

PROMOCIÓN DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES INSTRUMENTALES A
PARTIR DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CARTILLA PARA ENSEÑAR
A ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS
ESPECTROSCOPIÁS UV-VIS, IRTF, RMN-H Y RMN-¹³C

Juan David Manrique Ávila

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA CURRICULAR
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2021

PROMOCIÓN DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES INSTRUMENTALES A
PARTIR DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CARTILLA PARA ENSEÑAR A
ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS
ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IR^{TF}, RMN-H Y RMN-¹³C

Juan David Manrique Ávila

Trabajo de

Presentado como requisito para optar al título de Magíster en Docencia de la Química

Director: Alfonso Clavijo Díaz

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA CURRICULAR
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

DEDICATORIA

A mi familia, mis padres **Juan Manrique** y **Elvira Ávila**, mis hermanos **Andrés** y **Santiago**, a mi novia **Maria Fernanda** y su familia, los cuales me apoyaron en este proceso académico tan diferente al normal, debido que la gran parte de las clases las tomé al lado de ellos en casa, y gracias a su comprensión, tolerancia y amor nunca me faltó nada para poder afrontar este reto. A **Rockysito** también le agradezco, nuestra linda mascota, gracias por hacer que el tiempo sentado en el computador fuera más divertido por tu compañía, y aunque ya no nos acompañes, siempre te agradeceré por enseñarnos esa parte humana que aún no conocíamos. Para siempre gordito...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a **mi familia**, la cual me brindó un incondicional apoyo en este nuevo pasó académico, que estuvo lleno situaciones diferentes debido al panorama mundial que llevó a que la academia se trasladara a la casa, donde siempre con el mayor cariño me comprendieron y colaboraron para poder afrontar este reto de manera satisfactoria.

Al profesor **Alfonso Clavijo**, quien me animó en la construcción de este proyecto de investigación, brindándome su conocimiento, sus consejos y su amistad, además por cada momento dedicado en la asesoría del trabajo que aquí se presenta.

Quiero agradecer a los tres profesores expertos que ayudaron a validar la cartilla construida, por su disponibilidad, aportes y sugerencias en la validación, puesto que fue una etapa estructurante del trabajo de grado.

A los profesores de la modalidad de profundización, **Diego Alexander Blanco, Jaime Casas Mateus, Dora Luz Gómez y Yolanda Ladino**, por su gran entrega en cada seminario compartido, sus amplios conocimientos y su gran calidad humana.

A la profesora **Liliana Guerreiro**, por su tiempo y dedicación para evaluar este trabajo de grado como evaluadora interna del departamento de química, que, gracias a sus observaciones en cada avance presentado, ayudó a estructurar y consolidar este trabajo de grado. Así mismo al profesor **Andrés Bernal** como evaluador externo, que con sus comentarios al trabajo ayudó a corregir aspectos de forma y de fondo en el documento.

Finalmente, quiero agradecer a **Maria Fernanda Ortiz**, por motivarme todos los días a ser siempre un mejor profesional, por su amor y su comprensión, por ser mi compañera fiel en este proceso que ha culminado. Para ti siempre todo mi amor.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	7
1.1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	11
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO 2.....	14
2.1. ASPECTOS DIDÁCTICOS BASADOS EN LA METODOLOGÍA ABP	14
2.1.1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	14
2.1.2. Evaluación en el proceso metodológico del ABP	16
2.1.3. Competencias transversales en el ABP	17
2.2. ASPECTOS DISCIPLINARES BASADOS EN LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN- ¹³ C.....	19
2.2.1. Autores Relevantes	19
2.2.2. Materiales Construidos.....	19
2.2.3. Implicaciones Didácticas	21
2.2.3.1 Espectro electromagnético.....	21
2.2.3.2. Espectroscopías de Absorción	24
2.2.3.4. Espectroscopía absorción de UV-VIS	24
2.2.3.5. Espectroscopía de absorción de IRTF	27
2.2.3.5. Espectroscopía Resonancia Magnética Nuclear RMN-H y RMN- ¹³ C	30
CAPÍTULO 3.....	35
3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	35

3.1.1. Tipo de Investigación.....	35
3.1.2. Población Objeto de Estudio para Pilotaje de Actividades	36
3.1.3. Etapas y Fases de la Investigación.	36
3.1.3.1. Fase Inicial – Estructuración de la Propuesta.....	37
3.1.3.2. Segunda Fase – Consolidación de la Fundamentación Teórica	39
3.1.3.3. Tercera Fase – Construcción de la cartilla titulada “CARTILLA PARA ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H Y RMN- ¹³ C”.....	40
3.1.3.4. Cuarta Fase – A) Evaluación del material didáctico a juicio de expertos	40
3.1.3.5. Cuarta Fase – B) Pilotaje	41
3.1.3.5. Fase Final – Evaluación de los Elementos Teóricos y Metodológicos	44
CAPÍTULO 4.....	45
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	45
4.1.1 Elementos Conceptuales y Metodológicos Considerados en la Cartilla. ...	45
4.1.2. Evaluación de la Cartilla por Expertos	51
4.1.3. Pilotaje Cartilla	55
4.2. CONSIDERACIONES Y REFLEXIONES FINALES	59
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Competencias específicas.	18
Tabla 2. Estructuración de la propuesta.	35
Tabla 3. Descripción de los momentos en el pilotaje de actividades	39
Tabla 4. Descripción de las competencias transversales instrumentales de interés	40
Tabla 5. Perfil profesional de los evaluadores expertos	48

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas generales de la investigación	32
Figura 2. Fases específicas de la investigación.....	33
Figura 3. Criterios de consulta para la fundamentación teórica.....	35
Figura 4. Elementos teóricos y metodológicos identificados para la estructuración y aplicación de la cartilla.. ..	42

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Gráfica experimental para cuerpo negro “catástrofe ultravioleta”	22
Ilustración 2. Esquema de transiciones electrónicas	25
Ilustración 3. Gráfica de frecuencias vibracionales.....	27
Ilustración 4. Modos fundamentales de vibración del agua	28
Ilustración 5. Orientaciones de espín en un campo magnético	29
Ilustración 6. Apantallamiento de la molécula del metanol	31
Ilustración 7. Reglas de Woodward.	44
Ilustración 8. Señales de detección Alcanos.....	45
Ilustración 9. Señales de detección Alquenos.	45
Ilustración 10. Señales para metilenos disustituidos	46
Ilustración 11. Señales para metilenos disustituidos	46

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Resultados de los criterios de evaluación de la cartilla a juicio de expertos	49
Gráfica 2. Resultados evaluación de estudiantes de las C1, C7 y C8	53

Resumen

Este trabajo de investigación se plantea con el propósito complementar textos de consulta en la química analítica, específicamente en las espectroscopías de absorción molecular, por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo la construcción de una cartilla con elementos conceptuales disciplinares orientados de forma didáctica y pedagógica, que tendrá la intención de promocionar competencias transversales instrumentales propuestas por la metodología ABP. Finalmente, se realizó la validación a juicio de expertos de la cartilla construida, y posteriormente un pilotaje de algunas de las actividades con un grupo de estudiantes de Métodos de Análisis Químico II del programa de Licenciatura en Química con el propósito de evaluar su potencial en términos de la promoción de competencias transversales instrumentales.

Palabras Clave: Espectroscopia de absorción molecular, Metodología ABP, Competencias transversales instrumentales, Cartilla.

CAPÍTULO I

En este capítulo el lector encontrará una introducción a propósito de la investigación para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica aplicada a las espectroscopías objeto de estudio, incluyendo la contextualización de la problemática o interés de estudio del presente trabajo. Adicionalmente, se presentan los objetivos y el interrogante que surge a partir de los escasos materiales educativos detectados en la práctica docente al momento de abordar la temática de estudio y la implementación en el aula.

1.1. INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la química, se incurre generalmente en una serie de errores conceptuales contenidos en textos, posiblemente por la carencia de material educativo confiable, haciendo que se dificulten los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya sea educativo o investigativo. Debido a esto, se hace necesario evocar la labor docente e investigativa para compensar en este problema, como afirma Méndez, la construcción de recursos educativos han sido el quehacer permanente del maestro (2013, p. 16).

Este trabajo de investigación se plantea con el propósito complementar textos de consulta en la química analítica, específicamente en las espectroscopías, puesto que, en algunos existentes la información comprendida es limitada o no es completa, como se evidencia en materiales educativos que no incluyen espectros con ejemplos para aprender a leerlos, y tampoco una ruta clara para aprender a realizar la elucidación de la molécula, dificultando la comprensión e interpretación de la información a cabalidad, como afirma Johnsen argumentando que los malos textos educativos son una verdadera calamidad para cualquier nación; los buenos textos, en cambio, producen un beneficio incalculable y constituyen una inversión en nuestro futuro internacional. (1996, p. 15),

Por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo la construcción de una cartilla con elementos conceptuales disciplinares orientados de forma didáctica y pedagógica, que le permitirá fortalecer y promocionar competencias transversales instrumentales propuestas por la metodología ABP (aprendizaje basado en problemas) a los estudiantes de nivel universitario en procesos de comprensión de las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C. Esta abarcó aspectos estructurales como ¿qué es la espectroscopía? y ¿cuáles son los principios básicos de cada una de las espectroscopías? Los capítulos de cada espectroscopía comprenden fundamentos teóricos, tabulación de posición de señales, espectros resueltos, espectros problemas y tablas estructuradas con la información fundamental para resolver cada una y su transversalidad con las otras espectroscopías.

Lo anterior mediado por la metodología de aprendizaje basado en problemas, o como se simplificará en el desarrollo del texto (ABP), la cual tiene como objetivo realizar una serie de actividades para motivar al estudiante a implementar el conocimiento adquirido, Vizcarro y Juárez afirman “en el trabajo mediante la metodología del ABP los estudiantes adquieren conocimientos al tiempo que aprenden a aprender de forma progresivamente independiente, aunque, como es natural, guiados por un tutor y un plantel de profesores” (2008, p. 10).

En este orden de ideas, el proceso metodológico se comprendió por diferentes etapas, se destaca la etapa inicial en la cual se consideró la fundamentación teórica y revisión bibliográfica, debido a que la revisión de la literatura implicó detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales que fueron útiles para los propósitos de la investigación, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante para enmarcar el problema de investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

En la etapa intermedia se realizó la consolidación de los elementos teóricos y metodológicos recolectados en la fundamentación teórica para la construcción y el

diseño de la cartilla, la cual estuvo compuesta con la secuencia de información en el marco de las estrategias didácticas para la resolución de problemas dadas por el ABP. Y finalmente en la última etapa, se realizó la validación a juicio de expertos y el pilotaje de algunas de las actividades con un grupo de estudiantes de Métodos de Análisis Químico II del programa de Licenciatura en Química con el propósito de evaluar su potencial en términos de la promoción de competencias transversales instrumentales dadas por el ABP, las cuales están comprendidas por la capacidad de organización y planificación, capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas y toma de decisiones para así fomentar el aprendizaje (Arias, Fidalgo y García, 2008)

Finalmente, este trabajo de investigación generará seguir en constate comunicación con toda la comunidad educativa, debido a que ellos serán los que usarán y juzgarán el trabajo final de esta investigación, además que proyectará el servicio de extensión de la Universidad Pedagógica Nacional para otras instituciones de educación superior y carreras afines a la química.

1.2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Se suele atribuir que el origen de los errores conceptuales en el aprendizaje de las ciencias es por el mal uso de la información y por el fácil acceso a fuentes erróneas fundamentadas en textos con baja calidad argumentativa y análisis científico, como menciona Fernández y Caballero (2017), en los libros de texto se encuentra una serie de errores que aparecen con frecuencia y se transmiten a profesores y estudiantes.

Las espectroscopías son temas amplios en las ciencias, y específicamente en la química analítica, por tal razón es necesario producir material educativo confiable y de calidad, de fácil acceso a su contenido el cual debe ser claro y específico, para que pueda beneficiar a profesionales en química relacionados a la educación superior. Lo anterior dado por la experiencia del investigador cuando abordó estos temas de espectroscopías en sus estudios de pregrado, y no encontró textos que pudieran contener la mayor información sobre una técnica sin tener que ir a consultar otro texto, sin contar que estos materiales son netamente disciplinares y no cuentan con una metodología didáctica para comprender la información disciplinar allí comprendida.

En este trabajo de investigación describe la propuesta del diseño y construcción de una cartilla como material de apoyo para la enseñanza de espectroscopías UV-VIS, IRFT, RMN-H y RMN-¹³C a los estudiantes de nivel universitario y profesionales afines a la química analítica, y describir los alcances educativos que se contemplaron el desarrollo de la misma, en la cual se evaluaron elementos conceptuales disciplinares orientados de forma didáctica y pedagógica para la promoción de competencias transversales instrumentales. Cabe recalcar que esta problemática se analizó y se materializó como producto de la Maestría en Docencia de la Química.

Con lo anterior, se busca proveer al Departamento de Química y a la Universidad Pedagógica Nacional un texto didáctico y pedagógico que le permita fortalecer procesos de comprensión en las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C. La propuesta se desarrolló en la medida que se avanzó en la maestría, así se pudo relacionar los diferentes seminarios sobre espectroscopías vistos en la profundización para la estructuración del texto. Por otra parte, también se estructuró la metodología de investigación más apropiada para el desarrollo de la investigación bajo la metodología ABP, esto para favorecer la adquisición y apropiación de conocimientos mediante una serie de actividades que promuevan las competencias transversales instrumentales.

De acuerdo con lo anterior, se propuso la evaluación por expertos y el pilotaje de algunas de las actividades propuestas en la cartilla y que se analice la siguiente pregunta de investigación que será desarrollada a lo largo de este trabajo de grado:

¿Cómo la construcción de una cartilla para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica sobre las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C incurrirá en la promoción de competencias transversales instrumentales mediadas por la metodología ABP en estudiantes de nivel universitario sustentada por pilotaje en un grupo de estudiantes y validada a juicio de expertos?

1.3. OBJETIVOS

A continuación, se presentan las intenciones que se quisieron conseguir con el presente trabajo de investigación. En primer lugar, se encuentra el objetivo general y enseguida se plantean tres objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo General

Evaluar los elementos metodológicos y conceptuales en la construcción de una cartilla centrada en la enseñanza de espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C en la elucidación de moléculas orgánicas para la promoción de competencias transversales instrumentales mediante la metodología ABP en estudiantes de nivel universitario.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los elementos teóricos y metodológicos que fundamentan las espectroscopías que son objeto de estudio, para incorporar en la cartilla como material de apoyo en la enseñanza de espectroscopías a los estudiantes de nivel universitario.
- Diseñar rutas metodológicas sustentadas en el ABP centrada en las espectroscopías objeto de estudio que permitan la promoción de competencias transversales instrumentales en la comprensión e interpretación de la elucidación de moléculas orgánicas comprendidas en la cartilla construida.
- Considerar la pertinencia de los elementos teóricos y metodológicos de la cartilla con la promoción de las competencias transversales instrumentales del ABP de acuerdo a los resultados de la evaluación proporcionada por el juicio de expertos y el pilotaje de alguna de las actividades con un grupo de estudiantes.

CAPÍTULO 2

En este capítulo se realiza una conceptualización teórica a partir de los referentes que contribuyeron a la construcción de la cartilla, donde se consideraron los conceptos de la metodología de ABP, la caracterización de las competencias transversales descritas por la metodología, y la revisión bibliográfica para la fundamentación teórica sobre las espectroscopías objeto de estudio. Este apartado tiene el propósito de exponer los componentes que basaron esta investigación, los cuales estuvieron delimitados por unos criterios de consulta. Lo anterior fue necesario para la construcción de una concepción propia de los elementos teóricos y metodológicos y los aspectos relevantes inmersos en la elaboración del material didáctico a modo cartilla.

2.1. ASPECTOS DIDÁCTICOS BASADOS EN LA METODOLOGÍA ABP

Este trabajo de investigación se enmarca bajo conceptos de la metodología ABP, debido a que esta metodología tiene en su desarrollo la adquisición de competencias transversales instrumentales, donde se buscará que haya una ruta metodológica que haga la transversalidad de la revisión bibliográfica de los constructos generales que tienen las espectroscopías objeto de estudio con el ABP.

2.1.1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Las diferentes metodologías que se han adoptado para la enseñanza de las ciencias han sido muy amplias, algunas con muchos aciertos, otras con ciertas fallas a la hora de aplicarlas con los estudiantes. La metodología Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), ha sido una metodología que se ha trabajado para la enseñanza de las ciencias, específicamente para aquellas que tienen implícito trabajos prácticos y habilidades procedimentales.

La metodología ABP procura que los estudiantes se involucren en problemáticas donde se deban desenvolver con las herramientas que le ha suministrado el

profesor o tutor, para así poder identificar posibles soluciones y resolver los problemas establecidos. En palabras de Vizcarro y Juarez (2008), en efecto, en el trabajo mediante ABP los estudiantes adquieren conocimientos al tiempo que aprenden a aprender de forma progresivamente independiente, aunque, como es natural, guiados por un tutor y un plantel de profesores.

Hay que recalcar donde tuvo lugar esta metodología, esta se comenzó a estructurar en la Universidad de McMaster (Canadá) en la década de los 60's y 70's, donde los cursos de medicina se desarrollaban siguiendo patrones intensivos de clases expositivas causando una forma inefectiva de preparar estudiantes, como afirma Morales y Landa (2004), era evidente, para estos educadores, que el perfil de sus egresados requería habilidades para la solución de problemas, lo cual incluía la habilidad para adquirir información, sintetizarla en posibles hipótesis y probar esas hipótesis a través de la adquisición de información adicional.

Por lo anterior, otras Universidades comenzaron a implementar esta metodología, una de ella fue la Universidad de Michigan, que la implementó realizando un curso basado en la resolución de problemas en los currículos clínicos. Posteriormente, en la década de los 80's la metodología se comenzó a generalizar en el ámbito educativo de todo tipo para desmarcarse de la medicina. Un poco más tarde, otras escuelas asumieron el reto de transformar su plan curricular completo en una estructura ABP. Las universidades líderes en esta empresa fueron la de Hawái, Harvard y Sherbrooke en Canadá (Barrows, 1996).

Debido a esto, esta metodología se ha introducido a cursos teóricos prácticos en la química, puesto que la estructura problema-aprendizaje se ajusta con lo que se quiere realizar en estos cursos, y aún más cuando se habla de cursos sobre química analítica, los cuales tienen un amplio número de prácticas de laboratorio, como menciona Larive, (2004, p. 357), las experiencias del laboratorio del aprendizaje basado en problemas tienen el potencial de proporcionar motivación a los

estudiantes y demostrar cómo se práctica la ciencia de la química analítica y por qué los experimentos deben realizarse correctamente.

2.1.2. Evaluación en el proceso metodológico del ABP

La evaluación en la metodología de ABP tiene relación con el cumplimiento de los objetivos propuestos por el profesor en el curso, puesto que con esta metodología se busca desarrollar el aprendizaje y la capacidad de adquirir conocimientos autónomos relacionados con la situación del problema establecido en la medida que fortalecen o desarrollan competencias. El profesor podrá hacer de la evaluación una tarea constructiva donde se valore el desarrollo del estudiante a lo largo del curso, no sólo desde los contenidos sino desde el proceso de aprendizaje. En palabras de Dochy, Segers & Sluijsmans (1999), la evaluación:

debe ir más allá de la medida de la reproducción del conocimiento, ya que las pruebas tradicionales no son apropiadas para metodologías de aprendizaje que se refieren a la resolución de problemas, la construcción de significados por parte del estudiante y el desarrollo de estrategias para abordar nuevos problemas y tareas de aprendizaje (1999, p. 335).

En la metodología ABP se evalúa los contenidos de los problemas planteados a lo largo del curso o de las intervenciones realizadas, como mencionaban Dochy, Segers & Sluijsmans:

No se limita la evaluación a una cuantificación como la escuela tradicional, sino que se evalúa de una forma constructiva que toma en cuenta el proceso del estudiante. La metodología tiene múltiples formas de facilitar la forma de evaluación, pero esta la establece el profesor teniendo en cuenta los objetivos trazados, así que se puede dar, por ejemplo, con exámenes escritos, actividades prácticas, mapas conceptuales, presentaciones orales e informes escritos, entre otras diversas actividades. (Dochy, Segers & Sluijsmans, 1999)

Por lo anterior, el cuándo hacer la evaluación tiene lugar en todo el proceso, puesto que la metodología del ABP valora la capacidad que adquiere el estudiante al enfrentarse con situaciones problemas donde tiene que desarrollar diferentes hábitos de estudio a lo largo del curso, y quien la realiza es el profesor teniendo en cuenta los avances individuales y grupales que cada estudiante tiene a lo largo del curso, pero también los estudiantes con su autoevaluación del trabajo realizado.

2.1.3. Competencias transversales en el ABP

Las metodologías de enseñanza tienen el propósito de generar mayor comprensión de temas dificultosos a los estudiantes, por ello el propósito final de cada metodología es el desarrollo de competencias para abordar dichos temas o situaciones problemas. Es por esto que el concepto de competencia será clave importante en esta investigación, y para abordarlo se debe contextualizar y saber qué se entiende por dicho concepto, aunque el mismo tenga una connotación compleja debido a que se puede ver influido por diferentes factores como lo social, lo profesional y lo académico. Por eso, una de las mejores definiciones para este concepto y que coincide para este trabajo de investigación, es como menciona Lasnier (2000), que se definen como un saber hacer complejo, que requiere un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que avalan la eficacia de un desempeño profesional responsable.

Por lo anterior, la metodología ABP también busca la promoción de competencias en los estudiantes. Sin embargo, en la metodología se han categorizado algunas de las competencias que se promueven en los estudiantes, es por eso que desde el ABP se habla de competencias transversales, como las define Aznar, Pujol, Sempere y Rizo (2012), son aquellas competencias asociadas al nivel académico universitario, y que por tanto no están directamente relacionadas con una titulación específica y se pueden categorizar en instrumentales, interpersonales y sistémicas.

Sin embargo, este trabajo de investigación solo tendrá interés en la promoción de las competencias transversales instrumentales, que son aquellas que tienen una función de medio, suponen una combinación de habilidades manuales y capacidades cognitivas que posibilitan la competencia profesional (Aznar y colaboradores, 2012).

Tabla 1. Competencias transversales. Tomado de: Arias, Fidalgo y García, 2008.

Tipología	Listado de competencias
<i>Instrumental</i>	1. Comunicación oral y escrita en lengua materna 2. Capacidad de organización y planificación. 3. Capacidad de análisis y síntesis. 4. Resolución de problemas. 5. Toma de decisiones. 6. Conocimiento de una lengua extranjera. 7. Capacidad de gestión de la información. 8. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio.
<i>Sistémica</i>	1. Creatividad. 2. Adaptación a nuevas situaciones. 3. Aprendizaje autónomo. 4. Iniciativa y espíritu emprendedor. 5. Motivación por la calidad. 6. Sensibilidad hacia los temas medioambientales. 7. Conocimiento de otras culturas y costumbres. 8. Liderazgo.
<i>Personal</i>	1. Reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad. 2. Habilidades en relaciones interpersonales. 3. Trabajo en equipo. 4. Compromiso ético. 5. Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar. 6. Razonamiento crítico. 7. Trabajo en un contexto internacional.

Con lo anterior, en la Tabla 1 se quiere clasificar y diferenciar el tipo de competencias que se abordarán, debido a que son las que más se ajustan con la naturaleza de este trabajo de investigación. Y así, hay que mencionar que la

metodología ABP es la más apropiada para el desarrollo de las competencias transversales, como afirma Tano, (2011), la aplicación del ABP tiene consecuentemente un impacto en el alumnado, su valor agregado se sitúa principalmente en las competencias transversales que permite desarrollar.

2.2. ASPECTOS DISCIPLINARES BASADOS EN LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-¹³C

Se realizó una revisión bibliográfica para contemplar el panorama de los elementos teóricos y metodológicos con relación a las espectroscopías objeto de estudio, y de esta manera consolidar la fundamentación teórica. Lo anterior se realizó teniendo en cuenta tres criterios de consulta, los cuales fueron autores relevantes, materiales construidos e implicaciones didácticas.

2.2.1. Autores Relevantes

En la investigación realizada se quiso abordar autores representativos que trabajan las espectroscopías objeto de estudio, sin embargo, dado que estas técnicas han sido tan relevantes en el siglo XX, los autores que han tenido trascendencia en el campo son demasiados. Por lo anterior en este apartado se quiere referenciar el nombre de los autores en los cuales esta investigación se fundamentó tanto con elementos teóricos como metodológicos. Para recalcar algunos nombres representativos, se considera a Robert Silverstein, Clayton Bassler, Ernö Pretsch, Philippe Bühlmann, Wilhelm Simon, Thomas Clerc, Joseph Seibl, David F. Ewing, Edwin Friedrich, Katherine Gates Runkle, Harold Bell, Linda Berry, Elizabeth A. Madigan, Francisco Rojo Callejas, Sergio Luis Laurella, Ernesto Brunet-Romero, Alfonso Clavijo Díaz entre otros. Por lo cual, los aspectos teóricos-disciplinar que aquí se trabajaron, han sido extraídos de los anteriores autores en su gran mayoría.

2.2.2. Materiales Construidos

Se realizó una revisión bibliográfica con relación al componente conceptual y disciplinar para la presente investigación. En este apartado se relacionarán los

materiales educativos que ya estaban contruidos y que sirvieron como referentes para la estructuración de rutas metodológicas en la cartilla.

El trabajo realizado por Silverstein, R., Clayton, G. & Morrill, T. (1991) en su libro *Spectrometric identification of organic compounds*, en el cual brinda información estructurante de la revisión bibliográfica que se esperaba encontrar en cuanto a constructos generales de las espectroscopías, sin embargo, no se evidencia una ruta metodológica didáctica en algún apartado exclusivo a la enseñanza del uso de la información brindada.

Por otra parte, el segundo referente teórico que se consulto fue el de Pretsch, E., Clerc, Th., Seibl, J. & Simon, W. (1989) en su libro *Tables of Spectral Data for Structure Determination of Organic Compounds* que aportó a este trabajo fundamentación teórica frente a las espectroscopías de RMN-H y de RMN-C₁₃ en lo que concierne a señales de detección de grupos funcionales y tipos de enlace en cada espectroscopía respectivamente. Cabe destacar que la revisión en este libro dio paso a que se consultaran los autores originales de algunas tablas de señales que presentaban frente a la espectroscopía de RMN-H y de RMN-C₁₃, como lo fue Edwin C. Friedrich, Katherine Gates Runkle, Philip S. Beauchamp, Rodolfo Marquez, Harold M. Bell, Linda K. Berry, Elizabeth A. Madigan and David F. Ewing.

En el trabajo realizado por Wade Jr. (2006) en su libro *Organic Chemistry*, se observa un material robusto frente a la didáctica de las espectroscopías de IRTF y RMN-H, debido que en este se puede consultar constructos generales, espectros ejemplo y espectros problemas. La consulta de este material permitió establecer la necesidad de tener las señales de detección junto a cada ejemplo que se estuviera describiendo, así con una ruta metodológica en el compendio de señales facilitar al lector la elucidación de los ejemplos.

En el libro construido por Laurella (2017) titulado *Espectroscopía de RMN-H* se pudo observar cómo expuso la metodológica de la técnica, en la cual, expone rutas metodológicas que relacionan los constructos generales con su fundamentación

teórica para la resolución de problemas relacionados con RMN-H, que para esta investigación favorecieron en aspectos metodológicos, en la consolidación de la información recolectada para las espectroscopías objeto de estudio.

2.2.3. Implicaciones Didácticas

En este apartado se mencionarán los aspectos teóricos de las espectroscopías objeto de estudio, donde se hace relevante tener cuenta de ellos para poder realizar una trasposición didáctica para favorecer su comprensión en la cartilla construida.

2.2.3.1 Espectro electromagnético

Se conoce que el desarrollo de las explicaciones a los fenómenos luminosos ha sido constante a lo largo de la historia, y que en cada época se contribuyó cada vez más para poder explicarlos completamente. En este trabajo de investigación se quiere resaltar brevemente el desarrollo que hizo Max Planck, físico alemán que fue uno de los precursores del desarrollo la teoría cuántica de la materia, la cual comenzó estructurarse cuando planteó que la luz viajaba en pequeños paquetes de energía, los cuales llamo quantos de acción, que posteriormente Einstein nombro fotones y que tiene punto de referencia en la constante de Planck, que a su vez posee relación entre la energía y las frecuencias en que oscila un fotón explicando así el efecto fotoeléctrico, lo que el día de hoy se conoce como teoría cuántica. Planck partiendo de la ecuación de Rayleigh-Jeans que conseguía predecir parte de la curva de la intensidad de la radiación emitida de un cuerpo negro en función de longitud de onda.

$$E(\lambda, T) = \frac{2c k T}{\lambda^4}$$

Ecuación 1. Modelo de Rayleigh-Jeans

Sin embargo, este modelo predice la curva de la radiación de cuerpo negro bien en longitudes de onda altas, pero cuando la longitud de onda se disminuye el modelo comienza a discrepar y tiende a ir al infinito. Esto es conocido como la catástrofe ultravioleta, porque en esta zona es donde precisamente el modelo indica que se tendrá una energía infinita como se puede observar en la ilustración 1.

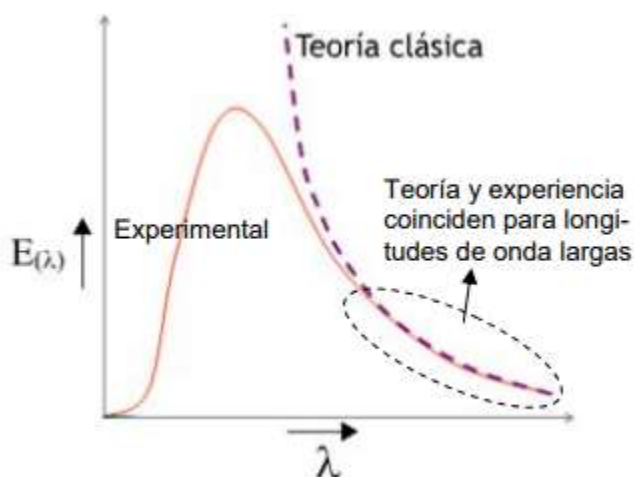


Ilustración 1. Gráfica experimental para cuerpo negro conocida como “catástrofe ultravioleta”. (Sacado de García, 2020).

La solución a este enigma llegó de la mano de Planck en 1900, para explicarlo debió romper con la física clásica y suponer que el cuerpo negro emite radiación en forma de pequeños paquetes, llamados cuantos de energía. Por lo anterior, García (2020) menciona que:

Donde introduce una constante de proporcionalidad ‘ h ’, en la cual marca la frontera que separa el mundo macroscópico del mundo cuántico. Las expresiones en las que toma parte la constante de Planck involucran energías, distancias, tiempos, etc. Su pequeñez explica el por qué los cuantos de energía habían pasado desapercibidos a los físicos, los pequeños “paquetes” de energía que absorben o emiten los átomos son tan sumamente pequeños que el proceso de absorción y emisión parece continuo haciendo

que las leyes de la física clásica no funcionaran. En realidad, la energía se absorbe y emite en forma de cuantos y la absorción y emisión de energía por la materia se realiza "a saltos". (García, 2020, p. 3).

$$E = h\nu$$

Ecuación 2. Ecuación de Planck

Donde, $h = 6.62607 \times 10^{-34}$ J·s y es llamada constante de Planck, y bajo esa suposición, Planck llega a una ecuación que describe a la perfección la curva de la radiación de cuerpo negro observadas.

$$E(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Ecuación 3. Ley de Planck para la radiación de cuerpo negro

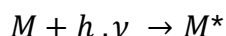
De lo anterior se puede resaltar que fue el primer paso que se dio hacia la teórica cuántica la cual, posteriormente, ayudaría a consolidar Einstein. De acuerdo con Zamora (2011), él menciona:

La importancia de esta ecuación reside en dos puntos, en primer lugar, se soluciona el problema del cuerpo negro y, en segundo lugar, y más importante, se da un paso hacia la teoría cuántica al imponer una cuantización. Planck tardó unos nueve años más en admitir que su desarrollo implicaba claramente una cuantización de la energía y no sólo una cuantización de los modos de los resonadores (2011, p. 21).

Esta sería, entonces, la interpretación de Zamora. Ahora bien, Clavijo (2002), en relación con esto, afirma que:

La teórica cuántica propone que, si hay colisiones entre un fotón y un receptor, bien sea un átomo, un ion o una molécula existe la probabilidad

finita que su energía sea transferida al receptor en un proceso discontinuo, entonces este puede absorber un quantum completo de energía o no hacerlo (2002, p.805).



Ecuación 4. M^* es un receptor excitado.

2.2.3.2. Espectroscopías de Absorción

Los métodos espectroscópicos se fundamentan en la absorción y emisión de radiación en determinadas frecuencias, que presenta una muestra. Esto se debe a los tránsitos entre los niveles cuantizados. Se pueden distinguir diferentes métodos espectroscópicos, en forma atómica y en forma molecular, sin embargo, en los que este trabajo de investigación tendrá interés en los métodos espectroscópicos de absorción molecular.

2.2.3.4. Espectroscopía absorción de UV-VIS

La espectroscopía es un método absorción molecular en las regiones ultravioleta y visible, produce bandas de absorción conformadas por líneas muy cercanas entre sí. De acuerdo con esto, para algunos autores, como Douglas y West (2015), esta técnica involucra:

La absorción de radiación lumínica ultravioleta y visible por parte de una especie molecular o iónica promoviendo el paso de un electrón desde un orbital molecular fundamental a un orbital excitado. Las transiciones de los electrones se producen desde niveles energéticos bajos a niveles más altos. Transiciones entre un orbital enlazante a un par de electrones libres y otro orbital incompleto antienlazante (2015, p. 667).

Resulta conveniente recordar la clasificación convencional de los orbitales moleculares en la capa de valencia de los compuestos orgánicos. De acuerdo con Ruíz (2007).

Los orbitales σ y σ^* son orbitales moleculares localizados a lo largo del eje de unión de los átomos. Los orbitales σ generan una densidad electrónica elevada en la región intranuclear teniendo un carácter fuertemente enlazante, mientras que los orbitales σ^* , como todos los orbitales antienlazantes, presentan un plano nodal perpendicular al eje del enlace en la región intranuclear y tienen un acentuado carácter antienlazante (Ríos, 2007, p. 31).

Por otra parte, se siguen describiendo las transiciones que ocurren en los orbitales, Ríos (2007) los describe como:

los orbitales π y π^* se emplean en la descripción de los enlaces múltiples, las regiones de mayor densidad electrónica correspondiente a los mismos, son aquellas colaterales al eje del enlace, y el carácter enlazante o antienlazante de estos orbitales es menos acentuado que el de los orbitales σ , como se puede evidenciar en la ilustración 2. Finalmente, los orbitales n tienen un acentuado carácter local y describen pares electrónicos libres asociados con heteroátomos (O, S, N, Hal) y energéticamente tienen carácter no-enlazante (Ríos, 2007, p. 32).

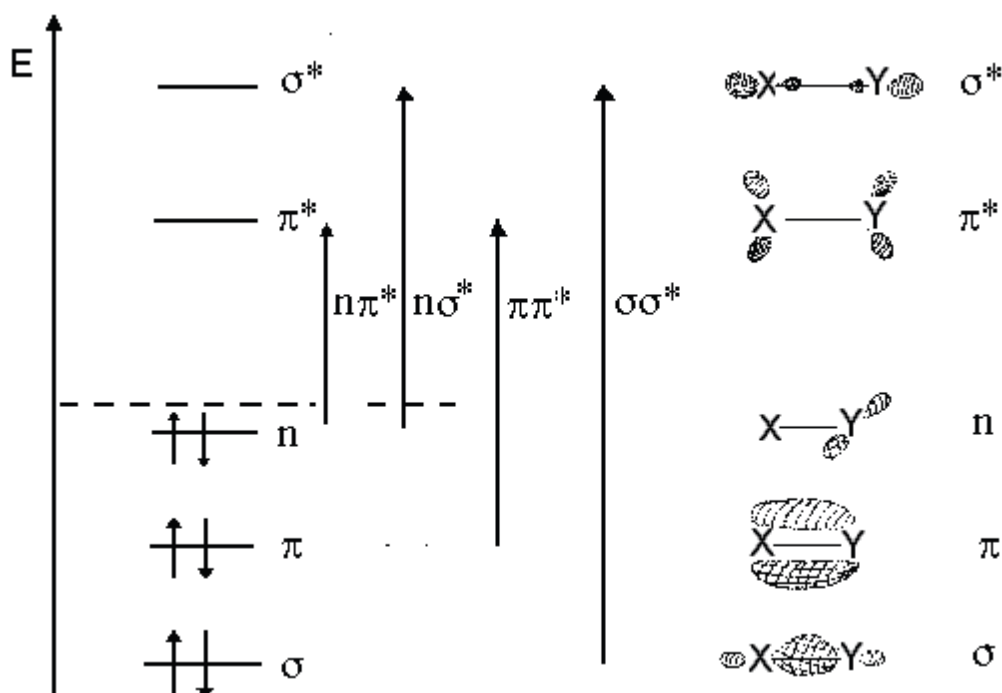


Ilustración 2. Esquema de transiciones electrónicas. (Sacado de Ríos, 2007)

Las transiciones de los compuestos orgánicos se pueden encontrar en diferentes partes del UV (de alto vacío, lejano y cercano), y Ríos (2007) los describe así:

Las transiciones $\sigma\sigma^*$ se presentan en todos los compuestos orgánicos, en general de gran energía (UV de alto vacío) e intensidad, que son energéticas de transiciones electrónicas que se encuentran por debajo de 200 nm. Transiciones $\sigma\pi^*$ y $\pi\sigma^*$ son posibles solo en compuestos insaturados. Son transiciones de baja intensidad (regiones de definición de los orbitales involucrados diferentes) en el UV lejano y carecen de interés práctico. Las transiciones $n\sigma^*$ se presentan en compuestos con heteroátomos (O, N, S, Hal), generalmente en la región cercana a los 200 nm y la intensidad es variable dependiendo de la naturaleza del orbital n . Transiciones $\pi\pi^*$ están presentes solo en compuestos insaturados, dan lugar a bandas intensas que pueden aparecer en UV cercano si está presente insaturación conjugada y en ausencia de conjugación estas transiciones se presentan en UV de alto

vacío. Las transiciones $n\pi^*$ presentes en compuestos insaturados con heteroátomos (grupos carbonilo, nitro, tiocarbonilo) dan lugar a bandas débiles usualmente en la región UV cercana (baja energía de transición) (Ríos, 2007, p. 32).

2.2.3.5. Espectroscopía de absorción de IRTF

La espectroscopía vibracional ha sido una técnica física ampliamente usada en la química, debido a su amplia aplicabilidad ya que cualquier muestra con enlaces covalentes tiene algún tipo de espectro vibracional. Los enlaces que se dan entre átomo y molécula no son rígidos, estos se comportan con efectos de elasticidad de contracción o alargamiento, también pueden llegar a presentar flexiones unos con otros, todo esto como si fueran pelotas unidas entre sí por resortes expuesto así desde la física clásica.

La absorción de energía que muestran las moléculas en la región del infrarrojo es la causa de que sus núcleos entren en modos de vibración, visto así desde la mecánica cuántica, en torno a sus posiciones de equilibrio, Rojas (2011) los define como:

En cada una de dichas vibraciones moleculares, todos los núcleos se desplazan simultáneamente de su posición de equilibrio hasta alcanzar un máximo en su desplazamiento, después de este punto el desplazamiento es en la dirección opuesta, pasando de nuevo por la posición de equilibrio, y así repitiéndose lo anterior sucesivamente. La frecuencia de vibración representa el número de veces por segundo que toma un átomo en volver a pasar por la misma posición, la referencia normalmente se hace al punto de equilibrio Rojas (2011, p.19).

Por otra parte, frente a la energía del espectro infrarrojo Rojas (2011) menciona que:

La energía de estas vibraciones se encuentra cuantizadas, en el sentido de que solo determinados valores de esta son posibles, valores que se obtienen en las soluciones de la ecuación de Schrödinger para el sistema vibratorio. El espectro infrarrojo de un compuesto puede dar importante información acerca de su naturaleza química y de su estructura, y es obtenido midiendo la absorción de radiación, aunque también es usada la emisión y la reflexión (Rojas, 2011, p.19)

Se han encontrado frecuencias de vibración casi independiente para grupos funcionales o estructuras químicas, por ejemplo, la vibración de estiramiento del grupo carbonilo en varios aldehídos y cetonas es casi siempre observada en el rango de 1650 cm^{-1} a 1740 cm^{-1} , estas frecuencias son características del grupo funcional y son conocidas como frecuencias de grupo. La presencia de varias vibraciones de grupo en el espectro de infrarrojo es de gran ayuda en la identificación de las moléculas absorbentes. Para la mayoría de los grupos de interés, las frecuencias características de las vibraciones de estiramiento deben caer en la región de 4000 a 1300 cm^{-1} y se conoce como frecuencias de grupo como se observa en la ilustración 3. También se conoce una región como huella digital y es característica de cada molécula, esta región tiene un amplio uso para propósitos de identificación por comparación con colecciones de espectros.

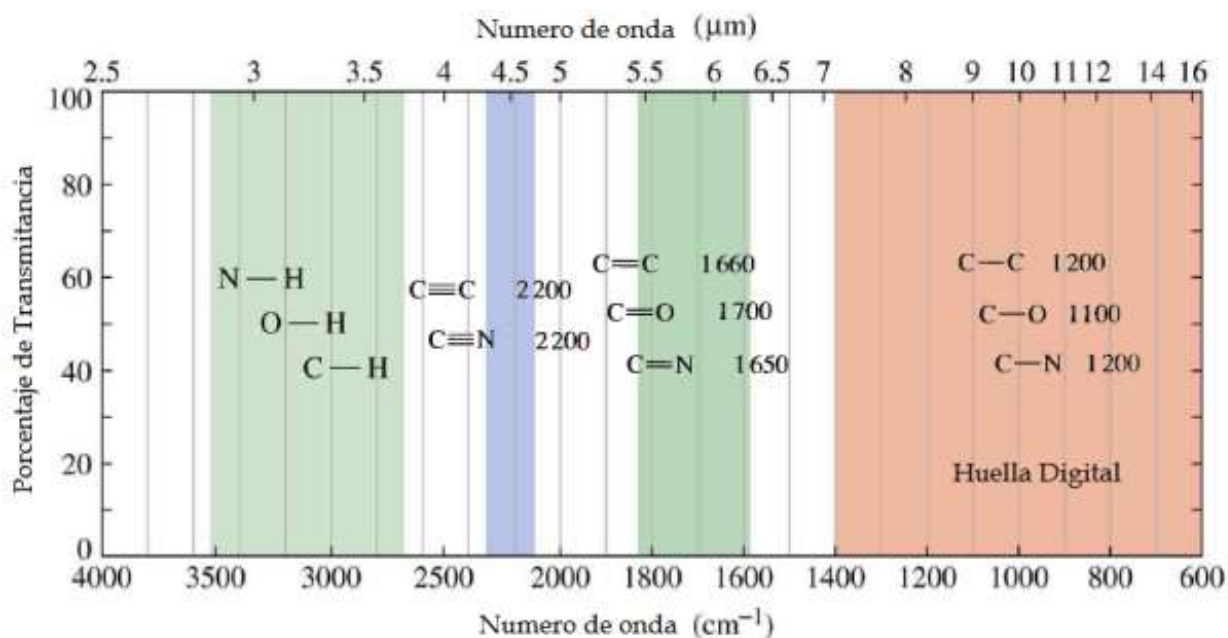


Ilustración 3. Gráfica de frecuencias vibracionales (Sacado de Rojas, 2011).

Cada átomo tiene 3 grados de libertad que corresponden a las coordenadas cartesianas (x, y, z), y una molécula tienen la misma cantidad que el total de grados de libertad de sus átomos individuales. Una molécula de N átomos consecuentemente tiene $3N$ grados de libertad. Para moléculas no lineales, tres de los grados de libertad definen los movimientos de rotación, y tres los movimientos de traslación; el restante de $3N - 6$ grados de libertad que son los grados de libertad vibracionales o vibraciones fundamentales, por ejemplo, el agua 3 modos fundamentales de vibración, dos modos de tensión y uno de flexión, como se muestra en la ilustración 4.

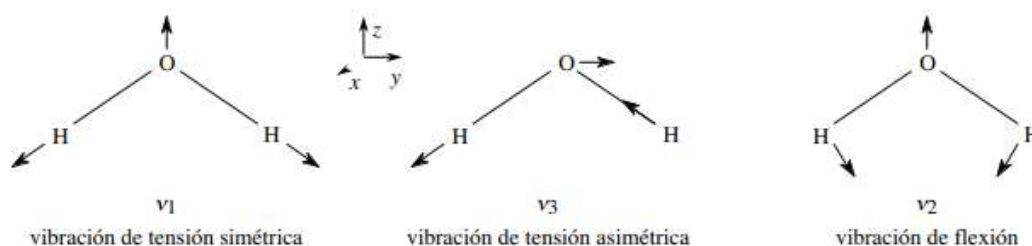


Ilustración 4. Modos fundamentales de vibración del agua. (Sacado de De Jesús, 2003)

2.2.3.5. Espectroscopía Resonancia Magnética Nuclear RMN-H y RMN-¹³C

La espectroscopía de resonancia nuclear magnética con sus siglas en inglés (RMN), fue desarrollada para estudiar los núcleos atómicos, es un método relativamente moderno en comparación a otras espectroscopías, puesto que data de 1946, año en el que Purcell de la Universidad de Harvard y Bloch y Packard de la Universidad de Stanford obtuvieron los primeros resultados y elaboraron la teoría, el primer espectro con señales separadas para una molécula orgánica data de 1951.

Purcell, Bloch y Packard descubrieron que la espectroscopía de resonancia magnética nuclear podía ser utilizada para determinar las estructuras de compuestos orgánicos. De acuerdo con Castell (2006), define esta técnica espectroscópica para:

Estudiar núcleos atómicos con un número impar de protones, neutrones o de ambos. Esta situación se da en los átomos de ^1H , ^{13}C , ^{19}F y ^{31}P , [estos núcleos] son magnéticamente activos, es decir poseen espín, igual que los electrones, ya que los núcleos poseen carga positiva y poseen un movimiento de rotación sobre un eje que hace que se comporten como si fueran pequeños imanes. En ausencia de campo magnético, los espines nucleares se orientan al azar, sin embargo, cuando una muestra se coloca en un campo magnético [...] los núcleos con espín positivo se orientan en la misma dirección del campo [como se observa en la ilustración 5], en un estado de mínima energía denominado estado de espín α , mientras que los núcleos con espín negativo se orientan en dirección opuesta a la del campo magnético, en un estado de mayor energía denominado estado de espín β . (Castell, 2006, p.193)

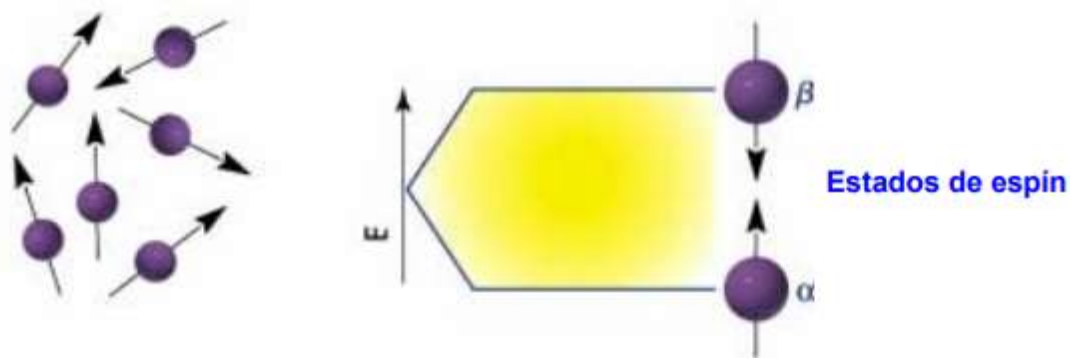


Ilustración 5. Orientaciones de espín en un campo magnético. (Sacado de Castell, 2006)

Como se describió anteriormente, tener cuenta de los acoplamientos en los espines es fundamental para la comprensión de esta técnica, Rico (2011) los describe de la siguiente forma:

Los espines nucleares pueden interactuar entre sí de dos formas principalmente a través de los electrones de los enlaces, o bien, directamente a través del espacio. Los acoplamientos escalares cuya medida son las constantes de acoplamiento, nJ , donde n es el número de enlaces a través de los que se transmite la interacción y es bien conocida la relación de estas constantes con determinados rasgos estructurales, principalmente la muy utilizada relación de Karplus que vincula la constante de acoplamiento vecinal con el ángulo de torsión de enlace (Rico, 2011, p.46)

Posteriormente, se deben contemplar las constantes de acoplamiento y comprender que estas van a ser perjudicadas de acuerdo al medio en que esté la molécula, Rico (2011) menciona que:

Las constantes de acoplamiento juegan un papel esencial en la transferencia de polarización entre espines en experimentos multidimensionales. [...] Los

acoplamientos dipolares, cuyo valor depende de la orientación del vector que une a los dos núcleos con respecto a la dirección del campo magnético principal. En medios isotrópicos, los acoplamientos dipolares se promedian a cero, ya que las moléculas en disolución pueden adoptar todas las orientaciones posibles debido a las continuas colisiones originadas por el movimiento browniano. El hecho de que los acoplamientos dipolares se promedien a cero en disolución no impide que jueguen un importante papel en el proceso de relajación nuclear (Rico, 2011, p.47).

Sin embargo, conceptualmente, el desarrollo más importante fue la introducción de la excitación por pulsos de radiofrecuencia (*rf*). La magnetización global de un determinado tipo de espines que se entiende como la suma de los momentos magnéticos individuales, que, en equilibrio, está alineada en la dirección del campo magnético. Esta radiación se encuentra en la (*rf*) del espectro electromagnético por eso se le denomina radiación *rf* (Rico, 2011, p.47).

Esta radiación se encuentra en la región de las radiofrecuencias (*rf*) del espectro electromagnético, Castell (2006) la define como:

Los núcleos que vuelven a su estado inicial, emitiendo señales cuya frecuencia depende de la diferencia de energía (ΔE) entre los estados de espín α y β . La diferencia de energía entre los dos estados de espín α y β , depende de la fuerza del campo magnético aplicado H_0 . La siguiente ecuación muestra la dependencia entre la frecuencia de la señal que relaciona a γ que es el radio giro magnético y la fuerza del campo magnético H_0 medida en Teslas, T (Castell, 2006, p.195)

$$\Delta E = h \nu = h \frac{\gamma}{2\pi} H_0$$

Ecuación 5. Dependencia entre la frecuencia de la señal y la fuerza del campo magnético

En la resonancia magnética nuclear de ^1H y de ^{13}C el apantallamiento o protección magnética por los electrones describe el concepto de resonancia de un núcleo aislado dentro de un campo magnético, pero en realidad los núcleos, como pueden ser los protones o los carbonos que forman las moléculas orgánicas, no se encuentran aislados, sino que están rodeados de electrones que los protegen parcialmente del campo magnético externo al que se ven sometidos. Los electrones se mueven generando un pequeño campo magnético inducido que se opone al campo magnético externo. (Castell, 2006, p.196)

Por lo anterior, con la definición de apantallamiento o protección, Castell (2006) continúa definiéndola y menciona que:

En cualquier molécula la nube electrónica que existe alrededor de cada núcleo actúa como una corriente eléctrica en movimiento que, como respuesta al campo magnético externo, genera una pequeña corriente inducida que se opone a dicho campo. El resultado de este hecho es que el campo magnético que realmente llega al núcleo es más débil que el campo externo, por tanto, se dice que el núcleo está protegido o apantallado. Este apantallamiento es muy importante desde el punto de vista experimental ya que el campo magnético efectivo (H_{ef}) que siente un protón dentro de una molécula es siempre menor que el campo externo, y, por lo tanto, para que el núcleo entre en resonancia dicho campo externo debe ser mayor (Castell, 2006, p.196).

Si todos los protones (^1H) de una molécula orgánica estuvieran apantallados de igual forma, todos entrarían en resonancia con la misma combinación de frecuencia y campo magnético. Sin embargo, los protones se hallan dentro de entornos electrónicos diferentes y, por tanto, se encuentran diferentemente protegidos o apantallados. Por ejemplo, en la ilustración 6, en el metanol el átomo de oxígeno retira densidad electrónica del entorno electrónico que rodea al protón del grupo hidroxilo, quedando este átomo de hidrógeno menos protegido que los protones del

grupo metilo. La consecuencia es que el protón del grupo hidroxilo resuena a un campo magnético menor que los protones del grupo metilo. (Castell, 2006, p.197)

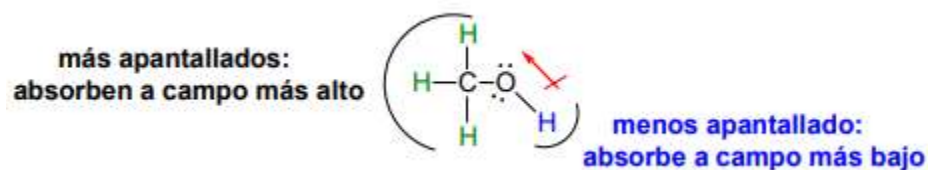


Ilustración 6. Apantallamiento de la molécula del metanol. (Castell, 2006)

El resultado es un espectro de diversas frecuencias donde cada conjunto de núcleos específicos da origen a una señal única de RMN. Así pues, un espectro de RMN es una gráfica de la intensidad de señal en función de la frecuencia de la energía electromagnética que liberan los diversos núcleos de una muestra. Las variaciones en las frecuencias de absorción de resonancia magnética nuclear, que tienen lugar debido al distinto apantallamiento de los núcleos, reciben el nombre de desplazamientos químicos en unidades δ o ppm

CAPÍTULO 3

En este capítulo el lector encontrará la propuesta metodológica del presente trabajo de investigación, donde se describe cada etapa del diseño y construcción de la cartilla para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica en las espectroscopías objeto de estudio. En este se encuentra en primer lugar una descripción de las fases de desarrollo de la investigación, en la cual comprende la descripción del proceso establecido para la elaboración de la cartilla y las directrices que se siguieron en el proceso de la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos por el juicio de expertos y el pilotaje realizado en un grupo de estudiantes.

3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El presente trabajo de investigación se desarrollará adscrito al grupo Didáctica y sus Ciencias en la línea de investigación de Enseñanza-aprendizaje de conceptos químicos, una propuesta de trabajo práctico del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. El diseño metodológico para el presente trabajo de investigación describe los parámetros que se tuvieron en cuenta para la estructuración y el diseño de la cartilla propuesta bajo la metodología de ABP y posteriormente la evaluación mediante juicio de expertos y el pilotaje de algunas actividades seleccionadas de forma sincrónica y asincrónica desde las plataformas de Microsoft Office y Teams. A continuación, se describen los elementos metodológicos necesarios para el cumplimiento de los objetivos propuestos

3.1.1. Tipo de Investigación

Este trabajo se realizará con un enfoque cualitativo de investigación, el cual permite recolectar datos en un mismo momento, y como afirman Hernández, Fernández y Baptista (2014), El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y

significados. Por lo anterior, se analiza el enfoque desde la forma de recopilar información a la investigación, para el diseño y la consolidación del instrumento educativo realizado y el enfoque cualitativo para analizar el impacto producido en la experiencia de los estudiantes en el pilotaje de algunas actividades del mismo.

3.1.2. Población Objeto de Estudio para Pilotaje de Actividades

Este trabajo de investigación se dirige, fundamentalmente, a todos los estudiantes de nivel universitario con alguna injerencia en el área de análisis químico, específicamente con relación a la elucidación de moléculas orgánicas. Sin embargo, en el trabajo de investigación se realizó un pilotaje de dos actividades propuestas del instrumento educativo construido a 22 estudiantes de séptimo semestre del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, quienes cursan el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en el segundo semestre del año 2021.

3.1.3. Etapas y Fases de la Investigación.

El trabajo de investigación tuvo un desarrollo y una estructuración que se dividió en tres etapas generales, y en cinco fases específicas, las cuales detallan minuciosamente la metodología que se llevó a cabo para poder culminar el presente trabajo. En la figura 1 y 2 se relacionan las etapas y fases de la investigación.

Figura 1. Etapas generales de la investigación.

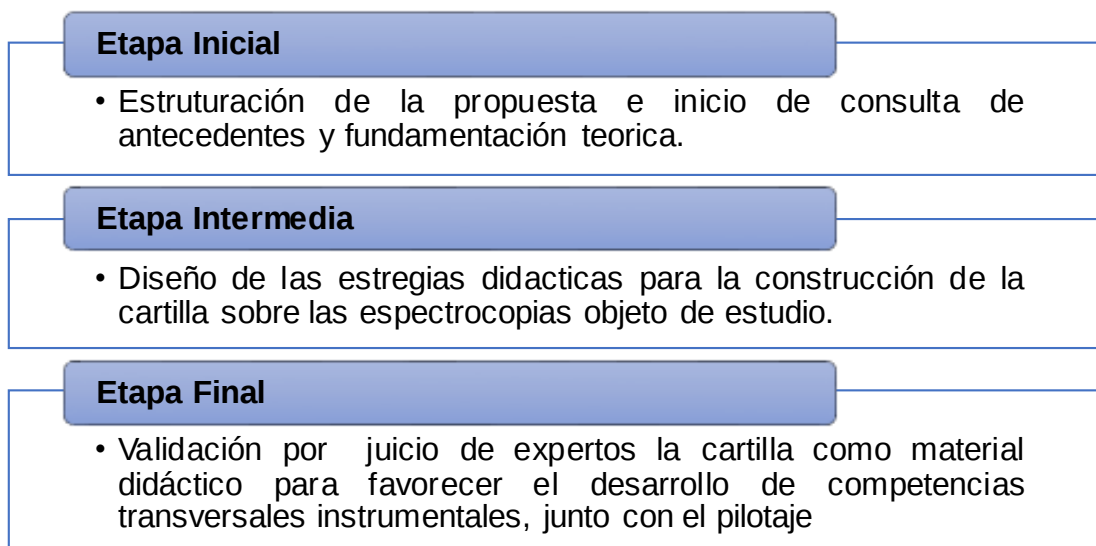


Figura 2. Fases específicas de la investigación.



3.1.3.1. Fase Inicial – Estructuración de la Propuesta.

En esta fase se realizó una revisión bibliográfica acerca de la fundamentación teórica sobre las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C, en la cual se relacionaron constructos generales sobre la fundamentación de cada técnica, señales de detección e interpretación de ecuaciones planteadas para la elucidación

de moléculas orgánicas, así mismo se consultaron sobre otros materiales que tuvieran intenciones similares a las que pretende tener este trabajo, como elementos didácticos y pedagógicos para comprender las técnicas anteriormente descritas. Lo anterior permitió estructurar, delimitar el problema y fijar los objetivos del presente trabajo de investigación.

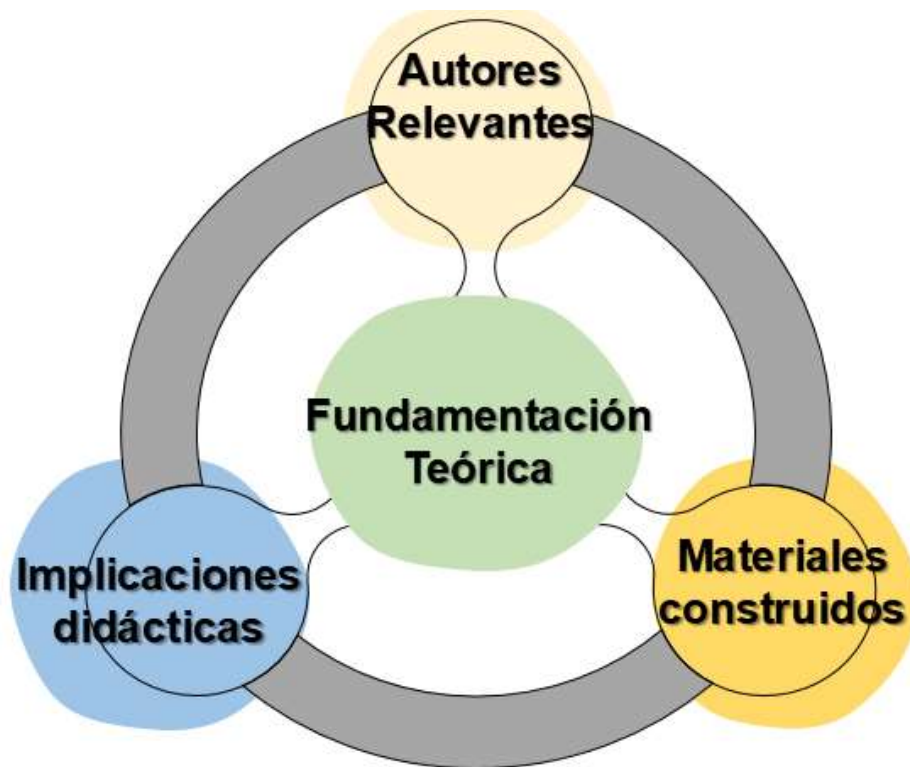
Tabla 2. Estructuración de la propuesta.

Periodo de la propuesta	Descripción	
Inicial	Fundamentación teórica	Algunas recomendaciones: - Considerar aspectos relevantes a la hora de realizar revisiones bibliográficas para delimitar su búsqueda. - Delimitar la investigación para poder trazar los objetivos y cumplirlos en el tiempo propuesto.
	Establecer objetivos metodológicos	
	Definición de los tiempos en la investigación.	
Intermedia	Consolidación del periodo inicial y estructuración de los elementos teóricos y metodológicos.	Algunas recomendaciones: El diseño de materiales educativos confiables, debe cumplir la necesidad de los estudiantes para la comprensión del tema a desarrollar; teniendo rutas metodológicas claras al abordar ejercicios que orienten al estudiantado a enfrentar problemas similares.
	Elaboración de rutas metodológicas para la comprensión de la fundamentación teórica.	
Evaluación	Considerar el juicio de profesionales.	Algunas recomendaciones: La evaluación del material construido debe estar sustentado por una validación previa a juicio de expertos

3.1.3.2. Segunda Fase – Consolidación de la Fundamentación Teórica

Para la segunda fase del trabajo de investigación se realizó la consolidación de la información recolectada en la fase inicial para la fundamentación teórica, la cual estuvo comprendida por unos criterios de consulta que facilitaron la revisión bibliográfica. Estos criterios de consulta que se pueden ver en la Figura 3 se consideraron para poder delimitar la revisión bibliográfica y centrar la fundamentación teórica a los objetivos propuestos en la investigación.

Figura 3. Criterios de consulta para la fundamentación teórica.



Los criterios de consulta fueron establecidos por el investigador, debido que la investigación apuntaba a ser muy amplia a hora de realizar la revisión de elementos teóricos y metodológicos, los cuales contemplaban la fundamentación teórica, por esto al considerar estos tres criterios la revisión fue más centrada y productiva para las intenciones que tuvo el trabajo de investigación. Una mejor descripción de cada criterio de consulta se realiza en el apartado 2.2. del capítulo 2. Cabe recalcar que

los resultados de la revisión bibliográfica a partir de estos criterios se describieron de la misma forma en el capítulo 2.

3.1.3.3. Tercera Fase – Construcción de la cartilla titulada “CARTILLA PARA ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H y RMN-¹³C”

Como se mostró en la figura 2, en esta fase se estructuró lo conseguido en las dos anteriores fases, lo cual dio como resultado el material educativo en forma de cartilla, la cual consta de 77 páginas y de tres capítulos, cada uno sobre una espectroscopía objeto de estudio en esta investigación. En cada capítulo se describen sus constructos generales, una descripción del equipo utilizado para cada espectroscopía, tablas en las que se tabula información que ayuda a caracterizar los compuestos, ejemplos que ilustran la información consignada en las tablas y algunos ejemplos que puedan resolver después de revisar cada capítulo.

(Ver anexo A)

3.1.3.4. Cuarta Fase – A) Evaluación del material didáctico a juicio de expertos

El desarrollo de la evaluación de los diferentes elementos teóricos y metodológicos de la presente investigación, se realizó por el juicio de expertos al material diseñado en términos de la finalidad del contenido y los procedimientos metodológicos para la enseñanza de las espectroscopías objeto de estudio.

Para la evaluación del contenido de la cartilla se recupera la rúbrica diseñada en el estudio de Ibarra et al. (2018). Los autores plantean seis criterios para la validación del instrumento por parte de expertos, para evaluar dichos criterios se proponen 4 niveles de dominio: Receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico; según lo establecido por Tobón (2013). Para este estudio se realizaron modificaciones con el fin de adaptar el instrumento a los intereses de la presente investigación. Teniendo en cuenta la anterior descripción, calificarán los criterios haciendo uso de

los niveles de dominio (1-4) para cada uno, los cuales están descritos para cada caso, y argumentando el porqué de su valoración en el apartado “justificación”.
(Ver anexo B)

3.1.3.5. Cuarta Fase – B) Pilotaje

El pilotaje de las rutas metodológicas propuestas en la cartilla tuvo una intervención de forma intencionada, su ejecución total se realizó en un tiempo total de 6 horas, las dos sesiones planeadas se desarrollaron de manera sincrónica mediante la plataforma Teams de Microsoft en la cual en un primer momento se caracterizó el trabajo y se socializó gran parte de la cartilla. Posteriormente se abordó una técnica espectroscópica en específico, que fue RMN-H, debido que esta técnica era la que estaban revisando de acuerdo a su calendario académico. Por lo anterior las actividades que tuvieron que resolver fueron el punto 8 y punto 10 de la sección de ejercicios de la cartilla, los resultados de cada sesión, así como los objetivos de cada actividad se realizaron de forma explícita y asincrónica en la plataforma Teams de Microsoft. Lo anterior se explica a fondo en la tabla 3, donde se describen los momentos que se realizaron en el pilotaje de la cartilla

Tabla 3. Descripción de los momentos en el pilotaje de actividades.

Momento	Descripción	Tiempo
Intervención expositiva	Identificar los conocimientos previos a propósito de establecer las competencias transversales a evaluar en los estudiantes del espacio académico métodos de análisis II, relacionados con las espectroscopías objeto de estudio. Así mismo describir el trabajo de investigación realizado, exponiéndoles la cartilla construida que relaciona las técnicas que se utilizan para la elucidación de moléculas orgánicas. Como trabajo asincrónico se les pide a los estudiantes que realicen una actividad de la cartilla propuesta relacionada con la RMN-H de acuerdo a que es el tema en que están según su calendario académico, donde el ABP en marca que	2 horas

	el trabajo autónomo procurara hacer que el estudiante pueda tener el reto consigo mismo y pueda cumplir con su actividad. Por parejas, los estudiantes cargaron las soluciones a una asignación que se realizó en la plataforma Teams de Microsoft, en la cual se pudo evidenciar las posibles soluciones que cada grupo estableció a la actividad propuesta.	
Intervención explicativa	En este momento se socializan las soluciones propuestas por los estudiantes, y como actividad sincrónica por grupos de trabajo los estudiantes formulan preguntas sobre interrogantes que tuvieron cuando estuvieron enfrentándose a la actividad propuesta, puesto que esta es una fase impórtate de la metodología ABP. Cada grupo de trabajo tenía previamente una retroalimentación que se les realizó en la asignación donde fue entregada la solución de la actividad, y con base en ella realizaron las correcciones que tuvieran lugar. Como actividad asincrónica se les pide a los estudiantes realizar la segunda actividad propuesta en este pilotaje, en la cual relacionan los conocimientos adquiridos en RMN-H y relacionarlos con lo aprendido en IRTF. De la misma forma que en la actividad 1, por parejas, los estudiantes cargaron las soluciones a una asignación que se realizó en la plataforma Teams de Microsoft, en la cual se pudo evidenciar las posibles soluciones que cada grupo estableció a la actividad propuesta.	2 horas
Intervención evaluativa	En este último momento, también se realizó una actividad sincrónica por grupos de trabajo donde presentaban la formulación de la solución de la actividad propuesta. Finalmente, y como se recomienda en el ABP, se realizó la retroalimentación de las dos actividades, donde se compartió la mejor ruta metodológica en la solución de las actividades y se evaluaron los resultados de las intervenciones del pilotaje de las actividades con un instrumento en tipo de encuesta.	2 horas

Durante las sesiones se tomó como referencia las competencias transversales instrumentales seleccionadas, para estructurar una rúbrica de evaluación general tipo encuesta. Para la encuesta sobre las competencias transversales instrumentales se recupera la rúbrica adapta de F. Aznar, Mar Pujol, M. Sempere, R. Rizo (2012) donde se tendrán en cuenta 8 cuestiones en las que deberá valorar con una X el grado en que la cartilla fundamentada en la metodología ABP les ha ayudado a adquirir cada una de las competencias transversales instrumentales seleccionadas **(Ver anexo C)**.

A partir de lo anterior, tomando como referencia las competencias formuladas por, Arias, Fidalgo y García (2008) descritas en la tabla 1. Por otra parte, cabe mencionar que solamente se tendrán en cuenta tres competencias, las cuales son capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas y toma de decisiones, que para la naturaleza de la investigación, son las competencias que mejor se adaptan al trabajo que se realizará con la cartilla. Se describirán competencias transversales instrumentales de interés, para el trabajo de investigación, y de esta manera analizar el potencial que tendrá la cartilla para promocionarlas. A continuación, en la Tabla 4 se describen un poco más afondo cuáles son las competencias transversales instrumentales de interés.

Tabla 4. Descripción de las competencias transversales instrumentales de interés.

Competencia Transversal Instrumental	Descripción	Convención en la Rubrica
Capacidad de análisis y síntesis	Esta competencia describe la capacidad que tiene el estudiante en analizar la información que tienen para abordar un problema en un contexto específico, y cómo a partir de ella sintetiza la solución del problema obteniendo el resultado esperado.	C1

Resolución de problemas	Describe cómo el estudiante se enfrenta en una situación problema, la forma en que plantea hipótesis que le ayudarán a solucionarlas y cómo el planteamiento de estas les darán herramientas para llegar a una respuesta.	C7
Toma de decisiones	Se asocia a la capacidad que tiene el estudiante en escoger diferentes herramientas que están a su alcance para la solución de un problema, seleccionar aquella que le ayudará a desenvolverse para dar la solución de una situación problema.	C8

3.1.3.5. Fase Final – Evaluación de los Elementos Teóricos y Metodológicos

Esta fase de la investigación se analizarán los comentarios que los expertos validadores realizaron, junto con el pilotaje de algunas de las actividades realizado con un grupo de estudiantes de métodos de análisis químico de la Licenciatura en Química de la UPN. Lo anterior con el propósito de realizar las reflexiones sobre la intencionalidad del trabajo realizado, y dar cuenta de en qué grado se cumplieron los objetivos trazados.

CAPÍTULO 4

En el siguiente apartado se realiza una explicación detallada del proceso de sistematización de los resultados obtenidos, derivados en primera medida de la selección de los elementos metodológicos y teóricos empleados para la formulación de la cartilla, y en segundo lugar la incidencia del pilotaje de algunas actividades junto con la evaluación de la cartilla por juicio de expertos para el favorecimiento de la promoción de las competencias transversales instrumentales, tales como capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas y toma de decisiones que permitieron construir las consideraciones y reflexiones finales en torno a la pertinencia de la cartilla.

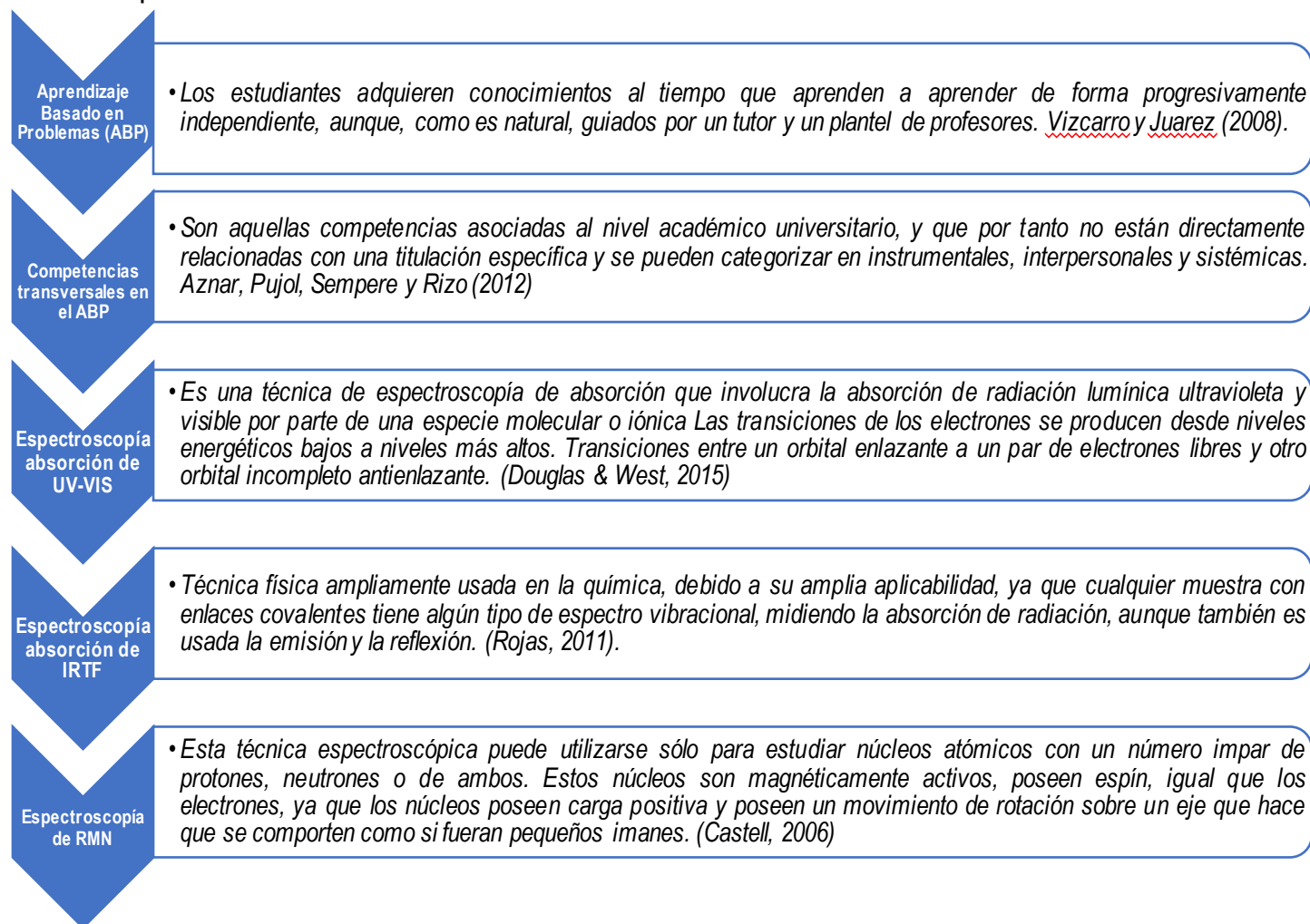
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se ha mencionado en el capítulo anterior, la importancia de cada etapa del diseño, construcción y evaluación de la cartilla para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica en las espectroscopías objeto de estudio. A continuación, se presentará el análisis de los resultados obtenidos en las diferentes etapas del desarrollo de la investigación.

4.1.1 Elementos Conceptuales y Metodológicos Considerados en la Cartilla.

Para la construcción de la cartilla propuesta, se tuvo que identificar en primera medida necesidad de considerar diferentes elementos teóricos y metodológicos para la comprensión de las técnicas espectrofotométricas. Esto permitió para la investigación conservar una línea investigativa frente a los elementos que tenían incidencia en la resolución de problemas, y de esta forma abordar la información más relevante para la consolidación de la cartilla.

Figura 4. Elementos teóricos y metodológicos identificados para la estructuración y aplicación de la cartilla.



Durante la estructuración de la cartilla, los elementos teóricos y metodológicos que se describen en la figura 4 orientaron el diseño de los tres capítulos de los cuales consta la cartilla, con el propósito que los estudiantes adquirieran las competencias que se propusieron desde el ABP, para la capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas y toma de decisiones.

Por otra parte, también se menciona que en el análisis bibliográfico que se realizó, se pudieron observar que algunos de los elementos teóricos identificados no presentaban de la mejor manera rutas metodológicas para que los estudiantes pudieran familiarizarse con ese contenido, o en algunos casos se detectaron

algunos errores, que, aunque insignificantes, podrían ocasionar errores de comprensión en dichos elementos.

En el análisis de elementos teóricos de la espectroscopía de UV-VIS, se evidenció que la información que comprende algunos de sus fundamentos no presenta una ruta metodológica para favorecer su comprensión. A manera de ejemplo se presenta la siguiente imagen que ejemplifica la forma en que la mayoría de sitios web y documentos consultados

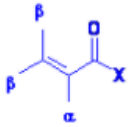
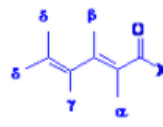
Reglas de Woodward para compuestos carbonílicos conjugados		
 		
Valores básicos:		
X = R		
Enona de partida con anillo de seis miembros o acíclica		$\lambda=215$ nm
Enona de partida en anillo de cinco miembros		$\lambda=202$ nm
Dienona acíclica		$\lambda=245$ nm
X = H		$\lambda=208$ nm
X = OH, OR		$\lambda=193$ nm
Incrementos para		
Doble enlace conjugado adicional		30
Doble enlace exocíclico		5
Doble enlace endocíclico en un anillo de 5- o 7- miembros para X = OH, OR		5
Componente diénico homocíclico		39
Sustituyente alquilo o resto de anillo		
	α	10
	β	12
	γ o superior	18
Grupos polares		
-OH	α	35
	β	30
	δ	50
-OC(O)CH ₃	$\alpha, \beta, \gamma, \delta$	6
-OCH ₃	α	35
	β	30
	γ	17
	δ	31
-Cl	α	15
	β, γ, δ	12
-Br	β	30
	α, γ, δ	25
-NR ₂	β	95

Ilustración 7. Reglas de Woodward presentados por Recursos Educativos de Química Orgánica (QUIORED). (2002).

Como se observa en la ilustración 7, la información no se presenta de forma organizada, y puede tender a una mala comprensión por los valores que presenta

en las diferentes posiciones que se quiere mostrar. Por lo anterior en el capítulo I de la cartilla, se presenta esta información reestructurada, y con una ruta metodológica para que su comprensión sea mayor cuando esta información sea consultada.

Continuando la revisión bibliográfica, pero ahora de los elementos teóricos de la espectroscopía de IR-TF, se percibe que las tablas que contienen datos que ayudan a la identificación de moléculas orgánicas, presentan información adicional que no se contextualiza, y que se debe consultar en materiales adicionales. Como se puede evidenciar a manera de ejemplo en las siguientes ilustraciones.

IR		reference data
>CH st	$3000\text{--}2840\text{ cm}^{-1}$	found outside the quoted range if present in three-membered rings
$\text{-CH}_3\ \delta\ \text{as}$	$\sim 1460\text{ cm}^{-1}$	
$\text{-CH}_2\text{-}\ \delta$	$\sim 1380\text{ cm}^{-1}$	doublet for geminal methyl groups
$\text{-CH}_3\ \delta\ \text{sy}$	$770\text{--}720\text{ cm}^{-1}$	in $\text{C-(CH}_2)_n\text{-C}$ if $n \geq 4$ at $\sim 720\text{ cm}^{-1}$
$\text{-CH}_2\text{-}\ \gamma$		

Ilustración 8. Señales de detección Alcanos. Pretsch, Clerc, Seibl & Simon (1983).

TABLA 2. Tipo de compuesto: alqueno

Posición	Asignación
$3085 \pm 10\text{ cm}^{-1}$	Tensión asimétrica del grupo: =CH_2
3000 ± 10	Tensión simétrica del grupo: =CH_2
1821 y 909	Armónico del balanceo fuera del plano del grupo: =CH_2 y el fundamental, respectivamente.
1440 ± 15	$\text{CH}_2\text{-C=C}$ (balanceo de cizalla, acoplado)
1640 ± 20	Tensión simétrica C=C para cis y vinilos
1670 ± 10	Tensión simétrica C=C para trans y tri y tetrasustitidos
993	Twist fuera del plano del grupo =CH_2

Observaciones: Absorción infrarroja de compuestos C=C



CHR=CH_2	$3085 \pm 10\text{ cm}^{-1}$ y 3025 ± 15 (tensión =CH). 1825 ± 25 Armónico (balanceo fuera del plano) 1640 ± 5 (tensión C=C). 1415 ± 5 y 1290 ± 5 (balanceo en el plano) 990 ± 5 y 910 ± 5 (balanceo fuera del plano)
-------------------	---

Ilustración 9. Señales de detección Alquenos. Clavijo, A. (2008)

En las ilustraciones 8 y 9, la información que se presenta corresponde a valores ya establecidos para la detección de los grupos funcionales de los alcanos y los alquenos, sin embargo, estos vienen acompañados de información adicional, que no se contextualiza en las tablas, como la longitud de onda, la aproximación del número de onda y la forma vibracional de la señal. Debido a lo anterior, en el capítulo II de la cartilla, se presenta esta información reestructurada, y con una ruta metodológica para que su comprensión sea mayor cuando esta información sea consultada.

Finalmente, en la revisión bibliográfica frente a los elementos teóricos de la espectroscopía de RMN-H, se encontraron algunas imprecisiones en las tablas que contienen datos que ayudan a la identificación de moléculas orgánicas, los que podrían generar dificultades de comprensión cuando se consultan las mismas. Para ejemplificar lo anterior, se describen las siguientes ilustraciones.

Tabla 3. Valores de δ para metilenos disustituídos $X-CH_2-Y$

Sust.	Br—	Cl—	I—	R ₃ N—	HO—	RO—	PhO—	RCOO—	RS—	CH ₃ —	C=C—	C≡C—	Ph—	F ₂ C—	CN—	RCO—	ROOC—	R ₂ NOC—
Br—	4.92	5.13	4.38	4.13	5.12	4.92	5.79	5.69	4.20	3.72	3.88	4.00	4.41	3.70	4.26	4.26	4.11	4.15
Cl—		5.31	4.80	4.37	5.32	5.12	5.99	5.89	4.40	3.41	4.08	4.20	4.61	3.90	4.26	4.46	4.12	4.25
I—			3.87	3.62	4.61	4.41	5.16	5.06	3.69	2.85	3.62	3.49	3.90	3.19	3.70	3.75	3.60	3.64
R ₃ N—				3.37	4.35	4.15	5.03	4.93	3.44	2.44	3.20	3.16	3.56	2.94	3.50	3.50	3.35	3.40
HO—					5.35	5.15	6.02	5.92	4.43	3.53	4.13	4.28	4.58	3.93	4.49	4.49	4.34	4.38
RO—						4.95	5.82	5.72	4.23	3.23	3.91	4.03	4.44	3.73	4.24	4.29	4.22	4.26
PhO—							6.69	6.59	5.10	3.93	4.78	4.90	5.31	4.60	5.16	5.16	5.09	5.13
RCOO—								6.46	5.00	4.04	4.68	4.80	5.21	4.54	5.10	5.10	4.91	4.35
RS—									3.51	2.43	3.14	3.31	3.72	3.01	3.57	3.57	3.42	3.46
CH ₃ —										1.17	2.02	2.14	2.55	1.84	2.40	2.43	2.25	2.26
C=C—											2.87	2.99	3.32	2.69	3.20	3.25	3.10	3.14
C≡C—												3.11	3.52	2.81	3.37	3.37	3.22	3.26
Ph—													3.35	3.22	3.72	3.78	3.63	3.66
F ₂ C—														2.51	3.07	3.07	2.92	2.96
CN—															3.63	3.63	3.48	3.52
RCO—																3.63	3.48	3.52
ROOC—																	3.33	3.37
R ₂ NOC—																		3.41

Ilustración 10. Señales para metilenos disustituídos. Tomado de:

<https://fdocument.org/document/tablas-1h-rmn.html>

	Br-	Cl-	I-	R ₂ N-	HO-	RO-	Ph-O-	FCOO-	RS-	CH ₂ -	C=C-	C≡C-	Ph-	F ₃ C-	CN-	RCO-	ROCO-	R ₂ N-CO-
Br-	4,92	5,33	4,38	4,13	5,12	4,92	5,79	5,69	4,20	3,72	3,88	4,00	4,41	3,70	4,26	4,26	4,11	4,15
Cl-		5,31	4,80	4,37	5,32	5,12	5,99	5,89	4,40	3,41	4,08	4,20	4,61	3,90	4,26	4,46	4,12	4,25
I-			3,87	3,62	4,61	4,41	5,16	5,06	3,69	2,85	3,62	3,49	3,90	3,19	3,70	3,75	3,60	3,64
R ₂ N-				3,37	4,35	4,15	5,03	4,93	3,44	2,44	3,20	3,16	3,56	2,94	3,50	3,50	3,35	3,40
HO-					5,35	5,15	6,02	5,92	4,43	3,53	4,13	4,28	4,58	3,93	4,49	4,49	4,34	4,36
RO-						4,95	5,82	5,72	4,23	3,23	3,91	4,03	4,44	3,73	4,24	4,29	4,22	4,26
Ph-O-							6,69	6,59	5,10	3,93	4,78	4,90	5,31	4,60	5,16	5,16	5,09	5,13
FCOO-								6,46	5,00	4,04	4,68	4,80	5,21	4,54	5,10	5,10	4,91	4,35
RS-									3,51	2,43	3,14	3,31	3,72	3,01	3,57	3,57	3,42	3,46
CH ₂ -										1,17	2,02	2,14	2,55	1,84	2,40	2,43	2,25	2,26
C=C-											2,82	2,99	3,32	2,69	3,20	3,25	3,10	3,14
C≡C-												3,11	3,52	2,81	3,37	3,37	3,22	3,26
Ph-													3,95	3,22	3,72	3,78	3,63	3,66
F ₃ C-														2,51	3,07	3,07	2,92	2,96
CN-															3,63	3,63	3,48	3,52
RCO-																3,63	3,48	3,52
ROCO-																	3,33	3,37
R ₂ N-CO-																		3,41

Ilustración 11. Señales para metilenos disustituidos. Laurella, S. (2017)

En las ilustraciones 8 y 9, se muestran las tablas que contienen datos que ayudan a la identificación de moléculas orgánicas, específicamente para metilenos disustituidos, sin embargo, estos elementos, que fueron encontrados en fuentes diferentes tienen algo en común, presentan errores repitiendo los grupos funcionales, produciendo una mala interpretación en su estructura, por lo cual conllevará a errores al ser consultados. Por lo anterior, en el capítulo III de la cartilla, se presenta esta información reestructurada, corregida y con una ruta metodológica para que su comprensión sea mayor cuando esta información sea consultada.

En este punto, cabe resaltar que estas imágenes son solamente algunos ejemplos representativos de la revisión bibliográfica, que no presentaron rutas metodológicas que ayuden a la comprensión del estudiante o que se evidenció un claro error en su estructura. Por tal razón, en la cartilla se reformula la mayoría de tablas consultadas y, estructurando rutas metodológicas desde el ABP como lo son ilustraciones adicionales, ejemplificaciones del uso de las tablas en ejercicios con un detallado paso a paso para que lo puedan tener de referencia cuando se enfrente a ejercicios de su interés.

4.1.2. Evaluación de la Cartilla por Expertos

La cartilla que se elaboró en esta investigación tuvo una previa validación por expertos, la cual se realizó con un instrumento que se especificó en el apartado 3.1.3.4. del capítulo 3. Los expertos evaluaron la pertinencia de los elementos teóricos y metodológicos, que fueron empleados en la construcción y consolidación del contenido de la cartilla con la intencionalidad de favorecer los contenidos de las espectroscopías objeto de estudio mediado por constructos básicos de la metodología ABP.

Los expertos fueron escogidos con una intencionalidad específica, debido que la experiencia que tienen como profesionales en educación en química aportaron elementos relevantes a la estructuración de este trabajo. En la tabla 5 se presentará el perfil académico y profesional de los expertos que se encargaron del proceso de validación.

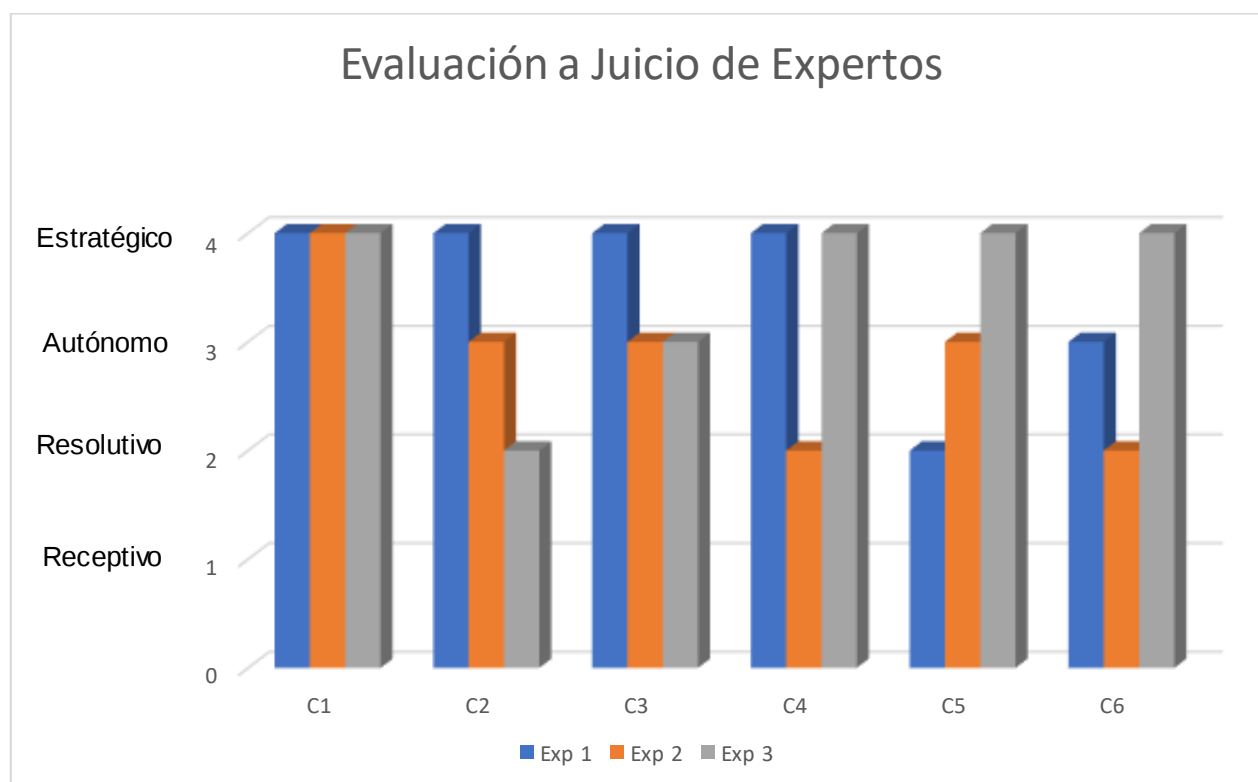
Tabla 5. Perfil profesional de los evaluadores expertos.

Perfil académico y Profesional	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Título(s) de pregrado	Licenciado en Química	Licenciado en Química	Licenciado en Química
Título(s) de posgrado	Magíster en Ciencias-Química	Magíster en Ciencias Ambientales	Magíster en Docencias de las Ciencias Naturales
Institución educativa y/o universitaria en el que labora actualmente	Universidad de los Andes	Universidad Pedagógica Nacional	IED. José Jaime Rojas

Cabe recalcar que la identidad de los expertos en el trabajo no será divulgada para proteger su identidad, y sus aportes en el trabajo se representaran con las siglas Exp 1, Exp 2 y Exp 3, así mismo como en el instrumento que diligenciaron para aportar la evaluación de este trabajo. **(Ver anexo C)**

De acuerdo al instrumento de validación se tuvo en cuenta criterios de evaluación, los cuales estuvieron mediados por cuatro niveles de dominio que fueron el receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico, estos valorados por una escala de 1 a 4 respectivamente. En la gráfica 1 se muestra la evaluación de los criterios de acuerdo al concepto de los tres expertos.

Gráfica1. Resultados de los criterios de evaluación de la cartilla a juicio de expertos



Para el primer criterio de evaluación ¿En qué grado se plantean la metodología de ABP para promover las competencias transversales instrumentales? Se puede observar en la gráfica 1 que los tres expertos consideraron en este criterio el nivel

estratégico (destacado), y como menciona el Exp 2 *“la cartilla propone ejercicios guía, que ejemplifican las vías de solución y claramente están inmersos en los referentes teóricos presentados. En cuanto a las competencias, la cartilla es pertinente para la promoción de las dos primeras (análisis y síntesis, resolución de problemas).”* Por lo anterior, este criterio es considerado estructurante en los resultados de la evaluación realizada por los expertos, debido a que responde con uno de los objetivos que se había trazado este trabajo de grado, para que la cartilla tenga el potencial de promocionar las competencias transversales instrumentales señaladas.

En el siguiente criterio de evaluación ¿En qué grado se recuperan y analizan los saberes previos en la cartilla? Los Exp 2 y el Exp 3 consideraron que el nivel en que se evalúa es el de autónomo (satisfactorio), y el Exp1 indico que el nivel es el estratégico (destacado). El Exp 1 afirma que *“Se muestran una serie de información nueva y situaciones hipotéticas, las cuales requieren de conocimientos previos y una posterior reflexión para poder generar una relación y una comprensión de los temas en contexto”*. De acuerdo al anterior comentario del experto, se analiza satisfactoriamente, puesto que cumple con el propósito que tiene la cartilla a la hora de contemplar el contenido en un contexto específico.

En el criterio tres, ¿En qué grado se construye y gestiona el conocimiento mediante la metodología implementada en la cartilla construida? El Exp 1 y el Exp 3 consideran que el nivel en que se evalúa es el estratégico (destacado), por su parte el Exp 2 lo atribuye al nivel autónomo (satisfactorio). El Exp 3 *“la cartilla le permite al estudiante al finalizar colocar a prueba el dominio adquirido a lo largo de su uso; lo anterior a través de ejercicios que propone al final del documento, los cuales el estudiante debe solucionar teniendo en cuenta el material presentado. Sin embargo, se sugiere enriquecer el contexto de dichos ejercicios y no limitarse únicamente a la instrucción”*. Con la justificación que expuso el experto, se intervinieron las actividades propuestas para enriquecerlas, alejarlas de lo netamente instructivo y

que, por el contrario, estén en la línea de lo explicativas para lograr un mayor rango de comprensión cuando estas se aborden.

Para el siguiente criterio, ¿En qué grado contextualiza la problemática de los temas a partir de la metodología de la cartilla? El Exp 1 y el Exp3 evalúan el criterio en el nivel estratégico (destacado), y el Exp 2 en el nivel resolutivo (suficiente). El Exp 2 menciona que *“la cartilla presenta el consolidado de información teórica requerida para la comprensión de los problemas y a su vez, presenta de forma detallada el uso de esta. Sin embargo, el término contexto presente en los demás niveles de domino permite en este ítem una interpretación demasiado amplia, por ello, se sugiere focalizar dicho término a algo específico para evitar ambigüedades”*. Con lo anterior, permitió replantear la delimitación del contexto en que se quiere abordar la cartilla, con la intencionalidad de favorecer la comprensión de la química analítica.

En el criterio 5, ¿En qué grado se aborda y resuelve la metodología ABP a partir del diseño y construcción de la cartilla? El Exp 1 evaluó este criterio en el nivel de estratégico (destacado), el Exp 2 en el nivel autónomo (satisfactorio), y, por su parte el Exp 3 en el nivel resolutivo (suficiente). El Exp1 menciona que *“la cartilla se muestra como un material que recopila información necesaria para la problemática en contexto, a su vez en su diseño involucra un enfoque pedagógico que contribuye a la resolución de problemas”*. De acuerdo este comentario por el experto validador, se consolidó la metodología que estructuro la cartilla, la cual es fundamental para las competencias que se quieren favorecer.

Finalmente, en el criterio ¿En qué grado se socializa la experiencia y se promueve las competencias transversales a partir del diseño de la cartilla? El Exp 1 evaluó este criterio en el nivel de autónomo (satisfactorio), el Exp 2 y, por su parte resolutivo (suficiente) y el Exp 3 en el nivel resolutivo (suficiente). El Exp1 menciona que estratégico (destacado). El Exp 3 justifica la evaluación, por como afirma *“la información presentada en la cartilla se relaciona con las actividades establecidas al final de cada apartado, como también en los problemas resueltos”*. Y, como

menciona el experto, con la evaluación del criterio se confirma la intencionalidad de las actividades planteadas al final de la cartilla, puesto que el propósito de las mismas es que el estudiante utilice el contenido de la cartilla para darles solución.

4.1.3. Pilotaje Cartilla

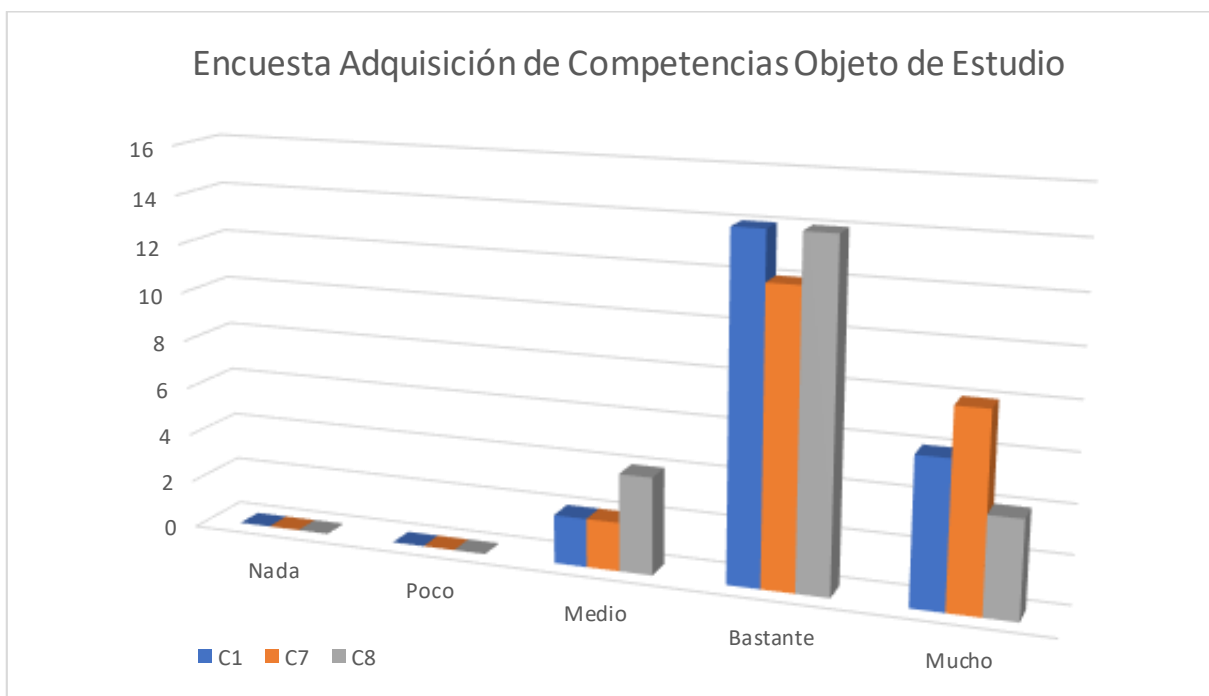
El pilotaje de la cartilla se realizó de manera posterior a la evaluación realizada por los expertos; por medio de los comentarios realizados a cada criterio de evaluación, en las respectivas rubricas, se consideraron dos sentidos para hacer el pilotaje: el primero, ratificar la intencionalidad que, con el uso de la cartilla, favorecerá la promoción de las competencias transversales instrumentales en estudiantes de nivel universitario y, el segundo, realizar los ajustes según los comentarios realizados en los criterios de evaluación.

Para la primera actividad que comprendió el pilotaje, correspondió al punto 8 de los ejercicios propuestos en la cartilla para los estudiantes, en el cual se tenían que enfrentar con dos espectros de RMN-H, en el cual debía caracterizar la molécula correspondiente a cada espectro con ayuda de su fórmula molecular. En esta actividad, los estudiantes pusieron a prueba la capacidad que tenían para poner en marcha las competencias que se querían promover **(Ver anexo D)**.

En la segunda actividad, los estudiantes debían realizar la actividad 10 de la cartilla, en la cual, los estudiantes tenían que analizar el espectro IR-TF y el espectro de RMN-H de una molécula, esta vez, sin saber previamente su fórmula molecular. Con esta actividad, se pretendió que los estudiantes pusieran en práctica la explicación teórica que se les impartió en la intervención expositiva que se describe en la tabla 3 del capítulo 3. Por lo anterior, los estudiantes participaron activamente mostrando cierto potencial frente a las competencias de interés que quiere promover este trabajo **(Ver anexo E)**.

Posteriormente a la solución de las actividades, los estudiantes diligenciaron la encuesta de evaluación de competencias, la cual estaba orientada con el propósito que los estudiantes auto reflexionaran en lo productivo que fue el trabajo con la cartilla para las dos actividades, y en qué grado esta le ayudó a la resolución de las dos situaciones propuestas. La encuesta sobre las competencias transversales instrumentales se recupera la rúbrica adapta de F. Aznar, Mar Pujol, M. Sempere, R. Rizo (2012) donde, los estudiantes analizaron 8 cuestiones que relacionaban el trabajo realizado en el pilotaje, y valoraron la pertinencia de los mismo con una X en un grado de Nada, Poco, Medio, Bastante y Mucho. Cabe recalcar que, aunque se indagaron por 8 cuestiones, las que tienen incidencia en el trabajo de investigación son las cuestiones 1, 7 y 8, abreviados C1, C7 y C8. A continuación se presentan los resultados frente a las tres cuestiones de interés.

Gráfica2. Resultados evaluación de estudiantes de las C1, C7 y C8



Como se evidencia en la gráfica 2, los estudiantes describen que la cartilla tuvo incidencia en los niveles Medio, Bastante y Mucho, y, por consiguiente, se analizará solamente estos tres niveles, donde se describirá la cantidad de estudiantes que catalogaron las cuestiones en Medio, Bastante y Mucho.

Para la cuestión 1, *“La cartilla que se compartió en la asignatura ha ayudado a desarrollar mi capacidad de análisis y síntesis.”* Se evidencia como 20 de los estudiantes consideraron que la cartilla les ayudó Mucho o Bastante a adquirir capacidad de análisis y síntesis, lo cual deja como satisfactoria la capacidad de que pueda promocionarse esta competencia en el estudiante. Por otra parte, solamente 2 de los estudiantes consideraron que la cartilla influenció en un nivel Medio su capacidad de análisis y síntesis.

En la cuestión 7, *“La cartilla que se compartió en la asignatura me ha ayudado a mejorar mi capacidad de resolución de problemas.”* Se evidencia como 20 de los estudiantes consideraron que la cartilla les ayudó Mucho o Bastante en la capacidad de resolución de problemas. Por lo anterior, se considera satisfactorio que esta competencia se pueda considerar promocionable en los estudiantes. Por otra parte, solamente 2 de los estudiantes tuvo la percepción que la cartilla tuvo una incidencia que se puede clasificar en un nivel Medio para la capacidad de resolución de problemas.

Frente a la cuestión 8, *“Me siento más capacitado para la toma de decisiones relativas a una actividad desde que tuve relación con la cartilla que se compartió.”* Los resultados arrojaron que 18 de los estudiantes consideraron que la cartilla les contribuyó Mucho o Bastante en la capacidad de tomar decisiones de acuerdo al contexto, y a partir de ello, se considera que esta competencia pueda ser promocionable en los estudiantes. Por otra parte, 4 de los estudiantes tuvieron la percepción que la cartilla tuvo una incidencia que se puede clasificar en un nivel Medio para la capacidad de tomar decisiones de acuerdo al contexto.

Por lo anterior, se puede observar que en las tres cuestiones que fueron objeto de análisis, ningún estudiante clasificó las cuestiones en un nivel de Nada o Poco, por lo cual se puede concluir que el pilotaje de la cartilla sí tuvo la intencionalidad que se quería en la capacidad de promocionar o potenciar las competencias

transversales instrumentales específicas para que los estudiantes, y como menciona Aznar, Pujol, Sempere & Rizo (2012) esta percepción positiva del alumnado afianza en la creencia de que el ABP es una metodología que potencia el aprendizaje y adquisición de competencias.

Finalmente, se puede mencionar que aunque ya es bien sabido por el lector, este pilotaje solo tuvo la intencionalidad de poder observar la incidencia que podrá tener la cartilla en las competencias transversales instrumentales de interés en un grupo de estudiantes, qué, con un tiempo adecuado de implementación, realización de todas las actividades propuestas en la cartilla, y un tratamiento de resultados adecuado, ya no solo se podrá decir que la cartilla puede promocionar las competencias, si no que la cartilla pudo desarrollarlas en el estudiante.

4.2. CONSIDERACIONES Y REFLEXIONES FINALES

Como consideraciones finales se puede describir que el trabajo de investigación permitió contemplar los elementos teóricos y metodológicos de las espectroscopías objeto de estudio en la cartilla realizada. Estos elementos fueron el resultado de una revisión bibliográfica, la cual ayudó a estructurar información relevante para la compilación de los capítulos de cada espectroscopía, y de esta manera favorecer la comprensión de la información cuando los estudiantes recurran a consultarla como material de apoyo en su ejercicio de academia.

En la consolidación de la información recogida en la revisión bibliográfica se plantearon diferentes formas de exponer la información para hacerla clara y comprensible a los lectores, de tal forma que los tres capítulos comprenden rutas metodológicas para que los elementos teóricos no parezcan complejos cuando se estén consultado, gracias a la ejemplificación con la cual se presenta, los ejercicios resueltos y los problemas propuestos para que pongan en práctica lo que han revisado en cada capítulo de la cartilla.

Por otra parte, la cartilla pasó por la evaluación de expertos, los cuales, con el juicio emitido al contenido y la estructura, se validó el potencial que esta tiene frente a la promoción de competencias transversales instrumentales, las cuales fueron capacidad de análisis, resolución de problemas y toma de decisiones. Los expertos con sus comentarios consolidaron la intencionalidad de este trabajo de investigación y gracias a esto, se pudo realizar el pilotaje de algunas de las actividades de la cartilla con seguridad que estas si cumplirían el propósito para las que fueron diseñadas.

El pilotaje de la cartilla con el grupo escogido se consideró como satisfactorio, debido a que cumplió las intenciones con las que se planteó inicialmente. Los resultados arrojados en la encuesta diligenciada por los estudiantes que calificaron las competencias transversales de interés con los tres mayores niveles del

instrumento, dejaron la evidencia de que estas competencias sí podrán verse reflejadas después de una implementación robusta de la cartilla.

Por último, se considera como satisfactorio el trabajo realizado en forma de cartilla, que aún no se considera finalizado o terminado, puesto que el propósito es seguir robusteciéndola hasta poder generar una posible publicación.

4.3. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones para una continuación del trabajo se puede mencionar que las revisiones bibliográficas son demasiado amplias, y en la medida que se puedan delimitar, ayudará al investigador a centrar el trabajo que viene realizando además que podrá tener mayor orden del mismo. Otra recomendación se encamina en el roce que tiene los estudiantes con la cartilla, debido que en esta investigación solo fue un breve pilotaje. Por lo anterior, la próxima vez que esta cartilla se lleve al aula se debe realizar una implementación completa, puesto que aquí queda la constancia por expertos y por el pilotaje realizado que sí podrá cumplir con los objetivos trazados y para la cual fue construida.

BIBLIOGRAFÍA

Aznar, F., Pujol, M., Sempere, M. y Rizo. (2012). Adquisición de competencias mediante Aprendizaje Basado en Proyectos como metodología docente: valoración del alumnado. Recuperado de: <https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2012/documentos/posters/245822.pdf>

Arias-Gundín, O., Fidalgo, R., & García, J.-N. (2008). El desarrollo de las competencias transversales en magisterio mediante el aprendizaje basado en problemas y el método de caso. Revista de Investigación Educativa, 26(2), 431–444. Recuperado de: <https://revistas.um.es/rie/article/view/94011>

Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. Medical education, 20(6), 481-486. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>

Castell, J. (2006). Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear. Universidad de Valencia. Recuperado de: <https://www.uv.es/jcastell/Espectroscopia.pdf>

Clavijo, A. (2002). Fundamentos de la química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

De Jesús, E. (2003). Determinación estructural de compuestos inorgánicos. Universidad de Alcalá. Recuperado de: <http://www3.uah.es/edejesus/resumenes/DECI.htm>

Dochy, F. J. R. C., Segers, M., & Sluijsmans, D. (1999). The use of self-, peer and co-assessment in higher education: A review. Studies in Higher education, 24(3), 331-350. Recuperado de: <https://sluijsmans.net/wp->

content/uploads/2019/01/Sluijsmans-The-Use-of-Self-Peer-and-Co-assesment-in-Higher-Education-1999_10.pdf

Fernández. P., y Caballero, P. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 20(1), 201-217. Recuperado de: <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/130204/1486244365.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, L. (2020). Física Cuántica. IES La Magdalena. Avilés. Asturias. Recuperado de: <https://fisquiweb.es/Apuntes/Apuntes2Fis/FisicaCuantica1.pdf>

Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación; proyecto de investigación cuantitativa. 6° edición. Editorial Me Graw-Hill /interamericana editores. México. Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Ibarra-Piza, S., Segredo-Santamaría, S., Juárez-Hernández, L., & Tobón, S. (2018, 11 noviembre). Estudio de validez de contenido y confiabilidad de un instrumento para evaluar la metodología socioformativa en el diseño de cursos. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-24.pdf>

Johnsen, E. B. (1996). Libros de texto en el caleidoscopio. Barcelona: Pomares-Corredor S.A

Laurella, S. (2017). Resonancia Magnetica Nuclear: Un Herramienta para la elucidación de estructuras moleculares. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/781/774/2589-1>

Larive, C. K. (2004). Problem-based learning in the analytical chemistry laboratory course. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 380(3), 357-359. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-004-2802-z>

Lasnier, F. (2000). Réussir la formation par compétences. Montréal: Guérin.

Méndez, Y. (2013). Elaboración de una cartilla didáctica acerca de las características, origen y evolución de los virus con actividades tendientes a desarrollar competencias argumentativas y propositivas en los estudiantes de educación básica. Universidad Nacional. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21928/1186678.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morales P & Landa V. (2004). Aprendizaje Basado En Problemas Problem – Based Learning. Chile, *Theoria*, Vol. 13, pp. 145-157. Recuperado de: <http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/574/Aprendizaje%20basado%20en%20problemas.pdf?sequence=1&isAllo>

Pretsch, E., Clerc, T., Seibl, J. y Simon. W. (1976). Tablas para la elucidación estructural de compuestos orgánicos por métodos espectroscópicos. Alhambra. Madrid. Pp. 170-181.

Quiored. (2002). Reglas de Woodward. Recursos Educativos de Química Orgánica. Universidad de Granada. Tomado de: <http://www.ugr.es/~quiored/>

Ríos, Y. (2007). Espectroscopía UV-Visible. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. Recuperado de: <https://www.yolanda-rios.net/materiales/UVTeoria.pdf>

Rico, M. (2011). Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear de alta resolución: una herramienta fundamental en Química y Biología Estructural. Real

Sociedad Española de Química. An. Quím. 2011, 107(1), 46–57. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3433985.pdf>

Rojas, F. (2011). Simulación y caracterización experimental de las propiedades vibracionales del material óptico no lineal Glicina Nitrato de Sodio. Universidad de Sonora. Hermosillo. Recuperado de: <http://148.225.114.121/bitstream/unison/1397/1/rojasgonzalezfranciscoeduardo.pdf>

Señales para metilenos disustituidos. Greek Document. Recuperado de: <https://fdocument.org/document/tablas-1h-rmn.html>

Silverstein, R., Clayton, G., Morrill, T. (1991) Spectrometric identification of organic compounds, 5ª ed., Nueva York, John Wiley & Sons, Inc.

Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (2015). Fundamentos de química analítica. Edición 9. Recuperado de: http://ubicua.cua.uam.mx/pluginfile.php/83420/mod_resource/content/1/Fundamentos%20de%20Qu%C3%ADmica%20Anal%C3%ADtica.pdf

Tano, M. (2011). El aprendizaje basado en problemas: un método para el desarrollo de competencias transversales en español para fines específicos. Universidad de Lorena. Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02970438/document>

Tobón, S.(2013). Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación (4a. Ed.). Bogotá: ECOE. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Tobon4/publication/319310793_Formacion_integral_y_competencias_Pensamiento_complejo_curriculo_didactica_y_evaluacion/links/59a2edd9a6fdcc1a315f565d/Formacion-integral-y-competencias-Pensamiento-complejo-curriculo-didactica-y-evaluacion.pdf

Wade, L. (2013). Organic Chemistry, 8th Edition. | Pearson. Whitman College. Recuperado de:
[http://digitus.itk.ppke.hu/~ivan/molvil/Wade Organic Chemistry 8ed.pdf](http://digitus.itk.ppke.hu/~ivan/molvil/Wade_Organic_Chemistry_8ed.pdf)

Vizcarro, C. y Juarez, E. (2008). La metodología del Aprendizaje Basado en Problemas. España, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, pp. 9-32. Recuperado de: [http://www.ub.edu/dikasteia/LIBRO MURCIA.pdf](http://www.ub.edu/dikasteia/LIBRO_MURCIA.pdf)

Zamora, R. (2011). Estudio de la radiación del cuerpo negro. Determinación de la constante de Wien. Recuperado de:
[http://www.rafaelzamora.es/radiacion cuerpo negro.pdf](http://www.rafaelzamora.es/radiacion_cuerpo_negro.pdf)

ANEXOS

Anexo A

Anexo B



VALIDACIÓN CARTILLA PARA ENSEÑAR A ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-¹³C

Juan David Manrique Ávila
Director: Alfonso Clavijo Díaz

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado **PROMOCIÓN DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES INSTRUMENTALES A PARTIR DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CARTILLA PARA ENSEÑAR A ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-¹³C**, para optar por el título de Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Por lo anterior, teniendo en cuenta el rol colaborador es importante resaltar algunos aspectos de su trayectoria académica y profesional en el campo de la enseñanza de las ciencias. Es importante resaltar que los datos aquí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando la palabra “experto evaluador”. De antemano agradezco su disposición y tiempo en este proceso.

Datos del experto:

Nombres y apellidos	
Título(s) de pregrado	
Título(s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Email	

El presente instrumento tiene como objeto evaluar los aspectos metodológicos que constituyen la cartilla para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica aplicada a las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-¹³C, en esta se utilizan situaciones focalizadas al aprendizaje basado en problemas para promocionar competencias transversales instrumentales, tales como capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas y toma de decisiones en estudiantes de química a nivel universitario.

Para la evaluación del contenido de la cartilla se recupera la rúbrica diseñada en el estudio de Ibarra et al. (2018). Los autores plantean 6 criterios para la validación del instrumento por parte de expertos, para evaluar dichos criterios se proponen 4 niveles de dominio: Receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico; según lo establecido por Tobón (2013). Para este estudio se realizaron modificaciones con el fin de adaptar el instrumento a los intereses de la presente investigación.

Teniendo en cuenta la anterior descripción, se le solicita cordialmente llenar la siguiente tabla haciendo uso de los niveles de dominio (1-4) para cada criterio, los cuales están descritos en cada uno de los casos, argumentando el porqué de su valoración en el apartado “justificación”.

Tabla 1. Instrumento rúbrica socioformativa para valorar la cartilla propuesta.

Criterios	Niveles de dominio	Justificación
¿En qué grado se plantean la metodología de ABP para promover las competencias transversales instrumentales?	1. Receptivo (Insuficiente): Se relacionan las competencias considerando los contenidos temáticos. 2. Resolutivo (Suficiente): Relaciona las competencias con una situación hipotética desvinculada del contexto en el que se desarrollan las actividades. 3. Autónomo (Satisfactorio): Describe la importancia de la resolución de problemas y su relación con los contenidos temáticos a partir de las competencias. 4. Estratégico (Destacado): Muestra la vinculación entre las competencias y el desarrollo temático a lo largo de la cartilla.	
¿En qué grado se recuperan y analizan los saberes previos en la cartilla?	1. Receptivo (Insuficiente): Recupera las ideas principales para la revisión de los temas expuestos en la cartilla 2. Resolutivo (Suficiente): Relaciona la información nueva con sus experiencias previas empleando situaciones hipotéticas. 3. Autónomo (Satisfactorio): Construye un ambiente de aprendizaje a partir de la retroalimentación de conocimientos. 4. Estratégico (Destacado): Genera reflexión a partir de la búsqueda de información en las experiencias previas y moviliza los aprendizajes posteriores en comprensión de los temas en contexto	
¿En qué grado se construye y gestiona el conocimiento mediante la metodología implementada en la cartilla construida?	1. Receptivo (Insuficiente): Organiza la información correspondiente a la temática. 2. Resolutivo (Suficiente): Comprende y analiza los conceptos claves implicados en la problemática de los temas en contexto. 3. Autónomo (Satisfactorio): Interpreta y argumenta la información obtenida de las diversas fuentes revisadas. 4. Estratégico (Destacado): Resuelve la problemática de los temas en contexto a partir de la evaluación de los saberes necesarios y los conceptos implicados.	
¿En qué grado contextualiza la problemática de los temas a partir de la metodología de la cartilla?	1. Receptivo (Insuficiente): Describe el contexto de aplicación del problema y los saberes. 2. Resolutivo (Suficiente): Gestiona los recursos necesarios para analizar y comprender los problemas. 3. Autónomo (Satisfactorio): Genera un diagnóstico, donde se presenta y resuelve la problemática de los temas en contexto. 4. Estratégico (Destacado): Determina el contexto de aplicación del problema mediante estrategias que promueven la transversalidad y la creatividad.	
¿En qué grado se aborda y resuelve la metodología ABP a partir del diseño y construcción de la cartilla?	1. Receptivo (Insuficiente): Analiza la problemática de los temas en contexto considerando los presupuestos teóricos que los sustentan. 2. Resolutivo (Suficiente): Resuelve la problemática de los temas en contexto mediante una estrategia fundamentada en una teoría o enfoque pedagógico. 3. Autónomo (Satisfactorio): Argumenta las acciones que implementa para resolver la problemática de los temas en contexto. 4. Estratégico (Destacado): Establece acciones para mejorar el contexto a través de la generación de productos que demuestran el nivel de desempeño y aprendizaje.	
¿En qué grado se socializa la experiencia y se promueve las competencias	1. Receptivo (Insuficiente): Presenta los elementos teóricos obtenidos de la investigación documental realizada. 2. Resolutivo (Suficiente): Relaciona la teoría con la práctica a través de las actividades establecidas.	

transversales a partir del diseño de la cartilla?	3. Autónomo (Satisfactorio): Presenta las evidencias necesarias para resolver la problemática de los temas en contexto considerando unos determinados criterios de evaluación. 4. Estratégico (Destacado): Promueve el mejoramiento continuo de las acciones realizadas y los productos generados para demostrar el aprendizaje.	
---	--	--

BIBLIOGRAFÍA

- Ibarra-Piza, S., Segredo-Santamaría, S., Juárez-Hernández, L., & Tobón, S. (2018, 11 noviembre). Estudio de validez de contenido y confiabilidad de un instrumento para evaluar la metodología socioformativa en el diseño de cursos. Revista Espacios. <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-24.pdf>
- Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación (4a. Ed.). Bogotá: ECOE.

Anexo C



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

PILOTAJE CARTILLA PARA ENSEÑAR A ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-13C

Juan David Manrique Ávila
Director: Alfonso Clavijo Díaz

Estimado(a) estudiante, la actividad que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado **PROMOCIÓN DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES INSTRUMENTALES A PARTIR DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CARTILLA PARA ENSEÑAR A ANALIZAR COMPUESTOS DE NATURALEZA ORGÁNICA APLICADA A LAS ESPECTROSCOPIAS UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-13C**, para optar por el título de Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Por lo anterior, teniendo en cuenta el rol de colaborador es importante resaltar que los datos aquí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando la palabra “Estudiante” con un respectivo número. De antemano agradezco su disposición y tiempo en este proceso.

Nombres y apellidos	
Email	

El presente instrumento tiene como objeto encuestar sobre las competencias transversales instrumentales que constituyen la cartilla para enseñar a analizar compuestos de naturaleza orgánica aplicada a las espectroscopías UV-VIS, IRTF, RMN-H, RMN-¹³C. Para la encuesta sobre las competencias transversales instrumentales se recupera la rúbrica adapta de F. Aznar, Mar Pujol, M. Sempere, R. Rizo (2012) donde se tendrán en cuenta 8 cuestiones en las que deberá valorar con una X el grado en que el ABP les ha ayudado a adquirir cada una de las competencias transversales instrumentales seleccionadas.

Tabla 1. Encuesta sobre la adquisición de Competencias usando la metodología ABP

CUESTIONES	NADA	POCO	MEDIO	BASTANTE	MUCHO
C1. La cartilla que se compartió en la asignatura ha ayudado a desarrollar mi capacidad de análisis y síntesis.					
C2. He notado que desde que se compartió la cartilla ha aumentado mi capacidad de organización y planificación.					
C3. La cartilla que se compartió en la asignatura me ha ayudado a desarrollar mi comunicación oral y escrita en castellano.					
C4. La cartilla que se compartió en la asignatura me ha ayudado a desarrollar mi comunicación oral y escrita en inglés.					
C5. Considero que la cartilla que se compartió ha fomentado el trabajo en equipo.					

C6. Considero que la cartilla que se compartió ha fomentado mi capacidad de gestión de la información.					
C7. La cartilla que se compartió en la asignatura me ha ayudado a mejorar mi capacidad de resolución de problemas.					
C8. Me siento más capacitado para la toma de decisiones relativas a una actividad desde que tuve relación con la cartilla que se compartió					

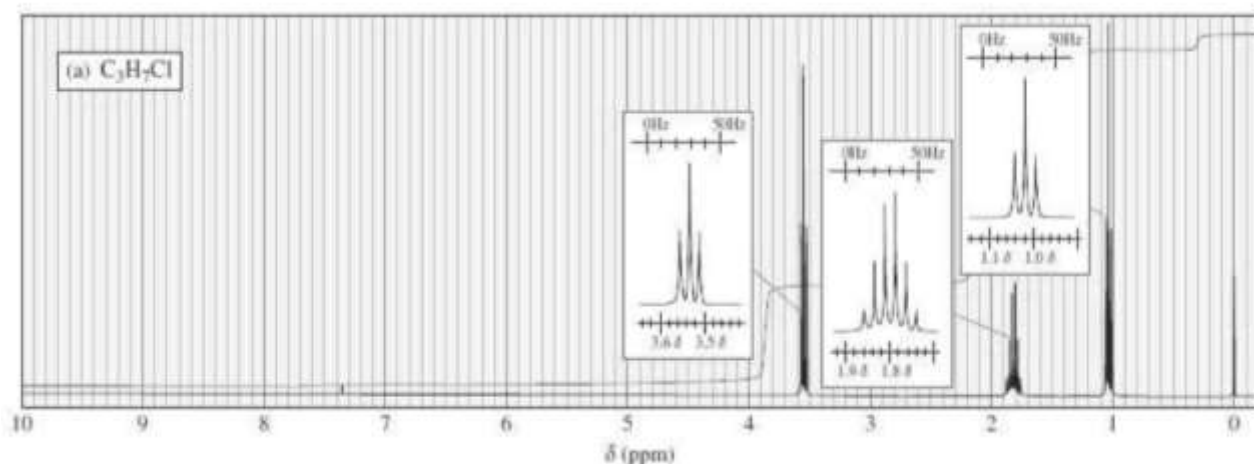
BIBLIOGRAFÍA

- F. Aznar, Mar Pujol, M. Sempere, R. Rizo (2012). Adquisición de competencias mediante Aprendizaje Basado en Proyecto como metodología docente: valoración del alumnado

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química
 Licenciatura en Química; Métodos de Análisis Químico II

EJERCICIO 8

1. Primer espectro RMN-H



RMN-H

1.08-1.18 ppm	1.88-1.98 ppm	3.58-3.68
Triplete	Sextuplete	Triplete

A partir de la *multiplicidad* se interpreta que la señal 1.08-1.18 ppm debe corresponder a un protón con 2 protones vecinos dada la regla N+1 ya que la señal es un triplete.

La señal 1.88-1.98 ppm es un sextuplete por lo que se interpreta que es un protón con 5 protones vecinos. Finalmente, la señal 3.58-3.68 corresponde nuevamente a otro triplete por lo cual se interpreta que este protón tendrá 2 protones vecinos.

La tabla 1 de la cartilla presenta el desplazamiento que tiene un metileno cuando está enlazado con cloro, el cual tiene un valor de **3.47 ppm** y tiene coherencia con la tercera señal del espectro RMN-H, el valor se ilustra a continuación:

Grupo funcional	X	CH ₃ -X	-CH ₂ -X	¹ CH-X
Carbono	-CH ₃ ; -CH ₂	0,86 - 0,91	1,25 - 1,33	1,50
	-C=CH ₂	1,71	2,00 - 2,30	2,60
	-C≡CH	1,80	2,10 - 2,16	2,56
	-Fenilo	2,35	2,59 - 2,63	2,89
Halógenos	-F	4,27	4,36	-
	-Cl	3,06	3,47	4,14
	-Br	2,69	3,35 - 3,37	4,21
	-I	2,16	3,16	4,24

La tabla 5 de la cartilla presenta el desplazamiento químico en un alcano con varios sustituyentes, para el presente espectro RMN se tiene en cuenta el desplazamiento que tiene un metileno con un metil y otro metileno. Se ilustra de la siguiente manera:

$$dCH_2R_1 R_2 = 0.23+0.68+0.91= 1.82 \text{ ppm}$$

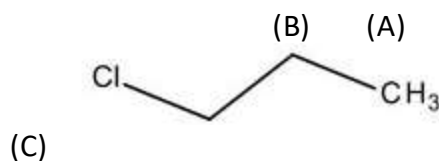
Este valor tiene relación con la segunda señal que aparece en el espectro RMN-H

La tabla 5 de la cartilla también ilustra el valor de desplazamiento de un metileno y se hace el respectivo cálculo expresado a continuación:

$$dCH_3R_1= 0.9+0.91=1.81 \text{ ppm}$$

Este valor corresponde a la primera señal del espectro RMN-H

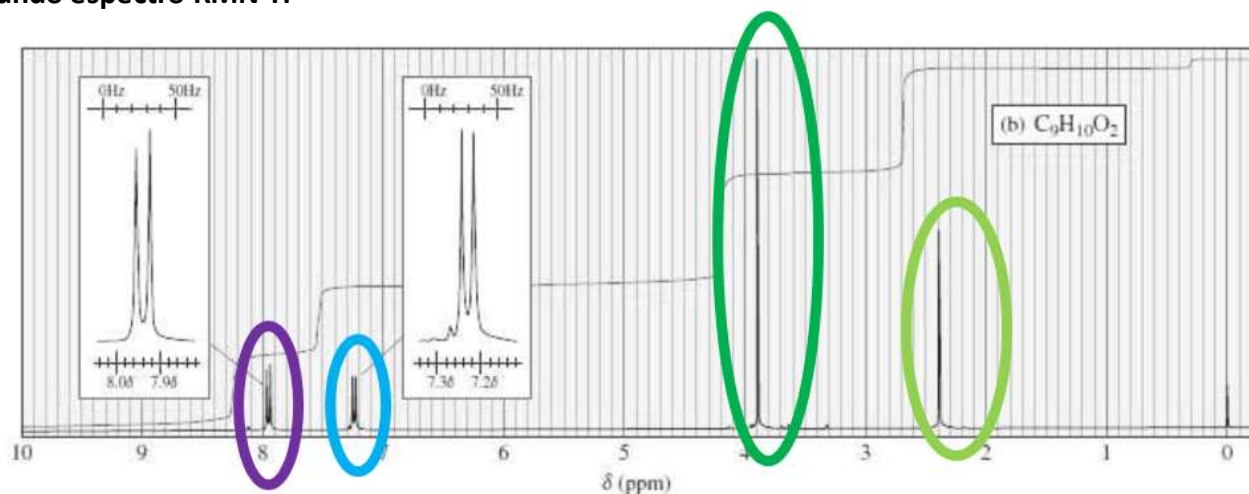
Teniendo en cuenta la fórmula molecular C₃H₇Cl y lo anteriormente mencionado se propone la siguiente estructura:



Cloropropano

En donde (A) corresponde a un metil que tiene dos protones vecinos (B), respectivamente (B) es un metileno que tiene tres protones vecinos (A) y por el otro lado dos protones vecinos (C) para un total de 5 protones vecinos. Finalmente (C) tiene dos protones vecinos (B) lo cual presenta coherencia con la multiplicidad en el espectro RMN.

2. Segundo espectro RMN-H



RMN-H

2.4 ppm	3.9 ppm	7.26-7.36 ppm	7.98-8.08
Singlete	Singlete	Triplete	Doblete

A partir de la *multiplicidad* se interpreta que la señal 2.4 ppm posiblemente sea un metil el cual no contiene protones vecinos. La señal 3.9 ppm deberá corresponder a un metileno el cual tampoco tiene protones vecinos, pero estará enlazado con un grupo funcional que proporcione una mayor frecuencia absorbida. La señal 7.26-7.36 ppm presenta una alta frecuencia absorbida, la cual seguramente corresponde a un anillo de benceno al igual que la señal 7.98-8.08 ppm

Para evidenciar que la molécula en efecto tiene un anillo de benceno se calcula el índice de deficiencia de hidrógeno, de manera que si el resultado es mayor que 4 se espera que haya la presencia de un anillo aromático. El cálculo estará dado por la siguiente expresión, donde n equivale al número de átomos de carbono:

$$IHD = \frac{(2n+2) - (\# \text{ hydrogens})}{2}$$

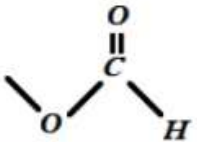
$$IHD = ((2 * 9) + 2) - (10) / (2) = 5$$

Este análisis de la multiplicidad nos permite dar una idea del gráfico de la estructura de la molécula al igual que los valores en las tablas.

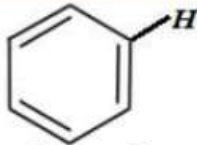
Para (B):

Grupo funcional	X	$\text{CH}_3\text{-X}$	$\text{-CH}_2\text{-X}$	$\text{-}\overset{ }{\text{CH}}\text{-X}$
Carbono	$\text{-CH}_3; \text{-CH}_2$	0,86 – 0,91	1,25 – 1,33	1,50
	-C=CH_2	1,71	2,00 – 2,30	2,60
	$\text{-C}\equiv\text{CH}$	1,80	2,10 – 2,16	2,56
	-Fenilo	2,35	2,59 – 2,63	2,89
Halógenos	-F	4,27	4,36	–
	-Cl	3,06	3,47	4,14
	-Br	2,69	3,35 – 3,37	4,21
	-I	2,16	3,16	4,24
Oxígeno	-OH	3,39	3,49 – 3,59	3,94
	-O-alquilo	3,24	3,27 – 3,37	3,55
	-O-C=C	3,50	3,70	–
	-O-fenilo	3,73	3,86 – 3,98	4,51
	-O-COCH_3	3,67	3,98 – 4,05	4,94
	-O-CO-F_3	4,10	4,30	–
	-O-CO-fenilo	3,88	4,25 – 4,37	5,22
	$\text{-O-SO}_2\text{-fenilo}$	3,70	3,94 – 4,07	4,70

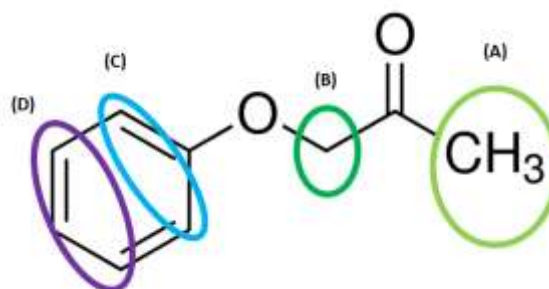
Para (C):

	7,9 – 8,4
--	-----------

Para (D):

 Aromatico	6,5 – 8,3 ^B
Aromatico no bencenoide	6,2 – 9,0 ^B

Teniendo en cuenta la fórmula molecular $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ y lo anteriormente mencionado se propone la siguiente estructura:



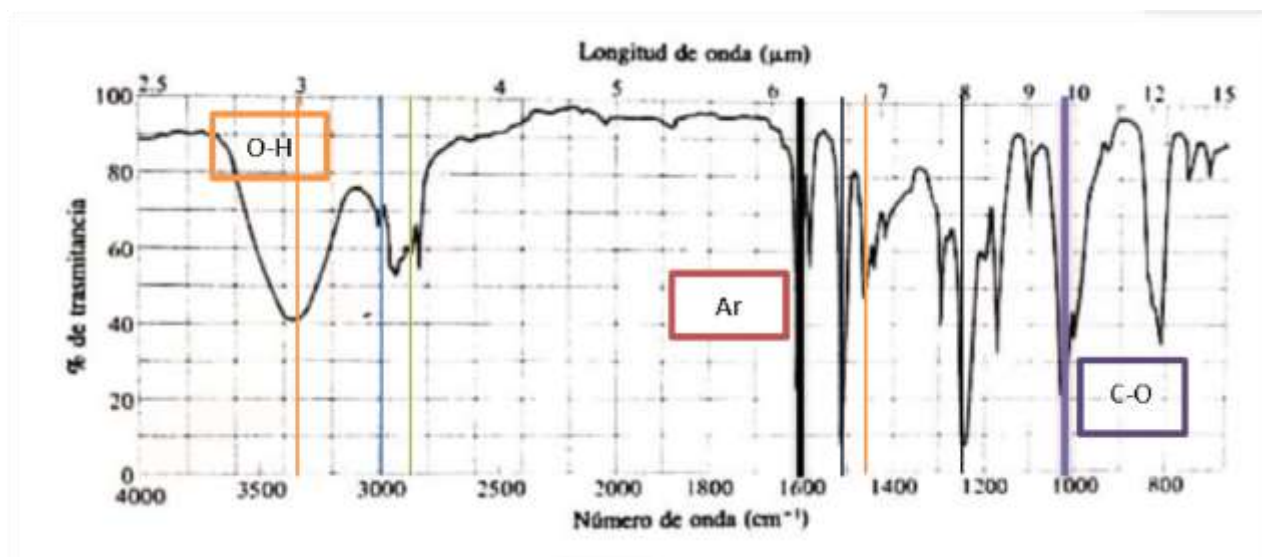
phenoxyacetone

Anexo E

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química
 Licenciatura en Química; Métodos de Análisis Químico II

EJERCICIO 10

1. Deducir la fórmula estructural del compuesto que presenta los siguientes espectros FTIR y RMN-H



Longitud de onda (μm)	Número de onda (cm ⁻¹)	Conclusión
9.8	1100	Enlace simple C-O
8	1230	Presencia alcohol aromático
6.6	1525	Tensión C=C
6.3	1610	Presencia doble enlace de anillo aromático tensión C=C
6.85	1460	Balaceo asimétrico de metilo
3.5	2950	C-H sp ³
3.3	3050	=C-H sp ²

2.98	3350	Banda ancha por la formación puente de hidrógeno. Estiramiento O-H
------	------	--

Explicación y relación a partir de las tablas de la cartilla

Tabla 1. Tipo de compuesto alcano

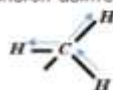
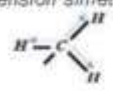
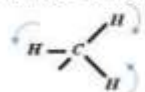
Grupo	Longitud de onda (μm)	Numero de Onda (cm ⁻¹)	Tipo de Vibración	Característica
Metilos -CH ₃	~3,37	2962 ± 10	Tensión asimétrica 	2830~2815 en -OMe, ausente en -OEt 2730~2820 en -NMe, ausente en -NEt. 2820~2710 en metilendioxi.
	~3,48	2870 ± 10	Tensión simétrica 	
	~6,84	1460 ± 10	Balaceo asimétrico 	

Tabla 1.1. Otros enlaces de alcanos con H, N, O y Ar.

Tipo de enlace	Longitud de onda (cm ⁻¹)
O-CH ₃	2970 ± 20 cm ⁻¹ y 2820 ± 10 cm ⁻¹
O-CH ₂ -O	2930 ± 15 y 2815 ± 5
Hal-H	3055 ± 10 y 2980 ± 15
CHO	2830 ± 20 y 2735 ± 15
Ar-H	3050 ± 50
= CH	3025 ± 15
CH ₃ -N	2800
-CH ₂ -CHO	1420 ± 20 (los grupos CH ₂ "activados", Hiperconjugados con C=C, C=O, Ar. Balanceo acoplado.
CH ₃ -CO	1350 ± 10
CH ₃ -CO-O-	1370 ± 10

Tabla 4. Tipo de compuesto aromático

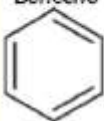
Grupo	Longitud de onda (μm)	Numero de Onda (cm^{-1})	Tipo de Vibración	Característica
Benceno 	$\sim 3,22$	3100 ± 50	Tensión $\text{C}(\text{sp}^2)\text{-H}$ 	Se presenta en algunos aromáticos la banda principal está debajo de 3000
	$\sim 6,55$	1525 ± 75	Tensión $\text{C}=\text{C}$ 	La señal de 1600 en ocasiones es más intensa que la correspondiente 1680 $\sim$ 1620 de alquenos
	$\sim 5,46$	1830 ± 170		Bandas de combinación y armónicos Grupo de bandas que constituyen la llamada "huella del benceno". Absorción clara sólo a concentración alta y/o capas de grueso espesor.
				Bandas a menudo desdobladas. Las bandas a 1500 ± 10 no se presentan en los alquenos aromáticos.

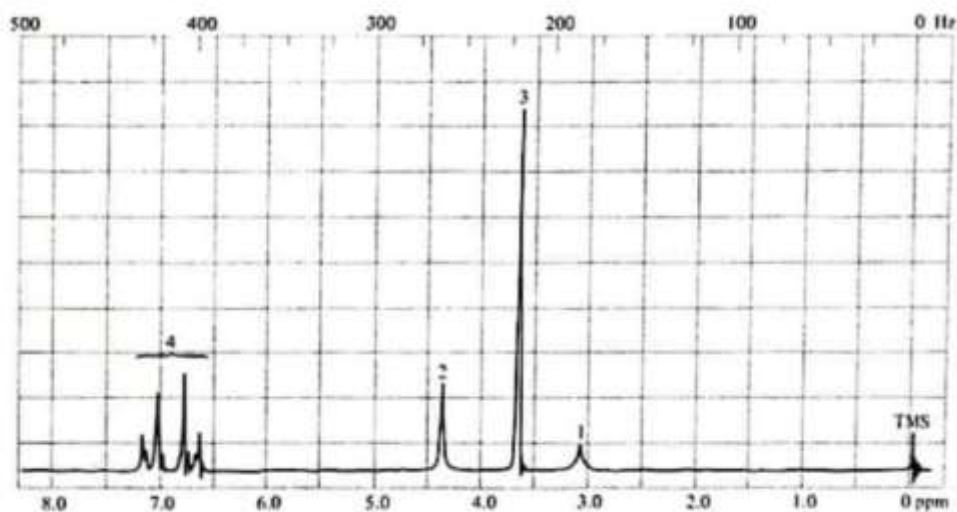
Tabla 4.1. Tipos de enlace por la posición en el anillo y observaciones de los vecinos

Tipo de enlace para anillo aromático	Longitud de onda (μm)	Numero de Onda (cm^{-1})
1-	$\sim 8,69, \sim 9,17, \sim 9,66$	$1150 \pm 25, 1090 \pm 20, 1035 \pm 35$
Orto	$\sim 8,33, \sim 9,66, \sim 10,20$	$1200 \pm 25, 1035 \pm 35$ (doblete), 980 ± 20
Meta	$\sim 8,69, \sim 9,17, \sim 9,66$	$1150 \pm 25, 1090 \pm 20, 1035 \pm 35$
Para	$\sim 8,33, \sim 9,66$	$1200 \pm 25, 1035 \pm 35$ (doblete)
1:2:3-	$\sim 8,69, \sim 9,17, \sim 9,66, \sim 10,20$	$1150 \pm 25, 1090 \pm 20, 1035 \pm 35, 980 \pm 20$

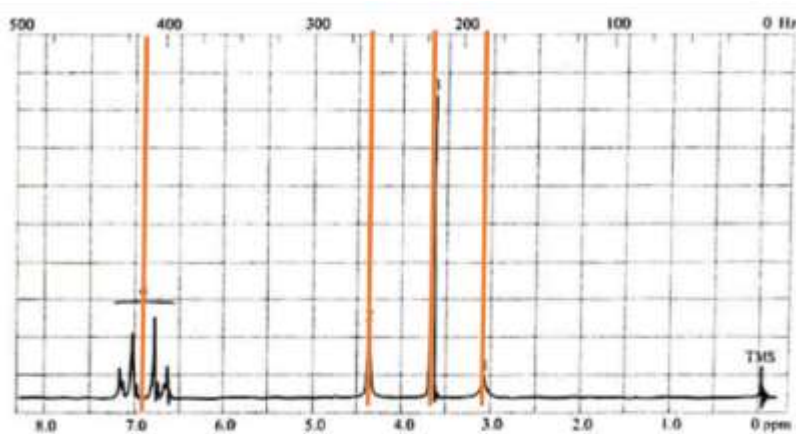
Tabla 5. Tipo de compuesto: alcohol, fenol, C-OH .

Grupo	Longitud de onda (μm)	Numero de Onda (cm^{-1})	Tipo de Vibración	Característica
Alcoholes	$\sim 2,91$	3425 ± 225	Tensión O-H 	Tensión OH ~ 3670 . OH libre ~ 3500 . Banda aguda. A elevada dilución en los solventes apolares (CCl_4 , CHCl_3 , etc)
	$\sim 7,14$	1400 ± 100	Balanceo en el plano 	OH asociado intermolecularmente. La intensidad relativa depende de la concentración

Entre 1600 cm^{-1} - 2200 cm^{-1} no hay una banda con intensidad significativa por lo que se asume que no hay en la molécula dobles enlaces y triples enlaces. Sin embargo, con la RMN-H se corrobora que hay la presencia de un anillo aromático.



Vista general



RMN-H

Señal (ppm)	Multiplicidad	Grupos funcionales	Valores según tablas (Cartilla) ppm
3.08 ppm	Singlete	O-H	*Esta señal corresponde a un protón que no tiene protones vecinos, por lo cual asumimos que esta enlazado con oxígeno conformando el grupo funcional -OH
3.6 ppm	Singlete	O-CO-ph	3.73
4.4 ppm	Singlete	pH-CH ₂ -OH	4.58

6.9 ppm	Cuatriplete (dos dobletes simétricos)	Anillo aromático	6.5 ppm-8 ppm
---------	---------------------------------------	------------------	---------------

A partir de la *multiplicidad* se interpreta que la señal 3.08 ppm corresponde a un solo hidrógeno que no tiene protones vecinos ya que es un singlete. La señal 3.6 ppm corresponde a 3 hidrógenos que no tienen protones vecinos (singlete). La señal 4.4 ppm corresponde a 2 hidrógenos que no tienen protones vecinos (singlete). Finalmente, la señal 6.9 ppm corresponde a 4 hidrógenos, dicha señal puede ser interpretada como dos señales dado el acoplamiento o desdoblamiento spin-spin para dos protones diferentes, pero similares y ambos tendrían un solo protón vecino.

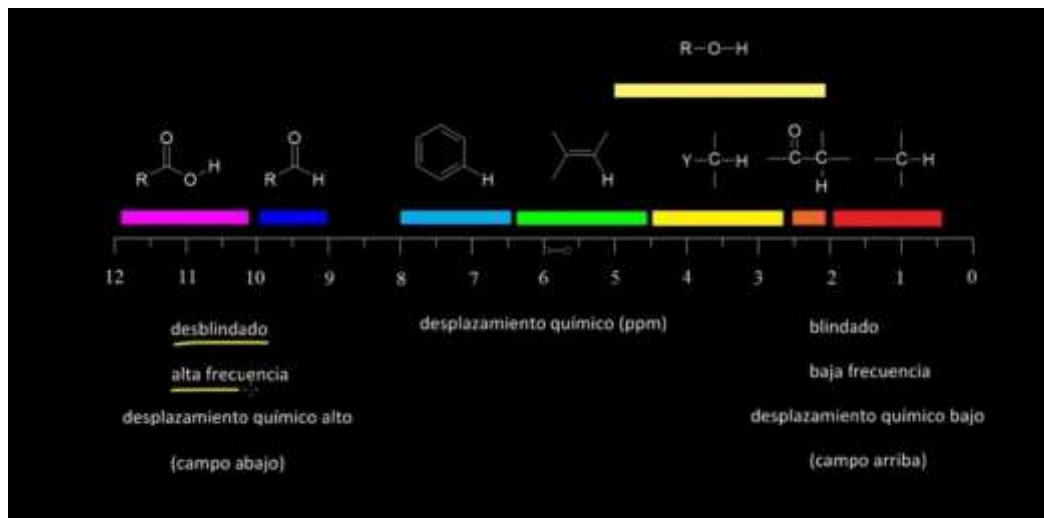
Tabla 1. Desplazamientos químicos (δ) de protones de metilos, metilenos y metinos de alcanos monosustituídos con sustituyentes X en posición α .

Grupo funcional	X	$\text{CH}_3\text{-X}$	$\text{-CH}_2\text{-X}$	$\text{-}\overset{\text{I}}{\text{CH}}\text{-X}$
Carbono	$\text{-CH}_3; \text{-CH}_2$	0,86 – 0,91	1,25 – 1,33	1,50
	-C=CH_2	1,71	2,00 – 2,30	2,60
	-C=CH	1,80	2,10 – 2,16	2,56
	-Fenilo	2,35	2,59 – 2,63	2,89
Halógenos	-F	4,27	4,36	-
	-Cl	3,06	3,47	4,14
	-Br	2,69	3,35 – 3,37	4,21
	-I	2,16	3,16	4,24
Oxígeno	-OH	3,39	3,49 – 3,59	3,94
	-O-alcilo	3,24	3,27 – 3,37	3,55
	-O-C=C	3,50	3,70	-
	-O-fenilo	3,73	3,86 – 3,98	4,51
	-O-COCH ₃	3,67	3,98 – 4,05	4,94

Tabla 4. Valores de δ para metilenos disustituídos $\text{X-CH}_2\text{-Y}$

Sustituyente	-Br	-Cl	-I	-NR ₂	-OH	-OR	-O-Ph
R ₂ NOC-	4,15	4,25	3,64	3,40	4,38	4,26	5,13
ROOC-	4,11	4,12	3,60	3,35	4,34	4,22	5,09
RCO-	4,26	4,46	3,75	3,50	4,49	4,29	5,16
CN-	4,26	4,26	3,70	3,50	4,49	4,24	5,16
CF ₃ -	3,70	3,90	3,19	2,94	3,93	3,73	4,60
Ph-	4,41	4,61	3,90	3,56	4,58	4,44	5,31
C=C-	4,00	4,20	3,49	3,16	4,28	4,03	4,90
C=C-	3,88	4,08	3,62	3,20	4,13	3,91	4,78

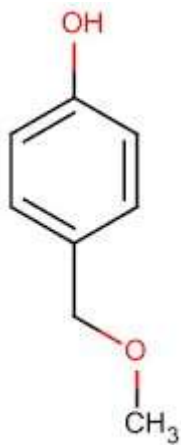
A partir de la siguiente ilustración tomada de RMN-H de Khan academy podemos identificar que los anillos aromáticos se encuentran en un rango de 6.5 ppm-8 ppm, lo cual corresponde a la señal 6.9 ppm



Tomado de:

<https://es.khanacademy.org/science/organic-chemistry/spectroscopy-jay/proton-nmr/v/diamagnetic-anisotropy>

Possible estructura molecular



Formula molecular: C₈H₁₀O₂

