

**SIMETRÍA, TEORÍA DE GRUPOS Y COMPLEJOS INORGÁNICOS:
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PARA CARACTERIZAR LOS
NIVELES DE DESEMPEÑO EN TÉRMINOS DE COMPETENCIAS**

JAVIER ANDRES ESTEBAN MUÑOZ

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018**

**SIMETRÍA, TEORÍA DE GRUPOS Y COMPLEJOS INORGÁNICOS:
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PARA CARACTERIZAR LOS
NIVELES DE DESEMPEÑO EN TÉRMINOS DE COMPETENCIAS**

JAVIER ANDRÉS ESTEBAN MUÑOZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Licenciado en Química**

Director

Diego Alexander Blanco Martínez

Codirectora

Blanca Florinda Rodríguez Hernández

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018**

Nota de Aceptación

Dora Luz Gómez Aguilar
Evaluador (a)

Sandra Sandoval Osorio
Evaluador (a)

Diego Alexander Blanco Martínez
Director

Blanca Florinda Rodríguez Hernández
Codirectora

Bogotá. Diciembre, 2018

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo de grado a Dios uno de los motores de mi vida, que me guió y me dio las fuerzas necesarias para continuar con este maravilloso proceso de formación: “las palabras que tengo de gratitud hacia ti, son lo mejor que he podido vivir, amo todo lo que has hecho por mí y espero que jamás me abandones, gracias por permitirme crecer”.

En segundo lugar, dedico este trabajo a mi familia: “sin ustedes, estoy seguro que no hubiera tenido la fuerza necesaria para alcanzar este logro, los amo”. Gracias a mi madre Marlén Muñoz y mi padre Javier Esteban que me han brindado su apoyo incondicional en este largo proceso, por su amor y cariño y sobre todo sus consejos; a mi hermano Alexander Esteban y mi hermana Sandra Esteban, los mejores compañeros, amigos que Dios coloco en mi vida para recorrer este sendero lleno de obstáculos, momentos felices y tristes.

Por último, a los compañeros, profesores y amigos que estuvieron presentes en aquellos momentos de felicidad y tristeza, que me brindaron su apoyo incondicional y buenos consejos.

AGRADECIMIENTOS

Durante este proceso de formación aprendí que a pesar de los obstáculos, de los momentos de frustración, de tristeza y de alegría, están presentes aquellas personas que pueden ofrecer un consejo, ser una guía y que así como dice el proverbio “*en todo tiempo ama al amigo, ya que llega a ser más que un hermano en tiempos de angustia*”, quiero hacer un especial agradecimiento a:


En primer lugar al profesor Diego Alexander Blanco, quien me dio su apoyo y buenos consejos para la elaboración de este trabajo de grado: “profe, le agradezco por su apoyo y dirección en el trabajo de grado, por sus enseñanzas, por hacerme reír bastante, por su amistad y confianza y sobre todo por su paciencia, Dios lo bendiga inmensamente y espero que siga siendo el excelente profesor que conocí en el transcurso de la carrera”.

En segundo lugar, a la profesora Blanca Rodríguez quien me ayudo bastante con sus comentarios y con la implementación del presente trabajo: “profe, le doy gracias a Dios por que estuvo en mi camino, gracias por su inmensa ayuda se realizó este trabajo, Dios la bendiga inmensamente y espero siga en su excelente gestión como profesora”.

En tercer lugar, a la profesora Dora Luz Gómez Aguilar, que además de ser la evaluadora de este trabajo de grado y profesora del Departamento de Química, se convirtió en una de mis mejores amigas durante la carrera: “profe, le doy gracias a Dios por conocerla y ponerla en mi camino, por permitirme conocerla y sobre todo por que conocí a una gran persona que además de ser muy inteligente y dedicada a su trabajo y a su familia, se convirtió en una gran amiga y en un gran apoyo en la carrera; gracias por sus consejos y por sus enseñanzas, por esos chistes químicos con los que salía y me hacía reír; Dios la bendiga inmensamente”.

De igual forma, agradezco a mis compañeros tanto de Química, como de otras licenciaturas que estuvieron presentes durante la realización de la carrera, les deseo muchas bendiciones y espero cumplan todos sus sueños y metas en compañía de sus amigos, seres queridos de la mano de Dios.

Por último, agradezco a la profesora Yolanda Ladino, directora del Departamento de Química, a las secretarías del departamento, a las aseadoras y a los señores del laboratorio por su apoyo, consejos y ayuda en la elaboración e implementación del presente trabajo de grado: “Dios los bendiga, les agradezco inmensamente por su apoyo, comprensión y consejos durante la carrera”.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Excelencia en la Educación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 153	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Simetría, Teoría de Grupos y complejos inorgánicos: Propuesta de Intervención Didáctica para caracterizar los niveles de desempeño en términos de competencias
Autor(es)	Esteban Muñoz, Javier Andrés
Director	Blanco Martínez, Diego Alexander
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 78 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	SIMETRÍA MOLECULAR Y TEORÍA DE GRUPOS; COMPUESTOS DE COORDINACIÓN INORGÁNICOS; PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA; NIVELES DE DESEMPEÑO; COMPETENCIAS; MODELO DE APRENDIZAJE BASADO EN LA INVESTIGACIÓN.

2. Descripción
<p>El trabajo de grado realizado por el autor tuvo como objetivo identificar y caracterizar los niveles de desempeño, en términos de las competencias definidas en el Programa de Licenciatura en Química (PLQ) de la Universidad Pedagógica Nacional, desde la estructuración e implementación de una Propuesta de Intervención Didáctica (PID), la cual articuló el componente conceptual de los Compuestos de Coordinación inorgánicos, con los principios de la Simetría Molecular (SM) y la Teoría de Grupos (TG) aplicada a la síntesis y caracterización física y química de los mismos orientada por el modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI). Es por ello, que las competencias tipificadas en básicas, procedimentales e investigativas se evaluaron en términos de indicadores de desempeño.</p>

3. Fuentes
<p>Alfonso, E. (2012). Aproximación a la Química de los Compuestos de Coordinación y su enseñanza en la Educación media. (Tesis de maestría en la Enseñanza de las Ciencias Naturales). Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.</p> <p>Álvarez, W., & Leitão, H. (2010). The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth. <i>Journal of Geological Society of America</i>, 38(3), 231-234.</p>

- Amethyst Galleries Inc. (2014). Mineral Gallery. Recuperado de: <http://www.galleries.com/>
- Arnulfo, I. (2000). Simetría en Química. Recuperado de: http://168.176.60.11/cursos/ciencias/2000189_2/
- Balderas, I. (2016). Investigación cualitativa, características y recursos. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Barraza, A. (2010). *Elaboración de Propuestas de Intervención Educativa*. (Universidad Pedagógica de Durango, Ed.). México.
- Baruah, J., Gogoi, P. y Mohan, A. (2003). Some experiments for M.Sc in Inorganic Chemistry. Recuperado de <http://www.iitg.ac.in/juba/CH425.pdf>
- Basolo, F., & Johnson, R. (1967). *Química de los compuestos de coordinación: La Química de los complejos metálicos*. (Reverté S.A, Ed.). España.
- Barthelmy, D. (2014). Mineralogy database. Recuperado de <http://webmineral.com/>
- Bonnefoy, J. C. (2006). Indicadores de Desempeño en el Sector público. Recuperado de [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores de Desempeño.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores%20de%20Desempe%C3%B1o.pdf)
- Borgogno, G. (2010). *Compendio de Propiedades Tabla de Entalpía de Formación, Energía Libre de Gibbs y Entropía de Formación de Compuestos Inorgánicos*. Argentina.
- Brock, W. (1998). *Historia de la Química*. (Alianza, Ed.). Madrid.
- Carriazo, J., Pérez, D., & Ensuncho, A. (2005). Síntesis y caracterización de compuestos de coordinación: Una experiencia de aprendizaje por investigación en Química Inorgánica. *Revista TED*, 18.
- Chegg (2017). Spectrum $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$. Recuperado de <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/analyze-following-ir-spectrum-co-nh3-5-ono-cl2-need-write-discussion-point-details-may-abl-q24664612>
- College of Science Sultan Qaboos University (2011). Synthesis, characteristics and analysis of Co(III) complexes of the type $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{X}]^n+$. Report Department Chemistry.
- Condren, M. (1994). Group Theory calculations of Molecular Vibrations using Spreadsheets. *Journal of Chemical Education*, 71(6).
- Contreras, R. (2007). *El origen del color en la naturaleza: una introducción a la química del color*. (Universidad de los Andes, Ed.) (1.a ed.). Mérida.
- Craig, N., & Lacuesta, N. (2004). Applications of Group Theory: Infrared and Raman spectra of the Isomers of 1,2-Dichloroethylene. A Physical Chemistry Experiment. *Journal of Chemical Education*, 81(8).
- Daza, Y. (2017). *Desarrollo de habilidades investigativas desde el modelo de aprendizaje por investigación: un estudio en el contexto de la enseñanza de la Química en la Educación media*. (Tesis de maestría en Docencia de la Química). Universidad Pedagógica Nacional Sede Bogotá.

Díaz, M. (2017). Los niveles de desempeño en un proceso de evaluación. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/santiago/press-room/newsletters/newsletter-laboratory-for-assessment-of-the-quality-of-education-ilece/n16/06/>

Díaz, R. (2017). Presentación de líneas de trabajo: Universidad de Sevilla. *Revista de investigación y experiencias didácticas de las Ciencias*, 232-233.

Douglas, B., & Mc Daniel, D. (1970). Conceptos y modelos de Química Inorgánica. (Reverté, Ed.). Barcelona.

Flint, E. (2011). Teaching Point Group Symmetry with Three Dimensional Models. *Journal of Chemical Education*, 88(7), 907-909.

Frost, R., Theiss, F., López, A., & Scholz, R. (2014). Vibrational spectroscopic study of the sulphate mineral glaucocerinite (Zn,Cu)₁₀Al₆(SO₄)₃(OH)₃218H₂O – A natural layered double hydroxide. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127, 349–354.

García, G. (2009). Desarrollo de competencias científicas a través de proyectos de investigación escolar orientados por el modelo de enseñanza por investigación. (Tesis de maestría en docencia de la Química). Universidad Pedagógica Nacional, Sede Bogotá.

García, G., & Ladino, Y. (2008). Desarrollo de competencias científicas a través de una estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación. *Research Gate Studiositas*, 3(3), 7-16.

Ghanem, E., Long, R., Rodenbusch, S., Shear, R., Beckham, J., Procko, K., & Simmons, S. (2018). Teaching through Research: Alignment of Core Chemistry Competencies and Skills within a Multidisciplinary Research Framework. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 248-258.

Gonzalez, M. H. (2017). Projects in Applied Chemistry: contribution of Universidad Pedagógica Experimental Libertador -Instituto Pedagógico de Caracas to the Chemistry teacher research formation. *Revista de Investigación*, 41(90), 15-40.

Griem, W. (2016). Historia de las Geociencias y paleontología: autores de las ciencias de la tierra. Recuperado de <https://www.geovirtual2.cl/geoliteratur/Geologia-autores-historia-01.htm>

Hallam. (1968). Infrared and Raman spectra of inorganic compounds. *Royal Institute of Chemistry*, 1(1), 39-61.

Hattaway, B. (1979). From Molecular Point Group Symmetry to Space Group Symmetry: An undergraduate experiment in model building. *Journal of Chemical Education*, 56(3).

Huheey, J. E., Keiter, E. A., & Keiter, R. L. (1993). Química inorgánica: Principios de estructura y reactividad. (HarperCollins, Ed.) (4.a ed.). New York.

Hurlburt, D. (1960). Manual de Mineralogía. (Reverté S.A, Ed.) (2.a ed.). Barcelona.

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2010). Qué es Aprendizaje Basado en Investigación. Recuperado de http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abi/qes.htm

Jacobs University. (2013). Characteristics and Character tables for chemically important point groups. Recuperado de <http://symmetry.jacobs-university.de/>

Jacewicz, D., Wyrzykowski, D., Źamojć, K., Czerwińska, D., Czaja, P., & Chmurzyński, L. (2012). Thermal properties of potassium bis(oxalato)diaquochromates(III) in solid state. Trans–cis isomerization of the $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{OH}_2)_2]^-$ complex ion in aqueous solutions. *Structural Chemistry*, 23(2), 333–340

JoVE Science Education Database Cambridge. (2018). Inorganic Chemistry. Application of Group Theory to IR Spectroscopy. Recuperado de <https://www.jove.com/science-education/10442/application-of-group-theory-to-ir-spectroscopy>

Krisnadwi (2013). Memahami sifat kompleks $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2]$. Recuperado de <https://bisakimia.com/2013/07/23/memahami-sifat-kompleks-kcrc2o42h2o2/>

Lacreu, H. (1997). Aporte de las Geociencias a la formación ciudadana. *Revista Alternativas*, (7), 63-89.

Ladino, Y. (2004). Una propuesta de evaluación de competencias en Química general. (Tesis doctoral en Educación). Universidad Pedagógica Nacional Sede Bogotá.

LambdaSyn (2005). Synthese von Kaliumtrioxalatochromat(III)-Trihydrat [15275-09-9]. Recuperado de <http://www.lambdasyn.org/synfiles/kaliumtrioxalatochromat.htm>

Laurin, M. (2013). QVibepplot: A program to visualize molecular vibrations in two dimensions. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 944-946.

Lawrence, T. (2010). Dynamic Paper Constructions for Easier Visualization of Molecular Symmetry. *Journal of Chemical Education*, 87(8).

Luxford, C., Crowder, M., & Bretz, S. (2012). A Symmetry POGIL Activity for Inorganic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(2), 211-214.

Madhya Pradesh Bhoj(Open) University. (2015). Symmetry and Group Theory in Chemistry. Recuperado de <http://www.bhojvirtualuniversity.com/slm/mscche1p4.pdf>

McKay, S. E., & Boone, S. R. (2001). An Early Emphasis on Symmetry and a Three-Dimensional Perspective in the Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 78(11).

Medina Valtierra, J., & Frausto Reyes, C. (2005). La Simetría Molecular. *Revista de Conciencia Tecnológica*, 27-30.

Ministerio de Educación Superior (MEN). (2018). Definición de indicador de logro. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-80304.html>

Ministerio de Educación Superior (MEN). (2006). Directorio de Universidades: Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-93261.html>

Moeller, T. (1994). Química Inorgánica. (Reverté, Ed.). España.

Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

Nakamoto, K. (2009). Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds: Part B: Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry. John Wiley & Sons, INC., publication. Canada (6thEd)

Nelson, J. H., & Kemp, K. C. (2004). Laboratory Experiments for Chemistry The Central Science. Laboratorio de Química de Coordinación, (186). Recuperado de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jpn/file/Quimica_de_Coordinacion/1_Sintesis_de_Complejos_de_Oxalato.pdf

Niece, B. (2012). A Spreadsheet To Facilitate Group Theory Calculations and Display of Character Tables. *Journal of Chemical Education*, 89(12), 1604-1605.

O'Brien, B. (2018). Spectrum $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$. Recuperado de http://homepages.gac.edu/~bobrien/Inorganic_Lab/Inorganic_Lab.html

Palad, C. (2014) Synthesis spectroscopic electronic and magnetic properties of some 3D metal complexes. Recuperado de https://www.academia.edu/9554388/Synthesis_Spectroscopic_Electronic_and_Magnetic_Properties_of_Some_3D_Metal_Complexes

Parra, E., & Roman, C. (2005). Formación por competencias: una decisión para tomar dentro de posturas encontradas. *Revista Virtual de la Fundación Universitaria Católica del Norte*, (16).

Pérez, M., & Roger, W. (2015). Una forma diferente de enseñar la Química Inorgánica. *Revista Cubana de Química*, 27(2), 198-203.

Ping, G. L. Y., Lok, C., Tan Wei Yeat, T., & Tan, an Jie Ying Cherynn Emelyn, S. Q. (2018). Are chemistry educational apps useful? – a quantitative study with three in-house apps. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19, 15-23.

Quattrocchio, M., & Moro, M. A. (2004). La enseñanza de la Geociencias desde el «pensamiento complejo» de Edgar Morín. 3ras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria, 1-5.

Roservasser, E. (2009). Simetría: izquierda y derecha, antes y después, chico y grande en el mundo. (Siglo Veintiuno, Ed.) (1.a ed.). Buenos aires.

Salcedo Torres, L. E. Villarreal Hernández, M. E. Zapata Castañeda, P. N. Rivera Rodríguez, J. C. Colmenares Gulumá, E. Moreno Romero, S. P. (2005). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la Química en la enseñanza de la Química en Educación Superior. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, ((Número Extra VII Congreso)).

Southam, D. C., & Lewis, J. E. (2013). Supporting Alternative Strategies for Learning Chemical Applications of Group Theory. *Journal of Chemical Education*, 90(11), 1425-1432.

Srinivasan, S., Reisner, B., Smith, S., Stewart, J., Johnson, A., Lin, S., & Raker, J. (2018). Historical Analysis of the Inorganic Chemistry Curriculum Using ACS Examinations as Artifacts. *Journal of Chemical Education*, 95(5), 726-733.

Tarback, E., Lutgens, F., & Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra. (Pearson Educación, Ed.). Madrid.

Tobón, S., Pimienta, J., & García, J. (2010). Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. (Pearson, Ed.). México.

Torres, Á., Mora, E., Garzón, F., & Ceballos, N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas: Un enfoque a través de la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 14(1), 187-215.

Torres, G. (2011). ¿Qué es un Proyecto de intervención? Trabajo de investigación documental de la Maestría en Educación.

Universidad de Oxford. (2006). Molecular symmetry, Group Theory and applications. Recuperado de <http://vallance.chem.ox.ac.uk/pdfs/SymmetryLectureNotes2006.pdf>

Universidad Pedagógica Nacional (UPN). (2018). Plan Curricular de la Licenciatura en Química UPN (Actualizado). Recuperado 2 de abril de 2018, de <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=376&idn=10777>

Universidad Politécnica de Madrid (2012). Guía interactiva de minerales y rocas. Recuperado de <http://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/Edafologia/aplicaciones/GIMR/index.php>

Vidal, L. (1996). MolySim: A program on molecular symmetry and Group Theory. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 321-322.

Vitz, E. (2002). Spreadsheet Methods for Point Group Theoretical Calculations. *Journal of Chemical Education*, 79(7).

Wang, L. (2012). Using Molecular Modeling in Teaching Group Theory Analysis of the Infrared Spectra of Organometallic Compounds. *Journal of Chemical Education*, 89(3), 360-365.

Williams, G. M., Olmsted, J., & Breksa, A. P. (1989). Coordination Complexes of Cobalt: Inorganic Synthesis in the General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 66(12).

4. Contenidos

El documento presenta once títulos donde los cuatro primeros hacen referencia a la introducción, los antecedentes indagados y seleccionados en términos de los aportes que brindaron en aspectos teóricos y metodológicos a la estructuración tanto del trabajo de grado, como de la Propuesta de Intervención Didáctica (PID), seguido de la formulación y delimitación del problema de investigación y la justificación.

Posteriormente se presentan los objetivos que guiarán el trabajo de grado, estructurando un objetivo general y 3 específicos. Luego, se presenta el apartado del marco teórico, donde se especifican los aspectos conceptuales con relación a las definiciones que tienen diferentes autores entorno a las Propuestas de Intervención Didáctica, competencias básicas, procedimentales e investigativas, indicadores y niveles de desempeño y el modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI); con relación a los principios de la simetría y la Teoría de Grupos, se indagó los conceptos sobre los elementos y operaciones de simetría, tabla de caracteres y aplicaciones entorno a los complejos inorgánicos.

En contraste, en el apartado de metodología se describe el tipo de investigación adoptada por el trabajo de grado, así como el grupo objetivo seleccionado y el marco metodológico en el cual se especifica el número de etapas estructuradas para la investigación y su elucidación de las mismas. De igual forma se presentan los resultados obtenidos tras la implementación de la PID estructurada en el grupo objetivo y sus respectivos análisis.

Finalmente, se presentan las conclusiones, algunas recomendaciones y sugerencias dadas por el autor para futuras investigaciones en las que se vincule los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos, las propiedades físicas y termodinámicas entorno a los complejos inorgánicos, involucrando los procesos de síntesis y caracterización física y química de los mismos.

5. Metodología

El tipo de investigación adoptada por el trabajo de grado fue de corte mixto, en el cual se relacionan los aspectos cualitativos y cuantitativos. Posteriormente, se seleccionó el grupo objetivo, el cual correspondió a 18 estudiantes que cursaron el espacio académico de Geociencias en el semestre de 2018-2, el cual hace parte del Programa de Licenciatura en Química (PLQ) de la Universidad Pedagógica Nacional.

Por lo tanto, el marco metodológico se estructuró en términos de tres etapas denominadas inicial, de desarrollo y final; con relación a la primera se realizó la búsqueda de antecedentes a nivel local, nacional e internacional, realizando una revisión bibliométrica a partir de artículos de revistas, trabajos de grados, tesis de maestría o doctorales, así como repositorios instituciones de universidades, teniendo en cuenta, las palabras clave significativas para el trabajo de grado y el año de búsqueda; de igual forma, se seleccionaron las competencias básicas, procedimentales e investigativas a evaluar en términos de indicadores de desempeño, así como el diseño de los instrumentos y posterior revisión y validación por juicio de expertos, llegando así a estructurar los tres niveles de desempeño a caracterizar y las actividades de la PID a ser implementadas en el grupo objetivo.

Con relación a la segunda etapa, se realizó el diseño experimental en términos de la selección de siete complejos inorgánicos y posterior búsqueda y reformulación respectiva del proceso de síntesis para ser realizado por el investigador; de igual forma, se especifica el número de intervenciones estructuradas e implementadas en el grupo objetivo, así como las actividades y materiales a ser utilizados en las mismas.

Finalmente, en la tercera etapa se realizó el reporte de los resultados obtenidos y su correspondiente análisis de acuerdo a las intervenciones realizadas en el grupo objetivo, especificando por último las conclusiones a las que llegó el investigador tras la implementación de la intervenciones realizadas, presentando algunas recomendaciones y sugerencias para futuras investigaciones en torno a los aspectos en los que se centró la investigación.

6. Conclusiones

Con relación a las intervenciones y actividades realizadas durante la implementación de la Propuesta de Intervención Didáctica (PID), la información recolectada de acuerdo a los instrumentos aplicados, se caracterizaron los niveles de desempeño, en términos de las competencias básicas, procedimentales e investigativas, las cuales se evaluaron desde indicadores de desempeño en el grupo objetivo. Se observó inicialmente que los estudiantes estaban situados en los niveles de desempeño I, II y III, pero que tras la aplicación de las tres primeras intervenciones de la PID guiada por el modelo ABI fortalecieron las competencias evaluadas hasta llegar a un nivel de desempeño III, llegando a deducir que las competencias que más se fortalecieron correspondieron a las básicas y procedimentales, donde se vio una progresión con respecto al estudio de la Simetría Molecular (SM) y la Teoría de Grupos (TG) aplicada a los Compuestos de Coordinación inorgánicos (CC), así como su relación con las propiedades físicas y termodinámicas.

Por otro lado, en términos de la PID estructurada esta aportó en aspectos conceptuales y didácticos en la enseñanza del estudio de la SM y la TG con los CC y los minerales, puesto que como lo mencionaron algunos autores, esta temática es una de las que requiere mayor complejidad para entenderla, pues hay que tener una visión tridimensional de los compuestos para poder elucidar los elementos de simetría que hacen parte de los mismos, así como una noción matemática para el tratamiento de las tablas de caracteres para articular una de las tantas aplicaciones que tiene la TG: hallar el número de modos y bandas vibracionales que posee un determinado compuesto al aplicar la técnica instrumental de IR.

Con respecto al modelo ABI, este permitió guiar los aspectos teóricos y conceptuales con la investigación, pues más allá de articulación de los saberes disciplinares con el proceso investigativo, los estudiantes fortalecieron los procesos de selección de la información, que les permitiera contrastar lo reportado por el modelo teórico, con diferentes fuentes de información.

Finalmente, con relación a los resultados obtenidos en la aplicación de las técnicas tradicionales (volumetrías) e instrumentales (espectroscopia IR y UV-VIS) realizadas a los sólidos obtenidos por el investigador para caracterizarlos física y químicamente, se pudo inferir que los mismos probablemente sean los complejos inorgánicos, puesto que aún se necesitan aplicar técnicas más robustas para afirmar totalmente que los mismos si corresponden. De igual forma, se contrastó lo expuesto a la luz de la SM y la TG con lo obtenido experimentalmente, llegando a observar que se presentó relación con la técnica instrumental de espectroscopia de IR, en términos del número de bandas visualizadas, con la polarimetría (sí el sólido presentaba esta propiedad o no, y la explicación en términos de la SM y la TG) y las propiedades físicas y termodinámicas, como el punto de fusión, la entalpía, entropía y energía libre de Gibbs estándar de formación, en términos del grupo puntual, puesto que de acuerdo a lo expuesto por algunos autores en este convergen no solo compuestos que comparten elementos y operaciones de simetría en común, sino también este tipo de propiedades.

Con relación a las recomendaciones y sugerencias que expone el investigador sugiere utilizar compuestos y/o minerales que posean una estructura química más compleja, para ser diseñados en los programas de modelado molecular, dilucidar los elementos y operaciones de simetría, el grupo puntual, en contraste con el uso de las hojas de cálculo realizados por los autores citados; de igual forma se recomienda estructurar los tiempos en la implementación de las actividades propuestas para que haya una mayor profundización y articulación de los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas entorno a los CC.

Por último, se recomienda para futuras investigaciones realizar los protocolos de síntesis diseñados entre los estudiantes y el investigador de acuerdo a la información consultada, para comparar el porcentaje de rendimiento de la misma; de igual forma, comparar los datos que se obtengan en cuanto a la caracterización de los mismos con los reportados en la presente investigación.

Elaborado por:	Esteban Muñoz, Javier Andrés
Revisado por:	Blanco Martínez, Diego Alexander

Fecha de elaboración del Resumen:	08	12	2018
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	7
4. JUSTIFICACIÓN	8
5. OBJETIVOS	10
5.1. Objetivo General	10
5.2. Objetivos específicos	10
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1. Propuesta de Intervención Didáctica (PID)	11
6.2. ¿Qué se entiende por competencias?	12
6.3. Competencias básicas, procedimentales e investigativas	13
6.4. Indicadores de logro y niveles de desempeño	14
6.5. Modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI)	14
6.6. El desarrollo de las disciplinas relacionadas con los Compuestos de Coordinación y los minerales: la Química inorgánica y Geo ciencias	15
6.7. La relación entre los minerales y los Compuestos de Coordinación	17
6.8. Simetría Molecular (SM) y Teoría de Grupos (TG)	19
6.9. Elementos de simetría, operaciones de simetría, grupo puntual y tabla de caracteres	20
7. METODOLOGÍA	26
7.1. Tipo de investigación	26
7.2. Grupo objetivo	26
7.3. Marco metodológico	27
7.3.1. Etapa inicial:	27
7.3.2. Etapa de desarrollo:	39
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
8.1. Resultados y discusión del instrumento de entrada	41
8.2. Implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID, resultados y análisis del instrumento dos	55
8.3. Contraste de los resultados reportados por los ET y los hallados por el investigador	68

CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS	86
Anexo 1. Instrumento de entrada	86
Anexo 2. Instrumento 2: propuesta de síntesis del Compuesto de Coordinación inorgánico dado para los equipos de trabajo.....	93
Anexo 3. Instrumento 3: ajuste de protocolo de síntesis para los Compuestos de Coordinación inorgánicos.....	95
Anexo 3.1. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$	95
Anexo 3.2. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$	97
Anexo 3.3. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$	99
Anexo 3.4. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	101
Anexo 3.5. $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	103
Anexo 3.6. Cis- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	105
Anexo 3.7. Trans- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	107
Anexo 4. Protocolos de caracterización de los complejos sintetizados	110
Anexo 4.1. Protocolo para complejos de Co.....	110
Anexo 4.2. Protocolo para complejos de Cr.....	112
Anexo 5. Lista de chequeo de competencias	115
Anexo 6. Instrumento final: elaboración de artículo científico	117
Anexo 6.1. Parámetros para la elaboración del artículo científico para los complejos de cobalto	117
Anexo 6.2. Parámetros para la elaboración del artículo científico para los complejos de cromo.....	121
Anexo 7. Formato de validación de instrumentos diligenciado.....	126
Anexo 8. Rúbricas de evaluación de instrumentos.....	130
Anexo 8.1. Rúbrica de evaluación del instrumento 1	130
Anexo 8.2. Rúbrica de evaluación del instrumento 2	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes consultadas para la consolidación del apartado de antecedentes	3
Tabla 2. Definiciones sobre las competencias básicas, procedimentales e investigativas	13
Tabla 3. Algunas teorías aplicadas a los Compuestos de Coordinación)	18
Tabla 4. Elementos de simetría y su respectiva operación de simetría	21
Tabla 5. Características de algunos grupos puntuales (elementos de simetría, propiedades físicas y termodinámicas y movimientos traslacionales, rotacionales)	23
Tabla 6. Especificaciones sobre los instrumentos diseñados para la investigación	28
Tabla 7. Competencias básicas (CB), procedimentales (CP) e investigativas (CI), indicadores de desempeño propuestas para la PID	32
Tabla 8. Niveles de desempeño designados para el instrumento 1	34
Tabla 9. Niveles de desempeño designados para el instrumento 2	35
Tabla 10. Número de intervenciones, instrumentos y actividades diseñadas para la PID	36
Tabla 11. Compuestos de Coordinación inorgánicos seleccionados en la PID	39
Tabla 12. Ejemplo de una rúbrica diligenciada para el instrumento de entrada	41
Tabla 13. Puntuaciones obtenidas por preguntas, ponderación total y niveles de desempeño obtenidos por los estudiantes (E) en el instrumento de entrada	42
Tabla 14. Respuestas en común dadas por los estudiantes (E) del nivel de desempeño I para la pregunta uno del instrumento de entrada	43
Tabla 15. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 1 del instrumento de entrada	44
Tabla 16. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para la pregunta 1 del instrumento de entrada	44
Tabla 17. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 2 del instrumento de entrada	47
Tabla 18. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño IIII para la pregunta 2 del instrumento de entrada	48
Tabla 19. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 3 del instrumento de entrada	50
Tabla 20. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para la pregunta 3 del instrumento de entrada	50
Tabla 21. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño I para las pregunta 4 y 5 del instrumento de entrada	52
Tabla 22. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para las preguntas 4 y 5 del instrumento de entrada	52

Tabla 23. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para las preguntas 4 y 5 del instrumento de entrada	53
Tabla 24. Puntuaciones obtenidas por preguntas, ponderación total y niveles de desempeño obtenidos por los equipos de trabajo (ET) tras la implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID.....	57
Tabla 25. Respuestas dadas por los ET para la pregunta uno del instrumento dos tras la implementación de las tres primeras intervenciones de la PID	58
Tabla 26. Respuestas dadas por cada uno de los equipos de trabajo (ET) para la pregunta dos del instrumento dos tras la implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID.....	62
Tabla 27. Respuestas dadas por los ET para la pregunta tres del instrumento dos tras la implementación de las tres primeras intervenciones de la PID	65
Tabla 28. Tipos de fuentes de información consultadas por los ET	67
Tabla 29. Cantidad del sólido inorgánico obtenido y porcentaje de rendimiento calculado tras el procedimiento de síntesis	68
Tabla 30. Espectro IR obtenido para los sólidos inorgánicos sintetizados, bandas de absorción y elucidación de las mismas.....	69
Tabla 31. Reportes teóricos con relación a las propiedades físicas y termodinámicas de los complejos inorgánicos, así como su longitud de onda de máxima absorción respectiva	73
Tabla 32. Valores determinados experimentalmente con relación a las propiedades físicas y determinación de longitud de onda de máxima absorción para los sólidos inorgánicos respectivos	73
Tabla 33. Resultados obtenidos por los ET en la caracterización química de los sólidos que contenían en su composición química Co y Cl	74
Tabla 34. Resultados obtenidos por los ET en la caracterización química de los sólidos que contenían en su composición Cr y el anión oxalato	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alcances de la Química inorgánica y Geociencias	16
Figura 2. Plano de simetría horizontal.....	21
Figura 3. Plano de simetría vertical.....	21
Figura 4. Plano de simetría diedral	21
Figura 5. Centro de inversión	21
Figura 6. Eje de simetría	22
Figura 7. Eje de rotación impropio	22
Figura 8. Identidad	22
Figura 9. Partes de una tabla de caracteres con sus definiciones (Fuente: Huheey et al., 1993).....	25
Figura 10. Etapas para la estructuración de la investigación	27
Figura 11. Aspectos generales tratados en la PID (Fuente: Autor)	38
Figura 12. Compuestos de Coordinación inorgánicos sintetizados, presentados de acuerdo al orden de la tabla 11.....	40

1. INTRODUCCIÓN

En el estudio de carreras de Educación Superior afines a la química, por lo general se ven asignaturas como la Química inorgánica, Geociencias o ciencias de la tierra, donde usualmente se aborda una de las temáticas que presenta mayor dificultad: la Simetría Molecular (SM) y la Teoría de Grupos (TG) aplicado en Compuestos de Coordinación (CC) y en minerales. Es en el nivel universitario donde se ha mostrado problemas en su enseñanza y aprendizaje, puesto que los contenidos que se exponen además de no mostrar alguna aplicación en específico, articulan conceptos que involucran una visión tridimensional (González, 2017; Srinivasan *et al.*, 2018).

La temática mencionada presenta aplicaciones, de forma directa o indirecta, con otras áreas del conocimiento, en términos de la relación con las propiedades físicas y termodinámicas de compuestos con estructuras de complejidad menor o mayor, así como técnicas instrumentales como la espectroscopia de infrarrojo para dilucidar el número de bandas y movimientos vibracionales a nivel de la composición de los mismos.

Es por ello, que el presente trabajo de grado tuvo como objetivo identificar y caracterizar los niveles de desempeño, en términos de las competencias definidas en el Programa de Licenciatura en Química (PLQ) de la Universidad Pedagógica Nacional, desarrollados por un grupo de estudiantes del espacio académico de Geociencias, con la implementación de una Propuesta de Intervención Didáctica (PID), la cual en términos de su estructuración articuló el componente conceptual de los Compuestos de Coordinación inorgánicos, con los principios de la SM y la TG aplicada a la síntesis y a la caracterización física y química de los mismos orientada por el modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI).

Las competencias evaluadas en términos de indicadores de desempeño se tipificaron en: básicas, procedimentales e investigativas, siendo estas evaluadas en el espacio mencionado, esto de forma intencionada debido a que el mismo al pertenecer al ciclo de profundización dentro del ambiente de formación de saberes específicos y disciplinares del PLQ, los estudiantes han ido fortaleciendo y construyendo las competencias anteriormente nombradas durante su proceso de formación, y en adición los mismos poseen conocimientos previos frente a la temática mencionada.

Por lo tanto, este documento presenta inicialmente los antecedentes indagados y seleccionados que aportaron en aspectos teóricos y metodológicos a la estructuración del trabajo de grado y al análisis; posteriormente se expone la formulación y delimitación de la investigación, enmarcada en los objetivos que dirigieron la misma; luego se presenta la justificación, los objetivos, así como los aspectos teóricos que se tuvieron en cuenta para la elaboración de la investigación y estructuración de la PID.

Posterior a lo mencionado, se describe la metodología que se diseñó y aplicó para dar cumplimiento a los objetivos en términos de tres etapas; inicial: donde se describe la búsqueda de antecedentes, diseño y validación de instrumentos y estructuración de la PID; desarrollo: en la cual se llevó a cabo el diseño experimental y la implementación de la PID con el grupo objetivo; y, finalmente se realizó el análisis de los resultados obtenidos en la intervención realizada. Por último, se presentan las recomendaciones, sugerencias, conclusiones y los anexos respectivos para futuras investigaciones.

2. ANTECEDENTES

Para la consolidación de este apartado, se realizó la revisión bibliométrica a nivel local, nacional e internacional en revistas especializadas en enseñanza y didáctica de las ciencias así como en bases de datos y repositorios institucionales de universidades.

Por lo tanto, en la tabla 1 se enlistaron las fuentes de información consultadas, teniendo en cuenta el tipo de fuente, el año comprendido, el número de artículos o productos revisados y seleccionados y las palabras clave utilizadas para la revisión realizada:

Tabla 1. Fuentes consultadas para la consolidación del apartado de antecedentes

TIPO DE FUENTE	NOMBRE	AÑO	R	S	PALABRAS CLAVE
ARTÍCULOS DE REVISTAS	Journal of Chemical Education	1970-2018	30	2	*Química inorgánica; *Geo ciencias; *Compuestos de Coordinación inorgánicos; *Minerales; *Simetría Molecular; *Teoría de Grupos; *Competencias básicas, procedimentales e investigativas *Modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI); *Propuesta de Intervención Didáctica (PID); niveles de desempeño
	Avances en ciencia e ingeniería		1	0	
	DIALNET: Quím. Nova		1	0	
	Revista cubana de Química		1	0	
	Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria		1	0	
	TED: Tecné, Episteme Y Didaxis		1	1	
	American Chemical Society publications		2	0	
	Inorganic Chemistry		1	0	
	Journal of Chemical information and modeling		1	0	
	REDALYC: Revista de Conciencia tecnológica		1	0	
	Universidad de Alicante		1	0	
TESIS DE PREGRADO	Universidad Pedagógica Nacional	4	0		
TESIS DE MAESTRÍA		2	2		
	Universidad Nacional de Colombia	1	1		

TESIS DE DOCTORADO	Universidad Pedagógica Nacional	1	1
	TOTAL	49	7
(R): Revisados; (S): Seleccionados			

De acuerdo a la revisión realizada, aún no se han reportado productos de investigación que articulen niveles de desempeño en términos de las competencias anteriormente descritas en contraste con la temática de los principios de la SM y la TG aplicada a los Compuestos de Coordinación inorgánicos presentes en minerales con PID, así como el modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI).

Sin embargo, de los 49 productos encontrados se seleccionaron 7, entre los cuales se encuentran 3 artículos de revista, 3 tesis de maestría y 1 tesis doctoral, que aportaron en aspectos teóricos y metodológicos al diseño del trabajo de grado. A continuación se mencionan de forma breve los mismos:

En la articulación del desarrollo de competencias científicas a través del modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI), García (2009) en su tesis de maestría en docencia de la química impulsó el desarrollo de competencias científicas a través de proyectos de investigación escolar orientados por el modelo ABI. Las competencias científicas evaluadas correspondieron a las básicas y procedimentales desde la implementación de una estrategia didáctica, la cual buscó potenciar las mismas hacia situaciones inherentes al ambiente científico (toma de decisiones, innovación, comunicación de resultados, entre otras). En términos de los aportes al presente trabajo, se dieron en aspectos teóricos y metodológicos, pues se expuso la importancia de las competencias, la formulación de algunos indicadores de desempeño y la forma de evaluación de las mismas, así como el fortalecimiento de las competencias utilizando el modelo ABI.

En contraste, Daza (2017), en su tesis de maestría en docencia de la química, desarrolló 7 habilidades investigativas desde el modelo ABI en el contexto de la enseñanza de la química en la educación media, desde el planteamiento de problemas, la observación y medición, los diseños experimentales, predicción e hipótesis, relación entre variables y elaboración de conclusiones a partir del modelo ABI, involucrando actividades del quehacer científico, la metodología implementada fue realizada bajo un tipo de investigación cualitativo, cuasi-experimental.

Las contribuciones de la misma al trabajo radicarón en aspectos teóricos y metodológicos, puesto que permitieron analizar y fortalecer la concepción del modelo ABI, así como el de competencias, y la forma de análisis y evaluación de estas últimas.

Con relación a las competencias básicas, procedimentales e investigativas, Ladino (2004) en su tesis doctoral en Educación realizó una propuesta de evaluación de dichas competencias en el campo de la Química general universitaria, desde el diseño de instrumentos para indagar el o los tipos de competencia (s) que poseían los estudiantes universitarios que cursaron dicho espacio; el desarrollo metodológico planteó el diseño de rúbricas y criterios de evaluación para las competencias, el análisis de los resultados comprendió los criterios propuestos en función de las competencias y el uso de parámetros estadísticos.

Los aportes de la investigación en el desarrollo del trabajo radicarón a nivel teórico y metodológico, ya que fortaleció la concepción de las competencias, así como la formulación de los instrumentos de recolección de información, las variables a tener en cuenta, y el diseño de rúbricas para la evaluación de las competencias básicas, procedimentales e investigativas.

Por otra parte, hacia la aproximación a la química de los Compuestos de Coordinación (CC) y su enseñanza en la educación media, en articulación con la cristalografía, Alfonso (2012) realizó una propuesta de investigación en un curso de décimo grado enfocada hacia los CC, abordando el componente conceptual, su importancia, estructura química y la articulación con los minerales y finalmente el efecto medio ambiental que tienen los mismos. La metodología planteó una serie de prácticas de laboratorio con preguntas que orientaban las mismas; para el análisis de los resultados obtenidos tuvo en cuenta la comprensión e importancia de las sustancias, así como de las competencias adquiridas, en especial las de tipo procedimental.

Los aportes de la investigación a la estructuración del presente trabajo radicarón en que a nivel conceptual permitió analizar algunas competencias procedimentales que se tuvieron en cuenta en la estructuración de los instrumentos; a nivel procedimental se consideraron algunos lineamientos para orientar la parte práctica de la propuesta.

Por otro lado, Wang (2012) en su artículo ilustró una propuesta para articular el uso del modelado molecular de compuestos inorgánicos en la enseñanza de los grupos puntuales y la espectroscopia de infrarrojo a nivel universitario; el enfoque principal de este método es mejorar la comprensión del estudiante con respecto a las propiedades de la simetría en la elucidación de los modos vibratorios de diversos compuestos, así como el análisis de la teoría de grupos con respecto a los espectros de infrarrojo (IR) mediante el uso de ayudas visuales proporcionadas por el modelado molecular mediado por el computador.

Los aportes de la investigación a la estructuración del presente trabajo radicarón en que a nivel metodológico se utilizó como referente para buscar software de modelado molecular que vinculara la SM.

En el artículo de Ghanem *et al.* (2018) se planteó la enseñanza de la química básica a través de la investigación para el desarrollo de competencias y habilidades dentro de un marco de investigación multidisciplinario, donde se hizo énfasis en la

importancia del modelo ABI y el fortalecimiento de las competencias básicas de diferentes ramas de la Química (orgánica, inorgánica, analítica y bioquímica) estipuladas por la American Chemical Society (ACS) en los planes de pregrado; se mostró el desarrollo de las habilidades y competencias en términos de la síntesis y caracterización de moléculas sintéticas y complejos, así como el uso de espectroscopia UV-VIS para caracterizarlos.

Los aportes de la investigación al presente trabajo radicarón en el análisis realizado entorno a las habilidades y competencias fortalecidas, desde el uso del modelo de investigación que se detalló en el mismo; por lo tanto, se tuvo como referente en el análisis de los resultados que se obtuvieron tras la implementación de la propuesta.

Por último, Carriazo, Pérez, y Ensuncho (2005) en su artículo expusieron una experiencia de aprendizaje en un curso universitario de Química inorgánica desde el modelo ABI aplicada a la síntesis y caracterización de Compuestos de Coordinación de interés industrial. En dicha publicación, los autores expusieron los resultados obtenidos, así como el tipo de competencias y los niveles de desempeño desarrollados por el grupo de estudiantes que cursaban dicho espacio académico, así como la aplicación de los conceptos vistos durante el desarrollo del mismo.

Los aportes de la investigación al presente trabajo radicarón en el establecimiento de competencias procedimentales y niveles de desempeño como forma de evaluar las mismas desde el modelo ABI, lo cual complementó la planeación metodológica de la PID; de igual forma, se tomó como un referente de análisis para los resultados obtenidos.

3. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El espacio académico de Geociencias, adscrito en el plan curricular de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en el ciclo de profundización y como parte del ambiente de formación de saberes específicos y disciplinares busca que de acuerdo a las temáticas desarrolladas en los espacios de dicho componente, se interpreten y apliquen los conceptos básicos y específicos vistos, así como el análisis de los procesos de transformación fisicoquímica de las sustancias en el sistema geofísico y ambiental (Universidad Pedagógica Nacional (UPN), 2018).

De acuerdo a lo anterior, uno de esos compuestos corresponde a los Compuestos de Coordinación inorgánicos, donde se busca una articulación con los minerales en términos de la composición y la estructura química y de las propiedades físicas, esto con el fin de que se vinculen conceptos específicos vistos en espacios académicos como la Química inorgánica sobre los complejos, en su dimensión descriptiva, estructural y termodinámica, así como sus aplicaciones e impactos a nivel socio-ambiental y tecnológico, a fin de que en el proceso de formación se fortalezcan y desarrollen las competencias básicas, procedimentales e investigativas, evaluándolas desde indicadores de desempeño.

Por lo tanto, el problema de investigación estuvo enmarcado en una de las áreas temáticas definidas en el programa analítico, el cual corresponde a la cristalografía y dentro de la cual se halla inmersa el estudio sistemático de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos y que con respecto al presente trabajo fue aplicada a la síntesis de Compuestos de Coordinación inorgánicos y a la caracterización de los mismos. Esto se hizo con el propósito de que los estudiantes establezcan relaciones entre las propiedades físicas y termodinámicas del complejo con el tema descrito.

Teniendo en cuenta que en la revisión bibliométrica realizada aún no se han reportado antecedentes específicos con relación a niveles de desempeño que involucren las competencias anteriormente descritas, así como en el modelo ABI en el campo de la Química inorgánica y/o ciencias de la tierra, de forma particular en la síntesis y caracterización de Compuestos de Coordinación inorgánicos, se hace necesario evaluar y fortalecer las mismas en la asignatura descrita. Desde esta perspectiva la pregunta que orientó el objetivo del trabajo de grado es la siguiente:

¿Cuáles son los niveles de desempeño en términos de competencias básicas, procedimentales e investigativas, desarrollados en el grupo de estudiantes del espacio académico de Geociencias, al implementar una Propuesta de Intervención Didáctica que vincula los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos en la síntesis y caracterización de diferentes complejos inorgánicos?

4. JUSTIFICACIÓN

Hace 50 años aproximadamente, la American Chemical Society Committee on Professional Training (ACS CPT) y la Earth Science Teachers Association (ESTA) realizaron en los programas de pregrado y posgrado afines al campo de la química la vinculación de asignaturas como la Química inorgánica y ciencias de la tierra o Geociencias con el fin de vincular las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, de acuerdo a su naturaleza y estructura química, así como analizar los procesos de transformación fisicoquímica de las mismas en el sistema geofísico y ambiental, esto con el fin de establecer relaciones a nivel estructural, de las propiedades y aplicaciones en procesos de análisis químico, así como en otros campos del conocimiento (Flint, 2011; Lacreu, 1997; Luxford, Crowder, y Bretz, 2012; Pérez y Roger, 2015; Quattrocchio y Moro, 2004).

En este sentido, Quattrocchio y Moro (2004) y Moeller (1994) expusieron que en la enseñanza de áreas afines a la química, como las mencionadas, se ha dado en función de la transmisión de contenidos teóricos y conceptuales, donde el resultado obtenido conduce a la generación de dificultades de aprendizaje, debido a la falta del enfoque práctico, conllevando al detrimento de aspectos descriptivos, procedimentales e investigativos.

Ejemplo particular de ello se encuentra la enseñanza de la SM y la TG, temática inmersa dentro de la cristalografía, aplicada específicamente a los CC y a los minerales. Este tema como lo manifiesta Luxford, Crowder, y Bretz (2012), es uno de los definidos en los planes curriculares por la ACS CPT o ESTA, puesto que articula conceptos relacionados con algunas propiedades físicas y termodinámicas de los mismos.

De igual forma, se vinculan teorías como la teoría de enlace químico (Teorías del Enlace de Valencia (TEV), Teoría de Orbital Molecular (TOM) y Teoría de Campo Cristalino (TCC) y las aplicaciones a nivel analítico (espectroscopia de Infrarrojo (IR) y Raman) y a nivel de otros campos del conocimiento (fisicoquímica, farmacia, biología moderna, mineralogía, microbiología, química industrial, química analítica, entre otros), además como uno de los modelos matemáticos-predictivos para resolver problemas en los que intervienen estructuras químicas complejas y espectroscopia química (Laurin, 2013; Moeller, 1994; Vidal, 1996).

En contraste con el apartado de antecedentes, se observó en las investigaciones consultadas que: a nivel didáctico para el abordaje de la temática mencionada se han utilizado en el aula programas de modelado molecular, estructuras tridimensionales, spreadsheet (hojas de Excel) para el abordaje de tablas de caracteres y de los diferentes grupos puntuales; a nivel investigativo ha conllevado al establecimiento de líneas de investigación que aporten a la enseñanza del tema especificado, como es el caso de la Línea de investigación en enseñanza de la SM y la TG en el departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Sevilla,

España recién establecida (Díaz, 2017). Sin embargo, lo anterior permitió observar y analizar que no se muestra una relación con los complejos y las propiedades físicas y termodinámicas, así como técnicas analíticas instrumentales como es el caso de la espectroscopia de Infrarrojo (IR) y la polarimetría, que se relacionan con la misma.

En consecuencia, esto ha generado que no se observe el enfoque aplicativo de los principios de la SM y la TG dentro de las asignaturas mencionadas, en el caso particular de la síntesis y caracterización de los complejos inorgánicos y la relación con las propiedades físicas y termodinámicas de los mismos. Por ende, esto conlleva a que los estudiantes no establezcan relaciones entre los aspectos teóricos y experimentales.

Es por ello que se hace necesario proponer y diseñar estrategias que permitan la vinculación de los saberes disciplinares con la parte práctica en pro de fortalecer las competencias en el desarrollo de una asignatura (Á. Torres, Mora, Garzón, y Ceballos, 2013). Por ende, las PID surgen como una estrategia de planeación de actuación profesional, que en efecto de la presente investigación comprendió los principios de la SM y la TG aplicada a la síntesis y caracterización de diferentes Compuestos de Coordinación Inorgánicos, con el fin de fortalecer las competencias básicas, procedimentales e investigativas evaluadas, en términos de indicadores de desempeño, caracterizando niveles de desempeños, relacionando el modelo ABI.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Caracterizar los niveles de desempeños, en términos de las competencias evaluadas desde indicadores de desempeño, desarrollados por el grupo de estudiantes del espacio académico de Geociencias, al implementar una Propuesta de Intervención Didáctica que vincula el estudio de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos aplicada a la síntesis y caracterización de complejos inorgánicos

5.2. Objetivos específicos

5.2.1. Identificar los niveles de desempeño, con respecto a las competencias establecidas, antes, durante y después de la aplicación de la Propuesta de Intervención Didáctica

5.2.2. Estructurar e implementar la Propuesta de Intervención Didáctica desde el estudio de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos aplicada a la síntesis y caracterización de algunos complejos inorgánicos

5.2.3. Analizar los niveles de desempeño obtenidos en términos de las relaciones establecidas por el grupo objetivo entre los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de grupos y las propiedades físicas y termodinámicas de los compuestos sintetizados.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Propuesta de Intervención Didáctica (PID)

Barraza (2010) la define como una estrategia de actuación profesional y planeación cuyo objetivo es que los agentes educativos tomen el control de su propia práctica profesional desde un proceso de indagación-solución, el cual se constituye por las siguientes fases y momentos:

- a) La fase de planeación: comprende los momentos de elección de la temática a intervenir, la construcción del problema que guiará la propuesta y el diseño de las posibles soluciones
- b) La fase de implementación: se especifican los momentos de aplicación de las diferentes actividades que constituyen la PID y su reformulación y/o adaptación, en caso de ser necesario
- c) La fase de evaluación: se realiza el seguimiento de la aplicación de las diferentes actividades que constituyen el proyecto y su evaluación general. Esta fase adquiere una gran relevancia si se parte del hecho de que no es posible realizar simplemente una evaluación final que se circunscriba a los resultados sin tener en cuenta el proceso y las eventualidades propias de toda puesta en marcha de tal propuesta
- d) La fase de socialización-difusión: comprende los momentos de: socialización, adopción y recreación; esta fase debe conducir al receptor a la toma de conciencia del problema origen de la propuesta, despertar su interés por la utilización de la misma, invitarlo a su ensayo y promover la adopción-recreación de la solución diseñada.

Por otra parte, Torres (2011) plantea que es un plan, acción o propuesta, creativa y sistemática, ideada a partir de una necesidad, a fin de satisfacer dicha carencia, problemática o falta de funcionalidad para obtener mejores resultados en determinada actividad. Por lo tanto, debe cumplir las siguientes características:

- a) Todo proyecto muestra una serie de actividades de duración determinada
- b) En los proyectos se combina la utilización de recursos humanos, técnicos, financieros y materiales
- c) Todo proyecto tiene que alcanzar productos así como resultados, de acuerdo con los objetivos previstos en su diseño y conceptualización.

Cabe añadir, que los autores mencionados hacen énfasis en la importancia de fortalecer y evaluar las competencias durante el desarrollo de una PID con el fin de mejorar los procesos de formación. Pero, ¿qué se entiende por competencia?; a continuación se presentan algunas definiciones desde el enfoque educativo.

6.2. ¿Qué se entiende por competencias?

El concepto de competencia se destaca dentro de la educación en Colombia como el eje sobre el cual deben girar los procesos de formación y se inscribe dentro de las normatividades y prácticas en todos los niveles: en la educación básica, en la educación media, en la formación técnica y en la formación profesional.

Un ejemplo claro de ello, en términos de aplicación de las mismas, se encuentran los Exámenes de Estado que aplica el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) a quienes terminan la educación media, obligatorios para ingresar a la Educación Superior, según la Ley 30 de 1992; los Exámenes de Calidad de la Educación Superior (ECAES) para estudiantes de carreras profesionales de los semestres 9 y 10 y las Pruebas SABER aplicadas en la Educación Básica Primaria, hacen parte de los proyectos de evaluación masiva que tiene en práctica el Gobierno Nacional, cuyo propósito es diagnosticar la calidad de los servicios educativos bajo el soporte teórico y metodológico del desarrollo de competencias (Parra y Roman, 2005).

La bibliografía sobre el tema de las competencias es abundante, no sólo en internet, sino también en las hemerotecas universitarias donde se encuentran elementos para el afianzamiento conceptual. En las universidades es creciente el interés, desde el cual se promueven análisis, debates, modelos e intentos por encauzar el concepto. Estos referentes han pasado por los estándares de la capacitación laboral, hasta la puesta en escena en la educación formal en la escolarización inicial, la educación básica y ahora en la educación superior (Parra y Roman, 2005).

De acuerdo a Tobón, Pimienta, y García (2010) las competencias, desde el enfoque socio-formativo enmarcado en la educación, son actuaciones integrales que permiten identificar, analizar y resolver los problemas del contexto, en distintos escenarios, integrando: el saber ser (actitudes y valores), el saber conocer (conceptos y teorías) y el saber hacer (habilidades procedimentales y técnicas) en una perspectiva de mejora continua.

En complemento a lo mencionado, Quintanilla (2005, citado en Castro y Ramírez, 2013) afirmó que el desarrollo de competencias debe girar en tres ejes básicos en términos del saber, saber hacer y saber ser, los cuales corresponden al lenguaje, el pensamiento y la experiencia. Según lo expuesto, se concibe la competencia como la(s) capacidad(es) para dar soluciones a situaciones reales en contextos diferentes, para lo cual es necesario tener conocimientos (conceptos), habilidades y destrezas (procedimientos), valores e intereses (actitudes).

Por lo tanto, la concepción de competencia asumida en la presente investigación se acercó a los planteamientos anteriormente mencionados debido a que se resaltó la importancia de los conocimientos, habilidades y valores, evidenciada en las dimensiones del saber conocer, saber hacer y saber ser, puesto que el Departamento de Química de la UPN acoge las competencias como el conjunto de

conocimientos y habilidades que subyacen a la capacidad de un docente para ejercer a cabalidad la docencia de la Química en los diferentes contextos educativos de la sociedad colombiana teniendo presente los recursos existentes, su experiencia, su práctica y un alto compromiso con la generación de bien común, además de las competencias profesionales del futuro profesor de química se desarrollan a partir de tres subconjuntos: competencias básicas, competencias procedimentales y competencias investigativas (Salcedo *et al.*, 2005 ; Ministerio de Educación Superior (MEN), 2006).

En contraste con lo expuesto, se exponen las competencias que son objeto de estudio de la presente investigación.

6.3. Competencias básicas, procedimentales e investigativas

En la tabla 2 se muestran las definiciones concernientes a las competencias objeto de esta investigación, expuestas en García y Ladino (2008) y Ladino (2004)

Tabla 2. Definiciones sobre las competencias básicas, procedimentales e investigativas

COMPETENCIA	DEFINICIÓN
Básica	Entendida desde los desempeños relacionados con procesos iniciales sobre reconocimiento de un lenguaje científico, así como los conceptos básicos, desarrollo de habilidades experimentales, organización de información y trabajo en equipo.
Procedimental	Entendidas, desde la dimensión empírica de la ciencia, como la contrastación de las explicaciones teóricas con la realidad mediante la experimentación, exige por parte de quienes trabajan una ciencia particular, en este caso la química, la práctica de una serie de procedimientos y destrezas para llevar a cabo experimentos; este es el fundamento de las competencias de tipo procedimental e Investigativo.
Investigativa	En esta se incluye procesos cognitivos y sociales más allá de la selección y procesamiento de la información o del saber disciplinar y permiten que un estudiante integre de manera creativa y propositiva los saberes, en su interacción crítica frente a nuevas situaciones y resuelva problemas con posiciones éticas y construcción de significados contextualizados.

Estas competencias, de acuerdo a los autores se evalúan en función de unos indicadores de desempeño. A continuación se muestra la definición de los mismos, desde el MEN.

6.4. Indicadores de logro y niveles de desempeño

De acuerdo al Ministerio de Educación Nacional, los indicadores de logro o desempeño “son síntomas, indicios, señales, rasgos o conjuntos de rasgos, datos e información perceptible, que al ser confrontados con el logro esperado, ofrecen evidencias significativas de los avances en pro de alcanzar el logro.

Son medios para constatar, estimar, valorar, autorregular y controlar los resultados del proceso educativo, para que a partir de ellos y teniendo en cuenta las particularidades de su proyecto educativo, la institución formule y reformule los logros esperados” (MEN, 2018)

De igual forma, los indicadores y niveles de desempeño son instrumentos de medición de las principales variables asociadas al cumplimiento de los objetivos, que a su vez constituyen una expresión cualitativa o cuantitativa concreta de lo que se pretende alcanzar con un objetivo establecido. Busca responder interrogantes claves sobre cómo se ha realizado la intervención, si se han cumplido los objetivos, el nivel de satisfacción de la población, que dan cuenta de las trayectorias escolares de los alumnos evaluados, agrupándolos en tres niveles posibles: bajo, medio y alto, según los conocimientos y capacidades cognitivas específicas que poseen y saben emplear en las cuatro áreas básicas del currículum (Bonney, 2006; Díaz, 2017)

En contraste, con lo especificado, los niveles de desempeño al ser evaluados desde las competencias pueden enmarcarse en algún modelo, en este caso, un modelo de aprendizaje como lo es el de investigación.

6.5. Modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI)

La enseñanza y el aprendizaje por medio de la investigación permite al docente proponer e implementar estrategias que conlleven a que el estudiante se aproxime al contexto en el que se desenvuelven los científicos, llevándolo a enfrentar situaciones que típicamente afrontan los científicos en su quehacer; por tanto, la estrategia de enseñanza y aprendizaje por medio de la investigación favorece el desarrollo de un tipo de competencias específicas: las competencias científicas.

Antes de cualquier cosa debe entenderse que la investigación que realizan los estudiantes no es igual a la que realizan los científicos que investigan en problemas de conocimiento que nadie ha resuelto. Las situaciones problemáticas que se plantean a los estudiantes son situaciones de las cuales los maestros conocen sus posibles vías de solución y los cuerpos teóricos dentro de los cuales se fundamentan (García y Ladino, 2008).

De acuerdo al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2010) el Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) consiste en la aplicación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que tienen como propósito conectar la investigación con la enseñanza, las cuales permiten la incorporación parcial o total

del estudiante o el equipo de trabajo en una investigación basada en métodos científicos, bajo la supervisión del profesor.

La enseñanza basada en investigación hace referencia al diseño del programa académico donde los estudiantes requieren hacer conexiones intelectuales y prácticas entre el contenido y habilidades declarados en el programa, y los enfoques de investigación y fronteras de las disciplinas que lo componen.

La práctica efectiva del Aprendizaje Basado en Investigación puede incluir:

- a. Resultados de investigación que contribuyen al currículum
- b. Métodos de enseñanza y aprendizaje basados en el proceso de investigación
- c. Aprendizaje con respecto al uso de herramientas de investigación
- d. Desarrollo de un contexto de investigación inclusivo
- e. El fortalecimiento del trabajo en equipo, pues se mejoran los indicadores de desempeño que se buscan en el abordaje de contenidos definidos

El modelo ABI exige tres momentos: iniciación, desarrollo y finalización. Las actividades de iniciación están dirigidas a conseguir de los estudiantes su máxima participación, motivándolos y generándoles una perspectiva global por el trabajo. Las actividades de desarrollo tienen que ver con todo el proceso descrito anteriormente de explicitación y resolución de la situación problemática planteada. Las actividades de finalización están encaminadas a que los estudiantes tengan la oportunidad de elaborar informes, socializar sus resultados y de aplicar a situaciones nuevas los conocimientos construidos en el proceso investigativo (García y Ladino, 2008).

El modelo anteriormente mencionado se ha ido consolidado en la enseñanza de diferentes campos del conocimiento, como el caso de la química y de forma particular en áreas como la Química inorgánica y Geociencias; a continuación se muestra de forma breve sus orígenes y la interrelación de estas disciplinas.

6.6. El desarrollo de las disciplinas relacionadas con los Compuestos de Coordinación y los minerales: la Química inorgánica y Geociencias

Entre los orígenes de la Química inorgánica y las ciencias de la tierra, se remontan desde la antigüedad; aunque los antiguos obtuvieron y utilizaron algunos de los elementos metálicos a partir de fuentes naturales, y aunque los alquimistas prepararon y estudiaron bastantes compuestos inorgánicos, no fue hasta el siglo XVIII y mediados del XX cuando se establecieron los fundamentos de estas ciencias tal como hoy se concibe. Las investigaciones realizadas a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX dieron como fruto el descubrimiento y caracterización de bastantes elementos, los análisis de varios minerales, la síntesis de muchos

compuestos inorgánicos y los primeros intentos de describir la materia mediante modelos atómicos (Alvarez y Leitão, 2010; Brock, 1998; Quattrocchio y Moro, 2004)

Poco después de 1860 las investigaciones fueron definitivamente orientadas hacia las áreas orgánica e inorgánica de modo específico, donde los desarrollos alcanzados en la primera fueron significativos y en la segunda también fueron importantes pero algo menos significativos, debido al auge de las reacciones de síntesis y caracterización orgánica. Desde 1900 hasta la segunda guerra mundial, y con pocas excepciones, permaneció esencialmente estática, con un esfuerzo mínimo de investigación, que junto al limitado número de centros que impulsaron la formación en la disciplina, favorecieron el desarrollo de una extendida opinión en el sentido de que estas asignaturas podía presentarse en los cursos para principiantes, donde los proyectos de energía atómica de la Segunda Guerra Mundial impulsaron el desarrollo de la misma, la aplicación de las técnicas estructurales y de estudios de mecanismos de reacción ha proporcionado a ésta las dimensiones necesarias de comprensión y predicción que la han convertido rápidamente en una disciplina coherente y que le han dado lugar a un crecimiento exponencial en investigación, la enseñanza y las publicaciones (Moeller, 1994).

Los alcances de las disciplinas mencionadas se ilustran en la figura 1

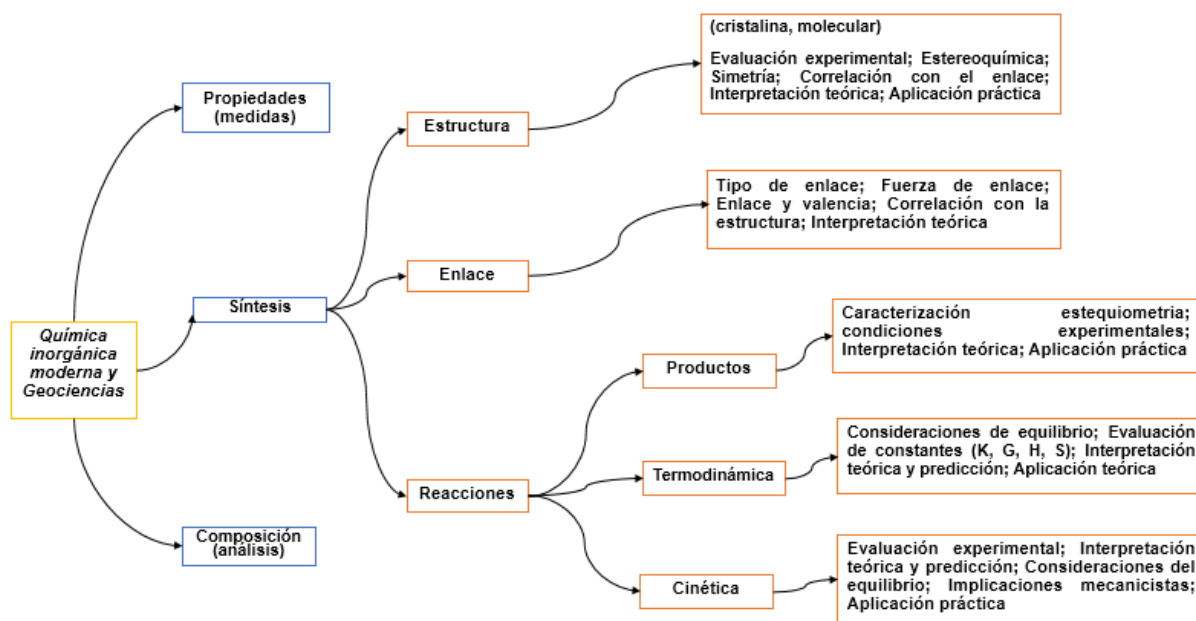


Figura 1. Alcances de la Química inorgánica y Geo ciencias (Fuente: Alvarez y Leitão, 2010; Douglas y Mc Daniel, 1970, p. 168; Moeller, 1994, p.3)

Teniendo en cuenta lo anterior, se expone los aspectos generales sobre los minerales, los Compuestos de Coordinación y su relación.

6.7. La relación entre los minerales y los Compuestos de Coordinación

De acuerdo a Tarbuck, Lutgens, y Tasa (2005) los minerales son los componentes básicos de las rocas. Los geólogos definen los minerales como cualquier sólido inorgánico natural que posea una estructura interna ordenada y una composición química definida. Por tanto, para que se considere mineral cualquier material terrestre, debe:

- a) Aparecer de forma natural
- b) Ser inorgánico
- c) Ser un sólido
- d) Poseer una estructura interna ordenada, es decir, sus átomos deben estar dispuestos según un modelo definido
- e) Tener una composición química definida, que puede variar dentro de unos límites.

Cada uno de los casi 4000 minerales de la tierra está exclusivamente definido por su composición química y su estructura interna, donde cada muestra del mismo mineral contiene los mismos elementos químicos reunidos en un modelo regular y repetitivo, aunque se presentan excepciones donde algunos elementos son capaces de reunirse más de una forma. En contraste, dependiendo de los elementos que componen los mismos pueden enlazarse por enlaces químicos de tipo iónico o covalente; por otro lado, entre las propiedades físicas que vincula los complejos corresponde al color, puesto que los mismos se presentan como trazas o contaminantes en los minerales, dándole coloraciones características (Tarbuck *et al.*, 2005)

A nivel de clasificaciones de los mismos, Hurlburt (1960) propone algunos grupos de clasificación de acuerdo a la composición química que tienen en común los minerales, entre los cuales se encuentra: los elementos nativos, sulfuros, óxidos e hidróxidos, haluros, carbonatos, nitratos y boratos, sulfatos, cromatos, selenatos, fosfatos, arsenatos, vanadatos, minerales orgánicos y silicatos. Cabe añadir que esta clasificación a pesar de ser general, ha ido cambiando debido a que se han encontrado otra clase de minerales lo que ha conllevado a establecer otro tipo de categorizaciones.

Por otro lado, Basolo y Johnson (1967) exponen que los Compuestos de Coordinación, complejos metálicos o simplemente complejos corresponden a compuestos que contienen un átomo o ión central que se encuentra rodeado por un grupo de iones o moléculas, los cuales se encuentran unidos por un enlace covalente coordinado; cabe resaltar que estos compuestos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Por lo tanto, a nivel de estructura química se componen de:

- a) Elemento o ión central: corresponde a un elemento metálico, que actúa como un ácido de Lewis. Una de las características que presenta es que generalmente presenta orbitales de tipo d parcial o totalmente libres

- b) Ligantes: corresponde a los iones o moléculas que rodean el átomo central y actúan como bases de Lewis. Pueden ser de tipo aniónico, neutro o catiónico; además de clasificarse, de acuerdo a los pares electrónicos libres como: mono dentados, bidentados, tridentados o poli dentados
- c) Esfera de coordinación: al metal y los ligantes que rodean al complejo se les llama a veces esfera de coordinación, la cual tiene una carga respectiva dependiendo de los constituyentes. Cuando se escribe la fórmula química del Compuesto de Coordinación, la esfera de coordinación se pone dentro de paréntesis cuadrados para distinguirla de otras partes del compuesto
- d) Contraión: Por lo general, para neutralizar la carga iónica de la esfera de coordinación se une un ión de carga respectiva (dependiendo si la esfera de coordinación es de tipo catiónica o aniónica) por un enlace de tipo iónico.

Alrededor de dichos compuestos han surgido teorías para dar explicación a la estructura molecular y a sus propiedades físicas; algunas de estas se detallan en la tabla 3:

Tabla 3. Algunas teorías aplicadas a los Compuestos de Coordinación (Fuente: Basolo y Johnson, 1967; Douglas y Mc Daniel, 1970; Moeller, 1994)

TEORÍA	DESCRIPCIÓN
Unión de valencia	Se analiza la disposición espacial que tomará el Compuesto de Coordinación teniendo en cuenta la hibridación de los orbitales del átomo central y la disposición de los ligandos en los orbitales libres. De acuerdo a esto, se puede analizar las propiedades referidas al diamagnetismo o paramagnetismo del compuesto en función de los espines apareados o desapareados, teniendo en cuenta la serie espectro química o fuerza del ligante.
Campo Cristalino (TCC)	Supone que la interacción entre los ligantes y el átomo central es electrostática; por lo tanto, considera los ligantes como cargas puntuales que se van acercando al átomo central. Al producirse esto, se genera una distribución de carga sobre los orbitales d, donde los orbitales que tienen concentrada la densidad de carga sobre los ejes se denominan e_{2g} y la que se encuentra entre los ejes se denomina t_{2g} . Esto conlleva a que se genere un desdoblamiento del campo, que desde los complejos puede ser de tipo octaédrico, tetraédrico o cuadrado. De igual forma, se analiza las transiciones que ocurren en los mismos para explicar la coloración del complejo.
Orbital Molecular (TOM)	Esta teoría aplicada a complejos, por lo general se analiza por SM teniendo en cuenta los orbitales atómicos (OA) del ión metálico. Si un OA posee un mismo tipo de simetría se dice que formara un orbital molecular (OM) de tipo sigma, por otra parte, si no se dispone de alguna combinación de OA con igual simetría los orbitales son antienlazantes.

Por otra parte, en esta clase de compuestos se encuentra presente la estereoquímica inorgánica, la cual se ocupa de los átomos centrales que poseen índices de coordinación entre dos y nueve, por lo tanto debe recurrirse no solamente a los orbitales s y p, sino también d y a veces f.

La isomería es un fenómeno en este tipo de compuestos, entre las cuales se encuentran de tipo: geométrica, óptica, de unión o enlace, de ionización, de coordinación y conformacional (Basolo y Johnson, 1967; Douglas y Mc Daniel, 1970).

La relación presente entre minerales y Compuestos de coordinación, radica en que el color que se observa en los primeros o en gemas preciosas se debe a la presencia de iones de metales de transición que se encuentran en calidad de impurezas ocluidas en la estructura o red cristalina de estos sólidos, unidos a otros elementos dentro de la composición química (Contreras, 2007).

En contraste, se expone a continuación los aspectos generales que abarcan el tema de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos.

6.8. Simetría Molecular (SM) y Teoría de Grupos (TG)

La simetría en general hace referencia a la armonía, a la semejanza, a la equivalencia y por lo tanto a la belleza; en química, una molécula es simétrica si tiene unas partes similares a otras, es decir, si unos átomos equivalen a otros; para saber si unos átomos son equivalentes a otros se hace un estudio de la molécula por este método (Roservasser, 2009).

La simetría es una característica molecular de gran interés teórico y práctico cuyas numerosas aplicaciones en los campos de química cuántica, espectroscopia, análisis de campo de fuerza, mecanismos de reacción y cristalografía, entre otros, han sido ampliamente descritos. El estudio de esta temática a nivel universitario requiere familiaridad con varios conceptos que, aunque sean relativamente simples, su aplicación rigurosa es difícil de realizar sin la ayuda de un formalismo matemático significativo, no ambiguo, conocido como "teoría de grupos puntuales", que se ha convertido en un tema tradicional en la química estructural (Vidal, 1996).

Se denomina Teoría de Grupos puntuales (TG) al estudio de la simetría de las moléculas, que involucra los grupos puntuales, los cuales reúnen los elementos de simetría que tiene en común los compuestos (Huheey, Keiter, y Keiter, 1993).

La SM está íntimamente relacionada con la interpretación de los espectros vibracionales para lo que constituye una herramienta esencial. El hecho de que la química de la coordinación haya pasado a ser una rama de la química sustancialmente empírica a constituir una sofisticada combinación de hechos y

teoría se debe así mismo, en buena medida, al apoyo prestado por las ideas acerca de la simetría molecular en la elucidación de las estructuras y geometrías de las entidades de coordinación (HardGrove, 1997)

La identificación de grupos de puntos de moléculas e iones y las aplicaciones de la teoría de grupos a la vinculación y la espectroscopia han sido durante mucho tiempo una parte importante de los planes de estudios de pregrado en Química.

La mayoría de los métodos para determinar la estructura química de un compuesto, son métodos espectroscópicos, y la base de estos corresponde a la simetría (Arnulfo, 2000). En contraste con Moeller (1994), la simetría es una propiedad importante de las moléculas o iones poli atómicos, no sólo en cuanto a la distribución geométrica de sus átomos, sino también como una de las formas de describir su estructura en contraste con métodos de difracción y espectroscópicos.

La importancia de la SM y la TG se ha manifestado en diferentes productos de investigación, puesto que ha sido uno de los modelos teóricos-predictivos que vincula aspectos matemáticos y que tiene relación con otras áreas del conocimiento, como en la elucidación de la morfología y análisis de estructuras cristalinas, momento dipolar, espectroscopia infrarroja y Raman, clasificación de los estados electrónicos de las moléculas, determinar en una molecular que orbitales atómicos puede combinarse para formar orbitales moleculares y para predecir el número de bandas de absorción d-d en los complejos desde la aplicación de un Diagrama de Tanabe-Tsugano, de forma indirecta la relación de las propiedades físicas como la actividad óptica, punto de fusión y ebullición y algunos parámetros termodinámicos (entalpía, entropía y energía libre de Gibbs de formación) desde las características de un determinado grupo puntual (Douglas y Mc Daniel, 1970; Huheey *et al.*, 1993; Medina Valtierra y Frausto Reyes, 2005; Moeller, 1994)

Teniendo en cuenta lo anterior se expone a continuación los conceptos que se ven involucrados en el estudio de la SM y la TG.

6.9. Elementos de simetría, operaciones de simetría, grupo puntual y tabla de caracteres

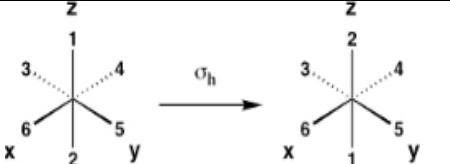
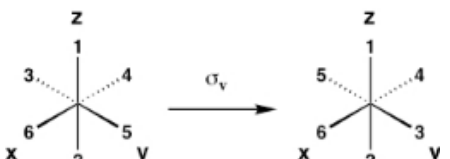
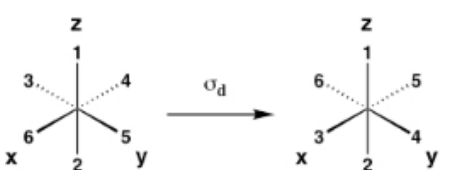
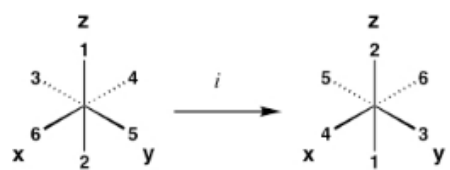
Las propiedades de simetría de un objeto o molécula se describen adecuadamente con base en las operaciones de simetría que pueden realizarse sobre los elementos de simetría. Por lo tanto, un elemento de simetría se define como una entidad geométrica tal como una línea, un plano o un punto, con respecto al cual se llevan a cabo las operaciones de simetría.

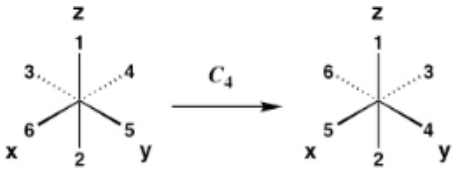
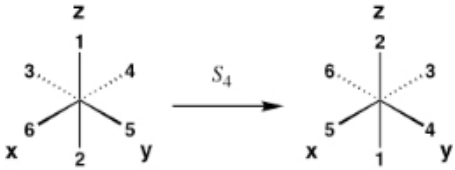

Una operación de simetría es un movimiento que, realizado sobre un objeto, da lugar a una nueva orientación de éste, indistinguible de la original y superponible con ella. Es decir, si un espectador cierra los ojos y los abre después de realizada la operación, le parecería que no se ha hecho nada.

En un sentido geométrico, dos operaciones pertenecen a la misma clase cuando los elementos que las generan pueden convertirse el uno en el otro por alguna operación de simetría del objeto (Arnulfo, 2000).

En simetría puntual, los elementos de simetría y las operaciones asociadas a ellos se muestran en la tabla 4:

Tabla 4. Elementos de simetría y su respectiva operación de simetría (Fuente: Arnulfo, 2000; Huheey, Keiter, y Keiter, 1993)

ELEMENTO DE SIMETRÍA	SÍMBOLO SCHOENFLIES	OPERACIÓN DE SIMETRÍA	Ilustración (Fuente: JoVE Science Database Cambridge, 2018)
Plano de simetría	σ	Este elemento implica la reflexión a través de un plano, el cual puede ser de tipo vertical (σ_v), horizontal (σ_h) y diedral (σ_d). La molécula al realizar la operación de simetría se dice que se transforma en ella misma o gira sobre sí misma	 <p>Figura 2. Plano de simetría horizontal</p>
			 <p>Figura 3. Plano de simetría vertical</p>
			 <p>Figura 4. Plano de simetría diedral</p>
			 <p>Figura 5. Centro de inversión</p>

		indistinguible de la misma.	
Eje de simetría	C_n	El símbolo n indica el orden del eje, teniendo en cuenta la rotación dada a la molécula; generalmente se obtiene dividiendo 360° entre el ángulo de rotación.	 <p>Figura 6. Eje de simetría</p>
Eje de rotación-reflexión o impropio	S_n	Una molécula con este tipo de eje, de orden n , tendrá una imagen indistinguible por rotación de $360^\circ/n$ alrededor del eje, seguida de la operación de reflexión a través de un plano de simetría perpendicular a este.	 <p>Figura 7. Eje de rotación impropio</p>
Identidad	E	Puede verse como un elemento trivial de simetría dado que cualquier molécula es la misma cuando permanece inalterada o definida mediante una operación de rotación de 360° . Sin embargo, su importancia radica en la combinación favorable de orbitales por	 <p>Figura 8. Identidad</p>

		aplicación de la TG.	
--	--	----------------------	--

Un grupo puntual, abeliano o conmutativo se define como aquel que agrupa un conjunto de operaciones que transforma una figura o molécula en ella misma. Las exigencias de la simetría en cristales y minerales limita el número de grupos puntuales a 32, donde cada uno posee un símbolo que consta de una letra mayúscula y un subíndice, que corresponde a un número, una letra minúscula, una combinación de números y una letra o una combinación de letras. Usualmente para ubicar el grupo puntual, se ha diseñado un diagrama de flujo que expone los elementos de simetría y las reglas de procedimiento para su aplicación con el fin de determinar el mismo (Moeller, 1994).

Los grupos más importantes corresponden a: C_n o de baja simetría, diedros, tetraédricos, octaédricos, e icosaédricos; no obstante, son menos de 32 los grupos puntuales generalmente encontrados en moléculas, Herzberg y Barrow, Mulliken y Kimball, Cotton y Jaffé ofrecieron discusiones en torno a los grupos puntuales y la aplicación de la SM y la TG a la determinación de los modos vibracionales de las moléculas y la relación de algunas propiedades físicas y termodinámicas (Huheey *et al.*, 1993; Moeller, 1994).

Algunos grupos puntuales, los elementos de simetría que poseen, así como las propiedades que se ven relacionadas con los mismos se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. Características de algunos grupos puntuales (elementos de simetría, propiedades físicas y termodinámicas y movimientos traslacionales, rotacionales) (Fuente: Borgogno, 2010; Huheey, Keiter, y Keiter, 1993; Madhya Pradesh Bhoj(Open) University, 2015; Moeller, 1994)

Grupo puntual	Elementos de simetría	Ejemplos de moléculas	Propiedades físicas y termodinámicas					Movimientos		
			Puntos de fusión (K) Por lo general	Entalpía de formación $\Delta_f H^\circ$	Entropía de formación $\Delta_f S^\circ$	Energía libre de Gibbs de formación $\Delta_f G^\circ$	¿Presenta actividad óptica?	Traslacionales (x,y,z)	Rotacionales (Rx,Ry,Rz)	Totales (traslacionales y vibracionales)
C_s	E, σ_h	C_4H_8O CH_3OH Quinolina $[AsF_6]^-$	Altos comprendidos entre 187-358	.+ .+ .+ .+	.+ .+ .+ .+	.	<i>Aquiral</i> , debido a que presenta plano de simetría	$2A' + A''$	$A' + 2A''$	$3A' + 3A''$

C₂	E, C ₂	H ₂ O ₂ C ₃ H ₂ Cl ₂ Ciclopentano	Altos comprendidos entre 169,65 - 272,2	.+ .+ .+	.+ .+ .+	.	<i>Quiral</i> , puesto que la molécula es disimétrica (no presenta eje de rotación impropia)	A + 2B	A + 2B	2A + 4B
C_{2v}	E, C ₂ , σ _v (xz), σ _v '(yz)	H ₂ O Acetona SO ₂ Cl ₂ NiF ₃ O ₂ N ₂ S ₃ C ₄ O ₂ F ₂	Moderadamente altos Comprendidos entre 178,2-390	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . .	.	<i>Aquiral</i> , debido a que presenta plano de simetría	A1 + B1 + B2	A2 + B1 + B2	A1 + A2 + 2B1 + 2B2
C_{4v}	2C ₄ , C ₂ , 2σ _v , 2σ _d	SF ₅ Cl BrF ₅	Altos Comprendidos entre 209 - 326,35	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . .	.	<i>Aquiral</i> , debido a que presenta plano de simetría	A1 + 2E	A2 + 2E	A1 + A2 + 4E
D₂	E, C ₂ (z), C ₂ (y), C ₂ (x),	Bifenil [Cu(en) ₂ (H ₂ O ₂) ²⁺ Adamtano	Comprendidos entre 342 - 450	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . .	.	<i>Quiral</i> , puesto que la molécula es disimétrica (no presenta eje de rotación impropia)	B1 + B2 + B2	B1 + B2 + B2	2B1 + 2B2 + 2B2
D₃	E, 2C ₃ , 3C ₂	(N(C ₆ Cl ₅) ₃) Etano N ₂ H ₆	Comprendidos 100 - 400	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . .	.	<i>Quiral</i> , puesto que la molécula es disimétrica (no presenta eje de rotación impropia)	A2 + 2E	A2 + 2E	2A2 + 4E

Algunas aplicaciones de los principios de la SM y la TG reportadas en productos de investigación, pueden observarse en autores como Hallam (1968), Craig y Lacuesta (2004), Frost, Theiss, López, y Scholz (2014), Wang (2012).

La tabla de caracteres corresponde a un arreglo ordenado que presenta diversas propiedades de simetría de un grupo puntual, incluyendo sus operaciones características y sus representaciones irreducibles. Las partes que constituyen la misma se ilustran en la figura 9:

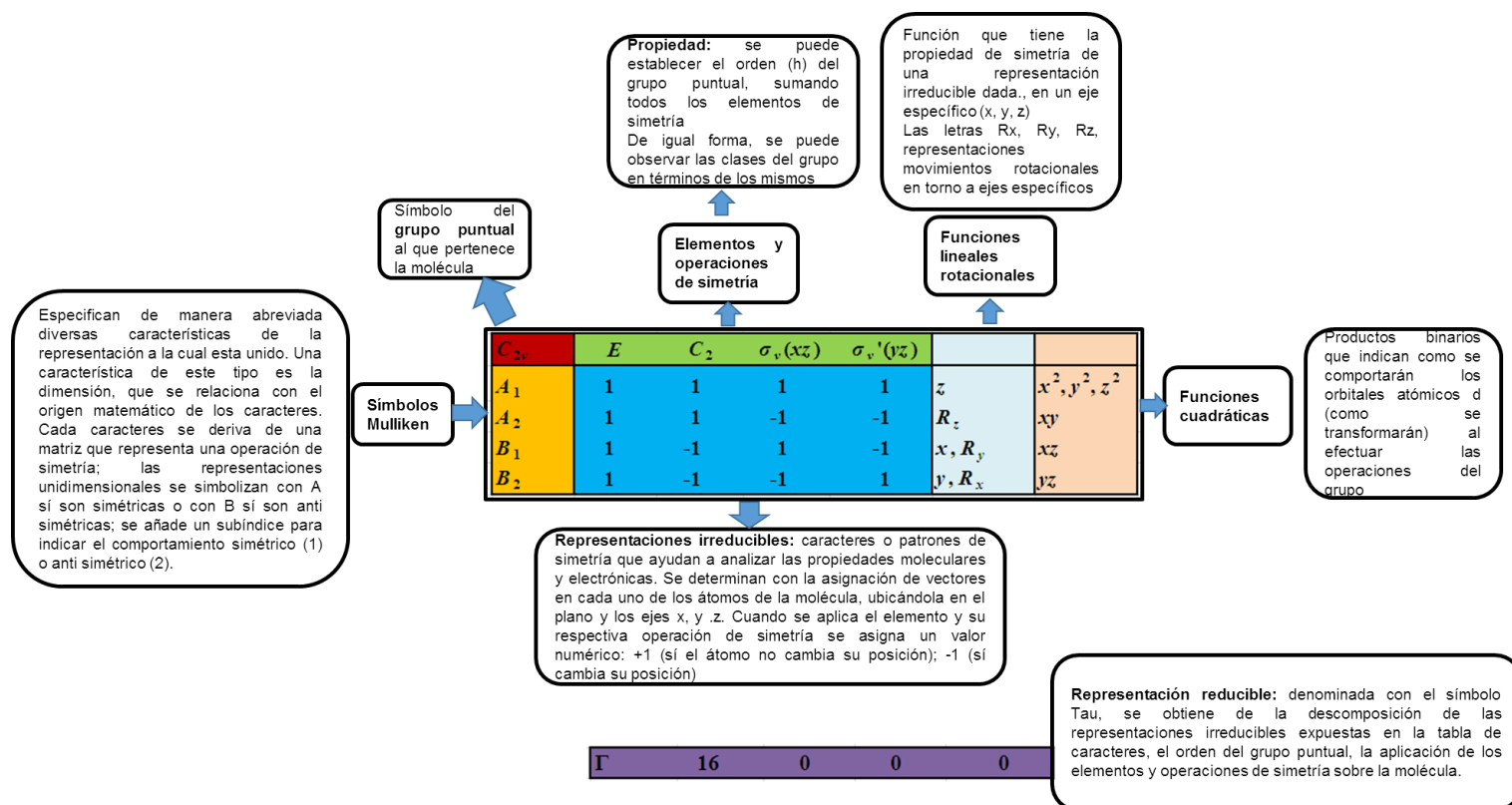


Figura 9. Partes de una tabla de caracteres con sus definiciones (Fuente: Huheey *et al.*, 1993)

Cabe añadir que una de las dificultades que se presenta en la enseñanza de la SM y la TG, es la falta de tridimensionalidad o espacialidad de los estudiantes frente a moléculas con una estructura compleja (Lawrence, 2010; Hattaway, 1979; McKay y Boone, 2001). Por lo tanto, se ha centrado la atención en diseñar alternativas didácticas para la enseñanza en estudiantes de Educación Superior con el fin de visualizar los elementos de simetría que hacen parte de una molécula (desde las más sencillas hasta las más complejas), así como el tratamiento para las tablas de caracteres de los respectivos grupos puntuales. Una de estas, corresponde al diseño de programas de modelado molecular como los citados en Laurin (2013), Vidal (1996), Ping, Lok, Tan Wei Yeat, y Tan, an Jie Ying Cherynn Emelyn (2018); así como el diseño de spreadsheet u hojas de cálculo en Excel para el tratamiento matemático correspondiente desde las tablas de caracteres de los grupos puntuales, con el fin de hallar las bandas de absorción en el uso de la espectroscopia de Infrarrojo (Condren, 1994; Southam y Lewis, 2013).

7. METODOLOGÍA

En el siguiente apartado se hace la descripción del tipo de investigación que fue adoptada por el presente trabajo, así como el grupo objetivo en la que se aplicó el mismo, el diseño metodológico y las respectivas fases metodológicas realizadas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

7.1. Tipo de investigación

De acuerdo con los objetivos planteados, la revisión de antecedentes realizada y el componente conceptual con relación al estudio de la SM y la TG aplicado a los Compuestos de Coordinación inorgánicos y, la caracterización de los niveles de desempeño, en términos de las competencias descritas (estas evaluadas en términos de indicadores de desempeño) desde el uso de rúbricas de evaluación que involucran escalas numéricas para el análisis de las mismas, esta investigación adoptó un enfoque de tipo mixto; desde esta perspectiva se presenta una relación entre lo cualitativo y lo cuantitativo.

Por lo tanto, la investigación o metodología cualitativa busca comprender la realidad para intentar transformarla; el investigador tiene un papel importante, pues recurre al entorno en que se desarrollan los fenómenos para realizar la misma, empleando como estrategias de obtención de información: la observación, entrevista, el análisis documental. Los datos obtenidos con estas técnicas se plasman en textos para ser analizados, sin pretender la generalización de los resultados (Balderas, 2016).

Por otro lado, la investigación o metodología cuantitativa usualmente parte de cuerpos teóricos aceptados por la comunidad científica con base en los cuales formula hipótesis sobre relaciones esperadas entre las variables que hacen parte del problema que se estudia, donde su constatación se realiza mediante la recolección de información cuantitativa orientada por conceptos empíricos medibles, derivados de los conceptos teóricos con los que se construyen las hipótesis conceptuales. El análisis de la información recolectada tiene por fin determinar el grado de significación de las relaciones previstas entre las variables; el procedimiento que se sigue es hipotético-deductivo el cual inicia con la formulación de las hipótesis derivadas de la teoría, continúa con la operacionalización de las variables, la recolección, el procesamiento de los datos y la interpretación, donde los datos empíricos constituyen la base para la prueba de las hipótesis y los modelos teóricos formulados por el investigador (Monje, 2011).

7.2. Grupo objetivo

La muestra de la presente investigación correspondió a un grupo de profesores en formación inicial del programa de Licenciatura en Química (PLQ) de la Universidad

Pedagógica Nacional que cursaron el espacio académico de Geo ciencias del semestre 2018-2.

El grupo mencionado estuvo constituido por 18 estudiantes del ciclo de profundización del PLQ, 9 mujeres y 9 hombres, que participaron en la implementación de la PID, durante 5 sesiones de aproximadamente 3 horas/sesión, guiadas por el investigador, donde se llevaron a cabo las actividades propuestas en la misma.

7.3. Marco metodológico

La realización de la presente investigación fue estructurada en tres etapas atendiendo a los objetivos propuestos para la misma; estas se detallan en la figura 10:

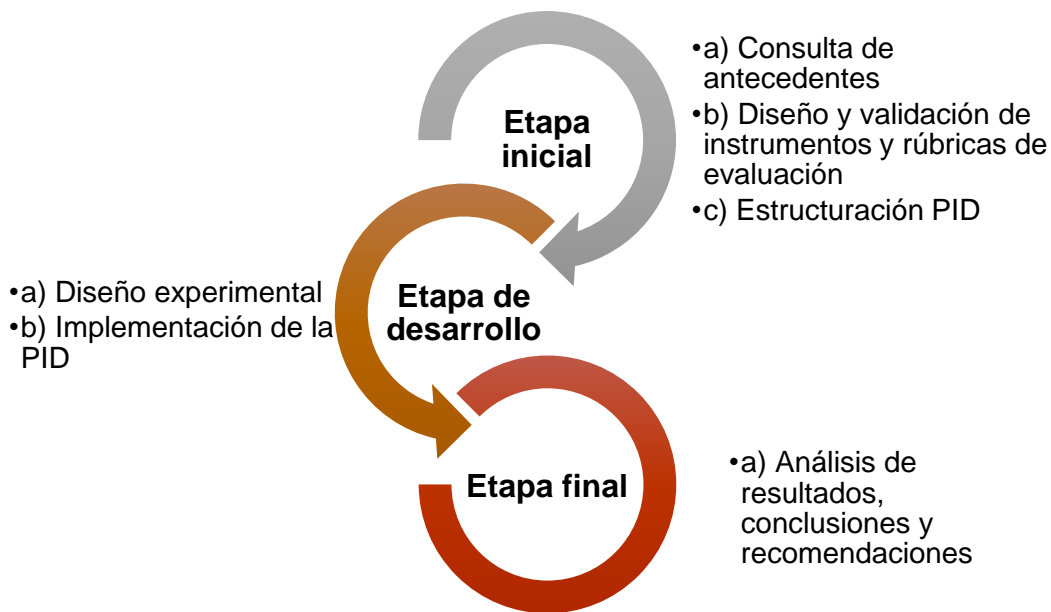


Figura 10. Etapas para la estructuración de la investigación

7.3.1. Etapa inicial:

De acuerdo a la figura 10, en esta fase se realizó la revisión de antecedentes didácticos y disciplinares a nivel local, nacional e internacional, relacionados con el tema objeto de esta investigación en articulación con las competencias anteriormente mencionadas, niveles de desempeño y el modelo ABI; con relación a los niveles de desempeño a caracterizar, se realizó la selección de las competencias básicas, procedimentales e investigativas.

Posteriormente, se realizó tanto el diseño de los instrumentos de recolección de información, como el de las rúbricas de evaluación, con el fin de identificar los niveles de desempeño, en términos de las competencias mencionadas, antes, durante y después de la aplicación de la propuesta. Los detalles de los mismos se ilustran en la tabla 6:

Tabla 6. Especificaciones sobre los instrumentos diseñados para la investigación

INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	OBJETIVO	ANEXO
1. Prueba de entrada	<p>Se diseñaron cinco ítems en los cuales se evaluó el componente conceptual de algunos CC (nombre IUPAC, átomo central y su respectivo estado de oxidación, tipos de ligantes, clase y carga total de la esfera de coordinación, número de coordinación y la estructura geométrica asociada); para el caso de la SM y la TG (elementos y operaciones de simetría, grupo puntual, propiedades físicas y termodinámicas asociadas al grupo puntual, características generales de una tabla de caracteres (partes que la conforman y definición de cada una, uso).</p> <p>Finalmente, se evaluó la selección y uso de las diferentes fuentes de información que se podrían indagar en la síntesis de un CC, la justificación de la elección dada, así como los métodos analíticos que se podrían utilizar en la caracterización física y química y si estas tendrían relación con la SM y la TG.</p>	<p>Identificar el nivel de desempeño en el que se situaba el estudiante, en términos de las competencias básicas, procedimentales e investigativas antes de la implementación de la PID, de acuerdo a las preguntas formuladas.</p>	1
2. Guía sobre propuesta de síntesis de un determinado Compuesto de Coordinación (CC) inorgánico	<p>Se realizó la selección de siete CC inorgánicos, y la conformación de sus respectivos Equipos de Trabajo (ET), de acuerdo a las personas que conformaron el grupo objetivo. En el instrumento se especificaron cinco ítems, en los cuales se buscaba evaluar los aspectos conceptuales de los CC asignados</p>	<p>Identificar el nivel de desempeño obtenido por los ET conformados, en términos de las competencias</p>	2

	<p>(nombre IUPAC, átomo central y su respectivo estado de oxidación, tipos de ligantes, clase y carga total de la esfera de coordinación, número de coordinación y la estructura geométrica asociada, tipo de enlace químico, configuración electrónica, nombre o relación a nivel de mineralogía, aplicaciones); con relación a la SM y la TG (elementos y operaciones de simetría, grupo puntual, tabla de caracteres y su respectivo tratamiento matemático en la elucidación del número de bandas de absorción sí se aplicará la técnica IR, la relación con las propiedades físicas y termodinámicas, así como en la síntesis del CC).</p> <p>Finalmente, se asignó la búsqueda del proceso de síntesis del CC dado, donde se debía indicar las fuentes consultadas, seleccionadas y su respectiva justificación.</p>	<p>básicas, procedimentales e investigativas evaluadas en el instrumento, durante la implementación de la PID.</p>	
<p>3. Parte 1: ajuste de protocolo de síntesis para los CC Parte 2: lista de chequeo de competencias básicas, procedimentales e investigativas en los procesos de síntesis y caracterización de los CC</p>	<p>Se especificaron cuatro ítems, los cuales se diseñaron de acuerdo a la información dada por los ET con relación a la búsqueda del proceso de síntesis que debía realizarse para la obtención del CC, así como los aspectos consultados por el investigador para la consolidación de la misma.</p> <p>Por lo tanto, se expusieron las características que presentaban los reactivos analíticos que se tenían en el laboratorio para realizar el proceso de síntesis del CC dado, con el objetivo de que los ET realizarán el respectivo ajuste en términos de las cantidades</p>	<p>Identificar el nivel de desempeño obtenido por los ET conformados, en términos de las competencias básicas, procedimentales e investigativas evaluadas en el instrumento, durante la implementación de la PID.</p>	<p>Parte 1: 3.1 a 3.7 Parte 2: 5</p>

	<p>necesarias para la obtención del sólido.</p> <p>Posteriormente, los ET debían realizar un pre informe donde se buscaba que mencionarán la metodología a seguir en la obtención del sólido, así como las reacciones químicas y los cambios que se presentarían en el proceso.</p> <p>Finalmente, los ET debían consultar las técnicas analíticas (cualitativas, volumétricas o instrumentales) que se podrían utilizar para la caracterización del compuesto obtenido, teniendo en cuenta las variables a controlar y el respectivo tratamiento químico.</p> <p>Con relación a la lista de chequeo, se dividió en dos partes, en donde la primera se especificó las variables de observación a tener en cuenta para el proceso de síntesis que los ET realizarían para la obtención del sólido; en la segunda, se especificaron las variables a tener presente con respecto a la metodología consolidada y que utilizarían los ET para la caracterización física y química de los CC obtenidos; lo anterior se hizo con el fin de realizar el respectivo análisis de las competencias que se buscaban evaluar en el laboratorio de síntesis y caracterización de los compuestos.</p>		
<p>4. Protocolo con técnicas de caracterización</p>	<p>Se consolidaron y especificaron las técnicas analíticas volumétricas (de precipitación y redox) a utilizarse para la cuantificación de algunos</p>		<p>4.1 y 4.2</p>

física y química para los CC sintetizados	elementos constituyentes de los CC asignados. De igual forma, se mencionaron las técnicas analíticas instrumentales a realizarse en el CC, tales como espectroscopia IR y UV-VIS, polarimetría, fusiómetro, conductimetría y refractometría.		
5. Parámetros para la elaboración del artículo científico	En este instrumento final, se especificaron 11 ítems relacionados con la estructura general que debía tener un artículo científico de síntesis inorgánica, con mira a ser publicado en alguna revista o ser expuesto en algún repositorio como un aporte investigativo. Con el mismo se buscó evaluar los aspectos conceptuales mencionados anteriormente sobre los CC, la parte mineralógica, así como el de la SM y la TG. De igual forma, tras el laboratorio de síntesis y caracterización física y química del CC obtenido, se buscaba que los ET realizarán el contraste con la SM y la TG, en términos de la elucidación del número de bandas de absorción obtenidas en el IR contra el especificado por el modelo matemático y a que parte del complejo hacían referencia, así como en las propiedades físicas y termodinámicas y su análisis con lo reportado por la literatura.	Evaluar el nivel de desempeño obtenido por los ET, después de la implementación de la PID.	6.1 y 6.2.

Cabe resaltar que dichos instrumentos se sometieron a revisión previa y a validación por juicio de expertos (ver Anexo 7).

En contraste, las competencias básicas, procedimentales e investigativas, seleccionadas y evaluadas en términos de indicadores de desempeño, inmersos en la designación de los niveles de desempeño, así como en los instrumentos

diseñados y, que por dificultades presentadas en la implementación de la PİD alcanzaron a ser evaluadas, se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Competencias básicas (CB), procedimentales (CP) e investigativas (CI), indicadores de desempeño propuestas para la PID

COMPETENCIAS	INDICADOR DE DESEMPEÑO	DENOTACIÓN	INSTRUMENTO			
			1	2	3	4
BÁSICAS	Reconoce las características del CC (nomenclatura IUPAC, átomo central y su respectivo estado de oxidación, tipo y carga total de la esfera de coordinación, tipos de ligantes, número de coordinación y su respectiva geometría molecular, configuración electrónica, tipo de enlace químico), así como su relación con la parte mineralógica y las aplicaciones que tiene el mismo (salud, industria, etc.).	CB1	Yellow	Blue	White	Green
	Reconoce los elementos y operaciones de simetría asociados al CC, así como el grupo puntual y las partes y aplicaciones que tiene la tabla de caracteres del mismo.	CB2	Yellow	Blue	White	Green
	Relaciona e interpreta los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas del CC.	CB3	Yellow	Blue	Red	Green
	Conoce y menciona las reacciones químicas, variables termodinámicas involucradas en el proceso de síntesis del CC, así como los fundamentos de las técnicas analíticas (tradicionales o instrumentales) para la caracterización del mismo.	CB4	White	Blue	Red	Green
PROCEDIMENTALES	Enuncia y define los elementos y operaciones de simetría que hacen parte del CC, así como su clasificación en un determinado grupo puntual.	CP1	Yellow	Blue	White	Green
	Maneja y utiliza los programas de moldeado molecular 3D SYM y WEB MO en el diseño del CC, así como el spreadsheet para indicar el número de bandas de absorción asociadas al CC en la técnica instrumental espectroscopia IR, así como la interpretación de las mismas en términos de la composición química del sólido sintetizado.	CP2	White	Blue	White	Green

	Realiza y utiliza el ajuste de los protocolos para la obtención del CC, así como las técnicas analíticas (tradicionales o instrumentales) establecidos (as) para el sólido inorgánico obtenido.	CP3						
	Elabora un artículo científico que consolida principalmente el componente conceptual del CC, los principios de la SM y la TG y lo hallado experimentalmente y su respectivo contraste con lo reportado en la literatura.	CP4						
INVESTIGATIVAS	Toma decisiones en la selección de información, datos científicos o procedimientos con relación al proceso de síntesis y caracterización del CC.	CI1						
	Elabora argumentos, sostenidos en la literatura, que dan cuenta de la relación de los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas, así como lo hallado experimentalmente y lo expuesto de forma teórica sobre el CC.	CI2						

Cabe esclarecer que las competencias evaluadas en términos de indicadores de desempeño, designadas en la tabla 7, para efecto de lectura en el avance del documento, se les establecieron convenciones para identificar la misma en los respectivos instrumentos diseñados.

Como se mencionó anteriormente, por dificultades presentadas en la implementación de la PID, se diseñaron dos rúbricas de evaluación para los instrumentos que fueron aplicados, correspondientes al inicial y al de la propuesta de síntesis del CC. El diseño de las mismas tuvo en cuenta los criterios expuestos en Carriazo, Pérez, y Ensuncho (2005), García y Ladino (2008), Ladino (2004) y Tobón, Pimienta, y García (2010). Estas pueden visualizarse en los Anexos 8.1 y 8.2 respectivamente.

Para explicar las rúbricas diseñadas, en estas se muestran las preguntas, los ítems evaluados en el instrumento respectivo, así como las competencias e indicadores de desempeño que se evaluaron y los respectivos criterios de evaluación. En estos últimos se asignó una puntuación en escala de 0,0 a 5,0, donde los criterios, para efectos de simplificación, se designaron con unas convenciones a nivel de letras mayúsculas o minúsculas acompañadas de un número; totalizando los ítems evaluados se obtuvo el puntaje respectivo por cada pregunta.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la designación de tres niveles de desempeño que podrían presentar los estudiantes antes y durante la implementación de la PID; estos se especificaron de acuerdo al puntaje que se puede obtener en el diligenciamiento de un determinado instrumento. Cabe aclarar que en los instrumentos diseñados y de acuerdo a la tabla 7 como se están

evaluando diferentes competencias, los niveles de desempeño varían por instrumento, debido al número de preguntas. Por lo tanto, en las tabla 8 y 9 se exponen los niveles que alcanzaron a ser designados, en función del puntaje total, así como un descriptor general que relaciona las competencias que evaluaba el instrumento y las evidencias de las mismas:

Tabla 8. Niveles de desempeño designados para el instrumento 1

NIVELES DE DESEMPEÑO PARA EL INSTRUMENTO 1			
NÍVEL DE DESEMPEÑO	ESCALA PUNTAJE TOTAL	DESCRIPCIÓN	PARA CLASIFICAR EN ESTE NIVEL, EL ESTUDIANTE
I	0-41	El estudiante que se ubica en este nivel desarrolla: *Parcialmente la competencia básica CB1 *Competencias procedimentales no se desarrolla ninguna *Competencia investigativa se específica CI1	*Especifica parcialmente las características de un CC *Toma decisiones en la selección de información, datos o procedimientos asociados al CC y justifica la elección
II	42-67	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel desarrolla: *Competencias básicas CB1, CB2 * Competencias procedimentales CP1	* Reconoce de forma completa las características del CC * Reconoce y enuncia algunos elementos de simetría presentes en el CC y especifica una posible definición; a su vez, intenta clasificar el mismo en un determinado grupo puntual, de acuerdo a los elementos de simetría. * Reconoce de forma parcial algunas partes de la tabla de caracteres y expone una posible definición de las mismas. * Expone técnicas analíticas asociadas a la caracterización del compuesto de Coordinación y lo relaciona de forma parcial con los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos.

III	68-120	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel desarrolla:</p> <p>*Competencias básicas CB2, CB3</p> <p>* Competencia procedimental CP1</p>	<p>* Relaciona la utilidad de la tabla de caracteres</p> <p>* Identifica y define las operaciones de simetría asociadas al CC</p> <p>* Relaciona de forma parcial los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas del CC</p>
------------	--------	---	---

Tabla 9. Niveles de desempeño designados para el instrumento 2

NIVELES DE DESEMPEÑO PARA EL INSTRUMENTO 2			
NÍVEL DE DESEMPEÑO	ESCALA PUNTAJE TOTAL	DESCRIPCIÓN	PARA CLASIFICAR EN ESTE NIVEL, EL ESTUDIANTE
I	0-28	<p>El ET que se ubica en este nivel desarrolla:</p> <p>*Competencias básicas CB1</p> <p>*Competencias procedimentales no se desarrolla ninguna</p> <p>* Competencias investigativas CI1</p>	<p>* Reconoce parcialmente las características de un CC</p> <p>* Relaciona la parte mineralógica y aplicaciones del CC</p> <p>* Identifica el tipo de isomería que presenta el CC</p> <p>* Toma decisiones en la selección de información, datos o procedimientos asociados al CC</p>
II	29-57	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el ET que se ubica en este nivel desarrolla:</p> <p>* Competencias procedimentales CP1, CP2</p>	<p>*Clasifica el CC en un determinado grupo puntual, de acuerdo a sus elementos de simetría</p> <p>*Identifica y enuncia las operaciones de simetría generadas por los elementos de simetría que pertenecen al CC</p> <p>*Maneja el programa de modelado molecular 3D SYM y WEBMO para el diseño del CC</p> <p>*Enuncia los elementos de simetría molecular asociados al CC de acuerdo al programa de modelado molecular</p> <p>*Utiliza el spreadsheet para relacionar la tabla de caracteres, de acuerdo al grupo puntual e indicar el número de bandas en la aplicación de la técnica</p>

			instrumental espectroscopia IR con relación al CC
III	58-85	Además de lo descrito en los niveles anteriores, el ET que se ubica en este nivel desarrolla: * Competencias básicas CB3, CB4	*Menciona y reconoce las reacciones químicas que se ven involucradas en el proceso de síntesis y caracterización del CC, así como las variables fisicoquímicas que se ven involucradas en el proceso de síntesis del CC *Relaciona y argumenta la relación de los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas del CC

De conformidad a lo anterior, se estructuró la PID en términos del número de intervenciones y actividades a realizarse, así como los respectivos instrumentos y el material a utilizarse; lo anterior puede observarse en la tabla 10:

Tabla 10. Número de intervenciones, instrumentos y actividades diseñadas para la PID

INTERVENCIÓN	INSTRUMENTOS Y MATERIAL A UTILIZARSE	ACTIVIDAD
1	a. Instrumento 1: prueba de entrada b. Instrumento 2: propuesta de síntesis de un determinado Compuesto de Coordinación (CC) c. Presentación sobre los minerales	a. Contextualización y presentación de la investigación a realizar con el grupo b. Aplicación del instrumento de entrada c. Organización del grupo en equipos de trabajo d. Exposición sobre conceptos generales sobre los minerales y su relación con los CC e. Instrucciones para el diligenciamiento del instrumento 2

2	<p>a. Instrumento 2: Propuesta de síntesis de un determinado CC</p> <p>b. Programas de modelado molecular: WEB MO** y 3D SYM OP**</p> <p>c. Hojas de cálculo en Excel o spreadsheet</p> <p>d. Página de Jacobs University (2013)</p>	<p>a. Actividad teórico-práctica: exposición de los conceptos concernientes a los CC y el abordaje de los principios de la SM y la TG, utilizando compuestos presentes en minerales, y el CC asignado por equipo de trabajo, así como uso de bases de datos de minerales</p> <p>b. Uso de programas de modelado molecular para la estructuración del CC asignado y la visualización de los elementos y operaciones de simetría concernientes al mismo</p> <p>c. Uso de la página Jacobs University (2013) para hallar la representación reducible o Tau (τ), para tenerla en cuenta para hallar el número de bandas en el IR.</p> <p>d. Uso de hojas de cálculo o spreadsheet (realizadas por Niece (2012) y Vitz (2002)) para el tratamiento matemático de las tablas de caracteres, de acuerdo a los respectivos grupos puntuales, para dilucidar el posible número de bandas que se presentarían en la aplicación de la técnica instrumental de IR</p>
<p>**Programas en forma de App instalables para dispositivos Android o en computadores, utilizados principalmente para la visualización de los elementos de simetría y operaciones de simetría. Fueron realizados por la Universidad de Singapore y la Universidad de Harvard respectivamente, los cuales se pueden descargar gratuitamente en la tienda de Google Play (las especificaciones de los mismos pueden consultarse en https://www.webmo.net/ y https://3d-sym-op.soft112.com/ respectivamente. Cabe resaltar que los mismos presentan ejemplos de moléculas orgánicas e inorgánicas con estructuras simples y complejas, zonas de ejercicios para practicar la simetría de moléculas, así como repositorios donde se detallan propiedades físicas y termodinámicas de diferentes compuestos</p>		
3	<p>a. Instrumento 3: Protocolo de ajuste de protocolo para la síntesis de los respectivos CC</p> <p>b. Protocolo de técnicas de caracterización fisicoquímica para el CC respectivo</p>	<p>a. Reformular el protocolo de síntesis del CC asignado por equipo de trabajo, atendiendo a las instrucciones dadas en el mismo y algunas indicaciones dadas en el instrumento 2</p> <p>b. Concertar las técnicas de caracterización (métodos cualitativos, volumétricos o instrumentales) para el CC asignado</p>

4	a. Pre informe para la síntesis del CC b. Lista de chequeo de competencias	a. Sintetizar en el laboratorio el CC asignado, teniendo en cuenta las indicaciones dadas en la intervención 3 y el pre informe elaborado por equipo de trabajo b. Diligenciar la parte 1 de la lista de chequeo, concerniente al proceso de síntesis del CC
5	a. Pre informe para la caracterización fisicoquímica del CC b. Lista de chequeo de competencias c. Instrumento 4: elaboración de artículo científico	a. Utilizar las técnicas de caracterización física y química expuestas en el protocolo de caracterización para los CC respectivos b. Diligenciar la parte 2 de la lista de chequeo, concerniente al proceso de caracterización del CC c. Entregar el instrumento 4, para explicar las indicaciones y los parámetros a tener en cuenta para la elaboración de un artículo científico por equipos de trabajo atendiendo al CC asignado
6	a. Instrumento 4 b. Chequeo de las competencias expuestas en la tabla 5	a. Exposición del artículo científico elaborado, con relación a los resultados obtenidos y a los parámetros establecidos en el instrumento 4 b. Indicaciones finales para la publicación en alguna revista o para ser expuesto en algún repositorio

Con relación a las exposiciones realizadas en la PID, los aspectos conceptuales generales abordados en las mismas se muestran en la figura 11:

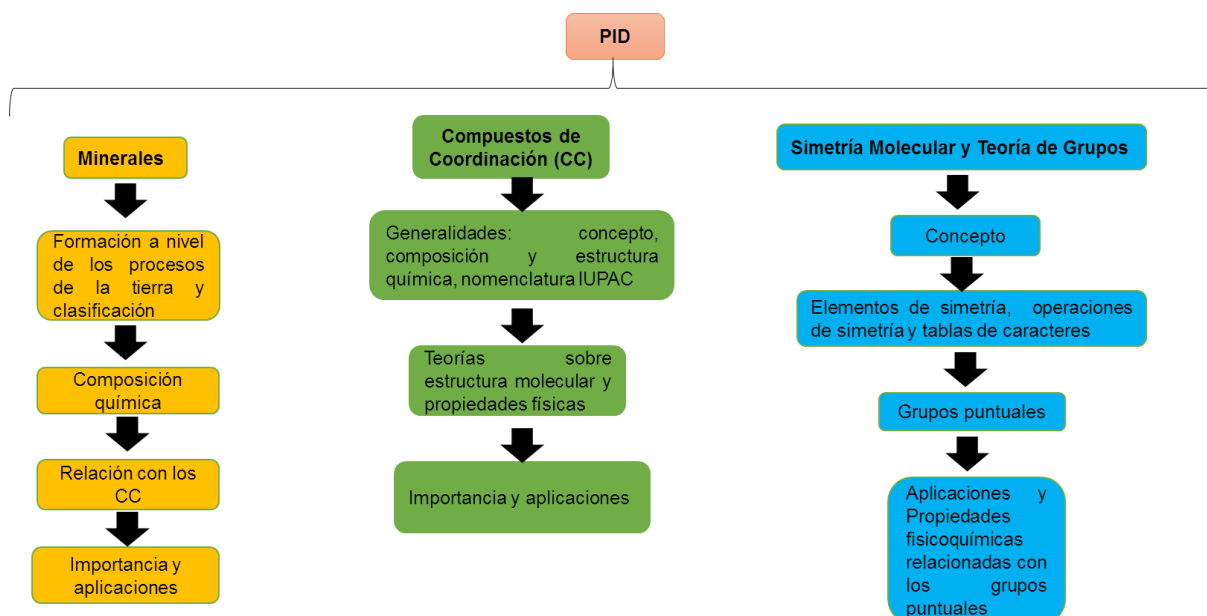


Figura 11. Aspectos generales tratados en la PID (Fuente: Autor)

7.3.2. Etapa de desarrollo:

Como se especificó anteriormente, la propuesta que se estructuró vinculó el modelo de Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI), el cual se articuló mediante la asignación de un Compuesto de Coordinación inorgánico a cada ET. Los complejos seleccionados se muestran en la tabla 11:

Tabla 11. Compuestos de Coordinación inorgánicos seleccionados en la PID

Compuesto de coordinación inorgánico	Nombre IUPAC	Fuente del procedimiento de síntesis
A. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$	Cloruro de pentamminclorocobalto(III)	Williams, Olmsted, y Breksa (1989)
B. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$	Cloruro de pentamminnitritocobalto(III)	
C. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$	Cloruro de pentamminnitrocobalto(II)	
D. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	Cloruro de hexaammincobalto(III)	
E. $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Trioxalatocromato(III) de potasio trihidratado	Nelson y Kemp, (2004)
F. Cis- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Cis-diaquodioxalatocromato(III) de potasio dihidratado	
G. Trans- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Trans-diaquodioxalatocromato(III) de potasio trihidratado	

El criterio de selección de los mismos radicó en que su síntesis es menos tóxica que otros complejos, además de que no se requiere reactivos y equipos especiales para la obtención. De igual forma, se busca dar un aporte a nivel investigativo sobre los mismos, ya que la información que se encuentra es relativamente escasa en términos de la relación con el tema de la SM y la TG, así como su relación con la mineralogía.

De acuerdo a lo anterior, el investigador realizó la búsqueda de protocolos de obtención de los mismos en productos de investigación como artículos científicos, trabajos de grado, tesis de maestría o doctorales donde se expusiera el procedimiento a realizar. Por lo tanto, se seleccionaron las fuentes reportadas en la tabla 11, puesto que se ilustran procedimientos de menor complejidad para la síntesis.

Por lo tanto, antes de realizar el procedimiento, el investigador realizó la reformulación del mismo para establecer una cantidad definida a obtener del

compuesto donde el porcentaje de rendimiento en promedio estuvo alrededor del 90-95%, donde en la figura 12 se puede observar los sólidos obtenidos, en el orden que se presentó en la tabla 11.

De igual forma, se aplicaron las técnicas analíticas instrumentales de UV-VIS para determinar la longitud de onda de máxima absorción y espectroscopia de infrarrojo de los sólidos obtenidos; la primera se realizó con el fin de establecer la longitud de onda de máxima absorción del compuesto y diferenciar a partir de la misma los sólidos inorgánicos obtenidos que presentaban isomería de unión o enlace o geométrica; la segunda para observar el número de bandas de absorción que se presentaron, para después realizar la designación de los respectivos grupos funcionales inorgánicos característicos de los mismos. Lo anterior se realizó con el fin de contrastar lo obtenido y lo expuesto en la literatura.



Figura 12. Sólidos inorgánicos obtenidos tras el proceso de síntesis, presentados de acuerdo al orden de la tabla 11

Para analizar lo realizado por el investigador, con relación a los resultados reportados por los diferentes ET de acuerdo a los CC dados, en el apartado de resultados y análisis se realizará la discusión respectiva entorno a la relación de los principios de la SM y la TG, las propiedades físicas y termodinámicas de los mismos con lo reportado en la literatura.

Finalmente, de acuerdo a la figura 10 se implementó parcialmente la PID estructurada, pues como se ha hecho mención, por dificultades presentadas la misma no se desarrolló en su totalidad en las intervenciones 4 y 6, específicamente en las actividades de reformulación del protocolo para la síntesis de los CC asignados a los respectivos ET y su respectiva ejecución, el diligenciamiento de las dos partes de la lista de chequeo, así como en la elaboración del artículo científico correspondiente, y su respectiva exposición, atendiendo al instrumento 4.

Por lo tanto, para las intervenciones realizadas, se designó con una convención a los estudiantes del grupo rotulados con la letra E (E1 hasta E18); para los equipos de trabajo conformados se estableció la convención ET, que de acuerdo al número de estudiantes se conformaron 7, los cuales se rotularon de ET1 a ET7; lo anterior se hizo con el fin de realizar el respectivo análisis de resultados.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con relación a los objetivos formulados y atendiendo a la figura 10, se realizó la etapa final de la presente investigación concerniente al análisis de los resultados obtenidos tras la implementación de las respectivas intervenciones e instrumentos estructurados en la PID.

Por lo tanto, a continuación se mostrará los resultados obtenidos, los niveles de desempeño desarrollados por el grupo objetivo antes y durante la implementación de la PID (la cual vinculó el tema de la SM y la TG aplicada a los CC inorgánicos), estructurados en términos de las competencias seleccionadas, evaluando las mismas en términos de indicadores de desempeño, así como su respectivo análisis, en el cual también se abarca la relación que establecieron los ET entre la temática mencionada y las propiedades físicas y termodinámicas de los compuestos.

8.1. Resultados y discusión del instrumento de entrada

Con relación a las intervenciones y actividades estructuradas en la PID, se realizó la aplicación del instrumento de entrada por estudiante (E). Tras el respectivo diligenciamiento por los mismos, se realizó la ponderación respectiva atendiendo a los criterios de evaluación y los puntajes asignados en la rúbrica de evaluación correspondiente, donde, a modo de ejemplo, en la tabla 12 se muestra una de las rúbricas diligenciadas:

Tabla 12. Ejemplo de una rúbrica diligenciada para el instrumento de entrada

RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA EL INSTRUMENTO No 1 POR ESTUDIANTE (E)												
E1												
PREGUNTA	ÍTEM	COMPETENCIA (S)	INDICADOR DE DESEMPEÑO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN OBTENIDA	PUNTAJE POR PREGUNTA						
1	1.1	BÁSICAS (B)	CB1, CB2 y CB3	A1	0,0	5,0						
				A2	5,0							
	1.2			B1	0,0	B2	3,0	B3	5,0	5,0		
	1.3			C1	0,0	C2		5,0				
	1.4			D1	0,0	D2	3,0	D3	5,0	5,0		
	1.5			E1	0,0	E2	2,0	E3	4,0		E4	5,0
	1.6			F1	0,0	F2	2,0	F3	4,0	F4	5,0	5,0
	1.7			G1	0,0	G2	2,0	G3	4,0	G4	5,0	
	1.8			H1	0,0	H2	3,0	H3	5,0	0,0	0,0	
				I1	0,0	I2	2,0	I3	4,0	I4		5,0
2	2.1	BÁSICA (B) Y PROCEDIMENTAL (P)	CB2, CP1	J1	0,0	J2	2,0	J3	4,0	J4	5,0	5,0
	2.2			K1	0,0	K2	2,0	K3	4,0	K4	5,0	
	2.3			L1	0,0	L2	2,0	L3	4,0	L4	5,0	5,0
	2.4			M1	0,0	M2	2,0	M3	4,0	M4	5,0	
	2.5			N1	0,0	N2	2,0	N3	4,0	N4	5,0	2,0
				O1	0,0	O2	2,0	O3	4,0	O4	5,0	
					33,0		21,0					

Número de la pregunta evaluada

Ítems o secciones que evaluó la pregunta

Criterios de evaluación que comprendían el ítem o sección

Puntuación obtenida por ítem; y, puntaje ponderado o total de la pregunta

Tipo (s) de competencia (s) y su (s) respectivo (s) indicador (es) evaluado (s)

3	3.1	BÁSICA (B)	CB2	N1	N2	N3	N4	2,0	12,0
	3.2			0,0	2,0	4,0	5,0	2,0	
	3.3			O1	O2	O3	O4	2,0	
	3.4			0,0	2,0	4,0	5,0	2,0	
	3.5			P1	P2	P3	P4	2,0	
	3.6			0,0	2,0	4,0	5,0	2,0	
	3.7			Q1	Q2	Q3	Q4	2,0	
	3.8			0,0	2,0	4,0	5,0	2,0	
4	5.1.	INVESTIGATIVA (I)	CI1	V1	V2	V3	V4	5,0	
				0,0	2,0	4,0	5,0	0,0	
5	5.2.			W1	W2	W3	W4	0,0	
				0,0	2,0	4,0	5,0	3,0	
				X1	X2	X3		3,0	
				0,0	3,0	5,0		3,0	
PUNTAJE TOTAL								74,0	

Puntaje total obtenido de la sumatoria de las puntuaciones obtenidas para cada una las preguntas

De acuerdo a las ponderaciones realizadas por pregunta y al puntaje total, se asignó con este último el nivel de desempeño en el que se encontraba cada uno de los estudiantes (E) antes de la implementación de la PID, de acuerdo a la escala de puntaje mencionada en la tabla 8. Por lo tanto, en la tabla 13 se presenta de forma resumida el puntaje respectivo de la pregunta, así como las puntuaciones que obtuvieron los E en las mismas y así como la ponderación total; de igual forma se agruparon los E en los ET a los que pertenecían, esto con el fin de realizar el respectivo seguimiento tras la aplicación de la PID.

Tabla 13. Puntuaciones obtenidas por preguntas, ponderación total y niveles de desempeño obtenidos por los estudiantes (E) en el instrumento de entrada

INSTRUMENTO DE ENTRADA: PUNTUACIONES Y NIVELES OBTENIDOS POR LOS ESTUDIANTES (E)																			
PREGUNTA	VALOR	ET1		ET2		ET3		ET4		ET5		ET6		ET7					
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18
1	40,0	33,0	33,0	34,0	33,0	33,0	33,0	31,0	22,0	22,0	37,0	27,0	24,0	22,0	32,0	24,0	35,0	19,0	24,0
2	25,0	21,0	13,0	19,0	21,0	24,0	9,0	24,0	13,0	22,0	19,0	13,0	0,0	8,0	19,0	0,0	0,0	12,0	0,0
3	40,0	12,0	12,0	4,0	12,0	26,0	4,0	0,0	10,0	10,0	0,0	12,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0
4	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	2,0	5,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	0,0	4,0
5	10	3,0	2,0	10,0	3,0	5,0	3,0	7,0	7,0	2,0	7,0	2,0	2,0	5,0	5,0	2,0	5,0	3,0	2,0
PUNTAJE TOTAL OBTENIDO	120,0	74,0	64,0	71,0	74,0	90,0	54,0	66,0	54,0	60,0	65,0	58,0	30,0	53,0	58,0	30,0	42,0	53,0	30,0
NÍVEL DE DESEMPEÑO OBTENIDO		III	II	III	III	III	II	II	II	II	II	II	I	II	II	I	II	II	I

De acuerdo a la tabla 13, se observó que de los dieciocho estudiantes, antes de la implementación de la PID, tres se encontraban en el nivel de desempeño I (E12,

E15, E18); once en el nivel de desempeño II (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E16, E17); y, cuatro en el nivel de desempeño III (E1, E3, E4, E5).

Por lo tanto, continuación se presentará los resultados sistematizados en función de las respuestas agrupadas en común, dadas por los estudiantes y el análisis correspondiente de los mismos con relación a las diferentes puntuaciones que obtuvieron en cada una de las preguntas del instrumento, así como de los descriptores generales expuestos para cada uno de los niveles de desempeño y de las competencias evaluadas en términos de los indicadores de desempeño correspondientes.

Con relación a la **pregunta uno**, de acuerdo a la tabla 13 se muestra que los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño I, II y III obtuvieron puntuaciones de 24,0 para el primero, en el rango de 19,0 a 37,0 para el segundo y 33,0 para el tercero, donde las respuestas dadas para la misma por los E de los niveles correspondientes se reportan en las tablas 14, 15 y 16 respectivamente:

Tabla 14. Respuestas en común dadas por los estudiantes (E) del nivel de desempeño I para la pregunta uno del instrumento de entrada

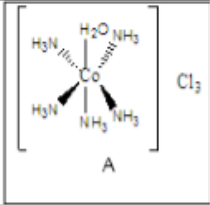
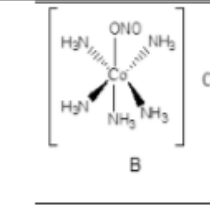
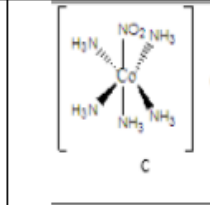
COMPUESTO			
Nombre IUPAC Seleccionó	Cloruro de acuopentammincobalto(III)	Cloruro de pentamminnitrocobalto(III)	Cloruro de pentamminnitrocobalto(III)
Atomo central y estado de oxidación	Es el cobalto, por qué es un elemento de transición Co ³⁺ (E12, E15, E18)		
Ligantes y tipo de ligante	Cl (aniónico) NH ₃ (neutro) H ₂ O (aniónico) (E12, E15, E18)	Cl (aniónico) NH ₃ (neutro) NO ₂ (neutro) (E12, E15, E18)	Cl (aniónico) NH ₃ (neutro) NO ₂ (neutro) (E12, E15, E18)
Tipo de esfera de coordinación y carga total	No especificó (E12, E15, E18)		
Número de coordinación y posible estructura geométrica	N.C: 6 Estructura: Octaédrica (E12, E15, E18)		
Posibles elementos de simetría y operaciones de simetría, grupo puntual, propiedades físicas y termodinámicas relacionadas	No especificó (E12, E15, E18)		

Tabla 15. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 1 del instrumento de entrada

COMPUESTO	A	B	C
Nombre IUPAC Seleccionó	Cloruro de acuopentammincobalto (III) (E9, E11, E14, E16, E17)	Cloruro de pentamminnitrocobalto (III) (E9, E11, E14, E16, E17)	Cloruro de pentamminnitrocobalto (III) (E9, E11, E14, E16, E17)
Átomo central y estado de oxidación	Es el cobalto, por qué es un elemento de transición, es el átomo central de la esfera de coordinación; E.O 3+ (E9, E11, E14)		
Ligantes y tipo de ligante	Cobalto 3+, porque es un ácido de Lewis es el metal del compuesto y coordina el complejo (E16, ED17)		
	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14))	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14))	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14))
	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E16))	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E16))	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E16))
	H ₂ O (neutro) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E17))	NO ₂ (aniónico) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E17))	NO ₂ (aniónico) (especifica y lo clasifica (E9, E11, E14, E17))
Tipo de esfera de coordinación y carga total	Esfera neutra con carga 1+ (E9) Esfera catiónica con carga 2+ (E11, E14, E17) Esfera catiónica con carga 5+ (E16)		
Número de coordinación y posible estructura geométrica	N.C: 6 Estructura: Octaédrica (E9, E14, E16, E17)		
Posibles elementos de simetría y operaciones de simetría, grupo puntual, propiedades físicas y termodinámicas relacionadas	3C ₄ , 6C ₂ , 4C ₃ (E11, E16) Identidad, rotación propia, centro de inversión (E9, E14, E17)		

Tabla 16. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para la pregunta 1 del instrumento de entrada

COMPUESTO	A	B	C
Nombre IUPAC Seleccionó	Cloruro de acuopentammincobalto (III) (E1, E3, E4, E5)	Cloruro de pentamminnitrocobalto (III) (E1, E3, E4, E5)	Cloruro de pentamminnitrocobalto (III) (E1, E3, E4, E5)
Átomo central y estado de oxidación	Es el cobalto, por qué es un ión metálico, con orbitales d libres y que puede actuar como un ácido de Lewis, es el átomo central de la esfera de coordinación; E.O 3+ (E1, E3)		
Ligantes y tipo de ligante	Es el cobalto 3+, porque es un ácido de Lewis, es el metal de la esfera de coordinación que está rodeado por ligantes; además actúa como ácido de Lewis (E4, E5)		
	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica); con carga 1- (E1, E3, E4, E5)	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica); con carga 1- (E1, E3, E4, E5)	Cl (aniónico) (especifica y lo clasifica); con carga 1- (E1, E3, E4, E5)
	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica; con carga 0 (E1, E3, E4, E5))	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica; con carga 0 (E1, E3, E4, E5))	NH ₃ (neutro) (especifica y lo clasifica; con carga 0 (E1, E3, E4, E5))
	H ₂ O (neutro) (especifica y lo clasifica; con carga 0 (E1, E3, E4, E5))	NO ₂ (aniónico) (especifica y lo clasifica; con carga 1- (E1, E3, E4, E5))	NO ₂ (aniónico) (especifica y lo clasifica; con carga 1- (E1, E3, E4, E5))
Tipo de esfera de coordinación y carga total	Esfera catiónica con carga 3+ (E1, E3, E4, E5)	Esfera catiónica con carga 2+ (E1, E3, E4, E5)	
Número de coordinación y posible estructura geométrica	N.C: 6 Estructura: Octaédrica (E1, E3, E4, E5)		
Posibles elementos de simetría y operaciones de simetría, grupo puntual, propiedades físicas y termodinámicas relacionadas	Operaciones: Identidad; ejes de rotación, planos de reflexión, inversión, ejes impropios (E1, E3) Elementos: E, C ₄ , C ₂ ; i; S ₄ ; Oh; O _v ; O _d (E1, E3) Rotación, Reflexión, identidad, ejes de rotación (E4, E5)		

En concordancia con los resultados sistematizados en las tablas 14, 15 y 16, con relación a las respuestas dadas por los estudiantes de los niveles de desempeño I, II y III respectivamente, se puede observar que de acuerdo a las respuestas esperadas por el investigador, en cuanto a la selección del nombre IUPAC del CC dado, se observó que en el primero los estudiantes realizaron la selección correcta de dos compuestos (A y B), permitiendo deducir que para el C, presentan dificultad para reconocer el nombre IUPAC del CC desde el reconocimiento de la isomería de unión o enlace, a diferencia de los E del nivel II y III que seleccionaron correctamente el nombre IUPAC de los tres CC rotulados como A, B y C, permitiendo inferir que distinguen la isomería de unión o enlace y que esta influye en la asignación del nombre del compuesto.

Con respecto al reconocimiento del átomo central y la asignación del estado de oxidación (EO), se observó que los estudiantes del nivel I, especificaron correctamente el átomo central y su respectivo EO presentando su justificación, donde la tendencia general es a argumentar que es un elemento de transición; para el caso del nivel II igual que el I, elucidaron los aspectos mencionados, pero en términos de la justificación presentaron una argumentación más amplia y detallada, pues además de lo especificado anteriormente los E añadieron que el elemento metálico tiene orbitales d libres y que este se encuentra rodeado por ligantes; para el nivel III, en contraste con lo mencionado, expusieron las características dilucidadas del CC pero en comparación a la justificación dada reportaron argumentos más amplios, pues especifican que además de que el elemento central es de transición, este se comporta como un ácido de Lewis y que este se encuentra en la parte central de la estructura química del CC dado.

Para el caso de los ligantes, en el nivel I los estudiantes mencionaron y clasificaron los mismos de acuerdo al CC dado, pero en este aspecto permitió inferir que los E además de que no reportaron su respectiva carga, presentan confusión en catalogar los ligantes como es el caso del agua, el grupo nitro y nitrito (neutro, aniónicos). En comparación al nivel II, los mencionaron y los clasificaron correctamente, pero al igual que el anterior no expusieron la carga respectiva, llevando a inferir que los estudiantes en ambos niveles presentan dificultad en este aspecto. En el nivel III, además de la clasificación de los ligandos, añadieron en su catalogación la carga correspondiente a cada ligando, pero que términos de la argumentación faltó incluir si correspondía a mono-bi o poli dentado así como en los anteriores niveles, presentándose otra dificultad en común para los mismos.

Por otro lado, en la especificación del tipo de esfera de coordinación y su respectiva carga en el caso del nivel I no reportaron estos aspectos, permitiendo inferir que los estudiantes que están ubicados en el mismo presentan dificultad en el reconocimiento de los mismos. Con relación a lo anterior, en el nivel II en la especificación de los aspectos mencionados, reportaron correctamente el primero, pero en el segundo aunque lo expusieron no es la carga total correcta, permitiendo deducir que los estudiantes de este nivel con relación a los ligantes, aunque los

clasificaron, no reconocieron la carga respectiva de los mismos, puesto que en función de este aspecto, el número de ligantes, así como el EO del átomo central se determina la carga total de la esfera de coordinación. Para el nivel III, reportaron correctamente los dos aspectos a diferencia de los niveles I y II, lo que permitió inferir que los E reconocen la carga asociada a los ligantes, llevándoles a deducir el la carga total de la esfera de coordinación teniendo en cuenta el número de ligantes.

En la elucidación del número de coordinación y la estructura geométrica asociada al mismo los estudiantes de los tres niveles mencionaron estos aspectos, permitieron inferir que, de acuerdo a las respuestas esperadas por el investigador, los E no presentaron dificultad en los mismos.

Finalmente para el caso de exponer los posibles elementos y operaciones de simetría, grupo puntual y propiedades físicas y termodinámicas asociadas a los CC dados, los estudiantes del nivel I no los especificaron, permitiendo inferir que los mismos presentan dificultades en el reconocimiento de los aspectos mencionados. En comparación de los niveles I y III, los estudiantes expusieron posibles elementos de simetría, así como de algunas operaciones asociadas a los mismos que probablemente podrían hacer parte de los CC dados, que para el caso del II, aunque mencionaron los mismos, no especificaron el grupo puntual, así como las propiedades físicas y termodinámicas relacionados con los mismos, permitiendo inferir que aunque los estudiantes de este nivel presentaron ideas sobre los aspectos especificados, presentan dificultad en establecer la relación con las propiedades mencionadas.

Para el caso del nivel III, al igual que el II expusieron probables elementos de simetría, así como de algunas operaciones asociadas a los CC dados, pero que en comparación a lo expuesto en el nivel anterior, algunos estudiantes reportaron una categorización en función de los símbolos de los elementos de simetría y las operaciones asociadas a los mismos; esto permitió inferir que aunque se mencionan los aspectos anteriores, se presenta confusión entre los elementos de simetría y las operaciones asociadas a los mismos, en términos de la reflexión, rotación o cambio en la disposición espacial de los átomos. Con relación al grupo puntual y las propiedades físicas y termodinámicas relacionados con los mismos, al no especificarlas permitió inferir que los mismos presentan dificultad en este aspecto, como en los niveles anteriores.

De acuerdo a lo expuesto, se puede inferir que en términos de las competencias básicas evaluadas en esta pregunta, en términos de los indicadores de desempeño el nivel I mostró evidencia parcial de la competencia básica CB1, a diferencia de los II y III donde se mostró argumentos complementarios para la evidencia total de la misma.

Para el caso de la CB2 y CB3, en el I no se presentó evidencias para su reconocimiento, que en comparación al II y III se evidenció la primera y para la segunda no se observó para dichos niveles.

Con relación a la **pregunta 2**, en la tabla 13 se muestra que los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño I obtuvieron una puntuación igual a 0,0, puesto que no reportaron las respuestas a los ítems evaluados en la misma. Lo anterior permitió inferir que los mismos no reconocen tanto el símbolo como la definición de los elementos de simetría que pueden hacer parte de un CC, así como las operaciones que realizan los mismos. Esto permitió concluir que no se presentó evidencia de la competencia básica CB2 y la competencia procedimental CP1.

Para los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño II y III, se sistematizaron y agruparon las respuestas similares dadas por los estudiantes en concordancia con la pregunta (ver Tabla 17 y 18), donde el primero obtuvo puntuaciones en el rango de 8,0 a 24,0 y el segundo en el intervalo de 19,0 a 24,0.

Tabla 17. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 2 del instrumento de entrada

ITEM	NOMBRE DADOS	DEFINICIONES DADAS
1. σ_h	Plano de simetría horizontal (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E16, E17)	Es un plano de simetría horizontal y se define como la imagen especular, reflejo (E2), (E6); esta operación cambia de átomo a una parte de la molécula por otro situado a la misma distancia (E7); se sitúa perpendicularmente al eje de rotación propia principal (E8), (E9), (E10), (E13); elemento de simetría respecto al eje principal de rotación (E14), (E11); plano de reflexión a través del cual se obtiene una copia idéntica de la molécula al girarla (E16), (E17)".
2. C_n	Eje de rotación (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E16, E17)	Línea imaginaria que al atravesar la molécula y girarla sobre el eje aparece una imagen indistinguible (E2), (E6); da cuenta de los giros que puede realizar una molécula con respecto a un eje de simetría (E7), (E13); implica la presencia de ejes de menor orden (E8), (E9); eje sobre el cual se da una rotación de 360° una molécula es indistinguible de la otra (E10), (E17); giro de 180°(E11); cada rotación es de 120° es indistinguible a la molécula (E14), (E16)".
3. E	Identidad (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E16, E17)	Operación que deja intacta a la molécula tras reducir el movimiento (E14); no especifica la definición (E11), (E10), (E13), (E16), (E6); esta operación deja la molécula tal cual, cualquier molécula presenta esta operación (E7), (E17); es la operación que al girar la molécula 360° da una imagen indistinguible (E2), (E9), (E8)".
4.	Operación de simetría (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E16, E17)	No especifica la definición (E2), (E11), (E13), (E16), (E17); consiste en proyectar cada punto de la molécula a una distancia igual en el otro lado (E7); hacer 90° indistinguible (E14); rotación y reflexión (E9); rotación alrededor de un eje C_n seguida de reflexiones a través de planos de simetría (E6), (E8); es la forma para encontrar la configuración equivalente a la inicial (E10)
5.D4h	Grupo puntual (E2, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E16, E17)	No especifica la definición (E2), (E6), (E8), (E9), (E10), (E13), (E17); es el resumen de las operaciones y elementos de simetría que presenta una molécula (E7), (E14), (E16); tiene varios ejes perpendiculares entre sí (E14), (E11), (E13)".

Tabla 18. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para la pregunta 2 del instrumento de entrada

ITEM	NOMBRES DADOS	DEFINICIONES DADAS
1. σ_h	Plano de simetría horizontal (E1, E3, E4, E5)	"Operación de reflexión, elemento plano de reflexión que se sitúa perpendicularmente al eje de rotación principal (E3), (E4); es una operación de simetría en la que se hace reflexión del compuesto teniendo la imagen en ambos lados (E5); se lleva a cabo a través de un plano, que produce una imagen reflejada concerniente con el objeto original (E1)"
2. C_n	Eje de rotación (E1, E3, E4, E5)	"Significa que al girar o rotar la molécula se obtiene una imagen igual que la inicial (E5); operación de rotación, realiza un giro de $360/n$ alrededor de un eje (E3), (E4); diferentes posiciones que puede tener un complejo, teniendo en cuenta sus ejes (E1)"
3. E	Identidad (E1, E3, E4, E5)	"No afecta el objeto, es decir se mantiene igual solo se indica pues nombrando sus ejes de simetría o grupos puntuales (E5); operación de dejar al objeto igual, equivalente a no hacer nada, inalterado (E3), (E4); operación trivial, equivalente a no hacer nada, deja cualquier objeto inalterado (E1)"
4.	Operación de simetría (E1, E3, E4, E5)	"Se requieren de dos operaciones como rotación y plano de simetría (E5); elemento plano de simetría vertical, que contiene un eje de rotación principal (E3), (E4); movimiento que se realiza sobre un cuerpo, conduce a una configuración equivalente inicial (E1)"
5.D4h	Grupo puntual (E1, E3, E4, E5)	"Es donde se incluyen todos los elementos de simetría incluso la identidad al no afectar la molécula (E5), (E1); grupo de simetría geométrico que se mantiene constante (E3), (E4)"

En concordancia con los resultados sistematizados en las tablas 17 y 18, de acuerdo a las respuestas dadas por los estudiantes de los niveles de desempeño II y III respectivamente, se puede observar que de acuerdo a las esperadas por el investigador, los mismos especificaron correctamente el nombre del símbolo o figura que se les presentó asociado a los elementos y operaciones de simetría, así como el grupo puntual, lo cual permitió deducir que los mismos presentan una noción sobre los aspectos mencionados. Por otra parte, a nivel de las definiciones dadas para cada uno de los ítems se observó que los estudiantes de ambos niveles intentan dar definiciones aproximadas para los mismos, encontrándose confusión entre el elemento de simetría y la operación asociada al mismo, donde las tendencias encontradas, para el ítem uno por los estudiantes del nivel II, por ejemplo, consistieron en dilucidar que es una operación de simetría que hace una copia idéntica de la molécula al girarla, que en el caso del nivel III las tendencias mostraron en especificar que es una operación que refleja el elemento de simetría, que es llevada a cabo por un plano que produce una imagen indistinguible.

Para el caso del ítem dos, la tendencia encontrada en el nivel II fue a especificar que es una operación de simetría, representada como una línea imaginaria que implica girar la molécula en un cierto ángulo y la deja en una imagen indistinguible; para el nivel III la inclinación hallada correspondió a mencionar que la operación de simetría que genera es un giro de $360^\circ/n$, pues gira o rota la molécula obteniendo una imagen igual.

Con respecto al ítem tres, en el nivel II las tendencias encontradas correspondieron a exponer que es una operación trivial que deja la molécula igual al girarla 360° , que para el caso del nivel III definen que es una operación de simetría que no afecta la molécula y la deja inalterada; lo anterior conlleva a inferir que además de que se presenta confusión en los aspectos anteriormente dilucidados, en términos de la

operación que genera este elemento de simetría, se estipula por los E que la misma no altera la molécula o la deja inalterada, conllevando a analizar que los mismos no reconocen la acción en sí que genera este elemento.

Para el caso del ítem cuatro, se muestra que en las definiciones reportadas por los mismos tienden a especificar que es una imagen indistinguible que implicar rotar y reflejar para encontrar una configuración equivalente a la inicial. De acuerdo a esto, aunque los estudiantes expusieron el nombre, al definir a que hacía referencia una operación de simetría permitió inferir que se presenta dificultades en la misma, puesto que aunque combinan acciones que intervienen en la misma, no hay una definición concisa.

Finalmente para el ítem cinco, la tendencia encontrada para los dos niveles en mención, es a exponer que es el resumen o síntesis de las operaciones y elementos de simetría en un grupo geométrico. De acuerdo a esto, se observó que los estudiantes presentan una definición precisa del ítem, puesto que involucran conceptos que se ven inmersas dentro de la definición del ítem tales como grupo geométrico, resumen de las operaciones y elementos de simetría, aunque faltó especificar otros nombres alternativos a este ítem como grupo abeliano o conmutativo.

Con relación a lo expuesto y analizado anteriormente, permitió inferir que los estudiantes de nivel de desempeño II y III presentaron evidencia parcial de la competencia básica CB2 y de la procedimental CP1.

Por otro lado, para el caso de la **pregunta 3**, en la tabla 13 se muestra que los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño I obtuvieron una puntuación igual a 0,0, puesto que no reportaron las respuestas a los ítems evaluados en la misma. Lo anterior permitió inferir que los mismos no reconocen las partes asociadas a la tabla de caracteres de un determinado grupo puntual, así como su uso, los conceptos que relaciona y las aplicaciones que podría presentar en un CC. Lo anterior, permitió concluir que no se presentó evidencia de la competencia básica CB2.

Para los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño II y III, presentaron respuestas similares en concordancia con la pregunta (ver Tabla 19 y 20), donde el primero obtuvo puntuaciones en el rango de 4,0 a 19,0 y el segundo en el intervalo de 4,0 a 26,0.

Tabla 19. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para la pregunta 3 del instrumento de entrada

SECCION	NOMBRES DADOS	EXPLICACIONES DADAS	APLICACIONES Y/O USO DE LA TABLA DE CARACTERES EN EL CC
1.	Símbolos Mulliken (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)	No especificaron (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)	
2.	Grupo puntual (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)		
3.	Elementos de simetría (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)		
4.	Funciones de rotación (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)		
5.	Funciones cuadráticas (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)		
6.	Caracteres de las representaciones irreducibles (E2, E8, E9, E10, E11, E14, E16, E17)		

Tabla 20. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para la pregunta 3 del instrumento de entrada

SECCION	NOMBRES DADOS	EXPLICACIONES DADAS	APLICACIONES Y/O USO DE LA TABLA DE CARACTERES EN EL CC
1.	Símbolos Mulliken (E1, E3, E4, E5)	"Indica las representaciones que se pueden dar en el complejo (mono dimensionales, bidimensionales), (E1, E5); son etiquetas de las representaciones reducibles (E3, E4)"	La tabla relaciona los elementos de simetría, como identidad, planos de simetría, rotación propia e impropia (E1, E5) Se puede usar para mirar orbitales o enlaces ya que estos también se ven afectados por las operaciones de simetría (E3, E4)
2.	Grupo puntual (E1, E3, E4, E5)	"Símbolo que indica la colección de elementos de simetría (E4, E5); propiedad de una molécula que la confiere un grupo de operaciones de simetría (E1, E3)"	
3.	Elementos de simetría (E1, E3, E4, E5)	"Presenta las operaciones, cuando la molécula tiene simetría cuando un movimiento u operación aplicada deja a la figura indistinguible de la original (E1), (E5); conjunto de operaciones de simetría de un grupo puntual (E3, E4)"	
4.	Funciones de rotación (E1, E3, E4, E5)	"Son funciones lineales (E1, E5); indican rotación (E3, E4)"	
5.	Funciones cuadráticas (E1, E3, E4, E5)	"Funciones al cuadrado (E4, E5); indican traslación (E1, E3)"	
6.	Caracteres de las representaciones irreducibles (E1, E3, E4, E5)	"Debido a que no se pueden descomponer de otra forma, describe efectos de las operaciones de simetría (E4, E5); pertenecen al grupo puntual (E1, E3)"	

En concordancia con los resultados consignados en las tablas 19 y 20, de las respuestas dadas por los estudiantes de los niveles de desempeño II y III respectivamente, se puede observar que con relación a las esperadas por el

investigador, los mismos especificaron correctamente el nombre de cada una de las secciones de la tabla de caracteres que se les expuso en el instrumento, permitiendo deducir que los mismos reconocen las partes asociadas a la misma.

Por otra parte, en términos de las explicaciones de las secciones de la tabla de caracteres los estudiantes de nivel de desempeño II no presentaron las mismas, así como el uso y/o aplicaciones que le darían a la misma en un CC, en comparación a los de nivel III que sí las reportaron. Por ende, esto permitió inferir que aunque en el nivel II se presente reconocimiento de las partes que componen la tabla de caracteres, se presenta dificultad en la elucidación de las mismas, así como el uso y/o aplicaciones que puede llegar a tener la misma con respecto a un determinado CC.

Analizando los reportes dados por los estudiantes del nivel de desempeño II se observa que los mismos dan definiciones aproximadas a las esperadas por el investigador, para cada una de las secciones, donde las tendencias encontradas, para el ítem uno por los estudiantes de este nivel especifican que es una representación reducible mono, bi-dimensional que se le puede dar a un complejo.

Para el caso de la sección dos, la tendencia general encontrada fue a especificar que indica la colección de elementos y operaciones de simetría de una molécula. Por otro lado, para las definiciones dadas en las secciones tres, cuatro y cinco se observó que los estudiantes presentan confusión entre el elemento de simetría y la operación asociada al mismo, como se ha mencionado en oportunidades anteriores; de igual forma, para los casos de definir las funciones lineales y cuadráticas la tendencia es a referir a que las primeras son para movimientos rotacionales y las segundas son para los traslacionales que con relación a lo esperado por el investigador no corresponde, puesto que las funciones lineales refieren a movimientos rotacionales y traslacionales y las cuadráticas se utilizan en la elucidación de movimientos generados por los orbitales atómicos de un compuesto que pertenezca a un determinado grupo puntual, que para este último y en contraste con la sección seis lo asociaron a los caracteres irreducibles exponiendo además que estos son generados por las operaciones de simetría.

Finalmente, con respecto a los conceptos, uso y/o aplicaciones que presenta la tabla de caracteres en el CC dado, las tendencias encontradas correspondieron a exponer que esta relaciona los elementos de simetría mencionando algunos; de igual, en cuanto al uso exponen una de las aplicaciones relacionadas con los orbitales.

Con relación a lo expuesto y analizado anteriormente, permitió inferir que los estudiantes de nivel de desempeño II presentaron evidencia parcial de la competencia básica CB2, a diferencia de los de nivel III que mostraron pruebas adicionales con respecto a la competencia para complementar su verificación total.

Finalmente, para las **pregunta 4 y 5**, de acuerdo a la tabla 13 se muestra que los estudiantes ubicados en el nivel de desempeño I, II y III obtuvieron puntuaciones en el rango de 2,0 a 5,0 donde las respuestas dadas para las respectivas preguntas por los E de los niveles correspondientes se reportan en las tablas 21, 22 y 23 respectivamente:

Tabla 21. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño I para las pregunta 4 y 5 del instrumento de entrada

SECCION	RESPUESTAS DADAS	JUSTIFICACION DADA
1. Fuentes seleccionadas	*Libros, literatura original y caracterización en Química inorgánica (E12) * Libros, literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica, productos de investigación (E15, E18)	"Los seleccione debido a que están avalados y confirmados por una comunidad científica que verifica los resultados" (E12) "Generalmente la información de CC está limitada a libros; [...] como es escasa la información es bueno acudir a productos de investigación porque tiene observaciones y recomendaciones" (E15, E18)
2. Métodos analíticos que emplearía para caracterizar el CC obtenido	*Punto de fusión, solubilidad, conductividad eléctrica, coloración del cristal (E12, E15, E18)	No especificaron (E12, E15, E18)
3. Relación de los principios de la SM y la TG con el aspecto 2		No especificaron (E12, E15, E18)

Tabla 22. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño II para las preguntas 4 y 5 del instrumento de entrada

SECCION	RESPUESTAS DADAS	JUSTIFICACION DADA
1. Fuentes seleccionadas	*Libros, literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica, productos de investigación (Revistas, Memorias) (E7, E8, E11, E16, E17) *Libros y productos de investigación (Revistas, Memorias) (E2, E13) *Literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica (E14) *Literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica y otras (tesis de maestría y doctorado) (E9) *Productos de investigación (Revistas, Memorias) (E10)	"Es mejor buscar protocolos de compuestos para mirar cuales funcionan (E11)" "Son fuentes confiables que contienen información de calidad. En muchas ocasiones se rigen bajo la normatividad vigente para la ejecución de protocolos y procedimientos; y en la mayoría de los casos están a la vanguardia en tecnología y métodos de análisis modernos (E7, E17, E16, E8) "Los libros pueden brindar información del proceso que ha realizado para el estudio o análisis que no siempre se reconocen en los artículos de las revistas. Sin embargo, no es información actualizada, por lo tanto, se necesitan de los dos elementos libros y revistas (E2, E13)" "La confiabilidad y la descripción de las metodologías empleadas en los estudios llevados permitirían sintetizar un complejo" (E14) "el producto de una investigación es más confiable y trae más información que la que proporciona un libro" (E10)
2. Métodos analíticos que emplearía para caracterizar el CC obtenido	*Espectroscopia y difracción de rayos X" (E13, E14, E17)	"Para determinar la composición química" (E13, E17) "[...] llevaría a cabo estudios espectroscópicos y de difracción de rayos X para conocer si presenta isomería óptica; después contrastaría la información obtenida con la descrita en la literatura sobre la naturaleza de formación de complejos del metal y las propiedades estereoquímicas, teniendo en cuenta los elementos y operaciones de simetría" (E14)
3. Relación de los principios de la SM y la TG con el aspecto 2	*"Sí, los principios de la SM y la TG permiten conocer el comportamiento de los complejos, para determinar qué tipos de métodos deben emplearse" (E17) **"Por lo general el mejor método es la espectroscopia de difracción de rayos X, por lo que utilizaría este. Por otra parte sí utilizaría la SM y la TG ya que tiene el modelo matemático para comprobar y verificar que el compuesto obtenido es el que quería" (E10) **"La SM y la TG ayudaría a caracterizar toda la parte intermolecular, su estructura química, si es paramagnética o diamagnética, etc." (E13).	

Tabla 23. Respuestas dadas por los estudiantes (E) ubicados en el nivel de desempeño III para las preguntas 4 y 5 del instrumento de entrada

SECCION	RESPUESTAS DADAS	JUSTIFICACION DADA
1. Fuentes seleccionadas	<p>*Libros y literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica (E1)</p> <p>*Literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica y productos de investigación (revistas, Memorias)" (E3)</p> <p>*Productos de investigación (Revistas, Memorias) (E4, E5)</p>	<p>"Los libros permitiría conocer un poco más sobre el compuesto a sintetizar, ya que puedo encontrar información relevante. Además necesito buscar información puntual sobre la síntesis y como poder llevarla a cabo" (E1)</p> <p>"Este tipo de texto es basado en trabajo experimental (sintetizar) y verificación del compuesto por caracterización validando los resultados; la producción académica como trabajo experimental (sintetizar) como sustento de que una comunidad científica ha puesto en marcha la síntesis y ha recreado el fenómeno" (E3)</p> <p>"Debido a que en las publicaciones de revista hacen mención específica del compuesto de coordinación para su síntesis pero en otras literaturas se puede buscar el análisis que se le hace al complejo por IR. En libros de inorgánica solo nombran el complejo pero no muestra claramente su proceso de síntesis (E4, E5)</p>
2. Métodos analíticos que emplearía para caracterizar el CC obtenido	<p>Espectroscopia de IR (E1, E5)</p> <p>Punto de fusión, índice de refracción, desviación de la luz polarizada, color, espectroscopia IR y UV-VIS (E3, E4)</p>	<p>"Se puede usar un análisis de IR ya que algunos compuestos de coordinación al sintetizarse no son estables a temperatura ambiente, por ello se obtiene otro complejo. Para mirar el compuesto obtenido se puede mirar el espectro y compararlo con otro [...] (E1, E5)</p> <p>"Se puede usar para determinar las propiedades físicas del CC que se vaya a obtener" (E3, E4)</p>
3. Relación de los principios de la SM y la TG con el aspecto 2	<p>"Usando la simetría podemos mirar cambio de color cuando hay presencia de campo débil o campo fuerte" (E1), (E5)"</p> <p>"Los principios de la simetría y la teoría de grupo se pueden utilizar para caracterizar el compuesto ya que es información puntual de las moléculas a los que presente el grupo puntual. Es información que caracteriza a un grupo de moléculas, ya que los agrupa en grupos" (E3, E4)</p>	

En concordancia con los resultados sistematizados en las tablas 21, 22 y 23 con relación a las respuestas dadas por los estudiantes de los tres niveles de desempeño, en primera instancia para el ítem de selección de fuentes información, se observó la elección desde una a tres fuentes de información, dando la justificación de la misma. Por lo tanto, entre las tendencias generales encontradas por los tres niveles se ilustran cuatro entre las cuales están: productos de investigación; libros y productos de investigación; libros y literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica; libros, literatura original en síntesis y caracterización en Química inorgánica y productos de investigación.

De acuerdo a lo anterior, en la toma de decisiones realizada por los estudiantes en la selección de las fuentes de información anteriormente mencionadas, las tendencias frecuentes con respecto a la justificación de su elección se encontraron: con respecto a la primera se debió a que exponen procedimientos más claros, breves y concisos en cuanto a la síntesis de un CC, además de que son más confiables que otro tipo de fuentes de información; para la segunda se eligieron puesto que brindan información actualizada y confiable; para la tercera se seleccionó debido a que la información está avalada y confirmada por una comunidad científica, además de que los resultados expuestos son verificados por la misma; para la última, se expuso que se ilustran procesos más detallados en cuanto al proceso de síntesis de un CC, además hay observaciones y recomendaciones que surgen de la realización de los procedimientos para la obtención del mismo, llevando a la confiabilidad de los resultados y a la vinculación de información vigente.

De acuerdo a lo expuesto, permitió inferir que con relación a los argumentos dados por los estudiantes, se reflejó la toma de decisiones en la elección de fuentes de información que involucran los procesos de síntesis de un compuesto de coordinación, que con relación a la competencia investigativa CI1 que se estaba evaluando, se mostró evidencia de la misma.

En segunda instancia, para los ítems de mencionar métodos analíticos que posiblemente se podrían utilizar para la caracterización de un CC sintetizado y la relación con los principios de la SM y TG, en contraste con las fuentes de información seleccionadas por los estudiantes de los tres niveles, los mismos indicaron algunas técnicas analíticas como espectroscopia de IR, rayos X, polarimetría pero se observó que la tendencia general es a especificar más las propiedades físicas a determinarle al mismo, pero no las técnicas analíticas asociadas a las mismas; entre las que se encuentran: determinación de punto de fusión, solubilidad, conductividad eléctrica, índice de refracción. De acuerdo a esto, y con relación a la justificación dada en la elección de las mismas, se mostró que en el nivel I aunque los estudiantes hayan reportado las propiedades físicas asociadas a técnicas analíticas para ser utilizadas en el CC, no reportaron los argumentos concernientes a la selección realizada, así como la posibles relación que tendrían alguna de estas con los principios de la SM y la TG.

En contraste con lo expuesto en el nivel I, se observó que en los niveles II y III se presentaron argumentos que dieron soporte en la elección de las técnicas analíticas por parte de los estudiantes de los respectivos niveles, así como una aproximación hacia la relación de la SM y la TG con alguna de estas y las propiedades físicas, en donde el primero los estudiantes explicaron la elección dada en términos de que estas les permitiría determinar la composición química, las propiedades estereoquímicas (isomería óptica) y que en términos de la SM y la TG está involucra un modelo matemático que puede dar explicación a las propiedades en el CC, así como el paramagnetismo y el diamagnetismo; en el segundo aunque especificaron las propiedades físicas que podrían determinarse al CC, no especificaron los métodos analíticos asociados a las mismas como en el caso del nivel I, pero la diferencia radica que en su argumentos intentaron relación la SM y la TG mencionando los elementos de simetría y los grupos puntuales en su explicación, debido a que estas son características únicas de una molécula y del grupo.

De acuerdo a lo anterior, permitió inferir que con relación a los argumentos dados por los estudiantes, se reflejó la toma de decisiones en la elección de información que involucra el proceso de caracterización (métodos analíticos) de un CC, pero que términos del fundamento de las mismas se presenta la misma, puesto que en lo expuesto por los mismos se observó la tendencia a especificar más las propiedades físicas que las técnicas analíticas que involucran las mismas. De igual forma, aunque los niveles II y III intentaron presentar argumentos con relación algunas de las técnicas especificadas, así como las propiedades físicas que les

permitiera establecer una relación con los principios de la SM y la TG, en términos de la implementación hay que fortalecer este aspecto.

En términos de la competencia investigativa CI1 evaluada, se mostró evidencia de la misma en la toma de decisiones en la elección de información relacionada con los métodos analíticos para ser utilizados en la caracterización de un CC sintetizada.

8.2. Implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID, resultados y análisis del instrumento dos

De acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis realizado para cada una de las preguntas del instrumento de entrada, así como las respectivas competencias evaluadas dentro de las mismas en términos de los indicadores de desempeño correspondientes y los niveles de desempeño caracterizados antes de la implementación de la PID, con relación a las dificultades encontradas en los mismos, en el desarrollo de la PID se buscó fortalecer las competencias en aspectos del componente conceptual tanto de los CC, como de los principios de la SM y la TG y la relación de este último con las propiedades físicas y termodinámicas así como con algunas técnicas relacionadas con los mismos.

Por lo tanto, atendiendo a la estructuración de la PID expuesta en la tabla 10, se realizó en el grupo objetivo la realización de las actividades expuestas en la misma, en las intervenciones dos y tres las cuales consistieron en primera instancia a organizar el grupo objetivo en siete equipos de trabajo (ET), debido al número de CC seleccionados. De igual forma, se realizó la entrega del instrumento dos a cada uno de los ET para su diligenciamiento durante y después de la implementación de la PID, realizando las respectivas aclaraciones para el diligenciamiento de los puntos expuestos en el mismo. Cabe aclarar que durante la implementación se articuló el modelo ABI para guiar el proceso de aprendizaje para el fortalecimiento y evaluación de las competencias a evaluar, desde la vinculación del proceso de investigación en algunos puntos del instrumento, así como el TPL guiado por el mismo.

En términos de las actividades especificadas, se realizó exposiciones que involucraron los aspectos conceptuales que se estaban trabajando en el espacio académico con relación al núcleo problemático de los minerales (formación a nivel de los procesos evolutivos de la tierra, definición, relación con los CC en términos de la composición química, propiedades físicas y la estructura cristalina, importancia y aplicaciones). De igual forma, en contraste con estos aspectos se realizó exposiciones sobre los complejos (definición, composición y estructura química, nomenclatura IUPAC, teorías sobre la estructura molecular y propiedades físicas, importancia y aplicaciones). Por último, se realizó la exposición de los aspectos que comprenden los principios de la SM y la TG (significado de la SM, elementos y operaciones de simetría, tabla de caracteres, teoría de grupos puntuales,

propiedades físicas y termodinámicas relacionadas con algunos grupos puntuales, aplicaciones).

Cabe resaltar que en términos de las exposiciones realizadas se hizo uso de los programas de modelado molecular WEB MO y 3D SYM OP utilizando compuestos inorgánicos que abarcaron desde los binarios, ternarios hasta llegar a complejos inorgánicos, la mayoría presentes en minerales, para estructurarlos en los mismos y visualizar los elementos y operaciones de simetría que probablemente tenían, así como el respectivo grupo puntual al que pertenecían. La selección de los compuestos tomados como ejemplo se realizó desde lo reportado en base de datos de minerales utilizadas en la implementación de la PID como: Universidad Politécnica de Madrid (2012), Barthelmy (2014), Amethyst Galleries Inc. (2014), Griem (2016), debido a que en las mismas se recopilan una amplia gama de minerales y rocas a nivel local, nacional e internacional. Teniendo en cuenta esto, los equipos de trabajo iban realizando el diseño del CC asignado para visualizar los aspectos mencionados.

Por lo tanto, con relación a estos y desde lo reportado en los programas de modelado molecular, se explicó la página web de Jacobs University (2013), en la cual se exponen los 48 grupos puntuales en los que puede estar presente algún compuesto. Por ello, con relación a los compuestos binarios, ternarios y complejos inorgánicos seleccionados como ejemplos, se les buscó el respectivo grupo puntual en la página mencionada para hallar la representación reducible o Tau (τ), para tenerla en cuenta para hallar el posible número de bandas que se presentarían en el compuesto tomado de ejemplo, si se le aplicará la técnica analítica instrumental de espectroscopía de IR. Cabe añadir y resaltar que en esta página se expone información adicional del grupo puntual como por ejemplo, si el compuesto que este ubicado en un determinado grupo puede presentar o no isomería óptica (quiralidad), así como ejemplos de moléculas que a nivel de composición comprenden desde tres hasta doce átomos.

Teniendo en cuenta el valor de Tau reportado en la página, se hizo uso del material realizado por Niece (2012) y Vitz (2002) que consistió en la elaboración de hojas de cálculo en Excel que exponen los 48 grupos puntuales y sus respectivas tablas de caracteres, así como las respectivas fórmulas matemáticas para el tratamiento matemático de la representación reducible para hallar el probable número de bandas que se presentarían en la aplicación de la espectroscopía de IR. Como se mencionó en el marco teórico, la SM y TG es un modelo matemático-predictivo que requiere de formalismos matemáticos en términos de las operaciones de simetría generadas por los elementos respectivos de un compuesto, así como el uso de cálculo matricial y vectorial para el tratamiento de las tablas de caracteres para elucidar el posible número de bandas que se presentarían en la aplicación de la técnica de IR.

De acuerdo a esto, los ET conformados iban realizando los aspectos asignados con el CC asignado y reportando las evidencias en el diligenciamiento del instrumento.

Finalmente, tras la exposición de los aspectos conceptuales, así como la implementación del material utilizado, cada ET debía buscar en diferentes fuentes de información, la metodología que debían llevar a cabo para sintetizar el complejo asignado, especificando el número de fuentes bibliográficas o revistas consultadas, así como la respectiva justificación para la selección de la(s) fuente(s) de información.

En concordancia con las actividades realizadas durante las intervenciones una, dos y tres en la implementación de la PID y los resultados reportados en el diligenciamiento del instrumento dos por cada uno de los ET, se realizó la ponderación respectiva atendiendo a los criterios de evaluación y los puntajes asignados en la rúbrica de evaluación correspondiente, tal cual como se hizo en el ejemplo reportado en la tabla 12.

De acuerdo a las ponderaciones realizadas por pregunta y al puntaje total, se asignó con este último el nivel de desempeño en el que se situaba el ET tras la implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID, de acuerdo a la escala de puntaje mencionada en la tabla 9. Por lo tanto, en la tabla 24 se presenta de forma resumida el puntaje respectivo de la pregunta, así como las puntuaciones que obtuvieron los ET en las mismas y así como la ponderación total.

Tabla 24. Puntuaciones obtenidas por preguntas, ponderación total y niveles de desempeño obtenidos por los equipos de trabajo (ET) tras la implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID

INSTRUMENTO 2: PUNTUACIONES Y NÍVELES DE DESEMPEÑO OBTENIDOS POR LOS EQUIPOS DE TRABAJO (ET)								
PREGUNTA	VALOR	EQUIPOS DE TRABAJO (ET)						
		ET1 (E1, E2, E3)	ET2 (E4, E5)	ET3 (E6, E7)	ET4 (E8, E9, E10)	ET5 (E11, E12, E13)	ET6 (E14, E15, E16)	ET7 (E17, E18)
1	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	30,0	30,0	30,0
2	15,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
4	10,0	10,0	10,0	10,0	5,0	10,0	5,0	5,0
5	15,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
PUNTAJE TOTAL OBTENIDO	85,0	81,0	81,0	81,0	76,0	76,0	71,0	71,0
NÍVEL DE DESEMPEÑO OBTENIDO		III	III	III	III	III	III	III

De acuerdo a la tabla 24, se observó que los siete equipos conformados, en los que se encontraban los dieciocho estudiantes respectivamente, tras la implementación

de las tres primeras intervenciones alcanzaron un nivel de desempeño III, con un puntaje total comprendido entre 71,0 a 81,0. De acuerdo a esto, permitió inferir que tras el desarrollo de las actividades planteadas en la PID así como el material utilizado, fortaleció los aspectos conceptuales entorno a los CC y a los principios de la SM y la TG, de los estudiantes presentes en los diferentes ET que comenzaron con un nivel de desempeño I y II.

Por lo tanto, a continuación se presentará los resultados sistematizados por ET y el análisis correspondiente de los mismos con relación a las diferentes puntuaciones que obtuvieron en cada una de las preguntas del instrumento, así como de los descriptores generales expuestos para el nivel de desempeño y de las competencias evaluadas.

Con relación a la **pregunta 1**, se muestra que los ET obtuvieron puntuaciones de 30,0 (ET5 a ET7) y 35,0 (ET1 a ET4), donde las respuestas dadas se sistematizaron en la tabla 25:

Tabla 25. Respuestas dadas por los ET para la pregunta uno del instrumento dos tras la implementación de las tres primeras intervenciones de la PID

ET	Fórmula química del CC	Nombre IUPAC	Átomo central	Ligantes y tipo de ligante Isomería presente; tipo de enlace	Tipo de esfera de coordinación y carga total	Relación mineralógica y aplicaciones
1	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$	<i>Cloruro de pentaaminclorocobalto(III)</i>	Co^{3+} <i>Es el elemento metálico que además de actuar como ácido de Lewis, tiene orbitales atómicos de tipo d vacíos para que los ligantes ocupen dichos espacios</i>	<i>NH₃: neutro (con carga cero) y mono dentado</i> <i>Cl: aniónico (con carga 1-) y mono dentado</i> <i>Presenta isomería de ionización</i> <i>Enlace covalente coordinado e iónico (por el lado del contraión)</i> <i>N.C: 6 (Geometría octaédrica)</i>	<i>La esfera de coordinación está representada en paréntesis en cuadrados; como se encuentra al lado izquierdo del contraión es de carga positiva, por lo tanto es una esfera catiónica.</i> <i>La carga total de esta teniendo en cuenta el número de ligantes y su respectiva carga es de 2+</i>	<i>La relación que establecimos es que el elemento cobalto (Co) esta presente en el mineral Gillardite, presentandose con coloraciones purpuras; entre las aplicaciones que se encontraron está que se usa en la medicina (antitumoral, antifúngico o antitóxico); se ha utilizado en productos industriales y en análisis cualitativo.</i>

2	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$	Cloruro de pentaamminnitrocobalto (III)	<p>Es el cobalto (Co) cuyo estado de oxidación en el complejo es de 3+; tiene es un elemento metálico con orbitales d semillenos, en los cuales se enlazan los ligantes.</p>	<p>NH₃: su carga es cero (0) y es un ligando mono dentado Nitrito: (ONO) su carga es (-1) y es un ligando ambientado, debido a que por poseen más de un átomo capaz de donar pares de electrones no compartidos, sin embargo poseen un tamaño demasiado pequeño como para ser capaces de donar electrones con ambos átomos a la vez</p> <p>Enlace químico coordinado</p> <p>Presenta isomería de unión o de enlace</p> <p>N.C:6 (Geometría Octaédrica)</p>	<p>La carga total de la esfera de coordinación es 2+, puesto que realizando el cálculo de acuerdo al número de ligantes y a su carga respectiva se obtiene la misma. Por lo tanto, es de tipo catiónica</p>	<p>Este complejo es utilizado en el campo de la medicina. A nivel de los minerales, el elemento metálico cobalto (Co) está presente en la composición química del mineral Therese magnanite.</p>
3	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$	Cloruro de pentaamminnitrocobalto (III)	<p>Co³⁺ Elemento metálico que puede actuar como ácido de Lewis y los ligantes como bases de Lewis; este presenta orbitales d semillenos</p>	<p>(NH₃) Amino: Su carga formal es de cero (neutro). Es un ligando Mono dentado, ya que solo forma un enlace con el átomo central metálico, ocupando una única posición en la esfera de coordinación del metal. (NO₂) Nitro: Su carga formal es 1-. Es un ligando ambientado, ya que posee más de un "átomo dador", pero solo puede usar uno. Los ligandos ambientados pueden dar lugar a un tipo de isomería estructural mejor conocida como isomería de unión o enlace.</p> <p>N.C: 6 (Geometría octaédrica)</p>	<p>La esfera de este complejo es de tipo catiónica y carga formal es 2+</p>	<p>El elemento metálico (Co) se encuentra a nivel de la composición química del mineral Guarinoite.</p> <p>Este complejo ha sido estudiado por su capacidad para reprimir la división celular; esta propiedad ha sido probada para inhibir el crecimiento de tumores y bacterias como la E. Coli.</p>
4	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	Cloruro de hexaamincobalto(III)	<p>Co³⁺ Es el átomo metálico central, puesto que además de estar rodeados por los ligantes, actúa como un ácido de Lewis ya que tiene orbitales d semillenos o vacío.</p>	<p>Tiene ligantes de amoníaco con carga neta 0 (mono dentado)</p> <p>La geometría molecular que tiene, de acuerdo al número de ligantes (6) es octaédrica.</p> <p>Presenta isomería de ionización.</p>	<p>La esfera es de tipo catiónica con una carga total de 3+</p>	<p>El cobalto se encuentra presente en el mineral Chromphyllite. A nivel de aplicaciones se utiliza en la industria farmacéutica.</p>

5	$K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$	Trioxalatocromato(III) de potasio trihidratado	<p>Cr^{3+}</p> <p>Es el elemento metálico, que tiene orbitales atómicos d semillenos para que los ligantes de oxalato se dispongan en los mismos.</p>	<p>$(C_2O_4)^{2-}$: Ligando bidentado, con carga 2-</p> <p>N.C: 6 (Geometría Octaédrica)</p> <p>Enlaces covalentes coordinados e iónicos</p> <p>Esfera aniónica (-3)</p> <p>Isomería de ionización</p>	<p>La esfera de este complejo es de tipo aniónica con una carga total de 3-, puesto que se encuentra al lado derecho del contraión</p>	<p>El elemento metálico cromo (Cr) se encuentra presente en los minerales Petterdite y Chromceladonite, como coloraciones pardas a negruzcas.</p> <p>(No especificaron aplicaciones que tiene el mismo).</p>
6	$Cis-K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$	Cis-diacuodioxalatocromato(III) de potasio hidratado	<p>Cr^{3+}</p> <p>Este elemento metálico es el átomo central, con un EO de 3+; posee orbitales d semillenos donde se ordenan los cuatro ligantes.</p>	<p>$(C_2O_4)^{2-}$ ligante bidentado: con carga 2-</p> <p>(H_2O): ligante mono dentado: neutro</p> <p>N.C: 6 (Geometría octaédrica)</p> <p>Enlace covalente coordinado e iónico (por el lado del contraión potasio)</p> <p>Presenta isomería geométrica de tipo cis (los ligandos se disponen a 90°)</p>	<p>La esfera de coordinación es de tipo aniónica, con una carga total de (1-)</p>	<p>El cromo esta presente en el mineral Petterdite.</p> <p>(No presentaron aplicaciones)</p>
7	$Trans-K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 3H_2O$	Trans-diaquodioxalatocromato(III) de potasio trihidratado	<p>Cr^{3+}</p> <p>Átomo metálico que a nivel de la estructura del complejo está situado en la parte central y se haya rodeado por los ligantes; es un ácido de Lewis</p>	<p>$(C_2O_4)^{2-}$ ligante bidentado: con carga 2-</p> <p>(H_2O): ligante mono dentado: neutro</p> <p>N.C: 6 (Geometría octaédrica)</p> <p>Enlace covalente coordinado e iónico (por el lado del contraión potasio)</p> <p>Presenta isomería geométrica de tipo trans (los ligandos se disponen a 180°)</p>	<p>Esfera aniónica con carga total de 1-</p>	<p>El cromo esta presente en el mineral Iquiqueite y nitratine.</p> <p>(No presentaron aplicaciones)</p>

Con relación al seguimiento que se realizó a los diferentes estudiantes, así como a los equipos de trabajo en los que estaban presentes antes de la implementación de la PID, tal como se reportó en el apartado 8.1, y en concordancia con los resultados sistematizados en la tabla 25 se muestra que en términos de las dificultades encontradas en cada uno de los niveles, se observó que las mismas fueron superadas con las actividades desarrolladas en las intervenciones uno, dos y tres, así como las competencias que se estaban evaluando inicialmente, presentando de igual progresión en las mismas.

Con esta pregunta, se buscaba evaluar de nuevo el componente conceptual sobre los CC, de acuerdo a los resultados, los estudiantes que presentaron inicialmente

dificultades en el reconocimiento del nombre IUPAC del CC, desde el trabajo asignado por ET, se fortaleció este aspecto, pues hacen mención de nombre correcto, teniendo en cuenta el tipo de isomería que presenta el mismo, pues esto conllevó a que identificarán que aunque se pueda presentar ligandos que tengan la misma fórmula, estos pueden presentar isomería, como en el caso de los grupos $(\text{NO}_2)^-$ y $(\text{ONO})^-$, que presentan isomería de tipo de unión o enlace, así como los CC que tienen isomería geométrica (cis y trans) lo que conlleva a que su nombre cambie.

Para el caso de especificar el átomo central de los CC asignados por ET, lo reportaron, así como el EO correspondiente y en términos de la elección realizada, ampliaron más la argumentación en comparación a los resultados iniciales, donde las tendencias generales encontradas fueron a dilucidar que además de ser un elemento metálico el cual se encuentra rodeado por ligantes, que actúan como bases de Lewis, donde el mismo puede actuar como un ácido de Lewis, pues posee orbitales d semillenos o vacíos, y en estos se unen los ligandos.

Con relación a especificar el tipo de esfera de coordinación y su carga total respectiva, los ET reportaron estos dos aspectos, en donde elucidan los ligantes que hacen parte del CC, los clasifican, donde en este último especifican la carga respectiva, y mencionan la clase de ligando (mono, bi, dentado). Teniendo en cuenta, se pudo deducir que los estudiantes que presentaban inicialmente dificultades en estos aspectos, los superaron desde el trabajo en Equipo. Cabe añadir que los diferentes equipos, añadieron el número de coordinación y la geometría molecular asociada al mismo con relación al CC asignado.

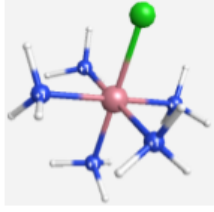
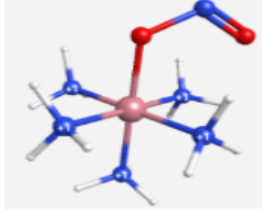
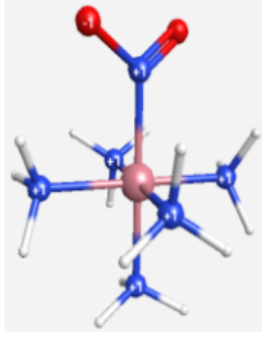
Por último, los mismos especificaron los minerales en los que podría estar presente el CC asignado, desde las bases de datos utilizadas en la implementación de las actividades de la PID, donde los mismos llegaron a establecer la relación de los mismos con la parte mineralógica, en términos de la composición química, puesto que expusieron que los elementos metálicos que constituyen los CC dados, se presentan en los minerales expuestos por los ET y pueden presentarse con coloraciones características. En el caso de las aplicaciones, los equipos de trabajo ET5, ET6 y ET7 no reportaron este aspecto, a diferencia de los otros ET, que expusieron generalmente que los CC asignados son utilizados en el campo de la medicina; en este componente es importante, que en contraste con el modelo ABI, desde la investigación se fortalezca las aplicaciones que puede llegar a tener el CC para que los estudiantes vean el uso y la importancia que se la dado a los mismos en diferentes campos.

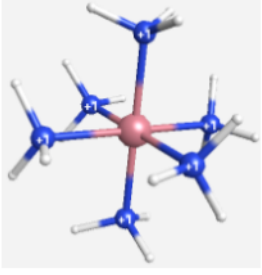
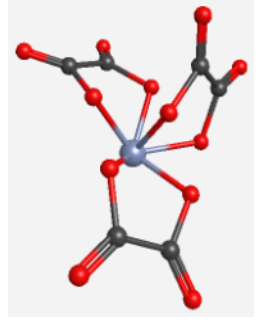
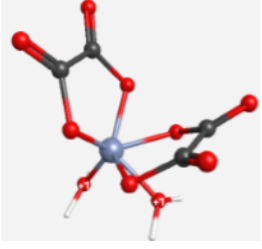
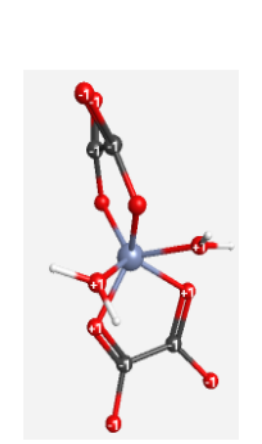
Por lo tanto, con relación a la competencia básica CB1 que se evaluaba en esta pregunta, se presentó evidencia y fortalecimiento en la misma.

Con respecto a la **pregunta 2**, se evaluó al componente conceptual de los principios de la SM y la TG, en donde se buscó articular el modelo ABI en términos de que los ET conformados buscarán la relación que podría establecerse entre estos con algunas propiedades físicas y termodinámicas con el CC dado, antes de ser explicado en las actividades propuestas para la PID.

Por lo tanto, el puntaje obtenido por los ET fue de 13,0, donde las respuestas dadas por los mismos con relación a la pregunta especificada se exponen en la tabla 26:

Tabla 26. Respuestas dadas por cada uno de los equipos de trabajo (ET) para la pregunta dos del instrumento dos tras la implementación de las intervenciones uno, dos y tres de la PID

ET	Evidencia de software	Grupo puntual Reportado por el Software	Elementos de simetría y operación que realiza	Propiedades físicas y termodinámicas relacionadas
1		C _{4v}	<p>E: elemento identidad; esta operación es trivial, la cual consiste en dar un giro de 360° al CC dando una imagen indistinguible (ET1, ET2)</p> <p>C₄: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 4. Realiza un giro de 90° entre el átomo central y el ligando de amoniaco (ET1, ET2)</p> <p>C₂: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza un giro de 180° entre el átomo central y el ligando de cloruro (ET1); y el grupo nitrato (ET2)</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto sí se le aplicará la polarimetría probablemente no giraría el plano de la luz polarizada debido a que desde la simetría molecular y la TG es AQUIRAL, debido a que presenta planos de simetría)</p> <p>Se encuentra relación con el IR, cuando se halla el número de representaciones reducibles con respecto al número de movimientos que activan el IR y se ve reflejado en las bandas.</p>
2			<p>σ_v: este elemento de simetría, está asociado a plano de simetría vertical. Realiza la reflexión de la molécula cuando el plano está en el eje de rotación de orden 2 (ET1, ET2)</p> <p>σ_d: este elemento de simetría, está asociado a plano de simetría diedral. Realiza la reflexión de la molécula cuando el plano está en el eje de rotación de orden 4 (ET1, ET2)</p>	
3		C _{2v}	<p>E: elemento identidad; esta operación es trivial, la cual consiste en darle un giro de 360° al CC.</p> <p>C₂: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza un giro de 180° entre el átomo central y el grupo nitro.</p> <p>σ_{v(xz)}: este elemento de simetría, está asociado a plano de simetría vertical entre los ejes x, z. Realiza la reflexión de la molécula.</p> <p>σ_{v(yz)}: este elemento de simetría, está asociado a plano de simetría vertical entre los ejes y, z. Realiza la reflexión de la molécula.</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto desde la simetría molecular y la TG es AQUIRAL, debido a que presenta planos de simetría)</p> <p>Se encuentra relación con el IR, Raman cuando se utiliza la tabla de caracteres.</p>

4		C _s	<p>E: elemento identidad; esta operación es trivial, la cual consiste en darle un giro de 360° al CC.</p> <p>σ_h: este elemento de simetría, está asociado a plano de simetría horizontal. Realiza la reflexión de la molécula entre el átomo central y los ligantes horizontales.</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto desde la simetría molecular y la TG es AQUIRAL, debido a que presenta planos de simetría) Puede utilizarse la espectroscopia IR, Raman, polarimetría que son técnicas que están relacionadas con la SM y la TG.</p>
5		D ₃	<p>E: elemento identidad; esta operación es trivial, la cual consiste en darle un giro de 360° al CC.</p> <p>C₃: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 3. Realiza la operación de rotación de la molécula en giros de 120° entre el átomo central y los ligantes.</p> <p>C₂: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza la operación de rotación de la molécula en giros de 180° entre el átomo central y los ligantes.</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto desde la simetría molecular y la TG es QUIRAL, debido a no que presenta ejes de rotación impropios) Puede utilizarse la espectroscopia IR, y la, polarimetría que están relacionadas con la SM y la TG.</p>
6		C ₂	<p>E: elemento identidad; esta operación es trivial, la cual consiste en darle un giro de 360° al CC.</p> <p>C₂: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza la operación de rotación de la molécula en un giro de 180° entre el átomo central y los ligantes.</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto desde la simetría molecular y la TG es QUIRAL, debido a no que presenta ejes de rotación impropios)</p>
7		D ₂	<p>E: elemento identidad; esta operación consiste en darle un giro de 360° al CC.</p> <p>C_{2(z)}: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza la operación de rotación de la molécula en un giro de 180°entorno al eje z.</p> <p>C_{2(y)}: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza la operación de rotación de la molécula en un giro de 180°entorno al eje y.</p> <p>C_{2(x)}: este elemento de simetría, está asociado a un eje de rotación de orden 2. Realiza la operación de rotación de la molécula en un giro de 180°entorno al eje x.</p>	<p>*Quiralidad (este compuesto desde la simetría molecular y la TG es QUIRAL, debido a no que presenta ejes de rotación impropios) Esto puede a nivel experimental, contrastarse con la polarimetría.</p>

Por lo tanto, con los resultados expuestos en la tabla 26 se observó que en el seguimiento de los ET inicialmente, de acuerdo a los niveles de desempeño caracterizados y a las dificultades encontradas, en términos de identificar los

elementos y operaciones de simetría asociados a un CC, así como su definición, se estableció que los programas de modelado molecular les permitió a los estudiantes de los ET diseñar el complejo asignado, para luego determinar los elementos que estaban presentes mismo, y visualizar las operaciones dadas por los mismos y el respectivo grupo puntual.

Por lo tanto, al hallar los elementos de simetría les permitió esclarecer la operación asociada a los mismos desde el programa, lo cual los conllevó a exponer una definición sobre cada uno de los elementos, llevándolos a diferenciar estos dos aspectos tal como se reportó en los resultados sistematizados en la tabla 26, puesto que en los resultados arrojados inicialmente se presentaba esta dificultad.

Con relación a los mismos, como se mencionó anteriormente, antes de dilucidar la relación que puede presentarse entre la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas y los CC, se solicitó a los ET indagar en diferentes fuentes de información este aspecto, para que llegaran a esclarecer el mismo. Por lo tanto, la tendencia general encontrada en los equipos, es a reportar una de las propiedades físicas que se vincula con la SM y la TG, la quiralidad, donde realizan la explicación respectiva en términos de los elementos de simetría que prohíben o permiten que se presenta esta propiedad o no; por otra parte, los mismos explicitan que se ven relacionadas técnicas analíticas instrumentales como la espectroscopia de IR y la polarimetría con la SM y la TG. De acuerdo a lo expuesto por los mismos, se infirió que con relación al modelo ABI y a lo que buscaron los ET, estos vincularon el proceso de investigación con el fin de contrastar lo que se estaba exponiendo con relación al tema de la presente investigación y lo mencionado por fuentes de información.

De igual forma, se observó el avance por parte de los equipos en la relación con la temática expuesta y las propiedades antes mencionadas, puesto que en los resultados inicialmente hallados no se presentó la misma.

Lo anterior permitió definir que en términos de las competencias evaluadas en la pregunta, los ET presentaron evidencia con relación a la competencia básica CB3 y la procedimental CP1.

Para el caso de la **pregunta 3**, que buscaba evaluar las partes, uso y aplicaciones de la tabla de caracteres vinculando las hojas de cálculo mencionadas anteriormente, así como la página de Jacobs University (2013), con relación al CC asignado, los ET obtuvieron un puntaje de 10,0. Por lo tanto, de acuerdo a esto, los estudiantes desde el grupo puntual hallado, buscaron en las hojas de cálculo la respectiva tabla de caracteres donde reconocieron las partes que componían la misma, llevándolos a visualizar una de las aplicaciones que presenta esta con relación al complejo: la elucidación del número de bandas que se presentaría si se aplicara la técnica analítica instrumental de espectroscopia de IR.

Para ello, hallaron la representación reducible para el CC asignado, desde la página mencionada y posteriormente la insertaron en el spreadsheet para encontrar el número de bandas que se visualizarían. Los resultados dados por los ET se exponen en la tabla 27:

Tabla 27. Respuestas dadas por los ET para la pregunta tres del instrumento dos tras la implementación de las tres primeras intervenciones de la PID

ET	Tabla de caracteres	Tratamiento matemático desde el Spreadsheet	Movimientos totales (MT) y movimientos en el IR *N: número total de átomos en el CC																																																					
1	<p>Character Table</p> <table border="1"> <tr> <th>C_2</th> <th>E</th> <th>$2C_2$</th> <th>C_2</th> <th>$2\sigma_v$</th> <th>$2\sigma_d$</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>z</td> <td>x^2+y^2, z^2</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>-1</td> <td>R_z</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B_1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td></td> <td>x^2-y^2</td> </tr> <tr> <td>B_2</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td></td> <td>xy</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>-2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>$(x, y), (R_x, R_y)$</td> <td>(xz, yz)</td> </tr> </table>	C_2	E	$2C_2$	C_2	$2\sigma_v$	$2\sigma_d$			A_1	1	1	1	1	1	z	x^2+y^2, z^2	A_2	1	1	1	-1	-1	R_z		B_1	1	-1	1	1	-1		x^2-y^2	B_2	1	-1	1	-1	1		xy	E	2	0	-2	0	0	$(x, y), (R_x, R_y)$	(xz, yz)	<p>Reduced Representation</p> <table border="1"> <tr><td>2 A_1</td></tr> <tr><td>2 A_2</td></tr> <tr><td>3 B_1</td></tr> <tr><td>3 B_2</td></tr> <tr><td>4 E</td></tr> </table>	2 A_1	2 A_2	3 B_1	3 B_2	4 E	<p>N: 24 MT: 3N-6= 66 IR= 14</p> <p>Se deben observar 14 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente</p>
	C_2	E	$2C_2$	C_2	$2\sigma_v$	$2\sigma_d$																																																		
A_1	1	1	1	1	1	z	x^2+y^2, z^2																																																	
A_2	1	1	1	-1	-1	R_z																																																		
B_1	1	-1	1	1	-1		x^2-y^2																																																	
B_2	1	-1	1	-1	1		xy																																																	
E	2	0	-2	0	0	$(x, y), (R_x, R_y)$	(xz, yz)																																																	
2 A_1																																																								
2 A_2																																																								
3 B_1																																																								
3 B_2																																																								
4 E																																																								
2	<p>Representation</p> <table border="1"> <tr> <th>Γ</th> <td>18</td> <td>-2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	Γ	18	-2	2	0	0		<p>N: 26 MT: 3N-6=72 IR= 14</p> <p>Se deben observar 14 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente</p>																																															
Γ	18	-2	2	0	0																																																			
3	<p>Character Table</p> <table border="1"> <tr> <th>C_2</th> <th>E</th> <th>C_2</th> <th>$\sigma_v(xz)$</th> <th>$\sigma_v(yz)$</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>z</td> <td>x^2, y^2, z^2</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>-1</td> <td>R_z</td> <td>xy</td> </tr> <tr> <td>B_1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>x, R_y</td> <td>xz</td> </tr> <tr> <td>B_2</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>y, R_x</td> <td>yz</td> </tr> </table>	C_2	E	C_2	$\sigma_v(xz)$	$\sigma_v(yz)$			A_1	1	1	1	1	z	x^2, y^2, z^2	A_2	1	1	-1	-1	R_z	xy	B_1	1	-1	1	-1	x, R_y	xz	B_2	1	-1	-1	1	y, R_x	yz	<p>Reduced Representation</p> <table border="1"> <tr><td>4 A_1</td></tr> <tr><td>4 A_2</td></tr> <tr><td>4 B_1</td></tr> <tr><td>4 B_2</td></tr> </table>	4 A_1	4 A_2	4 B_1	4 B_2	<p>N: 26 MT: 3N-6=72 IR= 16</p> <p>Se deben observar 16 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente</p>														
	C_2	E	C_2	$\sigma_v(xz)$	$\sigma_v(yz)$																																																			
A_1	1	1	1	1	z	x^2, y^2, z^2																																																		
A_2	1	1	-1	-1	R_z	xy																																																		
B_1	1	-1	1	-1	x, R_y	xz																																																		
B_2	1	-1	-1	1	y, R_x	yz																																																		
4 A_1																																																								
4 A_2																																																								
4 B_1																																																								
4 B_2																																																								
4	<p>Representation</p> <table border="1"> <tr> <th>Γ</th> <td>16</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	Γ	16	0	0	0		<p>N: 28 MT: 3N-6=78 IR= 14</p> <p>Se deben observar 14 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente.</p>																																																
Γ	16	0	0	0																																																				
4	<p>Character Table</p> <table border="1"> <tr> <th>C_2</th> <th>E</th> <th>σ_h</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>A'</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>x, y, R_z</td> <td>x^2, y^2, z^2, xy</td> </tr> <tr> <td>A''</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>z, R_x, R_y</td> <td>yz, xz</td> </tr> </table>	C_2	E	σ_h			A'	1	1	x, y, R_z	x^2, y^2, z^2, xy	A''	1	-1	z, R_x, R_y	yz, xz	<p>Reduced Representation</p> <table border="1"> <tr><td>14 A'</td></tr> <tr><td>14 A''</td></tr> </table>	14 A'	14 A''																																					
	C_2	E	σ_h																																																					
A'	1	1	x, y, R_z	x^2, y^2, z^2, xy																																																				
A''	1	-1	z, R_x, R_y	yz, xz																																																				
14 A'																																																								
14 A''																																																								
5	<p>Representation</p> <table border="1"> <tr> <th>Γ</th> <td>28</td> <td>0</td> </tr> </table>	Γ	28	0																																																				
Γ	28	0																																																						
5	<p>Character Table</p> <table border="1"> <tr> <th>D_2</th> <th>E</th> <th>$2C_2$</th> <th>$2C_2$</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>x^2+y^2, z^2</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>z, R_z</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>2</td> <td>-1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>$(x, y), (R_x, R_y)$</td> <td>$(x^2-y^2, xy), (xz, yz)$</td> </tr> </table>	D_2	E	$2C_2$	$2C_2$			A_1	1	1	1	1	x^2+y^2, z^2	A_2	1	1	1	-1	z, R_z	E	2	-1	0	0	$(x, y), (R_x, R_y)$	$(x^2-y^2, xy), (xz, yz)$	<p>Reduced Representation</p> <table border="1"> <tr><td>5 A_1</td></tr> <tr><td>3 A_2</td></tr> <tr><td>8 E</td></tr> </table>	5 A_1	3 A_2	8 E	<p>N: 31 MT: 3N-6= 87 IR= 16</p> <p>Se deben observar 16 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente</p>																									
	D_2	E	$2C_2$	$2C_2$																																																				
A_1	1	1	1	1	x^2+y^2, z^2																																																			
A_2	1	1	1	-1	z, R_z																																																			
E	2	-1	0	0	$(x, y), (R_x, R_y)$	$(x^2-y^2, xy), (xz, yz)$																																																		
5 A_1																																																								
3 A_2																																																								
8 E																																																								
6	<p>Representation</p> <table border="1"> <tr> <th>Γ</th> <td>24</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> </table>	Γ	24	0	2																																																			
Γ	24	0	2																																																					
6	<p>Character Table</p> <table border="1"> <tr> <th>C_2</th> <th>E</th> <th>C_2</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>z, R_z</td> <td>x^2, y^2, z^2, xy</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>x, y, R_x, R_y</td> <td>yz, xz</td> </tr> </table>	C_2	E	C_2			A	1	1	z, R_z	x^2, y^2, z^2, xy	B	1	-1	x, y, R_x, R_y	yz, xz	<p>Reduced Representation</p> <table border="1"> <tr><td>13 A</td></tr> <tr><td>13 B</td></tr> </table>	13 A	13 B	<p>N: 26 MT: 3N-6=72 IR= 13</p> <p>Se deben observar 13 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente</p>																																				
	C_2	E	C_2																																																					
A	1	1	z, R_z	x^2, y^2, z^2, xy																																																				
B	1	-1	x, y, R_x, R_y	yz, xz																																																				
13 A																																																								
13 B																																																								
6	<p>Representation</p> <table border="1"> <tr> <th>Γ</th> <td>26</td> <td>0</td> </tr> </table>	Γ	26	0																																																				
Γ	26	0																																																						

Character Table						
	D_2	E	$C_2(z)$	$C_2(y)$	$C_2(x)$	
7	A	1	1	1	1	x^2, y^2, z^2
	B_1	1	1	-1	-1	z, R_z
	B_2	1	-1	1	-1	y, R_y
	B_3	1	-1	-1	1	x, R_x
Representation						
	Γ	16	4	4	4	

Reduced Representation	
7	A
3	B_1
3	B_2
3	B_3

N: 29
 MT: 3N-6=81
 IR= 16

Se deben observar 16 bandas características del CC al aplicar el IR, aproximadamente

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 27, permitió inferir que los estudiantes señalaron las partes que hacen parte de una tabla de caracteres, pero en términos de las definiciones respectivas se evaluó este aspecto en el instrumento final, puesto que por dificultades presentadas en la implementación los ET no alcanzaron a reportar ese aspecto. De igual forma, permitió observar que los ET hicieron uso del spreadsheet y de la página mencionada para dilucidar el número de bandas que se presentarían si se le aplicara al CC dado la técnica de espectroscopia de IR, donde los mismos especifican los movimientos totales puesto que desde el modelo de la SM y la TG, se debe mirar los movimientos o grados de libertad que posee una molécula teniendo en cuenta el número de átomos de la misma, y especificar cuáles son activos y cuáles no, desde el número que se reporte tras el tratamiento matemático de las tablas de caracteres.

Por lo tanto, con relación a la competencia procedimental CP1 que se estaba evaluando, los ET presentaron evidencia en la misma.

Para el caso de la **pregunta 4**, el puntaje obtenido por los ET fue de 5,0, donde se buscaba como una idea previa y que después fuera contrastada en al avance de las siguientes actividades de la PID la relación de las propiedades físicas y/o termodinámicas en el proceso de síntesis del complejo asignado con la SM y la TG. Entre las respuestas dadas por los ET se encontraron las tendencias a especificar la influencia de la temperatura, entalpía, entropía, punto de fusión, de ebullición, energía libre de Gibbs, índice de refracción, polaridad, actividad óptica, pero con relación a la justificación de su elección no se especificó. Por lo tanto, esto permitió establecer que los grupos presentan variables que se acercaron a lo dilucidado por algunos autores citados en el apartado de marco teórico con relación a las propiedades físicas y/o termodinámicas que se ven relacionadas, pero que con relación a la justificación por parte de los grupos falta fortalecer este aspecto en las próximas intervenciones para que fortalezcan la argumentación.

Con relación a lo anterior, se pudo inferir que en términos de las competencias básicas CB3, no se presentó evidencia, puesto que los ET aunque mencionan propiedades físicas y termodinámicas aún no establecen la relación con los principios de la SM y la TG tras la exposición de las características generales de los mismos.

Finalmente, para la **pregunta 5**, el puntaje obtenido por los ET fue de 13,0 donde la tendencia general correspondió a que en la información enviada con respecto a la síntesis del CC asignado reportaron las reacciones químicas presentes, el procedimiento específico a utilizar, con los respectivos materiales y reactivos, así como las variables a tener en cuenta en el procedimiento, con lo cual se complementó los protocolos de síntesis consolidados. Con relación a la competencia investigativa, mencionaron las fuentes de información consultadas y la elección de las mismas, donde algunas de las tendencias se exponen en la tabla 28:

Tabla 28. Tipos de fuentes de información consultadas por los ET

Tipo de fuente de información	Nombre	Año
Revistas	Journal of Inorganic Chemistry	1967, 1968, 1979
	Journal of Physical Chemistry	1972, 2001
	Journal of Mindano University Science and Technology	2015
	Journal of Chemistry and Materials Research	2013
Libros	Química inorgánica	2004, 2006
	Guías de laboratorio de síntesis inorgánica	2004, 2015
	Química analítica	2006

Con relación a la tabla 28, se muestra que los ET consultaron literatura en Química inorgánica para exponer el proceso de síntesis del CC asignado, donde las tendencias generales encontradas con respecto a la justificación dada involucra la selección de la fuente en el impacto y reconocimiento de la misma (como en el caso de las revistas y los libros), la especificidad en términos de la metodología a utilizar y los reactivos.

Por lo tanto, lo anterior permitió evidenciar la competencia básica CB4 y la investigativa CI1.

Como se ha mencionado en oportunidades anteriores, por términos de tiempo y dificultades presentadas en la implementación de las intervenciones y actividades restantes propuestas en la PID, no se alcanzaron a realizar, así como la aplicación de los instrumentos descritos. Por lo tanto, los ET no realizaron la síntesis del CC, pero sí se efectuaron los protocolos de caracterización física y química de los CC sintetizados por el investigador, esto con el fin de verificar si el sólido obtenido realmente correspondía al CC sintetizado, así como contrastar lo hallado experimentalmente con los principios de la SM y la TG.

8.3. Contraste de los resultados reportados por los ET y los hallados por el investigador

Como se hizo mención anteriormente, por dificultades presentadas en la implementación de las actividades restantes de la PID, con relación a la síntesis que realizó el investigador, los ET realizaron las técnicas de caracterización de los mismos, esto con el fin de contrastar lo que habían reportado en el instrumento aplicado en las intervenciones uno, dos y tres.

Por lo tanto, en primera instancia el investigador realizó la síntesis para la obtención de los sólidos inorgánicos, de acuerdo a los protocolos investigados y referenciados anteriormente, los cuales se complementaron con la información dada por los diferentes ET en el diligenciamiento del instrumento dos. Por ello, en la tabla 29 se reporta el porcentaje de rendimiento obtenido tras el proceso de síntesis de los mismos:

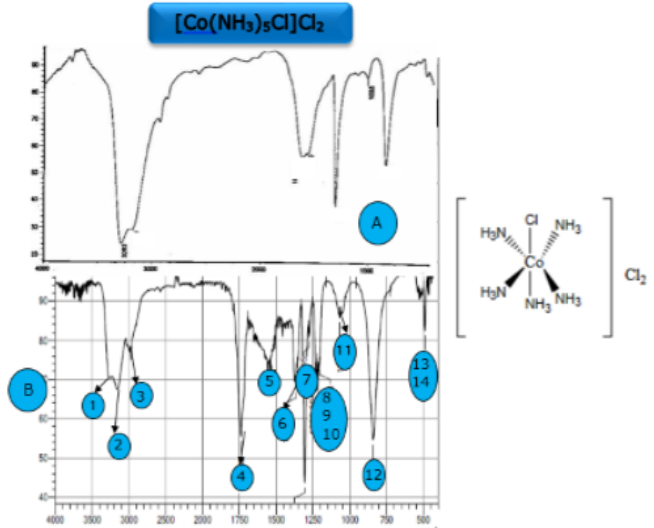
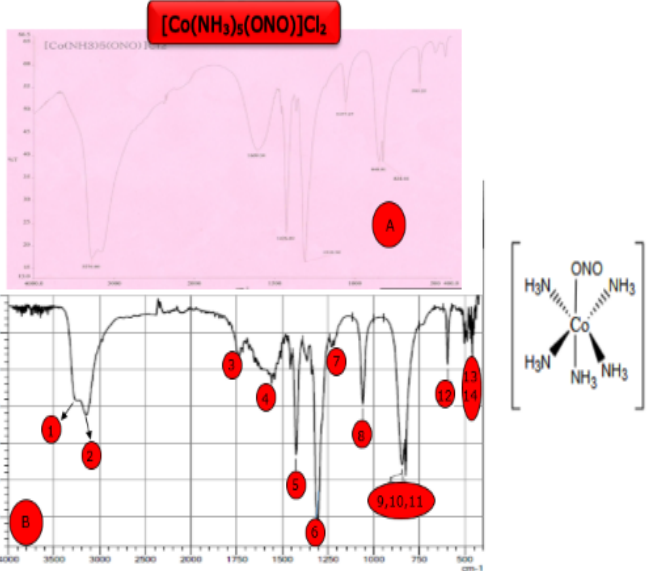
Tabla 29. Cantidad del sólido inorgánico obtenido y porcentaje de rendimiento calculado tras el procedimiento de síntesis

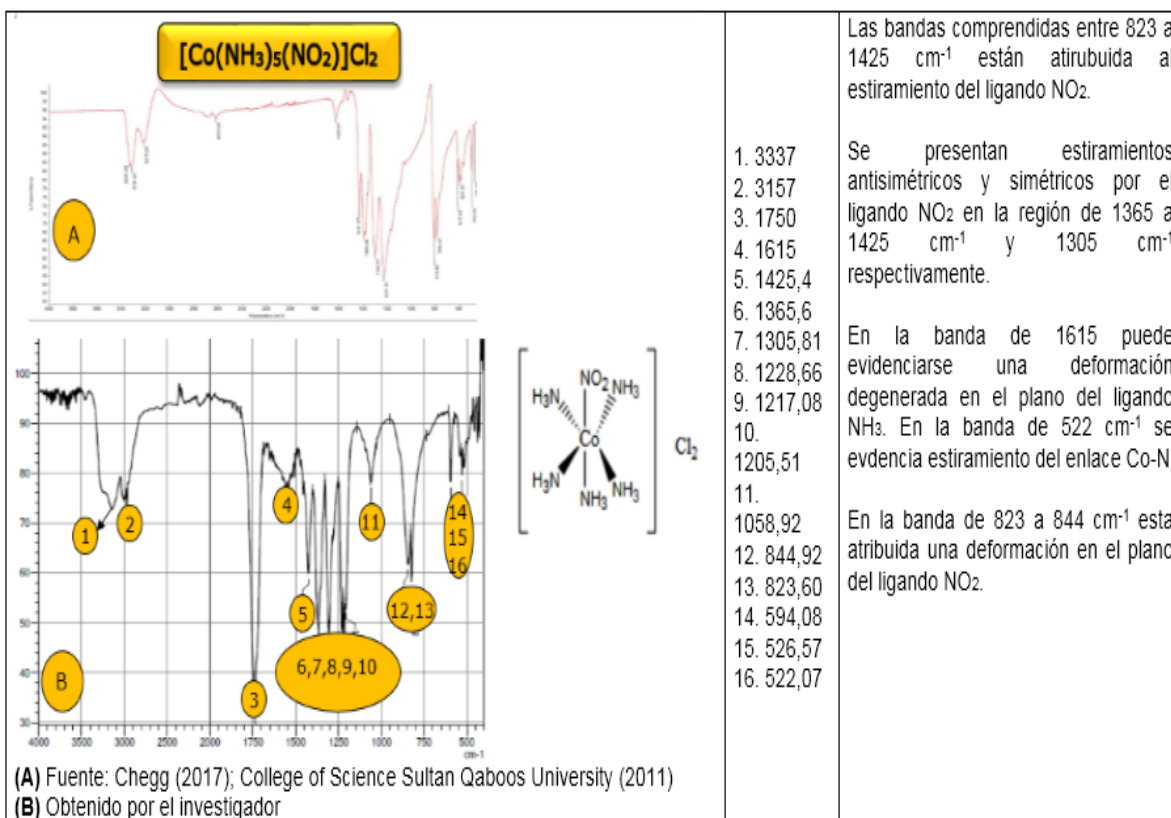
COMPUESTO	Masa (g) teórica a obtener	Masa (g) obtenida	% rendimiento
A. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$	5,000	4,175	83,50
B. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$	3,500	3,434	98,11
C. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$	3,500	3,000	85,71
D. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	5,000	4,361	87,22
E. $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	9,000	8,595	95,50
F. Cis- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	9,000	8,514	94,60
G. Trans- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	6,500	6,378	98,12

Para los sólidos obtenidos, del investigador les realizó la técnica analítica instrumental de espectroscopia de infrarrojo y UV-VIS; la primera se hizo en el rango de la región del IR medio (400 a 4000 cm^{-1}) con el fin de analizar las bandas características de los sólidos obtenidos en términos de los grupos funcionales asociados a las mismas, así como observar el número de bandas que se presentarían para contrastarlo con lo reportado por los ET con relación al tratamiento matemático de las tablas de caracteres respectivas; para el segundo, se realizó la lectura en el rango de la región visible (400 - 800 nm) debido a que la literatura reporta que para diferenciar CC que presentan isomería de unión o enlace (como en el caso de los compuestos B y C) e isomería geométrica (como en el caso de los compuestos F y G) se puede utilizar esta técnica, diferenciándolos por las longitudes de onda de máxima absorción que los caracteriza.

Por lo tanto, a continuación se presenta el espectro IR obtenido por el investigador, comparándolo por el reportado en la literatura, así como la longitud de onda de máxima absorción de los sólidos obtenidos:

Tabla 30. Espectro IR obtenido para los sólidos inorgánicos sintetizados, bandas de absorción y elucidación de las mismas

Lectura espectro IR (región IR medio de 400 – 4000 cm^{-1})	Bandas de absorción (cm^{-1})	Explicación de las bandas de absorción (Fuente: Nakamoto, 2009)
<p style="text-align: center;">[Co(NH₃)₅Cl]Cl₂</p>  <p>(A) Fuente: Baruah, Gogoi y Mohan (2003); College of Science Sultan Qaboos University (2011) (B) Obtenido por el investigador</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3300 2. 3100 3. 2977 4. 1737,66 5. 1415 6. 1365,60 7. 1274,95 8. 1249 9. 1228,66 10. 1217,08 11. 1205,51 12. 1066,64 13. 840,96 14. 489,92 	<p>En el rango de 3300 a 300 cm^{-1} se evidencia presencia de vibraciones de los enlace N-H, de los ligandos de amino. Es por ello, que en los picos de 3300 y 1415 cm^{-1} indican el estiramiento simétrico del enlace N-H y asimétrico del ligando NH₃.</p> <p>De igual forma, en la banda 1737 se presenta una deformación asimétrica en el plano de los enlaces H-N-H. En contraste se presenta una deformación antisimétrica en el plano en el pico 1365,60 cm^{-1} de los enlaces H-N-H.</p> <p>En la banda de 489 cm^{-1} se presenta un estiramiento del enlace Co-N; en 840 cm^{-1} se evidencia presencia de vibraciones del enlace entre el Co-Cl.</p> <p>Si se tuviera una banda en 331 cm^{-1} se presentaría una deformación en el plano de N-Co-H.</p>
<p style="text-align: center;">[Co(NH₃)₅(ONO)]Cl₂</p>  <p>(A) Fuente: College of Science Sultan Qaboos University (2011) (B) Obtenido por el investigador</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3300 2. 3115 3. 1750 4. 1600 5. 1423,47 6. 1315 7. 1233 8. 1058,92 9. 842,89 10. 840,89 11. 823,60 12. 594,08 13. 501 14. 489 	<p>En el rango de 3115 a 3300 cm^{-1} se evidencia estiramientos de N-H.</p> <p>Las bandas entre 1423 y 1600 cm^{-1} así como las comprendidas entre 842 y 1315 cm^{-1} pueden ser atribuida al estiramiento del ligando (ONO).</p> <p>En el rango de 1315 a 1423 cm^{-1} se presenta estiramiento de N=O, asó como del Co-ONO; de igual forma, en 1058 cm^{-1} se presenta un estiramiento N-O; por último se presenta una deformación en el plano en 823 cm^{-1} del O-N-O.</p> <p>La banda de 501 cm^{-1} indica un estiramiento entre el CoN.</p> <p>En la banda de 1600 cm^{-1} esta asociada a la deformación degenerada en el plano del ligante NH₃.</p> <p>Si se tuviera una banda en el rango de 340 a 360 cm^{-1} indicaría un estiramiento entre el Co-O.</p>



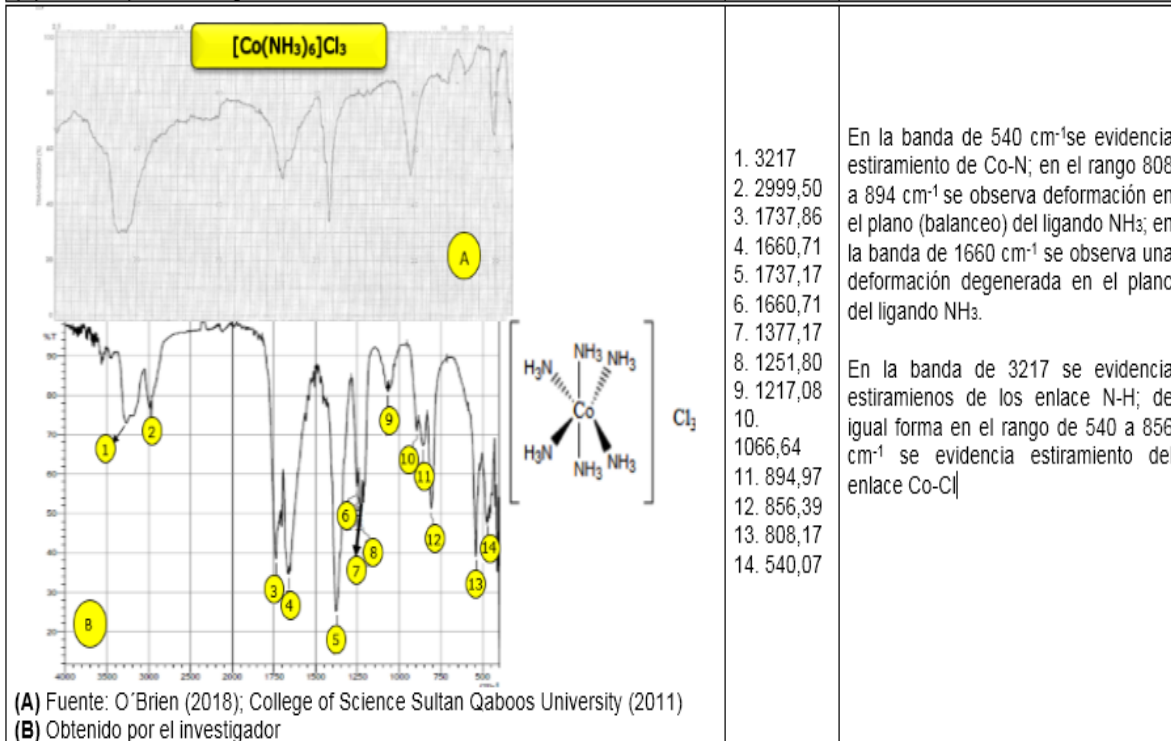
1. 3337
2. 3157
3. 1750
4. 1615
5. 1425,4
6. 1365,6
7. 1305,81
8. 1228,66
9. 1217,08
10. 1205,51
11. 1058,92
12. 844,92
13. 823,60
14. 594,08
15. 526,57
16. 522,07

Las bandas comprendidas entre 823 a 1425 cm⁻¹ están atribuidas al estiramiento del ligando NO₂.

Se presentan estiramientos antisimétricos y simétricos por el ligando NO₂ en la región de 1365 a 1425 cm⁻¹ y 1305 cm⁻¹ respectivamente.

En la banda de 1615 puede evidenciarse una deformación degenerada en el plano del ligando NH₃. En la banda de 522 cm⁻¹ se evidencia estiramiento del enlace Co-N

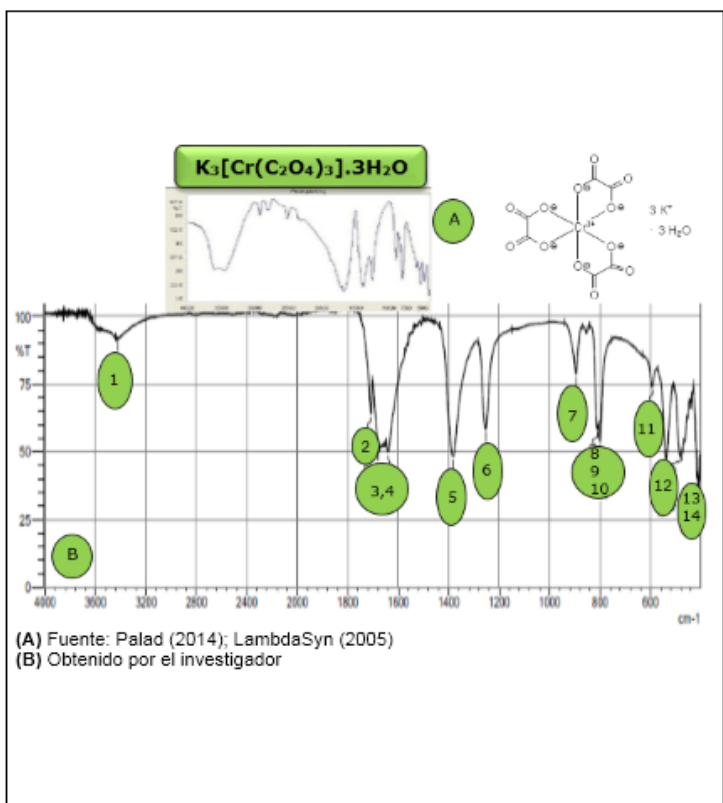
En la banda de 823 a 844 cm⁻¹ está atribuida una deformación en el plano del ligando NO₂.



1. 3217
2. 2999,50
3. 1737,86
4. 1660,71
5. 1737,17
6. 1660,71
7. 1377,17
8. 1251,80
9. 1217,08
10. 1066,64
11. 894,97
12. 856,39
13. 808,17
14. 540,07

En la banda de 540 cm⁻¹ se evidencia estiramiento de Co-N; en el rango 808 a 894 cm⁻¹ se observa deformación en el plano (balanceo) del ligando NH₃; en la banda de 1660 cm⁻¹ se observa una deformación degenerada en el plano del ligando NH₃.

En la banda de 3217 se evidencia estiramientos de los enlaces N-H; de igual forma en el rango de 540 a 856 cm⁻¹ se evidencia estiramiento del enlace Co-N



En la banda de 3427 cm^{-1} se evidencia la presencia de un estiramiento antisimétrico del OH proveniente del agua de hidratación. Por lo tanto, en las bandas de 1639 y 1678 cm^{-1} puede observarse el enlace H-O-H proveniente del agua de hidratación.

De igual forma, en la banda de 1708 se observa un estiramiento antisimétrico de C=O. En contraste, en la banda de 1328 se observan en suma los estiramientos simétricos de CO y CC.

En la banda de 1253 cm^{-1} se observa los estiramientos simétricos y deformación en el plano de CO y O-C=O respectivamente.

En la banda de 894 cm^{-1} se observa el estiramiento simétrico del CO y deformación en el plano de O-C=O.

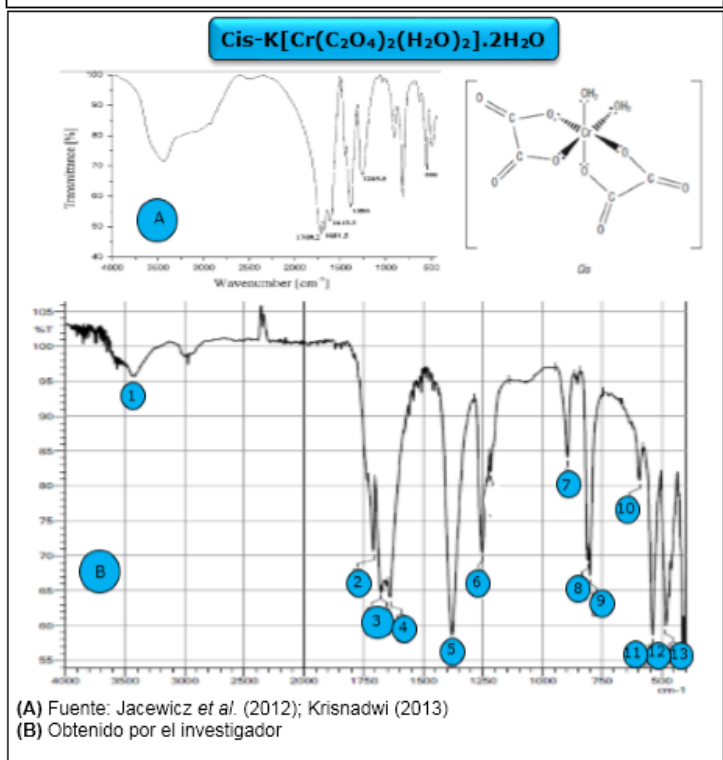
En la banda de 800 cm^{-1} se observa el la deformación en el plano de O-C=O y el estiramiento antisimétrico del enlace Cr-O.

En la banda de 594 cm^{-1} , se puede inferir presencia del agua de hidratación.

En la banda de 538 se presenta estiramientos de CrO y CC.

En la banda de 474 cm^{-1} se presenta deformación fuera del plano de O-C=O; con relación a la banda de 414 cm^{-1} se evidencia estiramiento del enlace CrO; en la banda de 405 se presenta deformación en el plano de O-C=O y CC y en la banda de 403 se evidencia una deformación fuera del plano.

1. 3427,01
2. 1708,93
3. 1678,07
4. 1639,49
5. 1328,96
6. 1253,73
7. 894,97
8. 810,10
9. 805,10
10. 800,46
11. 594,08
12. 538,14
13. 474,49
14. 414,70
15. 405,20
16. 403,12



En la banda de 1639 cm^{-1} se observa una deformación en el plano del agua proveniente de la esfera de coordinación (HOH).

En el rango de 800 a 894 se evidencia de las deformaciones simétricas y asimétricas en el plano de OH_2 proveniente de la esfera de coordinación

En la banda de 3498 cm^{-1} se evidencia el estiramiento antisimétrico del agua de hidratación.

En la banda de 1708 se observa un estiramiento antisimétrico de C=O. En contraste, en la banda de 1328 se observan en suma los estiramientos simétricos de CO y CC.

En la banda de 1253 cm^{-1} se observa los estiramientos simétricos y deformación en el plano de CO y O-C=O respectivamente.

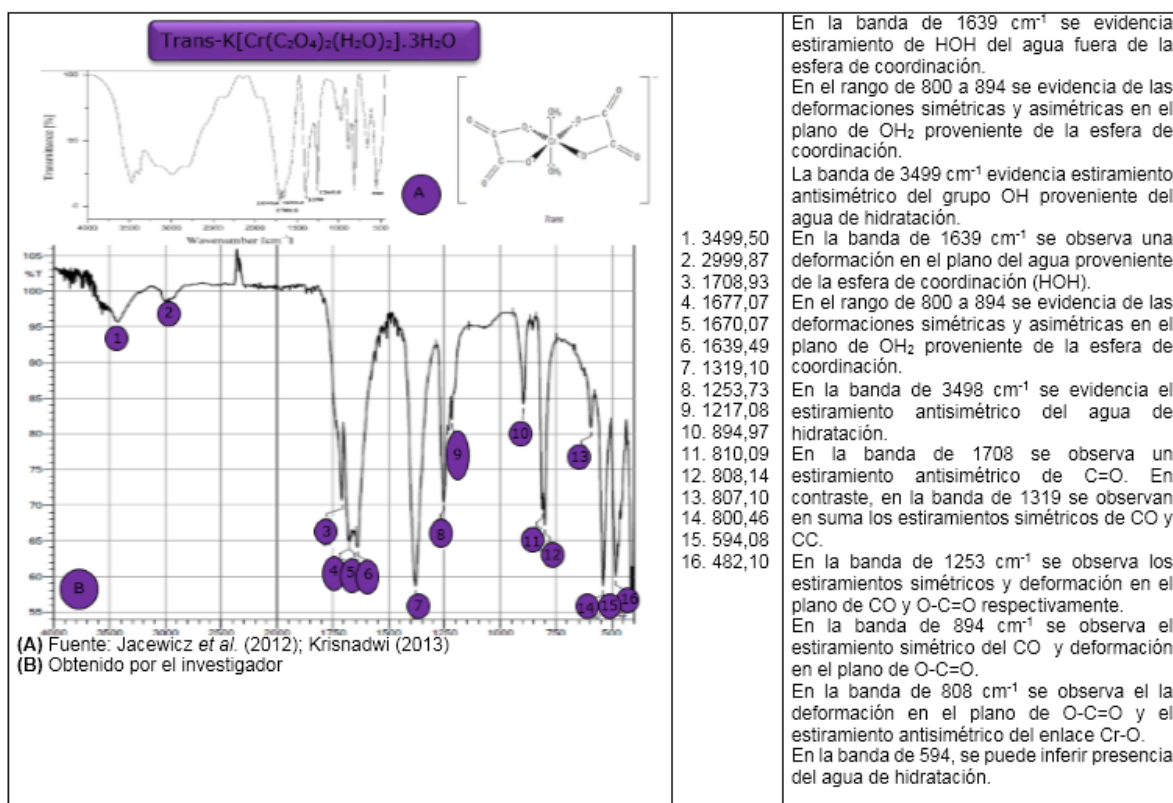
En la banda de 894 cm^{-1} se observa el estiramiento simétrico del CO y deformación en el plano de O-C=O.

En la banda de 800 cm^{-1} se observa el la deformación en el plano de O-C=O y el estiramiento antisimétrico del enlace Cr-O.

En la banda de 594 , se puede inferir presencia del agua de hidratación.

En la banda de 558 se presenta estiramientos de CrO y CC.

1. 3498,02
2. 1708,93
3. 1678,07
4. 1670,07
5. 1639,49
6. 1253,71
7. 1217,08
8. 894,97
9. 810,10
10. 800,46
11. 594,08
12. 568,14
13. 558,10



De acuerdo a los resultados reportados en la tabla 30, en contraste por lo reportado por los diferentes ET se observó que el número de bandas especificadas para cada uno de los CC, coincidió con el dado por los principios de la SM y la TG, en donde en la tabla mencionada se enlistaron y elucidaron las mismas.

De igual forma, se realizó una búsqueda a nivel de datos teóricos con relación a los CC seleccionados, con relación al color que presentan los mismos, el punto de fusión, longitud de onda de máxima absorción, punto de fusión, propiedades termodinámicas (entalpía, entropía y energía libre de Gibbs estándar de formación), los cuales se ilustran en la tabla 31:

Tabla 31. Reportes teóricos con relación a las propiedades físicas y termodinámicas de los complejos inorgánicos, así como su longitud de onda de máxima absorción respectiva

Reportes teóricos sobre los CC inorgánicos seleccionados				Propiedades termodinámicas			Conclusión (Reacción espontánea a...)
COMPUESTO	Color	Longitud de onda de máxima absorción (nm)	Punto de fusión (°C)	Δ_{H_f}	Δ_{S_f}	Δ_{G_f}	
A	Morado-púrpureo (1)	530,00 (1)	303,20 - 304,30 (4)	-	-	-	Bajas temperaturas
B	Amarillo-naranja (1)	485,00 (1)	260,00 - 262,00 (4)	-	-	-	
C	Naranja-café (1)	460,00 (1)	231,00 - 234,00 (4)	-	-	-	
D		475,00 (1)	300,60 - 302,10 (4)	+	+	-	Altas temperaturas
E	Negro-Verde oscuro (1)	570,00 (3)	432,72 - 438,42 (3)	-	-	-	Bajas temperaturas
F	Negro-púrpureo (dicroico)	562,00 (3)	302,85 - 599,85 (3)	+	+	-	Altas temperaturas
G	Rosa-violeta (no dicroico)	555,00 (3)	280,85 - 599,85 (3)	-	-	-	Bajas temperaturas
Fuente	(1) Williams, Olmsted, y Breksa (1989) (2) Nelson y Kemp, (2004) (3) Jacewicz <i>et al.</i> (2012) (4) College of Science Sultan Qaboos University (2011) (5) Borgogno (2010)						

Por lo tanto, los valores encontrados experimentalmente se exponen en la tabla 32:

Tabla 32. Valores determinados experimentalmente con relación a las propiedades físicas y determinación de longitud de onda de máxima absorción para los sólidos inorgánicos respectivos

Reportes experimentales obtenidos de la caracterización física de los sólidos inorgánicos sintetizados							
COMPUESTO	Punto de fusión (°C)	Longitud de onda de máxima absorción (nm)	Índice de refracción a 20°C en agua	Conductividad eléctrica mS/cm		Relación electrolitos	Polarimetría
				0,0167 M	0,00167 M		
A	300,0 - 304,3	531,80	1,336	2,06	0,206	1:2	No hay desviación de la luz polarizada
B	242,5 - 247,3	484,30	1,333	2,55	0,255	1:2	
C	299,4 - 300,2	460,60	1,336	2,94	0,294	1:2	
D	275,3 - 276,2	475,40	1,335	3,74	0,374	1:3	Presentó desviación de la luz polarizada
E	>400	570,00	1,335	3,52	0,352	1:3	
F	260,1 - 260,5	563,40	1,337	1,24	0,124	1:1	
G	297,5 - 297,9	554,40	1,337	1,39	0,139	1:1	

Por lo tanto, con relación a los valores teóricos encontrados en reportes científicos, expuestos en la tabla 31 y el contraste con los hallados y reportados en la tabla 32, se observó una similitud entre los mismos. En el caso de la lectura de la longitud de onda de máxima absorción a los sólidos inorgánicos sintetizados, esta permitió diferenciarlos, puesto que los compuestos B y C presentaban isomería de unión o enlace y los F y G presentaban isomería de tipo geométrica (cis y trans respectivamente).

Por otra parte, en la caracterización química realizada por los ET con los sólidos obtenidos por el investigador, se les determinó a los complejos que contenían cobalto el %m/m de Co, Cl; para los que tenían cromo %m/m Cr, $(C_2O_4)^{2-}$, obteniendo los resultados expuestos en la tabla 33:

Tabla 33. Resultados obtenidos por los ET en la caracterización química de los sólidos que contenían en su composición química Co y Cl

COMPUESTO	%m/m Co teórico**	%m/m Co experimental (tres réplicas)	%m/m Cl teórico (fuera de la esfera de coordinación)**	%m/m Cl experimental por volumetría Mohr (tres réplicas)	%m/m Cl experimental por volumetría Volhard (tres réplicas)
A	23,53	21,18	28,31	25,27	25,95
B	22,58	20,19	27,16	24,26	24,89
C	22,58	20,19	27,16	23,99	25,00
D	22,03	20,19	39,76	36,06	24,87

**Hallado de la división entre la masa atómica del Co y Cl respectivamente y la masa molar del complejo correspondiente

Tabla 34. Resultados obtenidos por los ET en la caracterización química de los sólidos que contenían en su composición Cr y el anión oxalato

COMPUESTO	%m/m Cr teórico**	%m/m Cr experimental (tres réplicas)	%m/m $(C_2O_4)^{2-}$ teórico**	%m/m $(C_2O_4)^{2-}$ experimental
E	10,67	10,17	54,18	50,21
F	15,33	10,18	51,89	49,50
G	14,57	9,86	49,28	40,08

**Hallado de la división entre la masa atómica del Cr y del $(C_2O_4)^{2-}$ respectivamente y la masa molar del complejo correspondiente

Con relación a los resultados obtenidos por parte de los ET de acuerdo a los sólidos que caracterizaron los mismos, se observó que en términos de la composición química el sólido inorgánico obtenido presenta un porcentaje aproximado al reportado teóricamente y que desde la medida de la conductividad realizada, como propiedad química que mide la cantidad de iones en disolución y que desde la literatura con relación a los CC se especifica que hace referencia a la cantidad de iones que se disocian, se evidencio lo anteriormente dicho con los resultados obtenidos.

Por lo tanto, lo anterior permitió inferir, que en contraste con los resultados obtenidos en el espectro IR y la longitud de onda de máxima absorción se obtuvo probablemente el Complejo de Coordinación inorgánico. De igual forma, en la determinación de las propiedades físicas, se observó que los valores hallados se aproximaron por lo reportado en la literatura, en el caso del punto de fusión.

Con relación a los principios de la SM y la TG, en contraste a lo mencionado en el apartado de marco teórico, se presentó una correlación entre las propiedades físicas tales como el punto de fusión y las propiedades termodinámicas, puesto que como lo reportaron los autores citados en el apartado mencionado, se debe a que la mayoría de sustancias convergen en el grupo puntual o abeliano, que además de compartir elementos y operaciones de simetría en común, así como movimientos rotacionales y traslacionales, tienen en común estos parámetros.

Con relación a la quiralidad, de acuerdo a los resultados dados por los ET, en contraste con los hallados experimentalmente, se observó que de acuerdo a lo reportado por los principios de la SM y la TG se presenta una relación, donde la explicación dada esta en función de la ausencia o presencia de elementos de simetría que prohíben o permiten la presencia de esta propiedad física, de acuerdo a lo especificado en el marco teórico de la presente investigación.

CONCLUSIONES

Con relación a las intervenciones y actividades realizadas durante la implementación de la PID, la información recolectada de acuerdo a los instrumentos aplicados, se caracterizaron los niveles de desempeño, en términos de las competencias básicas, procedimentales e investigativas, las cuales se evaluaron desde indicadores de desempeño en el grupo objetivo. Se observó inicialmente que los estudiantes estaban situados en los niveles de desempeño I, II y III, pero que tras la aplicación de las tres primeras intervenciones de la PID guiada por el modelo ABI fortalecieron las competencias evaluadas hasta llegar a un nivel de desempeño III, llegando a deducir que las que más se fortalecieron correspondieron a las básicas y procedimentales, donde se vio una progresión con respecto al estudio de la SM y la TG aplicada a los CC, así como su relación con las propiedades físicas y termodinámicas.

Cabe añadir que de acuerdo a los niveles de desempeño obtenidos y analizados, al principio los estudiantes no establecieron relaciones entre el estudio de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas de los CC. Tras la implementación de la PID se observó una progresión con respecto a lo mencionado, pero para futuras investigaciones de acuerdo a la temática objeto de esta investigación se necesita intervenir más esta parte para que se presente un mayor esclarecimiento y articulación.

Por otro lado, en términos de la PID estructurada esta aportó en aspectos conceptuales y didácticos en la enseñanza del estudio de la SM y la TG con los CC y los minerales, puesto que como lo mencionaron algunos autores, esta temática es una de las que requiere mayor complejidad para entenderla, pues hay que tener una visión tridimensional de los compuestos para poder elucidar los elementos de simetría que hacen parte de los mismos, así como una noción matemática para el tratamiento de las tablas de caracteres para articular una de las tantas aplicaciones que tiene la TG: hallar el número de modos y bandas vibracionales que posee un determinado compuesto al aplicar la técnica instrumental de IR.

Con respecto al modelo ABI, este permitió guiar los aspectos teóricos y conceptuales con la investigación, pues más allá de articulación de los saberes disciplinares con el proceso investigativo, los estudiantes fortalecieron los procesos de selección de la información, que les permitiera contrastar lo reportado por el modelo teórico, con diferentes fuentes de información.

Finalmente, con relación a los resultados obtenidos en la aplicación de las técnicas tradicionales (volumetrías) e instrumentales (espectroscopía IR y UV-VIS) realizadas a los sólidos obtenidos por el investigador para caracterizarlos física y químicamente, se pudo inferir que los sólidos sintetizados probablemente sean los

complejos inorgánicos, puesto que aún se necesitan aplicar técnicas más robustas para afirmar totalmente que los mismos si corresponden. De igual forma, se contrastó lo expuesto a la luz de la SM y la TG con lo obtenido experimentalmente, llegando a observar que se presentó relación con la técnica instrumental de espectroscopia de IR, en términos del número de bandas visualizadas, con la polarimetría (sí el sólido presentaba esta propiedad o no, y la explicación en términos de la SM y la TG) y las propiedades físicas y termodinámicas, como el punto de fusión, la entalpía, entropía y energía libre de Gibbs estándar de formación, en términos del grupo puntual, puesto que de acuerdo a lo expuesto por algunos autores en este convergen no solo compuestos que comparten elementos y operaciones de simetría en común, sino también este tipo de propiedades.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

La PID como un aporte a la didáctica de las áreas de la Química inorgánica y Geociencias se sugiere utilizar compuestos y/o minerales que posean una estructura química más compleja, para ser diseñados en los programas de modelado molecular, dilucidar los elementos y operaciones de simetría, el grupo puntual, en contraste con el uso de las hojas de cálculo realizados por los autores citados.

De igual forma, se recomienda estructurar los tiempos en la implementación de las actividades propuestas para que haya una mayor profundización y articulación de los principios de la SM y la TG con las propiedades físicas y termodinámicas entorno a los CC.

Se recomienda para futuras investigaciones con respecto a los CC, realizar los protocolos de síntesis diseñados entre los estudiantes y el investigador de acuerdo a la información consultada, para comparar el porcentaje de rendimiento de la misma; de igual forma, comparar los datos que se obtengan en cuanto a la caracterización de los mismos con los reportados en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, E. (2012). Aproximación a la Química de los Compuestos de Coordinación y su enseñanza en la Educación media. (Tesis de maestría en la Enseñanza de las Ciencias Naturales). Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Álvarez, W., & Leitão, H. (2010). The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth. *Journal of Geological Society of America*, 38(3), 231-234.
- Amethyst Galleries Inc. (2014). Mineral Gallery. Recuperado de: <http://www.galleries.com/>
- Arnulfo, I. (2000). Simetría en Química. Recuperado de: http://168.176.60.11/cursos/ciencias/2000189_2/
- Balderas, I. (2016). Investigación cualitativa, características y recursos. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Barraza, A. (2010). Elaboración de Propuestas de Intervención Educativa. (Universidad Pedagógica de Durango, Ed.). México.
- Baruah, J., Gogoi, P. y Mohan, A. (2003). Some experiments for M.Sc in Inorganic Chemistry. Recuperado de <http://www.iitg.ac.in/juba/CH425.pdf>
- Basolo, F., & Johnson, R. (1967). Química de los compuestos de coordinación: La Química de los complejos metálicos. (Reverté S.A, Ed.). España.
- Barthelmy, D. (2014). Mineralogy database. Recuperado de <http://webmineral.com/>
- Bonnefoy, J. C. (2006). Indicadores de Desempeño en el Sector público. Recuperado de [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores de Desempeño.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores_de_Desempeño.pdf)
- Borgogno, G. (2010). Compendio de Propiedades Tabla de Entalpía de Formación, Energía Libre de Gibbs y Entropía de Formación de Compuestos Inorgánicos. Argentina.
- Brock, W. (1998). Historia de la Química. (Alianza, Ed.). Madrid.
- Carriazo, J., Pérez, D., & Ensuncho, A. (2005). Síntesis y caracterización de compuestos de coordinación: Una experiencia de aprendizaje por investigación en Química Inorgánica. *Revista TED*, 18.

Chegg (2017). Spectrum $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$. Recuperado de <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/analyze-following-ir-spectrum-co-nh3-5-ono-cl2-need-write-discussion-point-details-may-abl-q24664612>

College of Science Sultan Qaboos University (2011). Synthesis, characteristics and analysis of Co(III) complexes of the type $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{X}]^{n+}$. Report Department Chemistry.

Condren, M. (1994). Group Theory calculations of Molecular Vibrations using Spreadsheets. *Journal of Chemical Education*, 71(6).

Contreras, R. (2007). El origen del color en la naturaleza: una introducción a la química del color. (Universidad de los Andes, Ed.) (1.a ed.). Mérida.

Craig, N., & Lacuesta, N. (2004). Applications of Group Theory: Infrared and Raman spectra of the Isomers of 1,2-Dichloroethylene. A Physical Chemistry Experiment. *Journal of Chemical Education*, 81(8).

Daza, Y. (2017). Desarrollo de habilidades investigativas desde el modelo de aprendizaje por investigación: un estudio en el contexto de la enseñanza de la Química en la Educación media. (Tesis de maestría en Docencia de la Química). Universidad Pedagógica Nacional Sede Bogotá.

Díaz, M. (2017). Los niveles de desempeño en un proceso de evaluación. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/santiago/press-room/newsletters/newsletter-laboratory-for-assessment-of-the-quality-of-education-llece/n16/06/>

Díaz, R. (2017). Presentación de líneas de trabajo: Universidad de Sevilla. Revista de investigación y experiencias didácticas de las Ciencias, 232-233.

Douglas, B., & Mc Daniel, D. (1970). Conceptos y modelos de Química Inorgánica. (Reverté, Ed.). Barcelona.

Flint, E. (2011). Teaching Point Group Symmetry with Three Dimensional Models. *Journal of Chemical Education*, 88(7), 907-909.

Frost, R., Theiss, F., López, A., & Scholz, R. (2014). Vibrational spectroscopic study of the sulphate mineral glaucocerinite $(\text{Zn,Cu})_{10}\text{Al}_6(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{32}18\text{H}_2\text{O}$ – A natural layered double hydroxide. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127, 349–354.

García, G. (2009). Desarrollo de competencias científicas a través de proyectos de investigación escolar orientados por el modelo de enseñanza por investigación.

(Tesis de maestría en docencia de la Química). Universidad Pedagógica Nacional, Sede Bogotá.

García, G., & Ladino, Y. (2008). Desarrollo de competencias científicas a través de una estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación. *Research Gate Studiositas*, 3(3), 7-16.

Ghanem, E., Long, R., Rodenbusch, S., Shear, R., Beckham, J., Procko, K., & Simmons, S. (2018). Teaching through Research: Alignment of Core Chemistry Competencies and Skills within a Multidisciplinary Research Framework. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 248-258.

Gonzalez, M. H. (2017). Projects in Applied Chemistry: contribution of Universidad Pedagógica Experimental Libertador -Instituto Pedagógico de Caracas to the Chemistry teacher research formation. *Revista de Investigación*, 41(90), 15-40.

Griem, W. (2016). Historia de las Geociencias y paleontología: autores de las ciencias de la tierra. Recuperado de <https://www.geovirtual2.cl/geoliteratur/Geologia-autores-historia-01.htm>

Hallam. (1968). Infrared and Raman spectra of inorganic compounds. Royal Institute of Chemistry, 1(1), 39-61.

Hattaway, B. (1979). From Molecular Point Group Symmetry to Space Group Symmetry: An undergraduate experiment in model building. *Journal of Chemical Education*, 56(3).

Huheey, J. E., Keiter, E. A., & Keiter, R. L. (1993). Química inorgánica: Principios de estructura y reactividad. (HarperCollins, Ed.) (4.a ed.). New York.

Hurlburt, D. (1960). Manual de Mineralogía. (Reverté S.A, Ed.) (2.a ed.). Barcelona. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2010). Qué es Aprendizaje Basado en Investigación. Recuperado de http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abi/qes.htm

Jacobs University. (2013). Characteristics and Character tables for chemically important point groups. Recuperado de <http://symmetry.jacobs-university.de/>

Jacewicz, D., Wyrzykowski, D., Żamojć, K., Czerwińska, D., Czaja, P., & Chmurzyński, L. (2012). Thermal properties of potassium bis(oxalato)diaquochromates(III) in solid state. Trans–cis isomerization of the [Cr(C₂O₄)₂(OH₂)₂]⁻ complex ion in aqueous solutions. *Structural Chemistry*, 23(2), 333–340

JoVE Science Education Database Cambridge. (2018). Inorganic Chemistry. Application of Group Theory to IR Spectroscopy. Recuperado de <https://www.jove.com/science-education/10442/application-of-group-theory-to-ir-spectroscopy>

Krisnadwi (2013). Memahami sifat kompleks $K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2]$. Recuperado de <https://bisakimia.com/2013/07/23/memahami-sifat-kompleks-kcrc2o42h2o2/>

Lacreu, H. (1997). Aporte de las Geociencias a la formación ciudadana. Revista Alternativas, (7), 63-89.

Ladino, Y. (2004). Una propuesta de evaluación de competencias en Química general. (Tesis doctoral en Educación). Universidad Pedagógica Nacional Sede Bogotá.

LambdaSyn (2005). Synthese von Kaliumtrioxalatochromat(III)-Trihydrat [15275-09-9]. Recuperado de <http://www.lambdasyn.org/synfiles/kaliumtrioxalatochromat.htm>

Laurin, M. (2013). QVibepplot: A program to visualize molecular vibrations in two dimensions. Journal of Chemical Education, 90(7), 944-946.

Lawrence, T. (2010). Dynamic Paper Constructions for Easier Visualization of Molecular Symmetry. Journal of Chemical Education, 87(8).

Luxford, C., Crowder, M., & Bretz, S. (2012). A Symmetry POGIL Activity for Inorganic chemistry. Journal of Chemical Education, 89(2), 211-214.

Madhya Pradesh Bhoj(Open) University. (2015). Symmetry and Group Theory in Chemistry. Recuperado de <http://www.bhojvirtualuniversity.com/slm/mscche1p4.pdf>

McKay, S. E., & Boone, S. R. (2001). An Early Emphasis on Symmetry and a Three-Dimensional Perspective in the Chemistry Curriculum. Journal of Chemical Education, 78(11).

Medina Valtierra, J., & Frausto Reyes, C. (2005). La Simetría Molecular. Revista de Conciencia Tecnológica, 27-30.

Ministerio de Educación Superior (MEN). (2018). Definición de indicador de logro. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-80304.html>

Ministerio de Educación Superior (MEN). (2006). Directorio de Universidades: Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-93261.html>

Moeller, T. (1994). Química Inorgánica. (Reverté, Ed.). España.

Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

Nakamoto, K. (2009). Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds: Part B: Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry. John Wiley & Sons, INC., publication. Canada (6thEd)

Nelson, J. H., & Kemp, K. C. (2004). Laboratory Experiments for Chemistry The Central Science. Laboratorio de Química de Coordinación, (186). Recuperado de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jpn/file/Quimica_de_Coordinacion/1_Sintesis_de_Complejos_de_Oxalato.pdf

Niece, B. (2012). A Spreadsheet To Facilitate Group Theory Calculations and Display of Character Tables. Journal of Chemical Education, 89(12), 1604-1605.

O'Brien, B. (2018). Spectrum $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$. Recuperado de http://homepages.gac.edu/~bobrien/Inorganic_Lab/Inorganic_Lab.html

Palad, C. (2014) Synthesis spectroscopic electronic and magnetic properties of some 3D metal complexes. Recuperado de https://www.academia.edu/9554388/Synthesis_Spectroscopic_Electronic_and_Magnetic_Properties_of_Some_3D_Metal_Complexes

Parra, E., & Roman, C. (2005). Formación por competencias: una decisión para tomar dentro de posturas encontradas. Revista Virtual de la Fundación Universitaria Católica del Norte, (16).

Pérez, M., & Roger, W. (2015). Una forma diferente de enseñar la Química Inorgánica. Revista Cubana de Química, 27(2), 198-203.

Ping, G. L. Y., Lok, C., Tan Wei Yeat, T., & Tan, an Jie Ying Cherynn Emelyn, S. Q. (2018). Are chemistry educational apps useful?" – a quantitative study with three in-house apps. Chem. Educ. Res. Pract., 19, 15-23.

Quattrocchio, M., & Moro, M. A. (2004). La enseñanza de la Geociencias desde el «pensamiento complejo» de Edgar Morín. 3ras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria, 1-5.

Roservasser, E. (2009). Simetría: izquierda y derecha, antes y después, chico y grande en el mundo. (Siglo Veintiuno, Ed.) (1.a ed.). Buenos aires.

Salcedo Torres, L. E. Villarreal Hernández, M. E. Zapata Castañeda, P. N. Rivera Rodríguez, J. C. Colmenares Gulumá, E. Moreno Romero, S. P. (2005). Las

prácticas de laboratorio en la enseñanza de la Química en la enseñanza de la Química en Educación Superior. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, ((Número Extra VII Congreso)).

Southam, D. C., & Lewis, J. E. (2013). Supporting Alternative Strategies for Learning Chemical Applications of Group Theory. *Journal of Chemical Education*, 90(11), 1425-1432.

Srinivasan, S., Reisner, B., Smith, S., Stewart, J., Johnson, A., Lin, S., & Raker, J. (2018). Historical Analysis of the Inorganic Chemistry Curriculum Using ACS Examinations as Artifacts. *Journal of Chemical Education*, 95(5), 726-733.

Tarback, E., Lutgens, F., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra*. (Pearson Educación, Ed.). Madrid.

Tobón, S., Pimienta, J., & García, J. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias*. (Pearson, Ed.). México.

Torres, Á., Mora, E., Garzón, F., & Ceballos, N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas: Un enfoque a través de la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 14(1), 187-215.

Torres, G. (2011). ¿Qué es un Proyecto de intervención? Trabajo de investigación documental de la Maestría en Educación.

Universidad de Oxford. (2006). *Molecular symmetry, Group Theory and applications*. Recuperado de <http://vallance.chem.ox.ac.uk/pdfs/SymmetryLectureNotes2006.pdf>

Universidad Pedagógica Nacional (UPN). (2018). Plan Curricular de la Licenciatura en Química UPN (Actualizado). Recuperado 2 de abril de 2018, de <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=376&idn=10777>

Universidad Politécnica de Madrid (2012). *Guía interactiva de minerales y rocas*. Recuperado de <http://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/Edafologia/aplicaciones/GIMR/index.php>

Vidal, L. (1996). MolySim: A program on molecular symmetry and Group Theory. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 321-322.

Vitz, E. (2002). Spreadsheet Methods for Point Group Theoretical Calculations. *Journal of Chemical Education*, 79(7).

Wang, L. (2012). Using Molecular Modeling in Teaching Group Theory Analysis of the Infrared Spectra of Organometallic Compounds. *Journal of Chemical Education*, 89(3), 360-365.

Williams, G. M., Olmsted, J., & Breksa, A. P. (1989). Coordination Complexes of Cobalt: Inorganic Synthesis in the General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 66(12).

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de entrada

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
INSTRUMENTO DE ENTRADA**

Espacio académico: Geo ciencias

Nombre:

Código:

Fecha:

El presente instrumento hace parte de un trabajo de pregrado adscrito al grupo de investigación de Didáctica y sus Ciencias del Departamento de Química; este instrumento tiene como objetivo conocer las competencias básicas, procedimentales e investigativas que poseen los estudiantes sobre los principios de la Simetría Molecular (SM) y la Teoría de Grupos (TG) y su aplicación en la síntesis y caracterización de compuestos de coordinación inorgánicos.

Por favor lea atentamente y responda con sinceridad cada una de las siguientes preguntas que aparecen a continuación teniendo en cuenta la siguiente información:

Desde los procesos evolutivos de la tierra, los minerales y piedras preciosas han necesitado muchos milenios para formarse dependiendo de la temperatura, presión y su proceso de litificación. La formación de los mismos, se ha dado en el interior de la Terra; o bien, a partir de lava volcánica que emerge a la superficie; otros, resultan de los procesos de precipitación de soluciones acuosas o crecen con la ayuda de organismos en la superficie terrestre o cerca de ella (minerales sedimentarios), o se pueden formar nuevas especies por recristalización de minerales ya existentes, como consecuencia de grandes presiones y elevadas temperaturas en la profundidad de la corteza terrestre.

Esto conlleva a que los minerales lleguen a presentar formas cristalinas determinadas; es decir, cuerpos homogéneos con una red estructural regular de átomos, iones o moléculas y que a nivel de composición química estén presentes iones complejos (orgánicos o inorgánicos) como los compuestos de coordinación, los cuales pueden dar una extensa gama de colores al mineral.

Algunos minerales de importancia corresponden a la Guarinoita y Gillardita, minerales sulfatados y oxihalurados que contienen Co, N (NH_3 , NO_2), Cl, S, H_2O , los cuales presentan coloraciones purpúreas, violáceas, marrones, anaranjadas. Estas coloraciones se deben a la presencia de algunos compuestos de coordinación, como los que se ilustran a continuación:

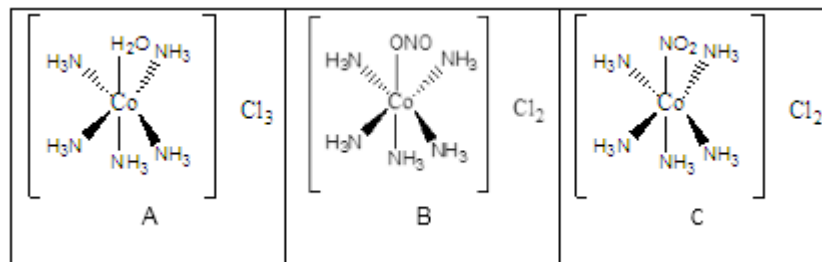


Imagen 1. Algunos compuestos de coordinación característicos de los minerales mencionados.

Esta variada gama de colores (violáceo, marrón, rojo, carmesí, verde, entre otros) ha llamado siempre la atención del hombre, ya que desde los albores de los tiempos ha desarrollado una tendencia dirigida a la utilización de elementos decorativos personales, a través de los cuales busca manifestar una situación social, anímica, económica, etc., pero también con supuestos poderes mágicos o sobrenaturales atribuidos a estas especies.

Es por ello, que en épocas más recientes se ha dado lugar a numerosos estudios científicos de los materiales mineralógicos y gemológicos, especialmente en los campos de la mineralogía, la geología y la física y química del estado sólido, pues al tratarse, en muchos casos, de mono cristales muy puros, permiten observar fenómenos que en otros materiales pasan desapercibidos. Una de las propiedades físicas más importantes de las gemas y minerales son las que se refieren a su comportamiento ante la radiación electromagnética, especialmente ante luz de la región visible. En este orden de ideas, tenemos que las propiedades más importantes y que son objeto de análisis corresponde al: color, transparencia, dispersión, refracción y efectos ópticos especiales, morfología cristalina, análisis de estructuras cristalinas.

Por ello, aparece la importancia de la simetría molecular y la teoría de grupos en estos campos del conocimiento, como se ha mencionado en algunos productos de investigación sobre síntesis y caracterización de compuestos de coordinación o en la discusión sobre la mayoría de minerales y cristales que están presentes en la corteza terrestre. Esta propiedad de formas geométricas, sistemas, ecuaciones, y otros objetos materiales o entidades abstractas, relaciona ciertas transformaciones y/o movimientos conocidos comúnmente en química como operaciones de simetría, desde la aplicación de elementos de simetría, los cuales pueden rotar, reflejar, o no hacer nada a la molécula; algunos de estos se ilustran a continuación en el siguiente compuesto de coordinación.

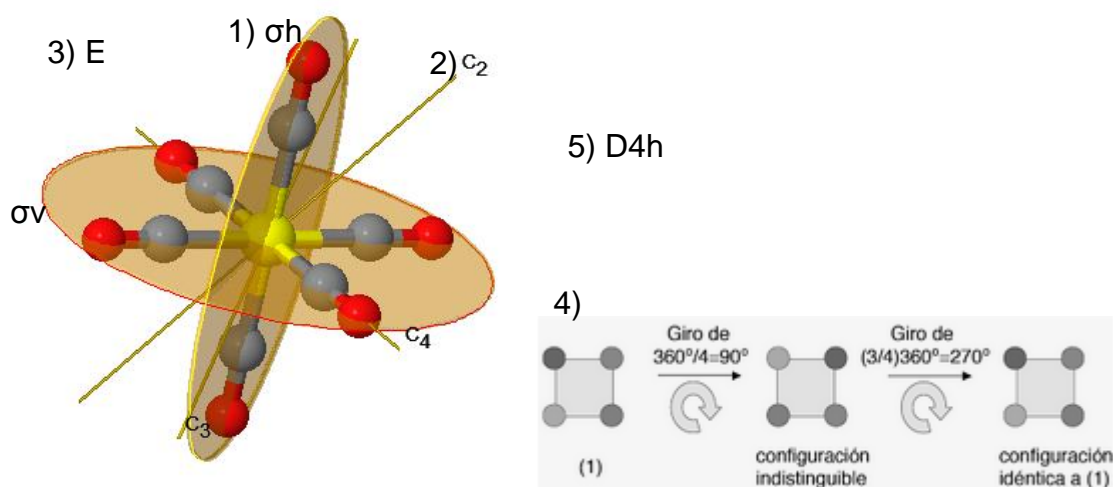


Imagen 2. Grupo puntual, elementos de simetría y operaciones de simetría para un compuesto de coordinación

Las propiedades simétricas de un grupo puntual en particular se encuentran resumidas en una tabla de caracteres.

Tomado y adaptado de: Douglas, B.E., McDaniel, D. H. y Alexander, J. J. *Conceptos y Modelos de Química Inorgánica*. Editorial Reverté. Segunda Edición. 1994; Contreras, R. *El origen del color en la naturaleza: una introducción a la química del color*. Editorial Universidad de los Andes. Primera Edición. 2007

1. Diligencie la siguiente tabla de acuerdo a la imagen 1.

Computo	A	B	C
1.1. Seleccione el Nombre IUPAC	a) Cloruro de pentamminacuocobalto(III) b) Cloruro de acuopentammincobalto(III) c) Cloruro de cis-pentamminacuocobalto(III) d) Cloruro de trans-acuopentammincobalto(III)	a) Cloruro de pentamminnitrocobalto(III) b) Cloruro de pentamminnitritocobalto(III) c) Cloruro de cis-pentamminnitrocobalto(III) d) Cloruro de trans-pentamminnitritocobalto(III)	a) Cloruro de pentamminnitrocobalto(III) b) Cloruro de pentamminnitritocobalto(III) c) Cloruro de cis-pentamminnitrocobalto(III) d) Cloruro de trans-pentamminnitritocobalto(III)
1.2. ¿Cuál es el átomo central? ¿Por qué?			
1.3. Estado de oxidación del átomo central			
1.4. Ligantes y tipo de ligante (neuro, catiónico o aniónico)			
1.5. Tipo de esfera de coordinación y carga total de la esfera de coordinación			

1.6. Número de coordinación y posible estructura geométrica			
1.7. Posibles elementos y operaciones de simetría y el probable grupo puntual al que pertenecería.			
1.8. Propiedades físicas y termodinámicas que se relacionan con el grupo puntual o con el número de elementos de simetría del compuesto.			

2. Teniendo en cuenta la imagen 2, especifique el nombre del ítem señalado y su posible definición:

ÍTEM	NOMBRE	DEFINICIÓN
1		
2		
3		
4		
5		

3. La siguiente tabla de caracteres pertenece a uno de los compuestos de coordinación, que hace parte del mineral Gillardita, presentados en la imagen 1.

	D_{4h}	E	$2C_4$	C_2	$2C_2'$	$2C_2''$	i	$2S_4$	σ_h	$2\sigma_v$	$2\sigma_d$				
1	A_{1g}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5		
	A_{2g}	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1			R_z	$x^2 + y^2, z^2$
	B_{1g}	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1			(R_x, R_y)	$x^2 - y^2$
	B_{2g}	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1			z	xy
	E_g	2	0	-2	0	0	2	0	-2	0	0			(xz, yz)	
	A_{1u}	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1			(x, y)	
	A_{2u}	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1				
	B_{1u}	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1				
	B_{2u}	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1				
	E_u	2	0	-2	0	0	-2	0	2	0	0				

Tomado de: Huheey, J. E. *Química inorgánica: Principios de estructura y reactividad*. Harper & Row, Pub. 1972.

Complete la siguiente tabla indicando el nombre de cada ítem señalado y su posible definición

¿Qué tipo de conceptos y aplicaciones relaciona la tabla de caracteres?	Sección	Nombre de la sección	Explicación de la sección
	1		
	2		
	3		
Explique el uso de la tabla de caracteres en el compuesto de coordinación que desee.	4		
	5		
	6		

--	--	--	--

4. Señale la(s) opción(es) que considere más significativa(s)

Sí le pidieran sintetizar uno de los compuestos de coordinación que hacen parte de la composición química de los minerales anteriormente mencionados, consideraría buscar la información en fuentes como:

- a) Libros
- b) Literatura original de síntesis y caracterización en Química inorgánica
- c) Productos de investigación (Revistas, memorias)
- d) Otras. Cuales: _____

Justifique la(s) opción(es) señalada(s):

5. Una vez realizada la síntesis del compuesto de coordinación desde la información que encontró y seleccionó, ¿qué métodos emplearía para dar cuenta de que probablemente sea el compuesto obtenido? Además, ¿cree Ud. que se podría utilizar los principios de la simetría molecular y la teoría de grupos para caracterizarlo? Justifique su respuesta

Consentimiento Informado para los participantes de la investigación

El trabajo de pregrado adscrito al grupo de investigación de Didáctica y sus Ciencias del Departamento de Química tiene como objetivo conocer las competencias que poseen los estudiantes del espacio académico de Geociencias, con respecto a los principios de la Simetría Molecular (SM) y la Teoría de Grupos (TG) en la síntesis y caracterización de Compuestos de Coordinación inorgánicos.

Por lo tanto, la participación en este estudio es estrictamente voluntaria; la información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. La información que se obtenga tras la aplicación de los instrumentos será codificado con un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él.

Desde ya le agradecemos su participación.

Yo _____ identificado con código estudiantil _____ estudiante activo del PLQ de la UPN acepto participar en esta investigación conducida por el estudiante de décimo semestre del PLQ. He sido informado (a) de los objetivos de la investigación a realizar y de las actividades en la que participaré en el transcurso de la misma, autorizando así a que la información recolectada (fotos, entrevistas, encuestas y trabajos asignados) sea utilizada para los fines de la investigación.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Anexo 2. Instrumento 2: propuesta de síntesis del Compuesto de Coordinación inorgánico dado para los equipos de trabajo

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

INSTRUMENTO 2. PROPUESTA DE SÍNTESIS DE UN COMPUESTO DE COORDINACIÓN

Grupo: ____

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a Contreras (2017), la Química de coordinación se encuentra afín con áreas de las ciencias de la tierra, como la geología, la química inorgánica, la cual tradicionalmente se ha concentrado en el estudio de la capacidad de aquellos compuestos, que poseen en su estructura molecular átomos donadores de electrones (ligandos), capaces de coordinar elementos como los metales de transición. Es por esto, que los avances en la instrumentación científica han facilitado en las últimas décadas el desarrollo de estrategias de síntesis con el objetivo de desarrollar ligandos altamente sofisticados, capaces de proveer más de un sitio de quelación o acomplejamiento y ambientes electrónicos particulares para los átomos metálicos finalmente coordinados.

Las aplicaciones que tienen los compuestos de coordinación inorgánicos corresponde a: uso como precursores catalíticos para la hidrogenación de aceites; carbonilación del monóxido de carbono para la obtención de derivados orgánicos; polimerización para la producción de polímeros de interés industrial, procesos en la industria química y petroquímica; en electroquímica para el desarrollo de electrodos; en química medicinal, por medio de desarrollo medicamentos para quelato terapia; en agroquímica con el diseño de nuevos agentes activos para el control de cultivos; desde la geología los colores que presenta un mineral o una roca permiten determinar los posibles elementos asociados a este, puesto que los complejos presentan coloraciones diversas asociadas a los elementos de transición.

Desde el anterior contexto, una de las industrias que se encarga de sintetizar estos compuestos corresponde a la American Chemical Society (ACS) la cual ha contratado a su equipo de trabajo y a usted para llevar a cabo la síntesis del complejo de coordinación _____ (**especificar SOLAMENTE la fórmula química del CC dado**).

Para ello, junto con su equipo de trabajo debe:

1. Escribir que pueden decir con respecto al complejo (nombre IUPAC, posible nombre a nivel de mineralogía, composición química (átomo central, estado de oxidación del átomo central, ligandos, clase de ligandos y su carga, número de coordinación, y geometría molecular, tipo de enlace químico), posibles aplicaciones.
2. De acuerdo al software presentado, diseñar el complejo y especificar los elementos de simetría que se presentan y el grupo puntual al que pertenece. ¿Qué características presenta ese grupo puntual?
Indague cuál es la relación de las propiedades físicas y termodinámicas del complejo con el grupo puntual y los elementos de simetría.
3. Buscar la tabla de caracteres correspondiente al grupo puntual seleccionado y desde los Spreadsheet entregados realizar el tratamiento matemático respectivo para hallar las representaciones reducibles correspondientes y los movimientos que se presentarían si al compuesto se le aplicará la técnica instrumental de IR.
4. Para la síntesis, ¿qué variables o propiedades termodinámicas, cree que se ven involucrados? Considera que estas los mismos hacen parte del estudio de la SM y la TG. Justifique su respuesta
5. Buscar en la literatura (artículos científicos, libros, tesis), el proceso que se debe llevar a cabo para sintetizar dicho complejo, especificando el número de fuentes bibliográficas o revistas consultadas, así como la respectiva justificación para la selección de la fuente de información.

Envíe al correo americanchemicalsocietycc@gmail.com un informe con Normas ICONTEC sobre la información consolidada indicando los pasos que se deben seguir, materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones, y el papel de cada uno de los reactivos en la síntesis, las reacciones químicas presentes en la misma y las variables fisicoquímicas que se deben controlar en el mismo (justificar cada una de las variables).

(Nota: tener en cuenta la presentación del informe a enviar, y para la información consultada reporte las respectivas citas y referencias en Norma APA 6th Ed.)

Anexo 3. Instrumento 3: ajuste de protocolo de síntesis para los Compuestos de Coordinación inorgánicos

Anexo 3.1. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

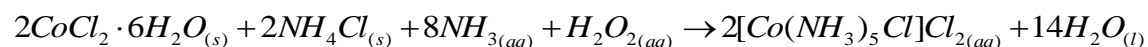
Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 5,000 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formulares (g)
NH_4Cl (s)	Pureza: 99,5 %	53,49
NH_3 (l)	Pureza: 25% Densidad: 0,91 g/mL	17,03
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (s)	Pureza: 98%	237,93
H_2O_2 (l)	Pureza: 30% Densidad: 1,11 g/mL	34,01
HCl (l)	Pureza: 37% Densidad: 1,19 g/mL	36,46
H_2O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07

1. De acuerdo a la reacción, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver diagrama 1)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

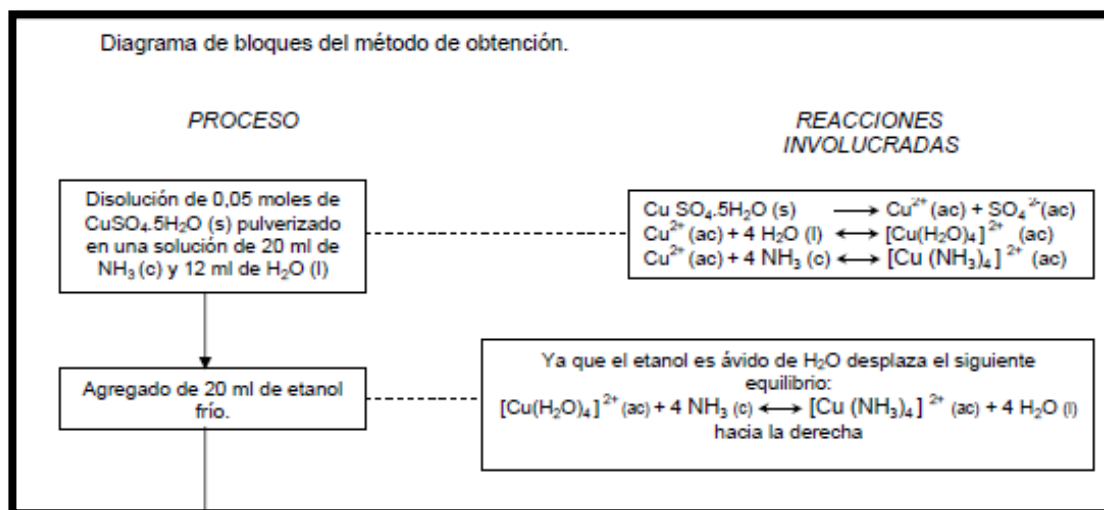


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 19,964 mmol de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (Masa molar (g/mol) = 250,44), se debe colocar en un Erlenmeyer de 250 mL, en una vitrina y con un agitador con magneto, 46,736 mmol de NH_4Cl R.A en 200 mmol de NH_3 concentrado R.A. Sobre la disolución se van añadiendo poco a poco 42,887 meq-g de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ R.A previamente pulverizados en un mortero. Posteriormente se añade gota a gota 40,8 g de H_2O_2 R.A, el cual debe estar cargado en una bureta de 25 mL, y cuando se termine la efervescencia se adicionan lentamente 181,143 PmFG de HCl concentrado R.A. En este punto se puede sacar el sistema de la vitrina. La mezcla de reacción se calienta durante 20-25 min en una plancha de calentamiento, controlando la temperatura unos 60°C . Debe adquirir un color violeta. Se deja en reposo hasta alcanzar temperatura ambiente y luego se enfría en un baño de hielo. El sólido violeta obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido,

mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H₂O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía)

El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.2. [Co(NH₃)₅(ONO)]Cl₂

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: [Co(NH₃)₅(ONO)]Cl₂

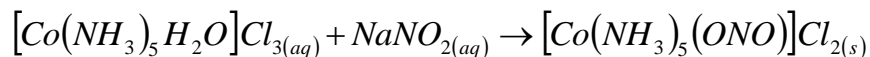
Nombre integrante 1: _____ Código: _____
 Nombre integrante 2: _____ Código: _____
 Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 3,500 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formulares (g)
NH ₃ (l)	Pureza: 25% Densidad: 0,91 g/mL	17,03
NaNO ₂ (s)	Pureza: 99%	69,00
HCl (l)	Pureza: 37% Densidad: 1,19 g/mL	36,46
H ₂ O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07
H ₂ O destilada	Densidad: 1,000 g/mL	18 g

1. De acuerdo a la reacción, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver *diagrama 1*)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

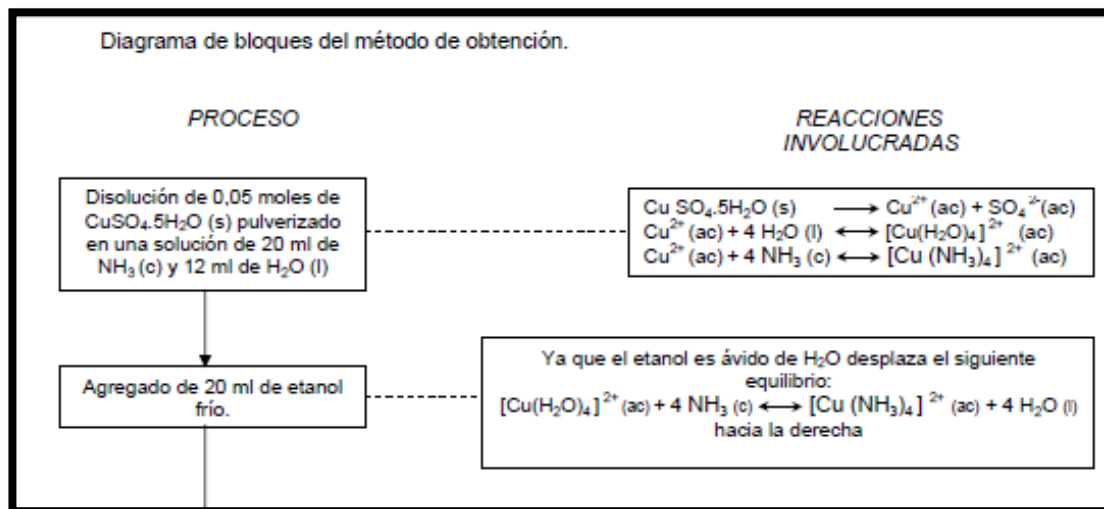


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 13,410 mmol de $[Co(NH_3)_5(ONO)]Cl_2$ (Masa molar (g/mol) = 250,44), en un Erlenmeyer de 250 mL se disolvieron 5,989 mmol de $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ (Masa molar (g/mol) = 250,44), en 1246,11 mmol de NH_3 concentrado R.A y 3240,56 mmol de agua destilada, se calentó suavemente en plancha de calentamiento y se agitó. Después se dejó

enfriar el Erlenmeyer a temperatura ambiente y posteriormente se llevó a un baño de hielo y se adicionó HCl 6 M hasta pH = 7 con. Luego, se adicionaron 50,217 meq-g de NaNO₂ seguidos de 2,069 g de HCl 6 M. Se dejó la mezcla de reacción en reposo en un baño de hielo durante una hora.

El sólido obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H₂O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía)

El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.3. [Co(NH₃)₅(NO₂)]Cl₂

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: [Co(NH₃)₅(NO₂)]Cl₂

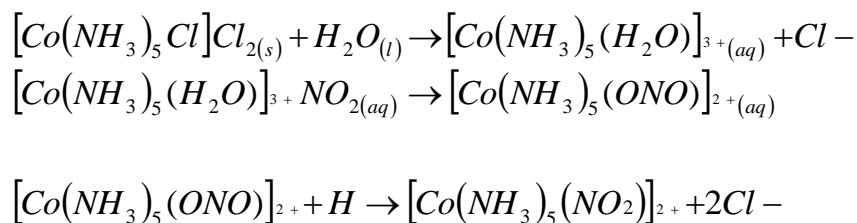
Nombre integrante 1: _____ Código: _____
 Nombre integrante 2: _____ Código: _____
 Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 3,500 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formularios (g)
NH ₃ (l)	Pureza: 25% Densidad: 0,91 g/mL	17,03
HCl (l)	Pureza: 37% Densidad: 1,19 g/mL	36,46
H ₂ O fría y caliente	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07

1. De acuerdo a la reacción sin balancear, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver *diagrama 1*)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

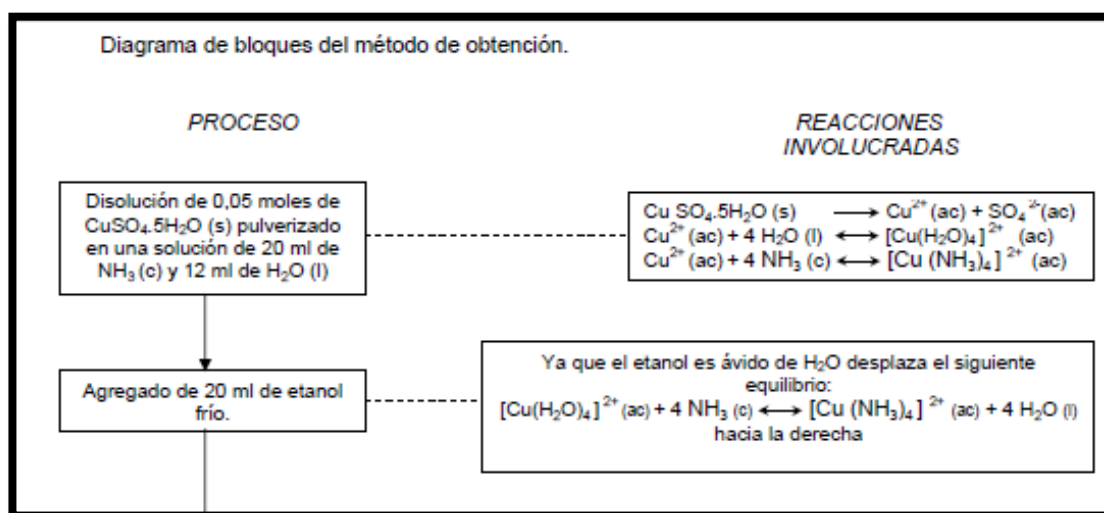


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 3,831 mmol de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$ (Masa molar g/mol: 260,9975), Se disuelven 3,831 mmol de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$ en un Erlenmeyer de 250 mL, el cuál previamente contiene 764 mmol de agua caliente y 21,72 mmol NH_3 acuoso concentrado R.A. Se enfría la disolución en un baño de hielo y se añaden lentamente y con agitación 120,76 meq-g de HCl concentrado. Se deja la mezcla reposar en el baño de hielo hasta que la precipitación sea completa.

El sólido obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H_2O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía)

El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.4. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

Nombre integrante 1: _____ Código: _____

Nombre integrante 2: _____ Código: _____

Nombre integrante 3: _____ Código: _____

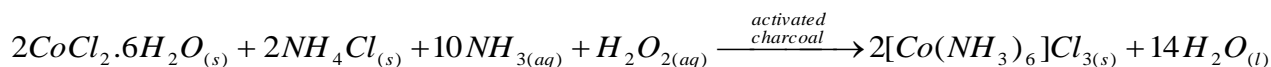
De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 5,000 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formulares (g)
NH_3 (l)	Pureza: 25% Densidad: 0,91 g/mL	17,03
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (s)	Pureza: 98%	237,93
H_2O_2 (l)	Pureza: 30% Densidad: 1,11 g/mL	34,01
HCl (l)	Pureza: 37%	36,46

	Densidad: 1,19 g/mL	
H ₂ O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07
H ₂ O destilada y caliente	Densidad: 1,000 g/mL	18 g
C activado	Pureza: 100%	12,00

1. De acuerdo a la reacción sin balancear, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver diagrama 1)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

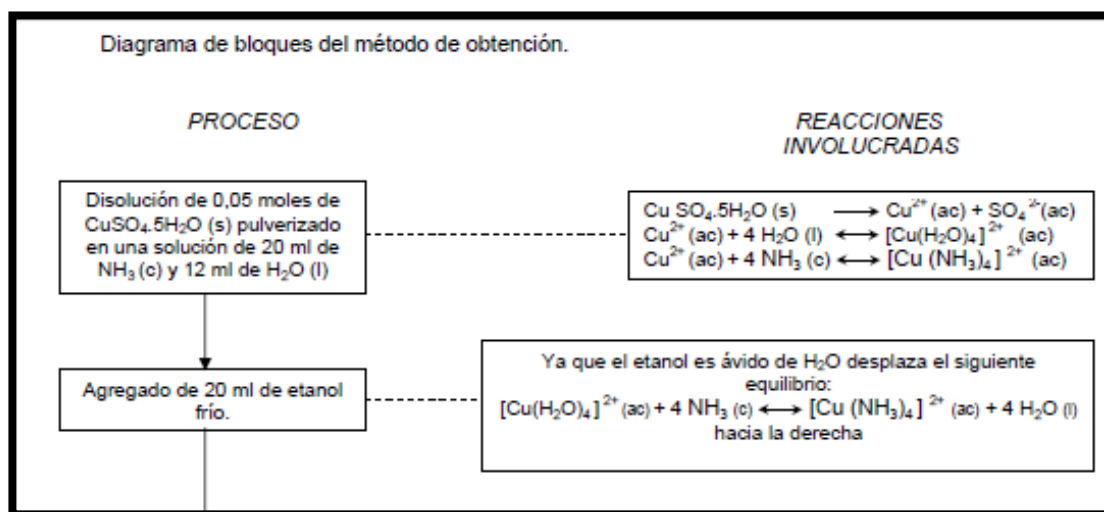


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 18,693 mmol de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ (Masa molar (g/mol) = 267,48), en un Erlenmeyer de 250 mL adicionar 41,188 meq-g de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ R.A y 61,885 PmFG de NH_4Cl R.A con 30 g de agua destilada y agitar. En la vitrina añadir 83,33 mmol de carbón activado y 601,14 mmol de NH_3 concentrado. Enfriar la suspensión a 0°C en un baño de hielo. Luego añadir con una pipeta graduada y sin dejar que la temperatura suba más de 10°C 36,533 mmol de H_2O_2 al 30%. Una vez finalizada la efervescencia (mezcla-marrón rojiza) calentar hasta 60°C y agitar por 30 min. Luego dejar enfriar a temperatura ambiente y volver a trasladar el Erlenmeyer al baño de hielo para enfriarlo a 0°C y dejar por 30 minutos. Posteriormente en un sistema de filtración al vacío con papel filtro cuantitativo filtrar el precipitado, y para retirar el carbón activado se coloca el sólido con el papel filtro en un Erlenmeyer de 250 mL y se le añaden 40 g de agua caliente y 12,076 meq-g de HCl concentrado y la mezcla se calienta a 70°C .

El sólido obtenido se filtra en caliente, por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H_2O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía) El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.5. $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

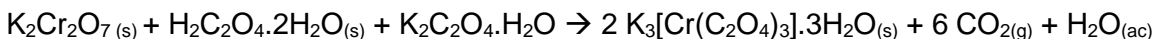
De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 9,000 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formularios (g)
----------------------	------------------	-----------------------

H ₂ C ₂ O ₄ .2H ₂ O (s)	Pureza: 99,5 %	126,07
K ₂ Cr ₂ O ₇ (s)	Pureza: 100%	294,20
K ₂ C ₂ O ₄ .H ₂ O	Pureza: 99%	184,23
H ₂ O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07

1. De acuerdo a la reacción sin balancear, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver *diagrama 1*)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

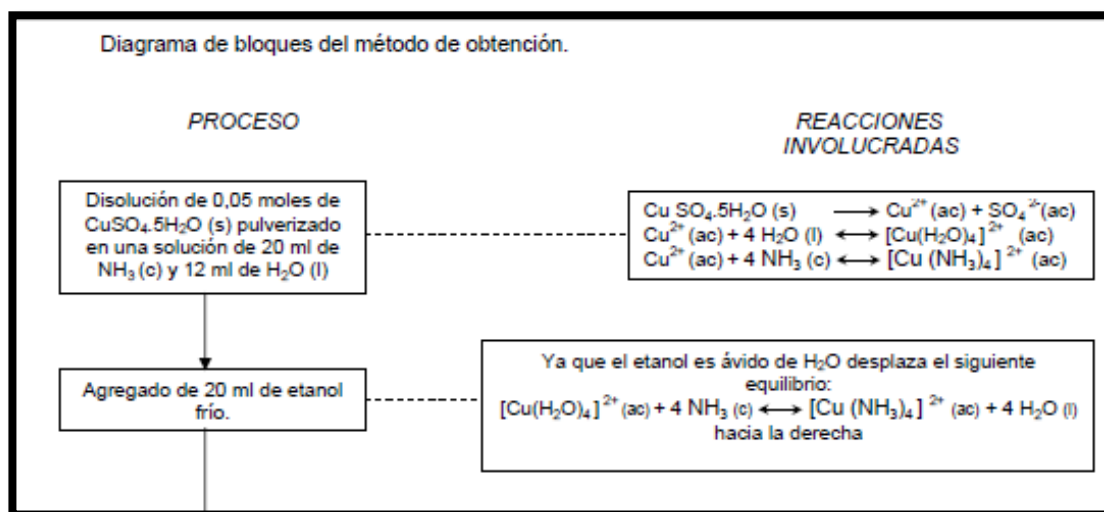


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 9,000 g de $K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$, en un vaso de precipitados de 250 mL añadir 10,0 g de $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ con 20 mL de agua destilada y posteriormente añadir 3,600 g de $K_2Cr_2O_7$, la mezcla se tornará de color naranja. Calentar el sistema casi hasta ebullición conforme comienza a emanar gases. Cuando la reacción se asienta (cerca de 15 min), disolver 4,20 g de $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ en el líquido caliente de color verde-negro y caliente a ebullición por 10 min. Transcurrido el tiempo enfriar el contenido a temperatura ambiente. Añadir 10 mL de etanol al 95%, con agitación. Enfriar la disolución en un baño de hielo de 15 a 20 min.

El sólido obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 7,5 mL de H_2O helada y dos veces con 2,5 mL de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía)

El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.6. Cis- $K[Cr(C_2O_4)_4(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: Cis- $K[Cr(C_2O_4)_4(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

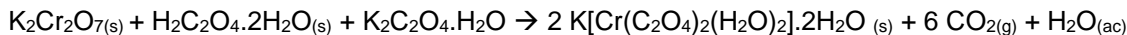
De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 9,000 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formularios (g)
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ (s)	Pureza: 99,5 %	126,07
$K_2Cr_2O_7$ (s)	Pureza: 100%	294,20
H_2O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18 g
Etanol (l)	Pureza: 96%	46,07

Densidad: 0,8085 g/mL

1. De acuerdo a la reacción, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver diagrama 1)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

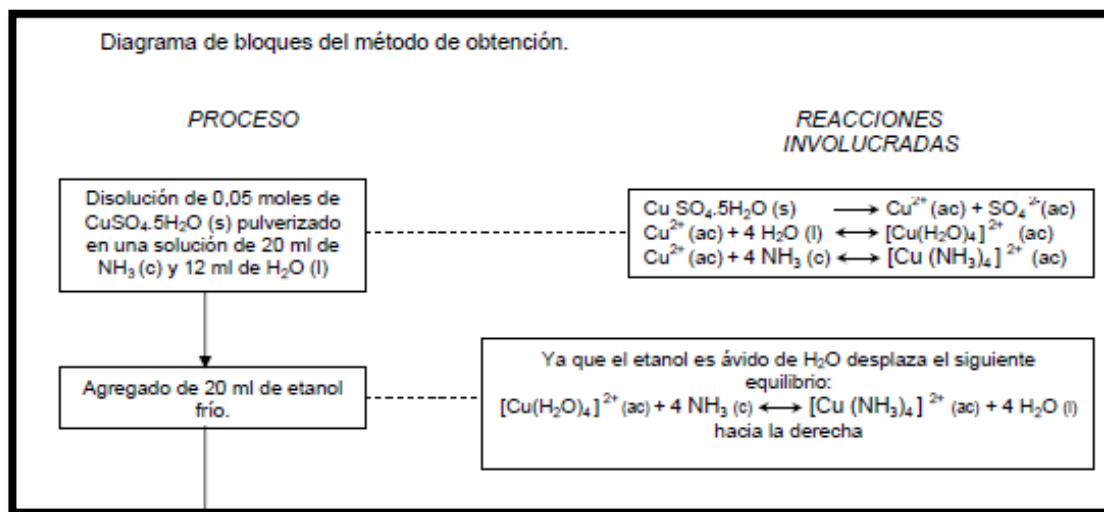


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 26,533 mmol de $\text{Cis-K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Masa molar g/mol: 339,189), se debe: en un vaso de precipitados de 250 mL colocar 189,42 meq-g de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ R.A y 13,596 mmol de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ los cuales previamente deben estar pulverizados en morteros secos y por separado. Mezcla ambos polvos suavemente y seguir la molienda. Por otra parte, humedecer un cristizador de vidrio grande con agua destilada y vaciar el mismo pero no secar. Transferir la mezcla molida al cristizador y cubrirlo con un vidrio de reloj grande y calentarlo suavemente en la plancha de calentamiento. Tener cuidado, pues se genera una reacción espontánea (emanación de vapores). La mezcla se convertirá en un jarabe espeso de color intenso. Añadir 336,95 PmFG de etanol en el

líquido caliente y continúe el calentamiento suavemente. Triture, muela o aplaste el producto en el cristizador con una espátula o con el pistilo del mortero hasta que se solidifica. Si no se puede solidificar completamente con una porción de alcohol, decante el líquido y añada otros 336,95 PmFG de etanol caliente suavemente y realice la trituration hasta obtener un producto cristalino y granular. Este compuesto es intensamente dicróico, apareciendo en el estado sólido como casi negro en luz natural difusa y púrpura intenso en luz artificial.

El sólido obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H₂O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía) El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 3.7. Trans-K[Cr(C₂O₄)₂(H₂O)₂].3H₂O

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

INSTRUMENTO 3. SÍNTESIS DEL COMPLEJO DADO POR LA ACS

Grupo: Trans-K[Cr(C₂O₄)₂(H₂O)₂].3H₂O

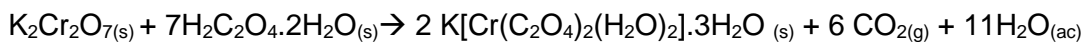
Nombre integrante 1: _____ Código: _____
 Nombre integrante 2: _____ Código: _____
 Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, consolido la información suministrada y ahora se les pide que reformulen el siguiente protocolo teniendo en cuenta que:

Debe ajustar las cantidades de los reactivos analíticos (R.A) para la obtención de 6,500 g del compuesto de coordinación, teniendo en cuenta que los reactivos presentan las siguientes características:

Reactivos Analíticos	Especificaciones	Pesos formulares (g)
H ₂ C ₂ O ₄ .2H ₂ O (s)	Pureza: 99,5 %	126,07
K ₂ Cr ₂ O ₇ (s)	Pureza: 100%	294,20
H ₂ O helada	Densidad: 0,9168 g/mL	18
Etanol (l)	Pureza: 96% Densidad: 0,8085 g/mL	46,07
H ₂ O caliente	Densidad: 1,000 g/mL	18

1. De acuerdo a la reacción sin balancear, determine el reactivo límite en la reacción ¿Qué característica presenta este?



2. A partir del reactivo límite, por factores de proporcionalidad establezca el volumen (mL) o la masa (g) que se necesitan de cada reactivo analítico para la síntesis.

3. Presente un pre-informe de forma escrita y en medio digital (envíelo a americanchemicalsocietycc@gmail.com con los siguientes aspectos: título de la práctica, breve introducción (articular objetivos, hipótesis), materiales y reactivos, procedimiento en diagrama de flujo (en este debe indicar, en cada uno de los pasos del procedimiento, las reacciones que ocurrirán y cambios que se presentarán (cambio de color, desprendimiento de vapores, etc. (Ver diagrama 1)), tabla de resultados y fichas de seguridad para cada uno de los reactivos químicos a utilizar.

4. De igual forma, envíe en un informe anexo al correo, indicando las técnicas analíticas que se podrían utilizar para la caracterización del complejo obtenido (especificar el tipo de técnica), tener en cuenta el tratamiento químico que se le debe hacer al complejo, las variables a tener en cuenta en el proceso, procedimiento a emplear (materiales y reactivos con sus respectivas concentraciones)

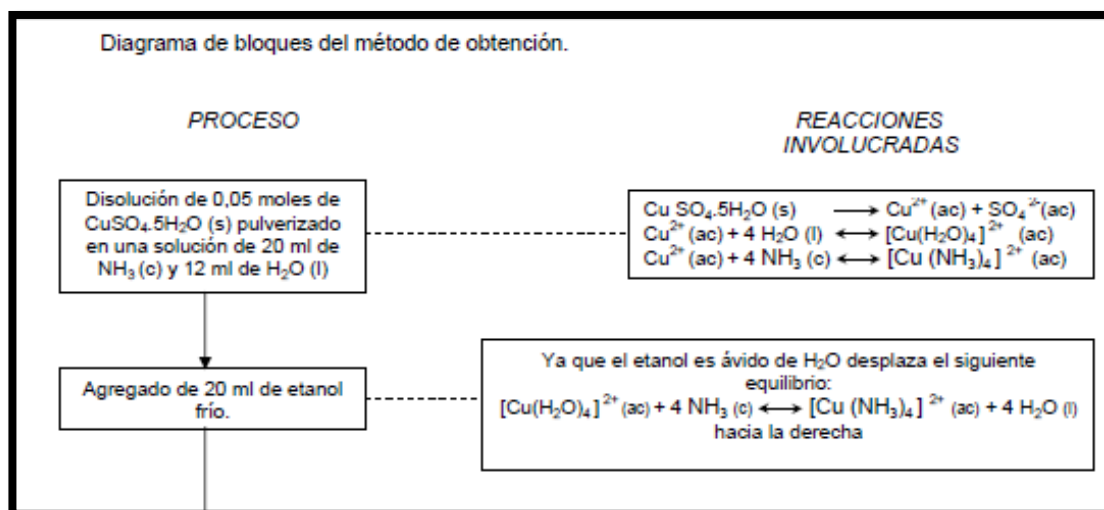


Diagrama N.1. Esquema que representa el método de obtención y las reacciones involucradas de un compuesto de coordinación.

Procedimiento:

Para la obtención de 18,197 mmol de Trans- $\text{K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Masa molar g/mol: 357,204), en un vaso de precipitados de 300 mL, calentar 10 g de agua en ebullición y adicionar 189,42 meq-g de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ R.A, el cual previamente debe estar pulverizado. Por otra parte, calentar en un vaso de 100 mL 5 mg de agua en ebullición con 13,596 mmol de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Añadir la solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ al del $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y cubrir el vaso con el vidrio de reloj mientras ocurre la reacción violenta. Después de completada la reacción, enfríe el

contenido a temperatura ambiente y traslade posteriormente a un baño con hielo por 1 hora y después dejar que la cristalización transcurra de 1 a 2 días, hasta que la solución reduzca su volumen 1/3 del volumen original. El complejo es color rosado con un tinte violeta y no es dicroico.

El sólido obtenido se recoge por un sistema de filtración al vacío, donde previamente se debe pesar un papel filtro cuantitativo (el que previamente se ha tarado a 105°C) y se debe colocar en el Embudo Buchner; antes de verter el Erlenmeyer que contiene el sólido, mojar el papel filtro con 1 mL de acetona y acto seguido realizar la filtración. El sólido obtenido se lava 3 veces con 6,876 g de H₂O helada y dos veces con 64,53 meq-g de etanol R.A frío. Trasladar el papel filtro con el sólido a una cápsula de porcelana (la cual previamente esta tarada a 105°C y debe pesarse vacía)

El producto obtenido debe secarse en una estufa a 100°C durante 1 hora. Después de pasado el tiempo de secado, pesar la cápsula con el papel filtro que contiene el sólido y calcular la masa (g) del complejo obtenido.

Anexo 4. Protocolos de caracterización de los complejos sintetizados

Anexo 4.1. Protocolo para complejos de Co

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PROTOCOLOS DE CARACTERIZACIÓN ESTABLECIDOS POR LA ACS PARA COMPLEJOS QUE CONTIENEN Co y Cl

Grupo ____

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, se consolidó la información suministrada y ahora se les pide realizar las siguientes técnicas de caracterización para el complejo sintetizado.

1. Cuantificación de cobalto (Co) por volumetría redox

1.1. Estandarización de la disolución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,025 N con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N

- En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,0250 N, adicionar 1 g de KI y 10 mL de HCl 2N. Agitar la disolución con un agitador magnético mientras se titula con la disolución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, hasta la aparición de un amarillo pálido adicionar 3 gotas del almidón soluble y seguir titulando hasta que la disolución pase a incolora. Realizar el procedimiento por triplicado.

1.2. Determinación de Cobalto

- En un Erlenmeyer de 250 mL añadir 0,100 g del complejo y agregar 15 mL de NaOH 2 N y calentar en una plancha de calentamiento hasta que el amoníaco se libere completamente y se obtenga un óxido de cobalto negro.
- Filtrar al vacío con papel filtro cuantitativo y lavar con 10 mL de agua caliente con el fin de remover las interferencias por el ión cloruro.
- El residuo con el papel filtro cuantitativo se deposita a otro Erlenmeyer de 250 mL y se le añade 8 mL de HCl concentrado y 1 g de KI y 15 mL de agua destilada. Esta disolución taponarla y dejarla en la oscuridad por 10 min.
- Después de transcurrir el tiempo, titular la disolución con el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ estandarizado, el punto final es un azul pálido o rosa pálido.

2. Cuantificación de cloruro (Cl) por volumetrías de precipitación (preparar 100 mL 0,0167 M del complejo)

1.1. Método de Mohr

1.1.1. Estandarización de la disolución de AgNO_3 0,0167M con NaCl 0,0167M

- a. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL de NaCl 0,0167M, adicionar 2 mL de K_2CrO_4 5%*m/V* y 200 mg de NaHCO_3 . Agitar la disolución con un agitador magnético mientras se titula con la disolución de AgNO_3 hasta aparición de un leve color rojo-anaranjado. Realizar el procedimiento por triplicado.

1.1.2. Determinación de Cl

- a. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL del complejo 0,0167M, adicionar 2 mL de K_2CrO_4 5%*m/V* y 200 mg de NaHCO_3 . Agitar la disolución con un agitador magnético mientras se titula con la disolución de AgNO_3 estandarizada hasta aparición de un leve color rojo-anaranjado.

1.2. Método de Volhard

1.1.1. Estandarización de la disolución de KSCN 0,0167M con AgNO_3 estandarizado

- a. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL de NaCl 0,0167 M y 20 mL del AgNO_3 estandarizado, calentar por 1 min, enfriar y colocar 1 g de la sal de Mohr y titular con la disolución de KSCN . Realizar el procedimiento por triplicado.

1.1.2. Determinación de Cl

- b. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL del complejo 0,0167M y 30 mL del AgNO_3 estandarizado, calentar por 1 min, enfriar y colocar 1 g de la sal de Mohr y titular con la disolución de KSCN estandarizada.

3. Determinación del espectro IR en el complejo

Para este procedimiento seguir las indicaciones del analista, para determinar el espectro de IR del compuesto de coordinación por FTIR.

4. Determinación de las longitudes de onda de máxima absorción por la técnica de UV-VIS

Con la disolución 0,0167 M preparada del complejo leer en toda la región del espectro visible para detectar la región de máxima absorción

5. Determinación de punto de fusión

1. Con un capilar colocar por inversión un poco del complejo.
2. Colocar en el fusiómetro el capilar y programar el mismo para una graduación de 5°C por min.
3. Observar en la zona del fusiómetro cuando comience a presentarse la primera burbuja y registrar esa temperatura (T inicial) hasta que el complejo pase totalmente a estado líquido, registrar esta temperatura (T final)

6. Determinación de índice de refracción

1. Colocar unas gotas de la disolución del complejo preparada anteriormente en el refractómetro, el cual previamente debe calibrarse con etilenglicol.

7. Determinación de polarimetría

1. Llenar el tubo de porcelana del polarímetro con agua destilada para calibrarlo.
2. Posteriormente, llenar el tubo con una solución de sacarosa 10%*m/V* para ver el efecto que tiene en el giro de la luz polarizada.
3. De la disolución preparada del complejo anteriormente, realizar una dilución 10/100 y llenar el tubo de porcelana del polarímetro, sin que queden burbujas.
4. Realizar la lectura.

8. Determinación de conductividad eléctrica

1. Calibrar el conductímetro con una disolución de KCl 0,01 M.
2. Medir la conductividad eléctrica a la disolución 0,0167 M y a la dilución realizada anteriormente.

Anexo 4.2. Protocolo para complejos de Cr

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

PROTOCOLOS DE CARACTERIZACIÓN ESTABLECIDOS POR LA ACS PARA COMPLEJOS DE Cr y $(C_2O_4)^{2-}$

Grupos 05, 06 y 07

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a la información que su equipo de trabajo y usted han entregado a la ACS, se consolidó la información suministrada y ahora se les pide realizar las siguientes técnicas de caracterización para el complejo sintetizado.

1. Cuantificación de cromo (Cr) por volumetría redox

1.1. Estandarización de la disolución de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 0,025 N con $K_2Cr_2O_7$ 0,025 N

- b. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,0250 N, adicionar 1 g de KI y 10 mL de HCl 2N. Agitar la disolución con un agitador magnético mientras se titula con la disolución de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, hasta la aparición de un amarillo pálido adicionar 3 gotas del almidón soluble y seguir titulando hasta que la disolución pase a incolora. Realizar el procedimiento por triplicado.

1.2. Determinación de Cromo, desde la oxidación a $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-}$ con per sulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)

- e. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir 0,200 g del complejo y disolver en 50 mL de agua destilada, añadir 2 mL del AgNO_3 0,0167 M y 10 mL de disolución de persulfato de potasio 10% m/V.
- f. Calentar la mezcla por 20 minutos, y después de transcurrido el tiempo enfriar a temperatura ambiente y añadir 10 mL de H_2SO_4 2N y 2 mL de H_3PO_4 3N, enfriar
- g. Después de que la disolución este fría, añadir 10 mL de HCl concentrado y 1 g de KI y titular con la disolución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ estandarizada.

2. Cuantificación de oxalato $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$ por volumetría redox (preparar una disolución 0,167 M del complejo Volumen: 100 mL)

2.1. Estandarización de la disolución de KMnO_4 0,0250 N con $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,025 N

- b. En un Erlenmeyer de 250 mL añadir una porción alícuota de 10 mL de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,025 N y añadir 10 mL de H_2SO_4 2N y calentar a 70°C y titular con la disolución de KMnO_4 manteniendo esta temperatura, hasta la aparición de un color rosado permanente. Realizar el procedimiento por triplicado.

2.2. Determinación de $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$

- c. En un Erlenmeyer de 250 mL transferir 0,300 g del complejo y adicionar 10 mL de agua destilada y 10 mL de NaOH 2N.
- d. Calentar en una plancha de calentamiento hasta que el hidróxido de cromo (III) (Color verde) se precipite completamente, dejar por aproximadamente 40 min.
- e. Filtrar el precipitado al vacío con papel filtro cuantitativo y lavar el precipitado con 20 mL de agua caliente.
- f. Acidificar el filtrado con H_2SO_4 2N y calentar a 70°C y titular con la disolución de KMnO_4 estandarizada.

3. Determinación del espectro IR en el complejo

Para este procedimiento seguir las indicaciones del analista, para determinar el espectro de IR del compuesto de coordinación por FTIR.

4. Determinación de las longitudes de máxima onda por UV-VIS

Con la disolución 0,0167 M preparada del complejo leer en toda la región del espectro visible para detectar la región de máxima absorción

5. Determinación de punto de fusión

1. Con un capilar colocar por inversión un poco del complejo.
2. Colocar en el fusiómetro el capilar y programar el mismo para una graduación de 5°C por min.
3. Observar en la zona del fusiómetro cuando comience a presentarse la primera burbuja y registrar esa temperatura (T inicial) hasta que el complejo pase totalmente a estado líquido, registrar esta temperatura (T final)

6. Determinación del índice de refracción

1. Colocar unas gotas de la disolución del complejo preparada anteriormente en el refractómetro, el cual previamente debe calibrarse con etilenglicol.

7. Determinación de polarimetría

1. Llenar el tubo de porcelana del polarímetro con agua destilada para calibrarlo.
2. Posteriormente, llenar el tubo con una solución de sacarosa 10%*m/V* para ver el efecto que tiene en el giro de la luz polarizada.
3. De la disolución preparada del complejo anteriormente, realizar una dilución 10/100 y llenar el tubo de porcelana del polarímetro, sin que queden burbujas.
4. Realizar la lectura.

8. Determinación de conductividad eléctrica

1. Calibrar el conductímetro con una disolución de KCl 0,01 M.
2. Medir la conductividad eléctrica a la disolución 0,0167 M y a la dilución realizada anteriormente.

Anexo 5. Lista de chequeo de competencias

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

LISTA DE CHEQUEO DE COMPETENCIAS BÁSICAS, PROCEDIMENTALES E INVESTIGATIVAS

Grupo de laboratorio No. _____

Nombre integrante 1: _____ Código: _____

Nombre integrante 2: _____ Código: _____

Nombre integrante 3: _____ Código: _____

Compuesto de coordinación a sintetizar y caracterizar: _____

Fecha de diligenciamiento parte 1: _____

Fecha de diligenciamiento parte 2: _____

Número de la competencia		Variable de observación	Observaciones
Parte 1	CB8, CB10, CP10, CI5	Descripción de las Variables implicadas en el proceso de síntesis	
		Explicación de los fenómenos que están ocurriendo en la síntesis	
		Relación de los principios de la SM y las variables y/o propiedades termodinámicas descritas	
Parte 2	CB11, CP8 CP10, CI5	Descripción de la técnica de caracterización emplea y su posible relación con los principios de la SM y la TG	

		Reacciones químicas implicadas en el proceso de caracterización del compuesto de coordinación	
--	--	---	--

Anexo 6. Instrumento final: elaboración de artículo científico

Anexo 6.1. Parámetros para la elaboración del artículo científico para los complejos de cobalto

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**INSTRUMENTO FINAL: ELABORACIÓN DE ARTÍCULO CIENTÍFICO DE ACUERDO A
LOS PARÁMETROS DE LA ACS PARA COMPLEJOS DE COBALTO**

Grupo: ____

Nombre integrante 1: _____ Código: _____

Nombre integrante 2: _____ Código: _____

Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a las intervenciones realizadas sobre los conceptos generales a nivel de minerales, compuestos de coordinación y los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos, en contraste con los resultados obtenidos en la síntesis y caracterización del compuesto de coordinación, la ACS le solicita elaborar un artículo científico que tenga los siguientes parámetros:

- **Forma del documento:** tamaño carta, márgenes de acuerdo a la Norma ICONTEC última actualización (Superior e inferior: 2,5 cm; Izquierdo y derecho: 3,00 cm), letra Arial, número 11, interlineado sencillo, redacción en impersonal, imágenes rotuladas (en la parte inferior), tablas rotuladas (en la parte superior)
- **Título:** debe ser específico y debe mencionar el compuesto de coordinación que le correspondió a su equipo de trabajo
- **Nombres de los integrantes del equipo de trabajo:** nombrar los integrantes de forma alfabética, mencionando apellidos y nombres, así como los correos institucionales, y especificando el cargo académico
- **Resumen (en español e inglés):** especificar de forma breve y concisa el objetivo del artículo, los procedimientos a nivel de síntesis y caracterización realizados en torno al compuesto de coordinación dado, así como los resultados obtenidos
- **Palabras clave (en español e inglés):** especificar 5 palabras clave
- **Introducción:** Mencionar el compuesto de coordinación dado por la ACS y anexar una imagen del mismo, y posteriormente contrastar el mismo con el o los minerales dados en las intervenciones.

De acuerdo al mineral dado, especificar el nombre y la clasificación del mineral, la composición química, en donde se encuentra, a nivel de los procesos evolutivos de la tierra como se formó, posibles aplicaciones e incluir imágenes.

Posteriormente, exponer el compuesto de coordinación dado resaltando: el color que presenta, el nombre IUPAC, composición química (%m/m de cada uno de los elementos químicos que lo constituyen), átomo central, estado de oxidación del átomo central, ligandos, clase de ligandos y su carga, esfera (catiónica, neutra o aniónica) configuración electrónica y la disposición de los ligandos, número de coordinación, y geometría molecular, tipo de enlace)

Especificar las aplicaciones que tiene el compuesto de coordinación (medicina, industria)

Especifique y justifique el tipo de isomería que presenta el complejo (isomería conformacional, geométrica, de unión o enlace, de ionización, de hidratación, óptica) Realice la configuración electrónica del átomo central e ilustre la hibridación correspondiente (teniendo en cuenta la serie espectro química); de igual forma, especifique si su compuesto de coordinación presenta propiedades paramagnéticas o diamagnéticas. En contraste con la Teoría del Campo Cristalino, realice el desdoblamiento de los orbitales en un campo octaédrico, teniendo en cuenta los electrones d del átomo central, en un campo fuerte y débil y especifique el momento magnético (μ) y la Energía de Estabilización del Campo Cristalino Octaédrico (EECC)

En el programa de modelado molecular WebMO diseñe el compuesto de coordinación y anexe el registro fotográfico, debidamente rotulado. Teniendo en cuenta que ya conoce el grupo puntual de su complejo, anexe la tabla de caracteres correspondiente, según el Spreadsheet y, señale cada una de las partes de la misma, y especifique la utilidad de esta en el complejo.

Teniendo en cuenta el Tao (Γ) dado para su complejo, calcule las representaciones reducibles totales ¿cuántas bandas en el IR se observarán de acuerdo a estas?

De igual forma calcule los modos vibracionales totales del compuesto de coordinación teniendo en cuenta: $3N-6$ (no lineal); $3N-5$ (lineal) donde N: hace referencia al número total de átomos presentes en la molécula)

De acuerdo al grupo puntual del compuesto de coordinación, especifique la función de los elementos de simetría en el mismo; además, especifique algunas operaciones de simetría de acuerdo a los mismos.

Indague y anexe con sus respectivas fuentes los valores de $\Delta_f H^\circ$ ΔG° y ΔS° del compuesto de coordinación (sí no encuentra los valores, reporte los signos de cada parámetro termodinámico) y relacione estos con el grupo puntual, especificando a que hace referencia cada parámetro termodinámico y que indica el signo y como lo puede asociar al compuesto de coordinación y a su vez con el grupo puntual al que pertenece.

- **Sección experimental:** En este apartado anexe los procedimientos en diagramas de flujo correspondientes a la síntesis del compuesto de coordinación. De igual

forma, anexe los diagramas de flujo de los procesos de caracterización realizados. Además anexe los materiales y reactivos (con sus respectivas concentraciones).

- **Sección de resultados:** Anexe en tablas rotuladas las medidas de masa en cuanto a la cantidad obtenida del complejo, así como los resultados obtenidos en los métodos de caracterización utilizados (volumetrías, espectro IR, espectro UV-VIS, Conductividad eléctrica, índice de refracción, punto de fusión y polarimetría), además de los registros fotográficos tomados.
- **Sección de cálculos:** Anexe las muestras del cálculo realizadas para la determinación de los elementos que constituyen el complejo, desde los métodos de caracterización utilizados (volumetría redox y de precipitación). Para ello tenga presente las siguientes fórmulas:

Estandarización de tiosulfato de sodio pentahidratado

$$[Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O] N = \frac{[K_2 Cr_2 O_7] N * Vol (mL K_2 Cr_2 O_7)}{Vol (mL Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O)}$$

Determinación %m/m Co

$$\% \frac{m}{m} Co = \frac{Vol (mL Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O) * [Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O] N * \left(\frac{58,933g}{1000}\right)}{g \text{ complejo}} * 100$$

Método Mohr: Estandarización de nitrato de plata

$$[AgNO_3] M = \frac{[NaCl] M * Vol (mL NaCl)}{Vol (mL AgNO_3)}$$

Método Mohr: Determinación de %m/m Cl

$$\% \frac{m}{m} Cl = \frac{[AgNO_3] M * Vol (mL AgNO_3) * \frac{35,45g}{1000}}{10 mL * 0,0167M * \frac{\text{Peso molecular del complejo}}{1000}}$$

Método Volhard: Estandarización de tiocianato de potasio por retro valoración

$$[KSCN] M = \frac{([AgNO_3] * Vol (mL AgNO_3)) - ([NaCl] * Vol (mL NaCl))}{Vol (mL KSCN)}$$

Método Volhard: Determinación de %m/m Cl

$$\% \frac{m}{m} Cl = \frac{([AgNO_3] * Vol (mL AgNO_3)) - ([KSCN] * Vol (mL KSCN)) * \frac{35,45g}{1000}}{10 mL * 0,0167M * \frac{Peso\ molecular\ del\ complejo}{1000}} * 100$$

- **Análisis de resultados:**

Reporte TODAS las reacciones químicas que se producen tanto en la síntesis del compuesto de coordinación, así como en los métodos de caracterización (volumetría redox y de precipitación)

Teniendo en cuenta los valores hallados en los métodos de caracterización (volumetrías) contrástelos con los valores teóricos, así como el punto de fusión teórico, reportados en la literatura.

Por otra parte, teniendo en cuenta el valor de la conductividad eléctrica tomada para la disolución de 0,0167 M y la dilución 10/100, consulte que significa ese valor y como puede contrastarlo de acuerdo a la composición química del compuesto de coordinación.

Teniendo en cuenta el espectro IR, realice la interpretación del mismo indicando los grupos funcionales a los que hace referencia cada banda del mismo; de igual forma, compare algún espectro reportado en la literatura con el obtenido. Indique algunos modos vibracionales asociados a las bandas del espectro. Analice el espectro obtenido en el IR de acuerdo a los principios de la simetría molecular y la teoría de grupos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la técnica de polarimetría, realice una discusión entrono a los principios de la Simetría Molecular y a Teoría de Grupos.

De acuerdo al índice de refracción obtenido para el complejo, especifique que indica este y para qué sirve.

De acuerdo al espectro UV-VIS identifique la longitud de máxima onda y contrástelo con valores teóricos reportados en la literatura. De igual forma, indague en que consiste el Diagrama de Tanabe Sugano y como lo puede articular con el espectro UV-VIS obtenido y con el compuesto de coordinación.

- **CONCLUSIONES:**

En este apartado de respuesta a los siguientes interrogantes:

De acuerdo a la síntesis y caracterización del compuesto de coordinación: ¿se puede concluir que el compuesto obtenido probablemente sea el sintetizado? ¿Por qué?

De acuerdo a los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de grupos: ¿Cuál considera que sea la importancia de los mismos tanto en los minerales como en los

compuestos de coordinación?; de igual forma, ¿se pueden utilizar en la caracterización de compuestos de coordinación? ¿Por qué?

De acuerdo a las propiedades físicas y termodinámicas del complejo: ¿hay una relación entre los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de grupos con estas? ¿Por qué?

- **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Anexe todas las fuentes de información consultadas referenciadas en Norma APA 6th Ed.

EXPOSICIÓN DEL ARTÍCULO: El equipo de trabajo debe construir un modelo a escala del compuesto de coordinación y debe indicar en el mismo **TODOS LOS ELEMENTOS DE SIMETRÍA** y traerlo para la exposición. El equipo de trabajo tendrá 15 minutos para exponer el artículo y el modelo construido.

Anexo 6.2. Parámetros para la elaboración del artículo científico para los complejos de cromo

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**INSTRUMENTO FINAL: ELABORACIÓN DE ARTÍCULO CIENTÍFICO DE ACUERDO A
LOS PARÁMETROS DE LA ACS PARA COMPLEJOS DE CROMO**

Grupo: 05, 06, 07

Nombre integrante 1: _____ Código: _____
Nombre integrante 2: _____ Código: _____
Nombre integrante 3: _____ Código: _____

De acuerdo a las intervenciones realizadas sobre los conceptos generales a nivel de minerales, compuestos de coordinación y los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de Grupos, en contraste con los resultados obtenidos en la síntesis y caracterización del compuesto de coordinación, la ACS le solicita elaborar un artículo científico que tenga los siguientes parámetros:

- **Forma del documento:** tamaño carta, márgenes de acuerdo a la Norma ICONTEC última actualización (Superior e inferior: 2,5 cm; Izquierdo y derecho: 3,00 cm), letra Arial, número 11, interlineado sencillo, redacción en impersonal, imágenes rotuladas (en la parte inferior), tablas rotuladas (en la parte superior)

- **Título:** debe ser específico y debe mencionar el compuesto de coordinación que le correspondió a su equipo de trabajo
- **Nombres de los integrantes del equipo de trabajo:** nombrar los integrantes de forma alfabética, mencionando apellidos y nombres, así como los correos institucionales, y especificando el cargo académico
- **Resumen (en español e inglés):** especificar de forma breve y concisa el objetivo del artículo, los procedimientos a nivel de síntesis y caracterización realizados en torno al compuesto de coordinación dado, así como los resultados obtenidos.
- **Palabras clave (en español e inglés):** especificar 5 palabras clave
- **Introducción:** Mencionar el compuesto de coordinación dado por la ACS, y posteriormente contrastar el mismo con el o los minerales dados en las intervenciones.

De acuerdo al mineral dado, especificar el nombre y la clasificación del mineral, la composición química, en donde se encuentra, a nivel de los procesos evolutivos de la tierra como se formó, posibles aplicaciones e incluir imágenes.

Posteriormente, exponer el compuesto de coordinación dado resaltando: el color que presenta, anexar una imagen del mismo, el nombre IUPAC, composición química (%m/m de cada uno de los elementos químicos que lo constituyen), átomo central, estado de oxidación del átomo central, ligandos, clase de ligandos y su carga, esfera (catiónica, neutra o aniónica) configuración electrónica y la disposición de los ligandos, número de coordinación, y geometría molecular, tipo de enlace)

Especificar las aplicaciones que tiene el compuesto de coordinación (medicina, industria)

Especifique y justifique el tipo de isomería que presenta el complejo (isomería conformacional, geométrica, de unión o enlace, de ionización, de hidratación, óptica) Realice la configuración electrónica del átomo central e ilustre la hibridación correspondiente (teniendo en cuenta la serie espectro química); de igual forma, especifique si su compuesto de coordinación presenta propiedades paramagnéticas o diamagnéticas. En contraste, con la Teoría del Campo Cristalino, realice el desdoblamiento de los orbitales en un campo octaédrico, teniendo en cuenta los electrones d del átomo central, en un campo fuerte y débil y especifique el momento magnético (μ) y la Energía de Estabilización del Campo Cristalino Octaédrico (EECC)

En el programa de modelado molecular WebMO diseñe el compuesto de coordinación y anexe el registro fotográfico, debidamente rotulado. Teniendo en cuenta que ya conoce el grupo puntual de su complejo, anexe la tabla de caracteres correspondiente según el Spreadsheet y señale cada una de las partes de la misma, así como la utilidad que tiene en el compuesto de coordinación.

Teniendo en cuenta el Tao (Γ) dado para su complejo, calcule las representaciones reducibles totales ¿cuántas bandas en el IR se observarán de acuerdo a estas?

De igual forma calcule los modos vibracionales totales del compuesto de coordinación teniendo en cuenta: $3N-6$ (no lineal); $3N-5$ (lineal) donde N: hace referencia al número total de átomos presentes en la molécula)

De acuerdo al grupo puntual del compuesto de coordinación, especifique la función de los elementos de simetría en la misma; además, especifique algunas operaciones de simetría de acuerdo a los mismos.

Indague y anexe con sus respectivas fuentes los valores de $\Delta_f H^\circ$, ΔG° y ΔS° del compuesto de coordinación (sí no encuentra los valores, reporte los signos de cada parámetro termodinámico) y relacione estos con el grupo puntual, especificando a que hace referencia cada parámetro termodinámico y que indica el signo y como lo puede asociar al compuesto de coordinación y a su vez con el grupo puntual al que pertenece.

- **Sección experimental:** En este apartado anexe los procedimientos en diagramas de flujo correspondientes a la síntesis del compuesto de coordinación. De igual forma, anexe los diagramas de flujo de los procesos de caracterización realizados. Además anexe los materiales y reactivos (con sus respectivas concentraciones).
- **Sección de resultados:** Anexe en tablas rotuladas las medidas de masa en cuanto a la cantidad obtenida del complejo, así como los resultados obtenidos en los métodos de caracterización utilizados (volumetrías, espectro IR, espectro UV-VIS, índice de refracción, conductividad eléctrica, punto de fusión y polarimetría), además de los registros fotográficos tomados.
- **Sección de cálculos:** Anexe las muestras del cálculo realizadas para la determinación de los elementos que constituyen el complejo, desde los métodos de caracterización utilizados (volumetría redox). Para ello tenga presente las siguientes fórmulas:

Estandarización de tiosulfato de sodio pentahidratado

$$[Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O] N = \frac{[K_2 Cr_2 O_7] N * Vol (mL K_2 Cr_2 O_7)}{Vol (mL Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O)}$$

Determinación %m/m Cr

$$\% \frac{m}{m} Cr = \frac{Vol (mL Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O) * [Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2 O] N * (\frac{51,996g}{3000})}{g complejo} * 100$$

Estandarización de permanganato de potasio

$$[KMnO_4] N = \frac{[H_2 C_2O_4 \cdot 2H_2O] N * Vol (mL H_2 C_2O_4 \cdot 2H_2O)}{Vol (mL KMnO_4)}$$

Determinación de %m/m (C₂O₄)²⁻

$$\% \frac{m}{m} (C_2O_4)^{2-} = \frac{[KMnO_4] N * Vol (mL KMnO_4) * \frac{88,019 g}{2000}}{g \text{ complejo}} * 100$$

- **Análisis de resultados:**

Reporte TODAS las reacciones químicas que se producen tanto en la síntesis del compuesto de coordinación, así como en los métodos de caracterización (volumetría redox y de precipitación)

Teniendo en cuenta los valores hallados en los métodos de caracterización (volumetrías) contrástelos con los valores teóricos, así como el punto de fusión teórico.

Por otra parte, teniendo en cuenta el valor de la conductividad eléctrica tomada para la disolución de 0,0167 M y la dilución 10/100, consulte que significa ese valor y como puede contrastarlo de acuerdo a la composición química del compuesto de coordinación.

Teniendo en cuenta el espectro IR, realice la interpretación del mismo indicando los grupos funcionales a los que hace referencia cada banda del mismo; de igual forma, compare algún espectro reportado en la literatura con el obtenido. Indique algunos modos vibracionales asociados a las bandas del espectro. Analice el espectro obtenido en el IR de acuerdo a los principios de la simetría molecular y la teoría de grupos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la técnica de polarimetría, realice una discusión entrono a los principios de la Simetría Molecular y a Teoría de Grupos.

De acuerdo al índice de refracción obtenido para el complejo, especifique que indica este y para qué sirve. Así mismo, indague en que consiste el dicroísmo y analice si el compuesto de coordinación dado presenta este fenómeno.

De acuerdo al espectro UV-VIS identifique la longitud de máxima onda y contrástelo con valores teóricos reportados en la literatura. De igual forma, indague en que consiste el Diagrama de Tanabe Sugano y como lo puede articular con el espectro UV-VIS obtenido y con el compuesto de coordinación.

- **CONCLUSIONES:**

En este apartado de respuesta a los siguientes interrogantes:

De acuerdo a la síntesis y caracterización del compuesto de coordinación: ¿se puede concluir que el compuesto obtenido probablemente sea el sintetizado? ¿Por qué?

De acuerdo a los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de grupos: ¿Cuál considera que sea la importancia de los mismos tanto en los minerales como en los compuestos de coordinación?; de igual forma, ¿se pueden utilizar en la caracterización de compuestos de coordinación? ¿Por qué?

De acuerdo a las propiedades fisicoquímicas del complejo: ¿hay una relación entre los principios de la Simetría Molecular y la Teoría de grupos con estas? ¿Por qué?

- **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Anexe todas las fuentes de información consultadas referenciadas en Norma APA 6th Ed.

EXPOSICIÓN DEL ARTÍCULO: El equipo de trabajo debe construir un modelo a escala del compuesto de coordinación y debe indicar en el mismo **TODOS LOS ELEMENTOS DE SIMETRÍA** y traerlo para la exposición. El equipo de trabajo tendrá 15 minutos para exponer el artículo y el modelo construido.

Anexo 7. Formato de validación de instrumentos diligenciado

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

El siguiente formato tiene como finalidad solicitar su colaboración para determinar la validez de contenido de los instrumentos de recolección de información del trabajo de grado titulado *PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA FUNDAMENTADA EN LOS PRINCIPIOS DE LA SIMETRÍA MOLECULAR Y LA TEORÍA DE GRUPOS APLICADA A LA SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS DE COORDINACIÓN INORGÁNICOS PRESENTES EN MINERALES*

Su valiosa ayuda contribuirá en la evaluación de la pertinencia de las preguntas establecidas con los objetivos, variables, redacción y ortografía de las mismas.

Agradezco de antemano sus comentarios.

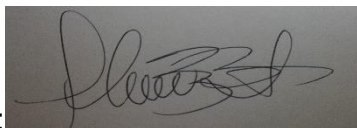
Señale con una X en la casilla correspondiente, teniendo en cuenta que:

(C) Cumple; (CP) Cumple parcialmente; (NC) No cumple

NOMBRE DEL INSTRUMENTO A EVALUAR				OBSERVACIONES
	C	CP	NC	
1. Las preguntas planteadas en el instrumento son pertinentes con los objetivos del trabajo de investigación.	X			
2. Las preguntas son acordes a las variables estipuladas	X			
3. La redacción, ortografía y diseño de las preguntas es adecuada para la temática del trabajo de grado	X			
4. Las preguntas son suficientes para recolectar la información requerida en		X		No conozco los objetivos del trabajo, así que es un poco complicado establecer si las preguntas son suficientes.

contraste con las variables y objetivos definidos				
---	--	--	--	--

COMENTARIOS FINALES: A pesar de no conocer en totalidad el documento, para hablar plenamente de los objetivos, éste se encuentra muy completo y cumple con los parámetro para hacer un trabajo completo con los estudiantes. Es claro y suficientemente entendible tanto la parte teórica como la práctica.



Validación realizada por:

Nombre: N. Alexandra Ramírez Beltrán

Título o cargo académico: Licenciada en química

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

El siguiente formato tiene como finalidad solicitar su colaboración para determinar la validez de contenido de los instrumentos de recolección de información del trabajo de grado titulado *PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA FUNDAMENTADA EN LOS PRINCIPIOS DE LA SIMETRÍA MOLECULAR Y LA TEORÍA DE GRUPOS APLICADA A LA SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS DE COORDINACIÓN INORGÁNICOS PRESENTES EN MINERALES*

Su valiosa ayuda contribuirá en la evaluación de la pertinencia de las preguntas establecidas con los objetivos, variables, redacción y ortografía de las mismas.

Agradezco de antemano sus comentarios.

Señale con una X en la casilla correspondiente, teniendo en cuenta que:

(C) Cumple; (CP) Cumple parcialmente; (NC) No cumple

NOMBRE DEL INSTRUMENTO A EVALUAR				OBSERVACIONES
	C	CP	NC	
ITEM	C	CP	NC	OBSERVACIONES
1. Las preguntas planteadas en el instrumento son pertinentes con los objetivos del trabajo de investigación.	X			

2. Las preguntas son acordes a las variables estipuladas	X			
3. La redacción, ortografía y diseño de las preguntas es adecuada para la temática del trabajo de grado	X			
4. Las preguntas son suficientes para recolectar la información requerida en contraste con las		X		Teniendo en cuenta lo extenso del tema de simetría molecular aplicado en minerales, considero que se debería tener más preguntas y ejemplos de simetría molecular en minerales

variables y objetivos definidos				representativos de la corteza terrestre. Puede profundizar como es el número de Coordinación para las maclas.
---------------------------------	--	--	--	---

COMENTARIOS FINALES: La presente Investigación está aplicada al estudio de la cristalografía que presentan los minerales, por eso sería importante que incluyera más modelos de simetría molecular, por lo menos uno o dos de cada grupo de minerales presentes en la naturaleza. Ejemplo el de los elementos nativos (Au, Ag), óxidos (hematita, magnetita), sulfatos, sulfuros, silicatos y las clasificaciones de los silicatos que tienen un grado más de complejidad. Proyecto muy importante en el estudio de la Geoquímica. Me parece excelente en la enseñanza de la Geología para estudiantes de química de cualquier programa, creo que le falta profundizar en algunos minerales claves en la corteza terrestre como son los silicatos y sus clases (nesosilicatos, filosilicatos) hay es más complicado mirar su número de coordinación, sugiero que lo contemplara.

Validación realizada por:

Nombre: Rocio Cedeño Medina

Rocio Cedeño Medina

Título o cargo académico: Ing. Esp. Mg . Rocio Cedeño m
Docente Dpto. Química.

Anexo 8. Rúbricas de evaluación de instrumentos

Anexo 8.1. Rúbrica de evaluación del instrumento 1

RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA EL INSTRUMENTO No 1													
PREGUNTA	ITEM	COMPETENCIA (S)	INDICADOR DE DESEMPEÑO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PUNTUACIÓN						PUNTUACIÓN MÁXIMA	PUNTAJE POR PREGUNTA		
1	1.1	BÁSICAS (B)	CB1, CB2 Y CB3	A1		A2				5,0	40,0		
	No selecciona el nombre IUPAC correcto			0,0	Selecciona el nombre IUPAC correcto	5,0							
	1.2			B1		B2		B3		5,0			
	No identifica el átomo central, no justifica la respuesta			0,0	Identifica el átomo central, pero no lo justifica la respuesta	3,0	Identifica el átomo central y justifica la respuesta	5,0					
	1.3			C1		C2				5,0			
	No especifica el estado de oxidación del átomo central			0,0	Especifica el estado de oxidación del átomo central	5,0							
	1.4			D1		D2		D3		5,0			
	No identifica los ligantes y no especifica el tipo de ligante			0,0	Identifica los ligantes, pero no los clasifica	3,0	Identifica los ligantes y los clasifica	5,0					
	1.5			E1		E2		E3		E4		5,0	
	No especifica el tipo de esfera de coordinación, ni la carga total de la misma			0,0	Especifica el tipo de esfera de coordinación, pero no la carga total de la misma	2,0	Especifica el tipo de esfera de coordinación y la carga total de la misma, pero de forma errónea	4,0	Especifica de forma correcta el tipo de esfera de coordinación y la carga total de la misma	5,0			
1.6	F1		F2		F3		F4		5,0				
No especifica el número de coordinación, ni la estructura geométrica asociada	0,0	Especifica el número de coordinación incorrectamente	2,0	Especifica el número de coordinación correctamente, pero no menciona la estructura geométrica	4,0	Especifica el número de coordinación correctamente, y la estructura geométrica asociada	5,0						
1.7	G1		G2		G3		G4		5,0				
No especifica los elementos de simetría, ni el grupo puntual	0,0	Especifica los elementos de simetría molecular, pero no grupo puntual	2,0	Especifica algunos elementos de simetría molecular y el grupo puntual, pero de forma errónea	4,0	Especifica de forma correcta los elementos de simetría y el grupo puntual	5,0						
1.7	G1		G2		G3		G4		5,0				
No especifica los elementos de simetría, ni el grupo puntual	0,0	Especifica los elementos de simetría molecular, pero no grupo puntual	2,0	Especifica algunos elementos de simetría molecular y el grupo puntual, pero de forma errónea	4,0	Especifica de forma correcta los elementos de simetría y el grupo puntual	5,0						
1.8	H1		H2		H3				5,0				
No enuncia propiedades fisicoquímicas relacionadas con el grupo puntual o con los elementos de simetría	0,0	Enuncia propiedades fisicoquímicas, pero no están relacionadas con el grupo puntual o con los elementos de simetría	3,0	Enuncia propiedades fisicoquímicas, que están relacionadas con el grupo puntual o con los elementos de simetría	5,0								

4		INVESTIGATIVA (I)	C11	V1		V2		V3		V4		5,0			
				No señala ninguna opción, ni justifica	0,0	Señala una opción, y justifica	2,0	Señala 2 opciones y justifica	4,0	Señala 3 o más opciones y justifica	5,0				
5				W1		W2		W3		W4					
5.1.	No indica métodos, ni justificación			0,0	Indica un método y no lo justifica	2,0	Indica 1-2 métodos y los justifica	4,0	Indica 3 a 4 métodos y los justifica	5,0	5,0		10,0		
5.2.		X1		X2		X3									
		No da respuesta al interrogante, ni lo justifica	0,0	Da respuesta al interrogante, pero no lo justifica	3,0	Da respuesta al interrogante y lo justifica	5,0				5,0				
PUNTAJE TOTAL												120,0			

Anexo 8.2. Rúbrica de evaluación del instrumento 2

RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA EL INSTRUMENTO No 2											
PREGUNTA	ÍTEM	COMPETENCIA (S)	INDICADOR DE DESEMPEÑO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PUNTUACIÓN						PUNTUACIÓN MÁXIMA	PUNTAJE POR PREGUNTA
1	1.1.	BÁSICA (B)	CB1	a1		a2				5,0	35,0
	No especifican el nombre IUPAC correcto, ni el nombre a nivel de mineralogía			0,0	Especifican el nombre IUPAC correcto y el nombre a nivel de mineralogía		5,0				
	1.2.			b1		b2				5,0	
	No identifican el átomo central, ni justifican			0,0	Identifican el átomo central y justifican		5,0				
	1.3			c1		c2				5,0	
	No especifican el estado de oxidación del átomo central			0,0	Especifican el estado de oxidación del átomo central		5,0				
1.4	d1		d2		d3			5,0			
No identifican los ligantes y no especifica el tipo de ligante		0,0	Identifican los ligantes, pero no los clasifica		3,0	Identifican los ligantes y los clasifica			5,0		
1.5	e1		e2		e3		e4		5,0		
No especifican el tipo de esfera de coordinación, ni la carga total de la misma		0,0	Especifican el tipo de esfera de coordinación, pero no la carga total de la misma		2,0	Especifican el tipo de esfera de coordinación y la carga total de la misma, pero de forma errónea		4,0		Especifican de forma correcta el tipo de esfera de coordinación y la carga total de la misma		5,0

1.6			f1		f2		f3		5,0			
			No especifican el número de coordinación, ni la geometría molecular	0,0	Especifican el número de coordinación, pero no la geometría molecular	3,0	Especifican el número de coordinación y la geometría molecular	5,0				
1.7			g1		g2				5,0			
			No mencionan posibles aplicaciones	0,0	Mencionan posibles aplicaciones	5,0						
2	3.1.	BÁSICA (B) Y PROCEDIMENTAL (P)	CB3, CP1	j1		j2		j3		j4		5,0
				No usa el software	0,0	Usa el software y presenta la evidencia, pero no señala los elementos de simetría, ni el grupo puntual	2,0	Usa el software y presenta la evidencia, señala los elementos de simetría, pero no el grupo puntual	4,0	Usa el software y presenta la evidencia, señala los elementos de simetría, y el grupo puntual	5,0	
				k1		k2						
3.2.			No mencionan la función de los elementos de simetría	0,0	Menciona la función de los elementos de simetría	5,0				5,0		
3.3.			l1	l2		l3				5,0		
			No mencionan las propiedades físicas y termodinámicas	0,0	Mencionan 2 propiedades físicas y termodinámicas y las justifican desde la relación de TG y SM	3,0	Mencionan 3 propiedades físicas y termodinámicas y las justifican desde la relación de TG y SM	5,0				
											15,0	

3	PROCEDIMENTALES (P)	CP2	m1		m2		m3		5,0	10,0	
			No presentan la tabla de caracteres, ni el grupo puntual seleccionado	0,0	Presentan la tabla de caracteres, pero no el tratamiento matemático	3,0	Presenta la tabla de caracteres y el tratamiento matemático	5,0			
4	BÁSICAS (B)	CB3 Y CB4	h1		h2		h3		5,0	10,0	
			No mencionan las variables y/o propiedades termodinámicas, ni justifican	0,0	Mencionan posibles variables termodinámicas y no las justifican	3,0	Mencionan posibles variables termodinámicas y las justifican	5,0			
5	BÁSICA (B) E INVESTIGATIVA (I)	CB4, CI1	i1		i2		5,0		5,0	15,0	
			No justifica la relación entre los principios SM y TG con las variables	0,0	Justifica la relación entre los principios SM y TG con las variables	5,0					
5	BÁSICA (B) E INVESTIGATIVA (I)	CB4, CI1	ñ1		ñ2		ñ3		5,0	15,0	
			No explican el papel de los reactivos en la síntesis, ni las reacciones químicas que se presentarán	0,0	Explican el papel de los reactivos en la síntesis, pero no las reacciones químicas que se presentarán	3,0	Explican el papel de los reactivos en la síntesis y las reacciones químicas que se presentarán	5,0			
5	BÁSICA (B) E INVESTIGATIVA (I)	CB4, CI1	o1		o2		o3		o4		5,0
			No mencionan las variables fisicoquímicas involucradas en la síntesis, ni justifican	0,0	Mencionan 1-2 variables fisicoquímicas involucradas en la síntesis, pero no las justifican	2,0	Mencionan 3 variables fisicoquímicas involucradas en la síntesis, y las justifican	3,0	Mencionan 4 variables fisicoquímicas involucradas en la síntesis, y las justifican	5,0	
5	BÁSICA (B) E INVESTIGATIVA (I)	CB4, CI1	p1		p2		p3		p4		5,0
			No especifican las fuentes de información consultadas	0,0	Especifican 1-2 fuentes de información no reconocidas y no justifican la selección de las mismas	2,0	Especifican 3 fuentes de información (reconocidas y no reconocidas) y justifican la selección de las mismas	3,0	Especifican 4 o más fuentes de información reconocidas y justifican la selección de las mismas	5,0	
PUNTAJE TOTAL									85,0		