se arroja sobre el año 1904 cuando se inicia el proceso de revolución en el periodo en que se conoce el electrón, esto se debe a que tal vez se empezó a ampliar el uso de los términos a medida que la historia iba avanzando, lo que puede indicar un aumento del conocimiento en este campo.

Así mismo el más bajito porcentaje y por mucho está en el periodo de la primera revolución, tal vez por la dificultad de registrar documentos de esa antigüedad por medios electrónicos o el poco uso de todos los términos por parte de la comunidad de la época, la palabra o término que aparece con más frecuencia, es el término *complejo*, y eso concuerda con la monografía estudiada que alude la relación de éste nombre a las moléculas de éste tipo, por las formaciones atómicas complejas que había entre ellas.

Dando continuidad, La mayor cantidad de publicaciones fue encontrada en la base de datos Wiley Library Online, y todos los documentos a excepción de cuatro estaban en alemán, lo que puede indicar en un principio que en tal país existía un interés por la química y la comunidad de especialistas contaba con un sistema de publicación de documentos tipo *papers* que en algunas ocasiones describían procesos químicos y en otras eran esbozos de modelos que intentaban dar explicación de las fórmulas estructurales, generalmente usando la referencia, sobre todo si existía controversia.

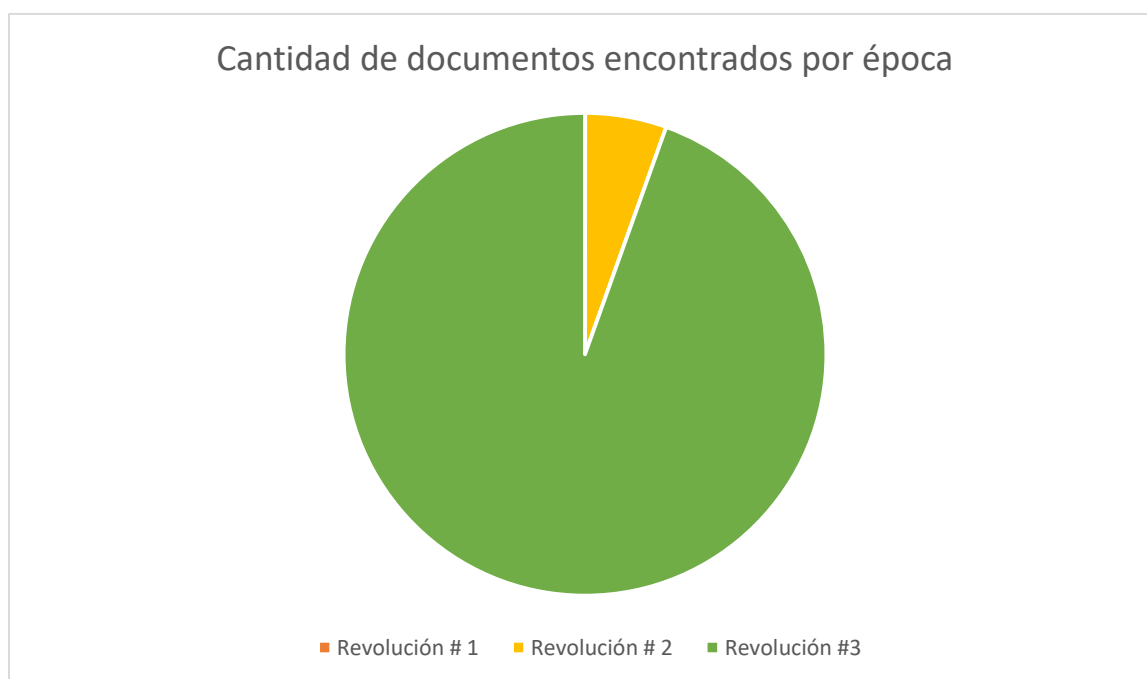


Ilustración 24 porcentaje de la Cantidad de documentos encontrados por periodos

Hablando de la salida del segundo periodo y entrada del tercero La controversia reconocida principalmente entre Werner y Jörgensen, fue una controversia entre más científicos de la comunidad del momento, principalmente por la explicación de moléculas que se formaban a partir de metales pesados y amoníaco, así como con iones cloruros, mientras todo un programa se movía en el hecho de que las moléculas formaban cadenas alrededor del metal, el que salió exitoso permitió la acomodación de las moléculas alrededor del metal como si el metal tuviera múltiples uniones o valencias.

En 1856 fue un año donde se publicaron dos documentos 8 y 9 ver anexo 1, ambos con el mismo título referente a la unión entre los metales de transición con las moléculas de amoníaco, Weltzien y Claus se critican sus posturas fuertemente en los dos documentos, porque tienen maneras muy distintas para generar modelos explicativos acerca de la forma como enlazan los átomos metálicos a las moléculas de amoníaco, mostrando que como ésta pudo haber muchas confrontaciones entre científicos de una línea contraria a otra, como en éste caso.

La palabra valencia como es de esperarse es un término que evidentemente empieza a tener más relación con los últimos documentos analizados o aquellos que pertenecen al periodo tres, dado a que la valencia cobra sentido cuando se empieza teorizar el concepto de electrón, el cual es perfecto para explicar las atracciones electrostáticas entre los átomos, formando enlaces, inclusive en la tabla periódica se desconocía en esas épocas ese comportamiento de los metales de transición de tener múltiples enlaces, porque no habían teorías sobre el electrón y el enlace que lo respaldara, todo cobra sentido después de los años 30's y las teorías adoptan su cinturón protector.

El término coordinado también surge esporádicamente en los documentos del segundo periodo, pero es más abundante en los documentos del periodo tres, dado a que tras las uniones inusuales de algunos metales con amoníaco, se empezó a generar hipótesis sobre éste fenómeno inusual de los metales, algunos de ellos llamaban coordinar a la labor de agrupar varias uniones de las moléculas alrededor del ion metálico positivo, así como el término metal muy ampliamente conocido a esas alturas de la historia, pero no la diferencia entre los metales de las tierras alcalinas con los metales pesados por ejemplo.

Entonces la palabra ligando es la menos mencionada, porque puede que éste término aún no se use

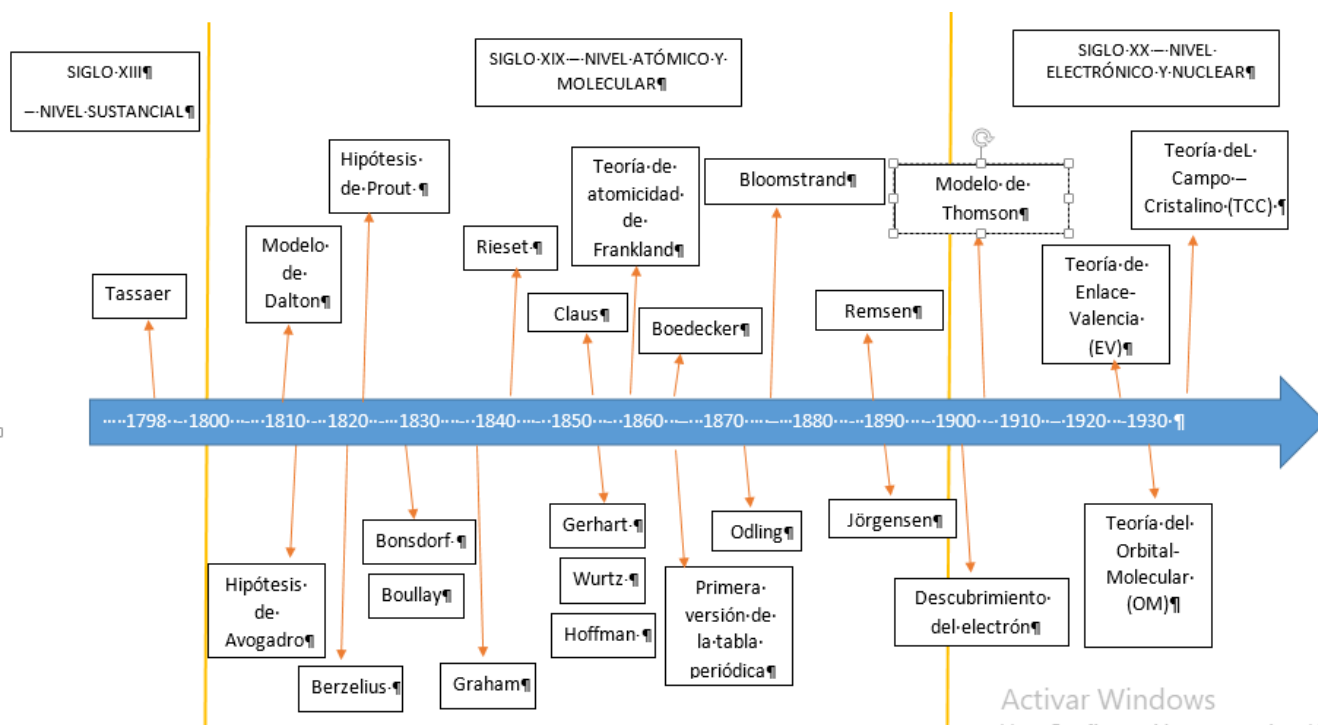


Ilustración 25 Línea del tiempo donde se ubican los principales trabajos.

para explicar porque las moléculas forman enlaces con los metales de transición, y por lo tanto no tiene coincidencias con la búsqueda en ninguno de los tres periodos, es Werner quien definitivamente cambia el rumbo acerca de los conocimientos estructurales de las moléculas sobre los compuestos complejos.

La línea del tiempo presenta los resultados de ubicar todas las fechas de referencias donde se demuestra que el avance protagónico del desarrollo de los núcleos temáticos como conceptos del campo ligando tienen origen en el siglo XIX e inicio del siglo XX, documentos de años posteriores a 1956, que fue el año de la publicación del texto de los compuestos coordinados, demuestran el aumento de estudios químicos o de síntesis cuando se busca en uno de los motores por cualquiera de los términos seleccionados en el presente trabajo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se fijaron relaciones sintácticas como criterios que permitieron el rastreo de la información y posteriormente se realizó una clasificación dentro de las categorías socio-críticas en el avance del campo ligando, para dar paso al análisis de carácter hermenéutico a la información, en la cual se identificaron tendencias de publicaciones como heurísticas tanto positivas como negativas en torno a los periodos propuestos, retomados desde la evolución histórica de la química como disciplina científica.
- Se infirió que el campo ligando tuvo una evolución prolongada que llevó un hilo conductor desde mitades del siglo XIX, en comparación con el nacimiento de la química orgánica, donde se hicieron propuestas importantes como representaciones en términos de las posibles estructuras químicas de las moléculas formadas entre los metales de transición y los ligandos.
- El campo ligando como programa de investigación científica tiene sus cimientos prácticamente en la tercera revolución de la química hacia comienzos del siglo XX, donde se desarrollan contenidos conceptuales propios del atomismo y surgen los estudios sobre la cantidad de valencias complejas que tienen algunos metales en la unión con otras moléculas como el amoníaco (NH_3), pero el programa de investigación fue catapultado en su desarrollo gracias a los conocimientos que surgieron a cerca de los electrones y su comportamiento en los átomos a mitades del tercer periodo (1904-1924).

- Gran parte de la documentación encontrada estaba escrita en alemán, lo que sugiere que Alemania tuvo gran participación y estatus en términos de publicaciones especializadas en la química como disciplina y en el desarrollo de la teoría de enlace covalente coordinado para la explicación de la formación de campos ligandos

BIBLIOGRAFÍA

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada, 1–34, centra.
- Adúriz, A. (2013). Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias. *educación química*, 9– 12.
- Adúriz, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *revista electronica de investigacion en educación en ciencias*, 40–49.
- Adúriz, A. Izquierdo, M. y Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *enseñanza de las ciencias revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 465–476.
- Alonso, M. (2010). Bases epistemológicas y operativas de la didáctica del resumen documental : un enfoque basado en la competencia resumidora, *Perspectivas em Ciência da Informação* 15(3),2–22.
- Amador, R. Gallego, R. y Pérez, R (2008) Desde qué versiones epistemológicas construyen modelos mentales los profesores en formación inicial: una investigación didáctica. *Revista TED*, (24), 8-22.
- Bailar, J. C. y Busch, H. D. (1956). *The chemistry of the coordination compounds*. New York, EE.UU. Chapman and Hall Ltda.
- Cabrera (2015) Los modos de representación de los modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*,
- Galagovsky, I. y Adúriz, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*. 21(1) 107-

121.

- Gómez, M. Galeano, C. Jaramillo, D y Muñoz, D. (2015). el estado del arte: una metodología de investigación. *revista colombiana de ciencias sociales*, 6(2), 423.
- Izquierdo, M y Sánchez, C. (2011). los estudios de resumen documental en las ciencias de la documentación: un recorrido histórico desde sus orígenes hasta las teorías actuales. *revista de lingüística y lenguas aplicadas*. 6, 209–227.
- Jensen, W. (1998a). Logic, history, and the chemistry textbook: ii. Can we unmuddle the chemistry textbook? *journal of chemical education*, 75(7), 817.
- Jensen, W. (1998b). Report : new england association of chemistry teachers logic, history , and the chemistry textbook iii .One chemical revolution or three ? *Journal of chemical education*, 75(8), 961–969.
- Johnstone, A (2009). Multiple representations in chemical education. *International journal of science education*.
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83.
- Justi, R. (2006). la enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173–184.
- Lakatos, I (1978). historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales, Madrid, España. Alianza editorial.
- Martinez (2002). Hermenéutica y análisis del discurso como método de investigación social. *Paradigma*, 21 (1),1–13.
- Molina, M. (1989). introducción al análisis documental y sus niveles: el análisis de contenido. *anabad*.

- Nelson, P. (2002). Teaching chemistry progressively: from substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *chemistry education research and practice*, 3(2), 215.
- Noguero, F. (2002). el análisis de contenido como método de investigación. *Revista de educación*, 4(2002), 167–179.
- Pinto, M (1989) Introducción al análisis documental y sus niveles: el análisis de contenido. *Revista Anabad* 39(2), 323-341.
- Pozo, J. y Gómez, M (1998). aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. *aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*.
- Sanabria, Q. Pérez, R. & Gallego, R (2009). modelos científicos y algunas implicaciones en la formación inicial de profesores de química. *tecné, episteme y didaxis*, (25), 85–98.
- Vilanova, J. (2012). revisión bibliográfica del tema de estudio de un proyecto de investigación. *radiologia*, 54(2), 108–114.
- Winston, J y Chacón, B. (2013). Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas *, 27, 83–105.

ANEXOS

Anexo 1 Resultados de la recopilación de documentos

Categoría N° 1: ENFOQUE HISTÓRICO-EXTERNALISTA			
SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS	DOCUMENTOS ENCONTRADOS		PERIODOS DE PUBLICACIÓN
	Registrados	Seleccionados	
NIVEL UNO	1	0	(1775-1795)
NIVEL DOS	451	11	(1855-1875)
NIVEL TRES	7821	282	(1904-1924)

Anexo 2 Resultados para el análisis histórico internalista

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CIENTÍFICOS				
¿Cómo? ¿Quién?	Referencia de donde se retoman los postulados.	Año	Heurísticas como análisis semántico-documental	
			Positiva	Negativa
Tassaert	<ul style="list-style-type: none"> Ann. Chemie Physique 	1798	Descubre que los cloruros de	

			cobalto se pueden combinar con amonio.	
Berzelius	<ul style="list-style-type: none"> • Essai sur la theorie des proportions chimie et sus l'influence chimique de l'electriciti. 	1819	El metal conjugado a amoniaco tenía la capacidad para combinarse con otras sustancias.	
Graham	<ul style="list-style-type: none"> • Lekbuch der chemic 	1837	Hace la primera inferencia de la estructura de los cloruros de cobre diamoniacaes proponiendo una estructura, donde los átomos de hidrógeno de cada uno de los grupos de amoniaco han sido desplazados por el átomo de cobre	
Gerhardt	<ul style="list-style-type: none"> • Jakreber fortshr pharm tech chem physik 	1850		Propusieron el modelo dónde los átomos no eran desplazados sino reemplazados no solo por metales sino también por otros grupos amoniacaes
Rieset	<ul style="list-style-type: none"> • Ann. Chim. Phys. 	1844		
Wurtz	<ul style="list-style-type: none"> • Ann. Chim. Phys. • "La Theorie Atomique," 	1850	850Pionero en desarrollar la teoría de los hidratos proponiendo estructuras en forma de anillo con moléculas de agua.	

Hoffman	<ul style="list-style-type: none"> • Ann. Chim. Phys. 	1851		Realiza la representación del compuesto cloruro de cobalto (III) con seis moléculas de amoniaco
Jørgensen	<ul style="list-style-type: none"> • Prakt. Chem. 	1856	Niega la estructura propuesta por Hoffman, dado a la dificultad para explicar la alteración completa de la función del cloro en el compuesto en el momento que le era removida la molécula de amoniaco.	
Clauss	<ul style="list-style-type: none"> • Beitrage zur chemie platin metalle 	1854	El amoniaco pierde la basicidad cuando es combinado con los óxidos de los metales pesados.	
Blomstrand	<ul style="list-style-type: none"> • "Chemie der Jetztzeit," Heidelberg 	1871	Propone la idea de dos tipos de uniones de las moléculas con el átomo central, las cercanas y las lejanas.	<p>La estabilidad del compuesto coordinado nada tiene que ver con la longitud de las cadenas que lo forman.</p> <p>Propone enlaces dobles entre los cloruros; para las</p>

				siguientes bases 3KCl . FeCl ₃ y 2KCl . PtCl ₄
Jørgensen	• Prakt. Chcm.	1878		Propone las primeras estructuras de simetría de las sales de cobalto con hasta 10 y 12 moléculas de amoniacó.
		1879		
		1882		
		1883		
		1879	Concluye que uno de los cloruros en éste tipo de sales está combinado directamente con el metal, mientras que los otros grupos con característica negativa podían unirse con el amoniacó.	
		1885		
		1894		
			Demuestra que las sales roseo, que se pensaba que eran isómeros de las sales purpúreo, contenían dos moléculas de agua, las cuales se perdían con solo elevar la temperatura, dejando el residuo de una sal purpúreo.	

			Pudo responder a la hipótesis propuesta por Blomstrand sobre las tres diferentes valencias del cobalto, demostrado a partir de la representación de las sales luteo de cloruro.	
Bonsdorff	<ul style="list-style-type: none"> • Ann. Chim. Phys. 	1827	Comparan los óxidos de algunos cloruros, de los cuales algunos eran ácidos y otros básicos, lo que supone la formación de sales dobles productos de una reacción de neutralización	
Boullay	<ul style="list-style-type: none"> • Ann. Chim. Phys. 	1827		
Werner	<ul style="list-style-type: none"> • Beitrage sue Theorie der Affinital und Valenz. • Neuere Anschauungen. • Z. anorg. Chem. 	1891 1923 1894 1920	Retoma la idea de las uniones cercanas y lejanas y propone las esferas de coordinación así como su relación con las valencias primarias y secundarias. Dijo que la fuerza de atracción no dependía de un átomo en particular sino del	

			<p>ion complejo como un todo</p> <p>Supuso que el número de coordinación de un átomo depende del número de grupos con los que puede enlazar.</p>	
--	--	--	--	--

Anexo 3 Resultados para el análisis histórico externalista

Categoría N° 2: ENFOQUE HISTÓRICO-INTERNALISTA							
#	DOI:	DOCUMENTO		SUBCATEGORÍAS			OBSERVACIONES
	AUTOR:	IDIOMA ORIGINAL	TRADUCCIÓN	Ligando y metal transición /moles	Ligando y valencias múltiples/ electrones	Ligando y complejos /moléculas	
1	DOI: 10.1002/cber.18710040118	Ueber die Metallammoniak oder die	Sobre el amoníaco de metal o el Amino de metal	Hace un análisis comparativo entre las sales de cianuro y amoníaco con metales de transición tales como cobalto, platino, níquel y rodio, se sabe hasta	No es usado el término de valencias en este documento	Ya existe un uso del término complejo, y se les denomina positivos y negativos aunqu	Hace una referencia Odling criticando las conclusiones a las que llegó con el análisis del compuesto entre amoníaco y platino.
	AUTOR: Bloomstrand	Hetallamine.					
	AÑO: 1871						
	AUTOR: Jörgenesen						

	AÑO: 1870			el momento que estas sustancias eran bases.		e los nombres siempre corresponden al metal de transición y la molécula.	Hace referencia de autores de la orgánica como Kekulé y Berzelius.
5	DOI: doi.org/10.1002/jlac.18661400106	Eine neue Reihe organischer Diamine ;	Una serie de diaminas orgánicas.	Habla de algunos metales de transición como el platino.	Uniones múltiples entre platino y cloro.	No hay información relevante para acopiar al respecto.	Hace analogías con la síntesis de diaminas para el entendimiento de los complejos entre el cloro y algunos metales.
	AUTOR: Schiff						
	AÑO: 1866						
	AUTOR: Wanklynd						
	AÑO: 1866						
8	DOI: doi.org/10.1002/jlac.18560970105	Ueber die Ammoniummoleküle der Metalle	Acerca de las moléculas de amonio	El término metal se refiere a los metales mas usados en	Demuestra las uniones múltiples que se generaba a	No hay mención de los términos	Crítica fuertemente propuesta de Claus sobre las
	AUTOR: Weltzien						

	AÑO: 1856		de los metales	la formación de bases amoniacales como el Platino.	partir de las sales metálicas con amoniaco	os pero se evidencia como se forma n uniones entre las bases de los metales y las moléculas de amonio y cloro que querían ser representadas.	estructuras presentadas sobre los metales de platino en combinación con el amonio.
9	DOI: 10.1002/jlac.1856 0980308	Ueber die Ammoniummoleküle der Metalle	Acerca de las moléculas de amonio de los metales	El platino es el metal ejemplo de su unión en forma básica con cloruros y amonios.	Demuestra las uniones múltiples por medio de corchetes, poniendo un átomo encima del otro como formando	No hace uso del término complejo pero se sobrentiende por la forma	Al parecer la controversia no solo era entre jörgensen y Werner, Weltzien y Claus tenían puntos de vista diferentes sobre las estructuras
	AUTOR: Claus.						
	AÑO: 1856						

					cadena lineales.	ción “comp leja” de átomo s.	de las bases de los metales en la formación de complejos amoniaca les. Se evidencia que ambos documentos tienen el mismo título.
1 9	DOI: 10.1039/CT92 32300617	<i>Inorganic Complex Salts. Part II. Erdrmann's Salt and its Derivatives.</i>	Sales complej as inorgáni cas. Parte II. La sal de Erdman n y sus derivad os.	No hay infor maci ón relev ante para acopi ar al respe cto.	No hay informaci ón relevante para acopiar al respecto.	.Se mencionan los términos de complejo y coordinación de manera normal, el único concepto que falta por desarrollarse dentro de la teoría es el ligando.	El docume nto tiene por objetiv o demostr ar como es la síntesis de las distinta s sales propues tas por Erdman n en épocas anterior es
	AUTOR: WILLIAM THOMAS.						
	AÑO: 1923						
	AUTOR: Wark						
	AÑO: 1923						
	DOI: 10.1002/cber.		Acerca de las				Este docume

2 1	19070400413 9	Über 1.2- Dichloro- tetrammin- kobaltisalze.(A mmoniak- violeosalze)	sales de cobalto 1,2- dicloro- tetramín ico (sales de amoníac o- violeo)				nto es de gran importa ncia igual que el docume nto número
	AUTOR: Werner						
	AÑO: 1						
	AUTOR: Werner						
	AÑO: 1907'						