

**TRANSFORMACIÓN DE PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO
DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA HPLC.**

ESTEFANÍA NIEVES TORRES

COD: 2018183007

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

2020

**TRANSFORMACIÓN DE PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO
DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA HPLC.**

ESTEFANÍA NIEVES TORRES

Tesis de Maestría para optar al título de Magister en Docencia de la Química

DIRECTOR

JAIME AUGUSTO CASAS MATEUS

Doctor en Educación

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

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL EVALUADOR INTERNO

FIRMA DEL EVALUADOR EXTERNO

FIRMA DEL DIRECTOR

Bogotá D.C., 2020

DEDICATORIA


Este trabajo lo dedico a mi madre Clara Torres, por su apoyo, tiempo y esfuerzo en cada momento de acompañamiento en el proceso para culminar esta investigación, gracias por todo tu amor.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco en primer lugar a la Universidad Pedagógica Nacional, por abrirme sus puertas y permitirme engrandecer mis saberes en la enseñanza de la Química, a mi Director de tesis Jaime Casas por guiarme en el proceso y darme consejos muy asertivos para poder llevar a cabo esta investigación y sobrellevar cada obstáculo, a la profesora Blanca Rodríguez por sus asesoramientos y colaboración. Al laboratorio de química de la Universidad por permitir realizar mis prácticas experimentales, a los profesores Mercy Liliana Viasus Y Andrés Madrid por su apoyo constante, y motivación en esta carrera, y finalmente a mis amigos Andrea Castillo, Manuel Coca, Alejandra Oliveros y Mónica Pachón por ser esos compañeros de viaje compartiendo su esfuerzo y dedicación para que junto pudiéramos lograr esta meta.

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

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

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>REALIDAD AL SERVIDOR</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 6	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis De Maestría de Investigación
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	TRANSFORMACIÓN DE PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA HPLC.
Autor(es)	Nieves Torres, Estefanía
Director	Casas Mateus, Jaime Augusto
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2019, 159 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	CROMATOGRAFÍA HPLC; EVALUACIÓN EN EL LABORATORIO; FLIPPED CLASSROOM; QUÍMICA INSTRUMENTAL.

2. Descripción
<p>Tesis de grado de Maestría en la cual la autora, diseña, estructura y valida una propuesta de evaluación enfocada en la enseñanza de la química, enfocada al espacio del laboratorio de química, que pretendió resignificar el laboratorio como escenario de aprendizaje, basada en conocimientos de química analítica instrumental y en las tradiciones en lo referente a las modalidades más frecuentes de evaluación en el ámbito del laboratorio, los cuales se integraron con fundamentos teórico-prácticos propios de la temática de la cromatografía, con el objetivo de aportar a un estado del arte de la evaluación de asignaturas teórico prácticas que incluyen prácticas experimentales en la enseñanza de la ciencias naturales, a partir del análisis de las prácticas evaluativas identificadas a nivel exploratorio en investigaciones relacionadas y con base en un estudio de percepción y observación sistemática de sus prácticas experimentales.</p>

3. Fuentes
<p>Abelaira de Andrizzi, S.I. Laba, R.F. Quattrocchi, O. A. (1992). Introducción a la HPLC Aplicación y Práctica</p> <p>Alemán Suárez, J. D. y Mata Mendoza, M.A., (2006) Guía de elaboración de un Manual de prácticas de Laboratorio, taller o campo: Asignaturas teórico-prácticas. Universidad Autónoma de Chapingo.</p> <p>Ayala V. (2009) Modelos contemporáneos en evaluación educativa. Temas para la Educación. No. 5, noviembre.</p>



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Escuela de Pedagogía

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 2 de 6

- Ballesteros E.A., Diaz A.M., García, J.F. López B. G. (2011) El portafolios como estrategia de evaluación y aprendizaje en las asignaturas de química analítica de la Universidad de Jaén. Univest, Girona.
- Ballesteros Jiménez, S. (2014). *Habilidades cognitivas básicas: formación y deterioro*. Madrid, España. Editorial UNED.
- Baquero M. (2004). Mecanismos y aplicaciones de la cromatografía líquida de alto desempeño. Editorial de la Universidad de costa rica, Serie Química ;5.
- Bertelle A. y Rocha A. (2003) El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química Dpto. de Profesorado en Física y Química. Facultad de Ingeniería. UNCPBA.
- Bogoya, D. (2006). Evaluación educativa en Colombia. Seminario internacional de evaluación. Cartagena, Colombia.
- Beussman, D. J., (2007). The Mysterious Death: An HPLC Lab Experiment. *Journal of Chemical Education*, 84, 11, 1809
- Cadenato, A., & Martínez, M. (2004). Mejora en la evaluación de asignaturas experimentales de la titulación de Ingeniería Química. *Actas del 12ª CUIEET*, Barcelona.
- Careaga, A. (2001). La evaluación como herramienta de transformación de la práctica docente. *Educere*, vol. 5, núm. 15, Venezuela.
- Cea, M. (2001). Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social (s. ed.). Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Coronel, M. A., Ferrer, C., Pérez, M.A., Cuadrado, M. (2007) La evaluación de los estudiantes de educación superior. *Apuntes de buenas prácticas*. Servei de Formació Permanent. Universitat de València.
- Enneking, K. M., Breitenstein, G. R., Coleman, A. F., Reeves, J. H., Wang, Y. y Grove, N. P. (2019). The Evaluation of a Hybrid, General Chemistry Laboratory Curriculum: Impact on Students' Cognitive, Affective, and Psychomotor Learning. *Journal of Chemical Education*, 96, 6, 1058-1067
- Fernández, T., Mateos, J. M., Prieto, C., Santos M.J., & Velasco, S. (2014). Estudio y mejora del rendimiento pedagógico en el Laboratorio de Física.
- Gimeno, J. y Pérez A. (1996). GIMENO SACRISTÁN, José y PÉREZ GÓMEZ, Ángel I. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- González, C. y Hernández, L. (2002). *Introducción al análisis instrumental*. Ariel, S.A. Barcelona.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2003). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). México: Editorial Mc Graw-Hill.
- Hodson, d. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12. (3), 299-313
- Johnson, B. y Onwuegbuzie, A. (2004, October). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come [Los métodos de investigación mixtos: un paradigma de investigación cuyo tiempo ha llegado]. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.
- Lafourcade, D.P. (1977). *Evaluación de los aprendizajes*. Cincel Madrid.
- Lederer, E., & Lederer, M. (1960). *Cromatografía revisión de sus principios y aplicaciones*. Buenos Aires: Ateneo.
- López Pereyra, M. (2007). La evaluación de los cursos prácticos del área de fisicoquímica. Instituto



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 3 de 6

- Politécnico nacional. Tesis grado ingeniería química industrial.
- Messick, S. (1989). Validity. en R. L. Linn (Ed.), Educational measurement (3rd ed. pp. 13-103). New York: Macmillan.
- Miranda, B., Lawton, N. M., Tachibana, S.R., Swartz N.A., Hall, P. (2016). Titration and HPLC Characterization of Kombucha Fermentation: A Laboratory Experiment in Food Analysis. Journal of Chemical Education. 93, 10, 1770-1775
- Mora, A. I. (2006). La evaluación educativa: Concepto, períodos y modelos. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", vol. 4, núm. 2. Costa rica.
- Noguera Murray, P. Tortajada Genaro, L.A., (2013). Diseño y aplicación de la rubricas en la evaluación in situ del aprendizaje en el laboratorio. Revista educativa Hekademos. No. 13. Valencia. España.
- Noguera, P. Tortajada, L.A., Boronat, J. A., & Herrero Villén, M. A. (2011). Autoevaluación previa a las prácticas de laboratorio químico: introducción al auto- aprendizaje. Arbor, 187(Extra_3), 267-272.
- Olguín Meza, M. de J. (2017). Modelos Contemporáneos en la Evaluación Educativa. Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 3, 4(7).
- Ortiz Miranda, G. S. (2017). Prácticas de enseñanza de cromatografía Líquida de alta performance (HPLC): complementación con un programa simulador. In IV Jornadas de TIC e Innovación en el Aula (La Plata, 2017).
- Ortiz Ocaña, A.L. (Ed.) (2009). *Desarrollo de Pensamiento y las competencias básicas Cognitivas y Comunicativas ¿Cómo formular estándares, logros e indicadores de desempeño?* Holguín, Cuba. Editorial Litoral.
- Palomares, A.E., Montañés, M.T., & Muñoz-Portero, M.J., (2008). Evaluación de asignaturas de laboratorio (experimentación).
- Pickering, M. (1993). The Teaching Laboratory through History. Princeton University, Princeton
- Posner, G. (1998). Análisis del curriculum. Colombia: McGraw Hill.
- Randerath, K. (1984). *Cromatografía de capa fina*. (2 ed., Vol. 8). Texas: Urmo, S.A.
- Scriven, M. (1973). Goal-free evaluation, en House, E,R (Ed.), School evaluation: The politics and process, McCutchan, Berkeley, CA., p. 319-328
- Segura, J.J., Rubio, A.L. (1995) Propuesta metodológica para la evaluación de las prácticas clínicas de odontología. Universidad de Sevilla.
- Shalliker, R. A., Kayillo, S., Dennis G. R. (2008). Optimizing Chromatographic Separation: An Experiment Using an HPLC Simulator. Journal of Chemical Education. Vol. 85 No. 9.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Glajch, J. L. (2012). Practical HPLC method development. John Wiley & Sons.
- Soriano, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. Diá-logos, Año 8, No.13.
- Stufflebeam, D., Shinkfield, A. (1995). Evaluación sistemática - Guía teórica y práctica. España: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, Ediciones Paidós Ibérica.
- Tamir, & García Rovira, M. P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 003–12.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Calidad de la Educación

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01


Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 4 de 6

- Tobón S., Rial, A. Carretero, M. A., García, J. A. (2006). *Competencias Calidad y Educación Superior*. Bogotá, Colombia. Editorial Magisterio.
- Ubiera, L.M., (Ed.) y D' Oleo A. (2016). *Técnicas e instrumentos de Evaluación ¿Qué significa Evaluar?, ¿Qué se evalúa?, ¿Para qué evaluar?* Santo Domingo, República Dominicana. Editorial Or Service, S.R.L.
- Vygotsky, L.S. (1990). *Pensamiento y Lenguaje* Ediciones quinto sol S.A. 1ra reimpresión México D.F
- Wilson H. (1987) Problem- Solving Laboratory Exercises. *Journal of Chemical Education*. Vol 64 No. 10.

4. Contenidos

Dentro de los contenidos de la investigación se encuentran los fundamentos a nivel disciplinar, en relación con el tópico de la cromatografía, sus modalidades y técnicas y a nivel didáctico lo referente a la evaluación, tipos de evaluación y funciones de la evaluación, también cuenta con una revisión de antecedentes, en la que se destacan las principales investigaciones en relación con tres categorías, evaluación de asignaturas teórico prácticas, evaluación del laboratorio y enseñanza de la cromatografía HPLC. La problemática se planteó a partir de la estructuración y validación de una propuesta evaluativa de las practicas experimentales del laboratorio de química. Los objetivos de la investigación fueron: Demostrar y revalorar el potencial didáctico del laboratorio, a partir de la estructuración y validación de una propuesta de transformación de las prácticas evaluativas del laboratorio de química instrumental, particularmente en cromatografía líquida de alta eficiencia, también en definir cuáles son las tendencias en las prácticas evaluativas del laboratorio, particularmente en la enseñanza de técnicas instrumentales a profesores en formación de ciencias, y finalmente en estructurar y validar una propuesta alternativa de evaluación del laboratorio de química instrumental en HPLC y aportar al estado de arte en la evaluación del aprendizaje en este ámbito, resignificando el potencial didáctico del escenario de laboratorio a través de la valoración de las cualidades o proyecciones de la propuesta. Se expone la metodología de investigación junto con sus etapas y categorías de análisis y se presentan los resultados de cada una de ellas haciendo un análisis de acuerdo con cada categoría determinada. Finalmente se expone la propuesta según su organización en fases y sesiones, estructura e instrumentos diseñados, junto con las proyecciones de la propuesta. Las conclusiones se presentan de acuerdo con los objetivos planteados y se hacen algunas recomendaciones en referencia a futuras investigaciones en relación con esta tesis.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 6	

5. Metodología

La presente investigación constituye un estudio de corte mixto, tanto cualitativo como cuantitativo, en el que se establecen categorías de análisis de orden cualitativo y descriptivo, e incluye aspectos de una investigación exploratoria, pues da cuenta de la manera como se evidencian procesos cognitivos y procedimentales en el campo de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. está enmarcado en la línea de investigación “Interdisciplinariedad y química en contexto: una perspectiva experimental en la didáctica de la química”, la cual pertenece al grupo de investigación: Didáctica y sus Ciencias, adscrito al Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Dentro de los objetivos de la línea se incluyen el determinar las representaciones y generar propuestas que articulen la interdisciplinariedad con metodologías de intervención didáctica a partir de los trabajos prácticos experimentales en contexto.

Entre las técnicas e instrumentos empleados en la investigación, en primer lugar, en cuanto a la recolección de la información, se utilizaron encuestas, además se realizó una observación sistemática y una exploración bibliográfica de las tendencias evaluativas. Por otro lado, se diseñaron bitácoras de práctica para desarrollar los procesos experimentales en el marco disciplinar y finalmente se construyeron formatos de validación de instrumentos de la propuesta en su conjunto.

Se propusieron tres etapas de la investigación: *Exploratoria* en la que, con base en la revisión bibliográfica y el estudio de percepción, se definieron las tendencias evaluativas del laboratorio. Por último, se definieron las prácticas experimentales a desarrollar en la etapa experimental y se organizó la propuesta de intervención. *Experimental* en la que se realizó un trabajo experimental de laboratorio de química experimental, particularmente para el tópico de Cromatografía Clásica y HPLC y con el que se pusieron a punto las practicas experimentales definidas en la etapa anterior, para afinar y ajustar metodologías, procesos, materiales, espacios, tiempos de intervención, habilidades a evaluar, equipos a utilizar, momentos evaluativos y conceptos disciplinares susceptibles de evaluación. *Reflexiva* en la que se hizo una valoración de la propuesta de evaluación en su conjunto a partir de la información recabada por medio de los resultados de validación y a partir de la reflexión y valoración de las cualidades y formulación de proyecciones. En esta etapa, en términos generales, se analiza la pertinencia e impacto de la propuesta desde dos puntos de vista: el primero de ellos, el conjunto de oportunidades, tanto para el aprendizaje de conocimientos teóricos y prácticos, como para el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales, en los estudiantes.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Apoyando la Formación</small>	FORMATO		
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01		
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 6		

6. Conclusiones
<p>Las tendencias en métodos evaluativos tradicionales se mantienen en la actualidad, de manera que las nuevas tendencias en su mayoría se enmarcan en procesos que incurren en actos finales y no continuos, que la mayoría de los métodos evaluativos se enfocan en evaluar saberes a nivel teórico y saberes prácticos de forma separada, que hacen el proceso evaluativo fragmentado, dejando de lado otras posibilidades de evaluación, como lo son los procesos de fortalecimiento y desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales.</p> <p>La validación de la propuesta es soporte fundamental para su exposición y divulgación y la versión final de la misma muestra el trabajo investigativo, así como el trabajo en grupo y los aportes de expertos destacándose en tres aspectos importantes, el primero la propuesta está diseñada como práctica continua, el segundo la propuesta incluye estrategias innovadoras tanto tecnológicas (video-quices en Flipped Classroom) como metodológicas (trabajo practico de laboratorio por estaciones de trabajo) y la tercera se constituye en soporte para darle al espacio de laboratorio un lugar relevante como escenario de un elevado potencial didáctico.</p> <p>El proceso de investigación, la construcción de la estrategia, y la consolidación de esta dan cuenta de las posibilidades, oportunidades y ventajas del espacio de laboratorio, que lo constituyen en un espacio pertinente para construir saberes, tanto en los estudiantes como en docente investigador, esto con el fin de recuperar su lugar en la enseñanza de las ciencias naturales o experimentales, particularmente en el dominio de la transformación de las practicas evaluativas en química instrumental</p>

Elaborado por:	Estefanía Nieves Torres		
Revisado por:	Jaime Casas.		
Fecha de elaboración del Resumen:	26	02	2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	20
CAPITULO I.....	23
CONTEXTO CONCEPTUAL.....	23
1.1. MARCO REFERENCIAL.....	23
1.1.1. Marco referencial.....	23
1.1.2. Población Objetivo.....	23
1.2. MARCO TEÓRICO.....	23
1.2.1. Marco disciplinar.....	23
1.2.1.1. Principios de la cromatografía.....	23
1.2.1.2. Tipos de cromatografía.....	24
1.2.1.3. Cromatografía HPLC.....	29
1.2.1.4. Composición de un cromatógrafo.....	30
1.2.2. Marco Didáctico.....	31
1.2.2.1. Evaluación.....	31
1.2.2.2. Tipos de evaluación.....	36
1.2.2.3. Evaluación del laboratorio.....	37
2. CAPITULO II.....	40
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	40
2.1. ANTECEDENTES.....	40
2.1.1. Evaluación asignaturas teórico-prácticas.....	40
2.1.2. Evaluación de las prácticas de laboratorio.....	47
2.1.3. Enseñanza de la cromatografía HPLC.....	49
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	52
2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	53
3. CAPITULO III.....	56
PROPÓSITOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	56
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
4. CAPITULO IV.....	57
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	57
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
4.1.1. Investigación Mixta.....	57
4.1.2. Características de la investigación.....	57

4.1.3.	Participantes de la investigación.....	60
4.1.4.	Técnicas e instrumentos empleados en la investigación.....	61
4.1.4.1.	Recolección de información: Encuesta.....	61
4.1.4.2.	Desarrollo de Prácticas Experimentales: Bitácora de práctica.....	62
4.1.4.3.	Validación: Formatos de validación.....	63
4.1.4.3.1.	Validación de instrumentos.....	64
4.1.4.3.2.	Validación de la propuesta.....	66
4.2.	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
4.2.1.	Etapa Exploratoria.....	68
4.2.2.	Etapa Experimental.....	68
4.2.3.	Etapa Reflexiva.....	69
4.3.	CATEGORIAS DE ANALISIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
4.3.1.	La propuesta evaluativa como verdadera transformación.....	70
4.3.2.	La Cromatografía Líquida Clásica y HPLC como tópico fortalecedor de habilidades. 71	
4.3.3.	La resignificación del potencial didáctico del laboratorio.....	71
5.	CAPITULO V.....	72
	RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	72
5.1.	ETAPA EXPLORATORIA.....	72
5.1.1.	Resultados.....	72
5.1.1.1.	Resultados exploración bibliográfica sobre las tendencias evaluativas en el laboratorio.....	72
5.1.1.2.	Resultados Encuesta de Percepción a los estudiantes de Métodos de Análisis Químico I y II.....	75
5.1.1.3.	Resultados observación sistemática de una práctica de laboratorio con estudiantes de Métodos de Análisis Químico I y II.....	78
5.1.2.	Elementos de Análisis.....	80
5.2.	ETAPA EXPERIMENTAL.....	85
5.2.1.	Puesta a punto de sesiones experimentales.....	85
5.2.1.1.	Cromatografía clásica:.....	85
5.2.1.1.1.	Cromatografía líquida en capa fina, ascendente, bidimensional, radial. 88	
5.2.1.1.2.	Cromatografía en columna.....	89
5.2.1.2.	Cromatografía instrumental Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). 89	
5.2.1.2.1.	Condiciones cromatográficas.....	90

5.2.1.2.2.	Tratamiento de la muestra.....	90
5.2.1.2.3.	Análisis cualitativo.	90
5.2.1.2.4.	Análisis cuantitativo:	90
5.2.1.2.5.	Resultados cromatogramas.	91
5.2.2.	Elementos de Análisis. Etapa Experimental.....	93
5.3.	ETAPA REFLEXIVA	94
5.3.1.	Resultados validación aparente instrumentos de la propuesta de evaluación.	94
5.3.1.1.	Validación Pretest Ideas iniciales.....	94
5.3.1.2.	Validación formato de evaluación de prácticas.....	98
5.3.2.	Resultados validación por juicio de expertos de la propuesta de evaluación en su conjunto. 101	
5.3.3.	Elementos de análisis Etapa Reflexiva.....	107
6.	CAPITULO VI.....	108
	PROPUESTA DE EVALUACIÓN	108
6.1.	CARACTERISTICAS DE LA PROPUESTA.....	108
6.2.	ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA	109
6.2.1.	Fases de la propuesta.....	109
6.2.1.1.	Fase de Planificación.....	109
6.2.1.2.	Fase de Realización.	110
6.2.1.3.	Fase de Análisis.....	110
6.2.1.4.	Fase de aplicación.	110
6.2.2.	Sesiones de intervención.	111
6.2.2.1.	Sesión 1. Inicio Cromatografía Clásica.....	112
6.2.2.2.	Sesión 2. Cromatografía Capa Fina: Ascendente, Radial y bidimensional. 113	
6.2.2.3.	Sesión 3. Cromatografía Columna.	115
6.2.2.4.	Sesión 4. Inicio Cromatografía HPLC.	116
6.2.2.5.	Sesión 5. Tratamiento de muestras para HPLC y preparación de soluciones.	116
6.2.2.6.	Sesión 6. Análisis Cromatográfico HPLC.....	117
6.3.	ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA	118
6.3.1.	Instrumentos de la propuesta.....	118
6.3.1.1.	Formato de evaluación de práctica (Anexo 7).	118
6.3.1.1.1.	Habilidades Cognitivas.	120
6.3.1.1.2.	Habilidades Procedimentales.	120

6.3.1.1.3.	Habilidades Actitudinales.....	121
6.3.1.1.4.	Uso del instrumento.....	122
6.3.1.2.	Pretest de Ideas iniciales (Anexo5).....	123
6.3.1.2.1.	Uso del instrumento.....	123
6.3.1.3.	Guía de práctica de Cromatografía Clásica (Anexo 5).....	124
6.3.1.3.1.	Uso del instrumento.....	124
6.3.1.4.	Guía de práctica de Cromatografía Instrumental, sobre HPLC (Anexo 6). 125	
6.3.1.4.1.	Uso del instrumento.....	125
6.3.2.	Técnicas y temáticas de la propuesta.....	125
6.3.2.1.	Cromatografía Liquida Clásica.....	126
6.3.2.2.	Cromatografía Liquida Instrumental HPLC.....	126
6.3.3.	Materiales, Espacios, Herramientas y Metodologías.....	127
6.3.3.1.	Materiales.....	127
6.3.3.2.	Espacios.....	127
6.3.3.3.	Herramientas.....	128
6.3.3.3.1.	Video-quices.....	128
6.4.	PROYECCIONES DE LA PROPUESTA.....	128
6.4.1.	Una metodología replicable.....	129
6.4.2.	Aportes a la formación y labor docente.....	129
6.4.3.	Aportes a la didáctica de las ciencias.....	130
6.4.4.	Soporte del laboratorio como escenario de aprendizaje.....	130
7.	CAPITULO VII.....	131
	CONCLUSIONES.....	131
8.	SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.....	133
9.	BIBLIOGRAFIA.....	135
10.	ANEXOS.....	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tendencias en estrategias evaluativas según exploración bibliográfica.....	64
Tabla 2. Mezclas problema analisis cromatografico capa fina.....	69
Tabla 3. Preparación de fases móviles análisis cromatográfico capa fina.....	70
Tabla 4. Datos curva de calibración cafeína análisis cromatográfico HPLC.....	74
Tabla 5. Concentración de cafeína en las muestras, análisis cromatográfico HPLC.....	75
Tabla 6. Puntaje de validación instrumento (evaluador 1). Pretest Ideas iniciales.....	77
Tabla 7. Puntaje de validación instrumento (evaluador 2). Pretest Ideas iniciales.....	79
Tabla 8. Puntaje de validación instrumento (evaluador 1). Formato de evaluación práctica..	81
Tabla 9. Puntaje de validación instrumento (evaluador 2). Formato de evaluación práctica..	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modalidades cromatografía capa fina, fuente: creación propia.....	17
Figura 2. Perspectivas sobre evaluación. Fuente: creación propia, con base en Mora (2004), Bogoya (2006), Careaga (2001)	22
Figura 3. Interpretación de <i>Giros en la evaluación</i> . Fuente: creación propia con base en Bogoya (2006)	25
Figura 4. Puesta a punto sesiones experimentales Cromatografía líquida clásica. Fuente creación propia con base en Bitácora de práctica.....	26
Figura 5. Puesta a punto sesiones experimentales Cromatografía líquida HPLC. Fuente: creación propia con base en la bitácora de práctica	26
Figura 6. Proceso de validación de instrumentos y propuesta de evaluación.....	53
Figura 7. Formato de validación de instrumentos. Fuente: creación propia con base en Soriano (2014)	54
Figura 8. Escala tipo Likert para evaluar instrumentos en formato de validación.....	55
Figura 9. Formato de validación de la propuesta evaluativa. Fuente: creación Propia con base en Mora (2006) y Bogoya (2006).....	56
Figura 10. Etapas de la investigación. Creación propia.....	59
Figura 11. Sesiones de la Propuesta Evaluativa. Fuente: Creación Propia.....	95
Figura 12. Planes de práctica propuesta evaluativa. Fuente: Creación propia.....	97
Figura 13. Organización del laboratorio de ensayos (cromatografía capa fina) por estaciones de trabajo. Fuente: creación propia.....	98
Figura 14. Organización del laboratorio de ensayos (cromatografía Columna) por estaciones de trabajo. Fuente: creación propia.....	99
Figura 15. Inventario de habilidades para evaluar las actividades de laboratorio (LAI). (Tamir	

y García 1992)	103
Figura 16. Habilidades cognitivas, formato de evaluación de práctica. Creación propia....	104
Figura 17. Habilidades Procedimentales, formato de evaluación de práctica. Creación propia.....	105
Figura 18. Habilidades Actitudinales, formato de evaluación de práctica. Creación propia.....	106
Figura 19. Niveles y puntajes para el formato evaluativo de práctica. Creación propia.....	106
Figura 20. Ejemplo de aplicación del formato de evaluación de práctica. Creación Propia.....	10
Figura 21. Materiales y equipos por sesión práctica: fuente: creación propia.....	112
Figura 22. Aplicación de la muestra en cromatografía capa fina.....	74
Figura 23. Validación por juicio de expertos de la propuesta de Evaluación en su conjunto..	88
Figura 24. Validación (elementos de forma y observaciones finales) por juicio de expertos de la propuesta de Evaluación en su conjunto.....	89

LISTA DE GRÁFICAS.

<i>Gráfica 1.</i> Percepción de la Autoevaluación en las prácticas de laboratorio	64
<i>Gráfica 2.</i> Percepción de los estudiantes cómo Mejor método evaluativo de las prácticas de laboratorio.....	65
<i>Gráfica 3.</i> Percepción de los estudiantes sobre las habilidades desarrolladas y evaluadas en las prácticas de laboratorio	66
<i>Gráfica 4.</i> Curva de calibración Cafeína.....	77

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de educación, se argumenta respecto a que es un proceso continuo, que incluye diferentes actividades, métodos, etapas, teorías, disciplinas y ciencias. Es tan grande el espectro educativo que se hace necesario que los investigadores en el campo se encarguen de investigar sobre tópicos específicos y particulares. Para la presente investigación se hace un abordaje y una propuesta acerca de un tema particular: “la evaluación” como parte del proceso de educación en ciencias y especialmente en lo tocante a la evaluación de prácticas experimentales, desarrolladas en un laboratorio de ciencias.

Según lo recién expuesto, como profesores, constantemente se presentan interrogantes, tales como: ¿Cómo saber que durante un proceso de enseñanza se ha cumplido total o parcialmente objetivos? ¿Cómo determinar en qué medida se han cumplido o no dichos objetivos? ¿Cómo saber que el conocimiento verbal descrito o expresado por un estudiante es indicador de su capacidad de analizar, interpretar o aplicar, un concepto, teoría o habilidad? Lafourcade en 1977 expresa que *“solo se puede estar seguro de afirmar la eficacia del esfuerzo docente si se aportan pruebas fehacientes de dicha eficacia: sí, en suma, se procede a la evaluación de los resultados mediante técnicas confiables y válidas”* es por esto por lo que la evaluación es un proceso fundamental en la educación y los docentes buscan constantemente mejorar, cambiar y reflexionar sobre sus métodos y técnicas evaluativas.

Por otro lado, desde la educación en ciencias naturales, el laboratorio es de lejos un elemento fundamental en la valoración de asignaturas teórico-prácticas que abundan en el plan de estudios de carreras como física, química, biología, ingenierías y de carreras afines. En palabras de Pickering (1993): ... *“el laboratorio es un ejercicio intelectual para extraer la verdad de la ambigüedad, una lección sobre la comparación y evaluación de la evidencia, así como una parte de la madurez intelectual”*. No obstante, su rol como elemento

trascendental en el plano de los procesos de enseñanza y aprendizaje ha sido subvalorado y ubicado en un segundo lugar en los escenarios universitarios. Como docentes de ciencia y especialmente de la química, es imperativo rescatar el lugar del laboratorio en la medida de obtener el mayor provecho de su potencial didáctico inmerso en los procesos de enseñanza aprendizaje.

De acuerdo con lo recién argumentado, son muy escasas las investigaciones relacionadas con el ambiente del laboratorio como un escenario propicio para aproximar a los estudiantes a las temáticas químicas, entendidas como objetos de enseñanza y muchas menos las interesadas en el estudio del campo de la evaluación, particularmente en espacios académicos o asignaturas consideradas como emparentadas con el trabajo de laboratorio; tal es el caso de la química instrumental, en la que se aborda el *instrumento* como mediador en la determinación analítica.

Este trabajo pretende incursionar en el estudio, presentación y sistematización de experiencias evaluativas, para aportar al estado del arte en este terreno de la investigación de la didáctica de la química, formulando una propuesta de evaluación enfocada el desarrollo e implementación de métodos, técnicas e instrumentos evaluativos particulares propios del escenario del laboratorio de química, abordando un tema poco tratado dentro de la enseñanza de la química instrumental como lo es la cromatografía líquida de alta eficiencia, HPLC, por sus siglas en inglés.

En este punto, es relevante describir por qué se realiza una propuesta de intervención basados en el tópico evaluativo, específicamente sobre la enseñanza de la cromatografía HPLC. En esta dirección, el presente trabajo se orienta desde la preocupación por la formación integral de profesores de ciencias, en términos de las habilidades y conocimientos que debe tener un licenciado en química, que como egresado de la Universidad Pedagógica

Nacional tiene el perfil de ser una persona capaz de liderar procesos educativos en todos los niveles de formación del sistema educativo colombiano, tanto en química y ciencias afines, en pedagogía y en investigación didáctica de la química, o en ciencias ambientales y tecnología de la química. En este sentido, las técnicas y el desarrollo tecnológico de la química son de especial interés en la formación de profesores, por ello se considera la cromatografía HPLC como temática esencial dentro del currículo disciplinar, que hace pertinente una adecuada revisión de sus prácticas evaluativas.

En referencia a la temática disciplinar de esta investigación, la cromatografía es un método de análisis que en el contexto de la química instrumental permite conocer los principios físicos y químicos que hacen posible la separación, cuantificación y eventual identificación de analitos presentes en una mezcla, a partir de la aplicación de metodologías desarrolladas desde el trabajo con un equipo instrumental y en tal sentido, se considera un espacio propicio para que el estudiante sea capaz de comprender y aplicar sus conocimientos de ciencias, así como de desarrollar y reforzar sus habilidades. A pesar de lo recién expuesto, la cromatografía líquida es, tanto una temática poco desarrollada en las clases teóricas, como una técnica poco utilizada en ámbito del laboratorio, lo cual es preocupante ya que se cuenta con los instrumentos, insumos y equipos necesarios para llevar a cabo prácticas relacionadas con la temática, pero en la práctica son pocas las sesiones experimentales en las que aborda.

CAPITULO I

CONTEXTO CONCEPTUAL

1.1. MARCO REFERENCIAL

1.1.1. Marco referencial.

La Universidad Pedagógica Nacional es una institución especializada en la formación de profesores en diferentes áreas del conocimiento; en la facultad de Ciencia y Tecnología se encuentra el departamento de química que ofrece el programa de licenciatura en química, cuyo currículo está organizado en el marco de dos periodos de formación: fundamentación y profundización. El currículo está fundamentado en tres tipos de competencias: básicas, experimentales e investigativas; dentro de las procedimentales y en concordancia con la presente investigación, cabe citar dos de ellas: 1. reconoce y sigue sistemáticamente procesos y metodologías propias del campo de la reestructuración de los conocimientos químicos y 2. estudia, analiza y diseña críticamente propuestas metodológicas innovadoras para la enseñanza de las ciencias y de la química en particular.

1.1.2. Población Objetivo

Este trabajo de tesis está pensado para desarrollarse en el contexto de la enseñanza de la química instrumental, para cualquier asignatura teórico-práctica que incluya en su currículo cromatografía clásica e instrumental. Particularmente se toma como ejemplo la asignatura de Métodos de Análisis II, la cual se encuentra dentro del ciclo de profundización del programa.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Marco disciplinar.

1.2.1.1. Principios de la cromatografía.

En el contexto de la química instrumental es fundamental conocer los principios físicos y químicos que hacen posible la identificación, cuantificación y análisis, a partir de la aplicación de una técnica analítica desarrollada a partir del trabajo con equipo instrumental robusto. En tal sentido, la cromatografía como la conocemos hoy en día está basada en equipos sofisticados de análisis que facilitan su enseñanza y desarrollo en el laboratorio, pero su fundamento se encuentra básicamente en la separación de sustancias complejas. En 1901, el botánico ruso Mikhail Tswett hizo pasar una mezcla de pigmentos a través de una columna de alúmina y notó que se separaban en bandas de diferentes colores, de allí el nombre de cromatografía, este proceso se desarrolló como técnica de separación muy eficiente y posteriormente de cuantificación (Baquero, 2004).

De acuerdo con lo anterior, la cromatografía como técnica de separación analítica, consiste en separar los componentes de una muestra, que se distribuyen en dos fases, la fase móvil y la fase estacionaria. En resumen, la fase estacionaria generalmente es un sólido o un líquido retenido en un sólido, por el cual pasa la fase móvil, que puede ser líquida o gaseosa. La separación ocurre principalmente por el fenómeno de afinidad de los componentes de la muestra o mezcla con la fase estacionaria, cada componente interacciona con ambas fases; con la fase estacionaria permanece un tiempo determinado, con la fase líquida es eluido, es decir, se transporta en la fase móvil (Baquero 2004); en términos generales, estas interacciones y afinidades con ambas fases son diferentes para cada componente, lo que permite su separación y cuantificación en función del tiempo.

1.2.1.2. Tipos de cromatografía.

La cromatografía se divide en dos grandes grupos. *clásica*, también conocida como líquida convencional, que incluye la cromatografía en columna abierta o de mediana presión,

en papel y en placa fina, que a su vez se subdivide en radial, ascendente, descendente y bidimensional. Por su parte, la cromatografía *instrumental*, incluye la cromatografía líquida de alta resolución, la cromatografía de gases y la cromatografía de fluidos supercríticos.

Cromatografía Clásica: La primera de sus técnicas es la denominada cromatografía en columna, la cual se lleva a cabo en columnas abiertas y en ella la fase móvil fluye por gravedad o mediante la aplicación de vacío, con un dispositivo de succión. Tanto en las columnas alimentadas por gravedad, como en las que el proceso se facilita mediante vacío (o también por bombeo de líquido) el mecanismo de la separación puede ser de adsorción, reparto, intercambio iónico, tamaño molecular o afinidad biológica, entre los diferentes solutos y la fase estacionaria, originándose distintos tipos de cromatografía (González y Hernández 2002).

También es considerada como cromatografía clásica o de líquidos: la cromatografía sobre soporte plano (papel y capa fina), que son técnicas con las que se consigue la resolución de muchos problemas de forma sencilla y económica. En esta técnica cromatográfica, la fase estacionaria es una superficie plana, en lugar de estar contenida en una columna; existen dos técnicas de cromatografía plana: cromatografía en papel (CP) y cromatografía de capa fina (CCF). Aunque la CP precede en 10–15 años a la CCF, ha sido ampliamente superada por ésta, debido a su mayor rapidez, versatilidad y reproducibilidad (González y Hernández 2002).

Las separaciones por cromatografía de capa fina se llevan a cabo en placas de vidrio o plástico recubiertas con una capa delgada de partículas finamente divididas que contienen la fase estacionaria. el hecho de que las fases móvil y estacionaria, así como muchas de sus aplicaciones, sean similares a las de la cromatografía líquida en columna, hace que la CCF se utilice en muchas ocasiones como guía para desarrollar las condiciones óptimas para

separaciones cromatográficas en columna. La rapidez y el bajo costo de los ensayos de capa fina representan ventajas importantes; respecto a la cromatografía en papel, la CCF presenta la importante ventaja de su mayor velocidad y, en muchos casos, mejor resolución (González y Hernández 2002).

La cromatografía en placa se puede realizar en modalidad ascendente, descendente, bidimensional o radial (figura 1). La modalidad bidimensional se utiliza cuando se trata de grupos de compuestos de estructura química y propiedades similares, tales como aminoácidos. En esta modalidad, la muestra se aplica de forma normal y se desarrolla según la dirección 1 en contacto con un disolvente determinado. A continuación, se espera a que se seque y se eluye con un segundo disolvente en la dirección 2. En la forma radial, la muestra se aplica en el centro de la placa, que normalmente tiene forma de disco, y el disolvente se introduce por un orificio a través de una mecha sumergida en el depósito que lo contiene. A medida que se desarrolla el cromatograma, se van formando una serie de círculos concéntricos (González y Hernández 2002).

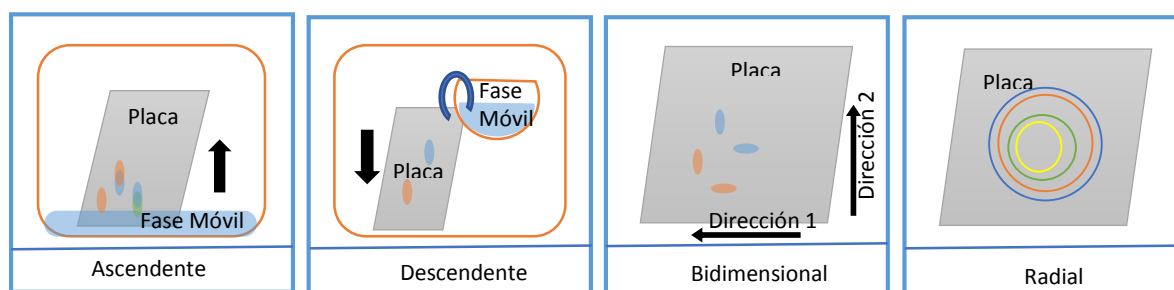


Figura 1. Modalidades cromatografía capa fina, fuente: creación propia.

La técnica de cromatografía en papel es extraordinariamente simple, ya que utiliza una tira de papel de filtro, por ejemplo, Whatman No 1, como medio para las separaciones. Actualmente, la CP no se utiliza demasiado, debido al desarrollo alcanzado por otras técnicas cromatográficas, especialmente la CCF, CG y HPLC. El mecanismo que interviene en la

cromatografía en papel es fundamentalmente de reparto, en la que la fase estacionaria es al agua adsorbida sobre las moléculas de celulosa del papel. Sin embargo, la misión del papel es más compleja que actuar simplemente como soporte de la fase estacionaria, ya que la adsorción de los componentes de la fase móvil y de los solutos, así como efectos de cambio iónico, también toman parte en el proceso de separación. El papel utilizado puede ser, en principio, papel de filtro estándar, si bien existen en el comercio papeles especiales para CP. Estos papeles están fabricados con una porosidad y espesor determinados, así como con muy bajo contenido de restos metálicos. El desarrollo del cromatograma debe hacerse, en estos papeles, en una determinada dirección. Asimismo, deben conservarse en condiciones de humedad controlada y en lugares exentos de humos o vapores que puedan adsorberse sobre las fibras de celulosa y alterar las separaciones (González y Hernández 2002).

La cromatografía también se puede subdividir *según la naturaleza de la fase móvil* en: cromatografía de gases (GC), cromatografía de líquidos (LC), o más técnicamente cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) o en cromatografía de fluidos supercríticos. En HPLC es fundamental el papel de la fase móvil para el proceso de separación es determinante según las sustancias que se desean separar, que pueden ser iónicas, polares, ionizables o no polares, es por esta razón que existe gran variedad de solventes aptos para ser usados como fase móvil en HPLC, otra ventaja de la cromatografía HPLC es que no destruye la muestra o analito y es posible recuperarlo de su matriz en la salida de la columna (Abelaira de Andrizzi, Laba, Quattrocchi, 1992).

Por otra parte, la cromatografía líquida se puede clasificar según las fases que intervienen en el proceso y según la interacción como: 1. Cromatografía Sólido-Líquido (LSC) o de adsorción, donde la fase estacionaria es un sólido polar como silicagel, y la fase móvil un líquido no polar como el Hexano, 2. Cromatografía Líquido-Líquido (LLC) o de

partición, que es constituida por dos líquidos, uno es la fase móvil y el otro la fase estacionaria que se encuentra uniformemente distribuida en un sólido dentro de la columna, 3. Cromatografía de fase ligada, que consiste en superar las limitaciones de la LLC, a partir de la unión química de la fase estacionaria líquida con el sólido de soporte, haciéndola mucho más estable y perdurable, 4. Cromatografía de intercambio iónico (IEC), donde la columna contiene un empaquetamiento de un polímero o silicagel unido a un grupo funcional catiónico o aniónico y 5. Cromatografía de exclusión por tamaño (SEC) donde la columna contiene materiales porosos que funcionan como un filtro dejando pasar las moléculas de acuerdo con su tamaño en orden decreciente (Abelaira de Andrizzi *et al.*, 1992).

Fases estacionarias: Tradicionalmente, los materiales más usados como fase estacionaria han sido gel de sílice, alúmina, celita, poliamida y celulosa, si bien, en época relativamente reciente, el tipo de materiales usados con esta finalidad se ha extendido considerablemente, tanto para operar en fase normal, como en fase inversa o enlazada, análogamente a lo que sucede en HPLC. El gel de sílice es la sustancia más empleada en capa fina. Esta fase estacionaria resulta adecuada para separar numerosas sustancias, tales como aminoácidos, alcaloides, azúcares, ácidos grasos, lípidos, aceites esenciales, esteroides, así como también cationes y aniones inorgánicos. El mecanismo predominante con esta fase estacionaria es la adsorción, siendo posible la separación de sustancias hidrofílicas neutras, ácidas y básicas eligiendo convenientemente el eluyente. Este es el modo de separación considerado como normal. Sin embargo, puede operarse también en fase inversa, para lo cual puede recurrirse a impregnar el soporte con hidrocarburos de cadena larga, tales como parafinas o aceite de silicona. Estos materiales resultan adecuados para el análisis de sustancias lipofílicas, tales como grasas y ceras, esteroides y vitaminas liposolubles (González y Hernández 2002).

Fases móviles: Un disolvente adecuado para utilizarlo en CCF deberá reunir las siguientes características: Inerte frente a los componentes de la muestra y de la fase estacionaria, pureza elevada, adecuada viscosidad y tensión superficial, punto de ebullición bajo, para facilitar el secado de las placas, de baja inflamabilidad y toxicidad. La elección del disolvente, o mezclas de disolventes, adecuados para una determinada separación es fundamentalmente empírica, si bien, pueden utilizarse, en función de las características de los compuestos a separar, las series eluotrópicas.

1.2.1.3. Cromatografía HPLC

Cromatografía Líquida de alta Eficiencia o HPLC por sus siglas en inglés High Performance Liquid Chromatography, es una técnica que desarrollada a partir de la necesidad de hacer más eficientes los análisis cromatográficos. Desde la optimización de algunos procesos de la cromatografía líquida, como la aceleración, automatización y adaptación a muestras mucho más pequeñas. Esto se logra con la intervención de equipos y software, que hacen de la técnica un método analítico instrumental.

El primer aspecto considerado en orden a optimizar la CL fue incrementar la velocidad de la fase móvil, lo cual puede hacerse sin demasiados problemas mediante la utilización de bombas adecuadas y conexiones de tubos que impidan fugas, al estar sometido el líquido a presiones elevadas. Sin embargo, con fases estacionarias convencionales, el empleo de altas velocidades de fase móvil implica una pérdida de resolución. Para mejorar ésta, se hace necesario modificar el empaquetamiento de la fase estacionaria (González y Hernández 2002).

Los primeros intentos satisfactorios para mejorar la técnica condujeron a la utilización de fases estacionarias de partículas pelliculares, constituidas por partículas esféricas de un

material sólido no poroso (frecuentemente bolitas de vidrio de unos 40 μm de diámetro) recubiertas de una capa superficial porosa y de espesor muy pequeño (entre 1 y 3 μm). Esta capa puede ser gel de sílice, alúmina o geles de poliamida. De esta forma, la presencia de poros superficiales facilita considerablemente el proceso de transferencia de masa. Recientemente se ha incrementado el uso de materiales de partículas micro porosas con tamaños inferiores a 30 μm y que son totalmente porosos. Tanto con partículas peliculares como con partículas micro porosas, el precio a pagar es la elevada resistencia al flujo. Por ello, es necesario utilizar presiones elevadas para forzar el paso de líquido a través de la columna. Normalmente, se requieren presiones que pueden llegar a ser de hasta 200 atmósferas para velocidades de flujo de 0.5 a 5 mL/min. (González y Hernández 2002). Es por estas modificaciones a la técnica que se desarrolla un equipo completo para cromatografía HPLC que consta de diferentes equipos e instrumentos que hacen posible el método analítico.

1.2.1.4. Composición de un cromatógrafo.

A medida que el análisis cromatográfico tomaba fuerza y los métodos de análisis cuantitativos aumentaban su demanda, la cromatografía líquida desarrolló nuevos métodos de análisis, estos avances han permitido construir y emplear equipos que integran diferentes tecnologías que hacen mejor y más eficiente el trabajo del analista, un cromatógrafo HPLC es el equipo utilizado hoy en día, este equipo puede ser modular o integrado dependiendo de la distribución de sus partes.

Un cromatógrafo está compuesto básicamente por un reservorio de solventes, una bomba, un inyector y un detector. El reservorio contiene la fase móvil del sistema y se encuentra a unos pocos centímetros de altura cerca de la bomba para garantizar el paso del solvente a ella por la acción de la gravedad. La bomba se encarga de impulsar la fase móvil

desde el reservorio hasta el inyector y luego hacia la columna, en la que el caudal depende básicamente del tipo de análisis a realizar, puede estar en el orden de los microlitros por minuto, aunque en los equipos convencionales los caudales se encuentran entre los 0,1 y 10 mililitros por minuto, la exactitud de la medición de dicho caudal es importante en cuanto los tiempos de medición sean importantes para el análisis, las bombas también pueden presentar un variable llamada ruido que se causa principalmente por pulsaciones o movimientos de la bomba, esta inestabilidad es importante controlarla debido a que interfiere en la parte cuantitativa del sistema especialmente en el área de los picos en un cromatograma, ya que ésta varía, según los cambios en el caudal (Abelaira de Andrizzi *et al*, 1992).

El inyector de un cromatógrafo es el encargado de inyectar la muestra en el sistema, sin interrumpir el caudal del solvente que debe ser inerte al ataque químico, resistir altas presiones, no realizar grandes diluciones en la muestra y ser preciso en la cantidad de muestra inyectada. Finalmente, el detector es la parte del equipo con que se puede ver y ubicar en tiempo y espacio los componentes de la muestra o analito, siendo así que los detectores deben tener ciertas características como tener un amplio rango de respuesta, tener respuesta lineal, responder a todos los solutos, no contribuir al ensanchamiento de banda, buena relación señal ruido, no destruir la muestra y tener un constante de tiempo baja, (Abelaira de Andrizzi *et al.*, 1992).

1.2.2. Marco Didáctico.

1.2.2.1.Evaluación.

A continuación, se presenta un esquema (*Figura 2*) que reúne algunas de las percepciones de los autores más reconocidos en el tema de la evaluación, y junto con la perspectiva de cada uno de ellos se hace una reflexión frente a su versión de lo que significa

evaluar, cabiendo destacar que algunas de sus visiones son de tiempo atrás y han sido superadas y establecidas nuevas tendencias.



Figura 2. Perspectivas sobre evaluación. Fuente: creación propia, con base en Mora (2004), Bogoya (2006), Careaga (2001)

La evaluación según Lafourcade 1977 es “la etapa del proceso educativo que tiene como finalidad comprobar, de manera sistemática, en qué medida se han logrado objetivos propuestos con antelación” en este sentido se hace necesario en todo proceso educativo, fijar objetivos claros y dirigir el proceso hacia ellos, así como fijar estrategias delimitadas de evaluación, que especifiquen los conocimientos, habilidades y destrezas a considerar, que deberían ser por supuesto los objetivos planteados desde el inicio.

La evaluación es una tentativa de conocer al estudiante y determinar la naturaleza y calidad de su aprendizaje, sus puntos fuertes y débiles, sus intereses y sus aversiones o su estilo de aprendizaje, siendo así que cada individuo es único y diferente, y en tal medida, observa una misma realidad a través de sus sentidos y procesos mentales, pero la interpreta y la transforma en una realidad interna propia y diferente (Vygotsky 1990).

Si se observa la evaluación desde la perspectiva del profesor, como autor principal de

este proceso, se puede citar a Gimeno, quien habla de la evaluación como: *“el proceso por medio del cual el profesor... busca y usa información procedente de numerosas fuentes para llegar a un juicio de valor sobre el alumno en general o sobre alguna faceta particular del mismo.”* (Gimeno y Pérez 1996). Dichas fuentes pueden ser metodologías ya establecidas o creadas durante el proceso, esto depende de la perspectiva del docente y sus objetivos de enseñanza.

La evaluación como concepto ha tenido diferentes percepciones y significados dependiendo del contexto, que se pueden sintetizar en lo siguiente: Evaluar es estimar, apreciar o calcular el valor de algo, es la elaboración de un juicio sobre el valor o mérito de algo. En esta dirección, la evaluación debe tener dos etapas, una primera que implica la recolección de evidencias y aplicación de ciertos criterios de calidad sobre esas evidencias que permitan derivar una estimación sobre el valor o mérito del objeto a ser evaluado y una segunda, consistente en la emisión de juicio, en la que se determinan valores numéricos, metas alcanzadas, habilidades desarrolladas o conocimientos relacionados y construidos. En resumen, desde los objetivos de la enseñanza, la evaluación de los estudiantes tiene como objeto a ser juzgado, el aprendizaje del estudiante (Coronel, Ferrer, Pérez y Cuadrado 2007).

Por otra parte, existe una visión interesante sobre la evaluación que plantea un autor colombiano Manuel Bogoya en 2006, que propone una forma singular de comprender, modificar, transformar el trabajo docente, respecto a sus propósitos y metodologías de evaluación. El autor ilustra las condiciones políticas adoptadas en escenarios educativos especialmente en Colombia, llamándolos giros en la evaluación, con los cuales dibuja el panorama de la labor docente hacia la transformación de los procesos evaluativos. Bogoya propone doce giros en la evaluación los cuales nombra de manera particular, a continuación, se ilustra en forma de esquema la propuesta de este autor.



Figura 3. Interpretación de *Giros en la evaluación*. Fuente: creación propia con base en Bogoya (2006).

La evaluación es un proceso continuo que se desarrolla a lo largo de toda la educación escolarizada, consiste en observar lo que ocurre en el aula para obtener información que sea útil para ajustar las actividades de enseñanza a las necesidades particulares de aprendizaje de los estudiantes y para poder hacer un seguimiento del avance del grupo a lo largo del semestre escolar (Gronlund, 1965, citado en López, 2007). En esta dirección, la evaluación no depende únicamente del resultado de uno o varios exámenes, sino del trabajo permanente del estudiante, siendo así que la evaluación se trata de un medio y no de un fin (Dressel, 1961,

citado en López, 2007).

Evaluar el aprendizaje de los estudiantes puede tener diferentes propósitos como: calificar u orientar al estudiante para mejorar su rendimiento o aprendizaje, descubrir las dificultades tanto del estudiante como del profesor, valorar determinados métodos de enseñanza o motivar a los estudiantes hacia el estudio (Coronel *et al*, 2007). No obstante, lo anterior, estos propósitos pueden traslaparse e inclusive cambiar, de acuerdo con la finalidad que persigue cada proceso o cada docente, del mismo modo, si los profesores no esclarecen qué fines tiene un ejercicio concreto de evaluación o si estudiantes y profesores difieren en la interpretación de los resultados esperados, tal vez la evaluación no llega ni siquiera a ser reveladora (López, 2007).

Por otro lado, se pueden diferenciar dos perspectivas de la evaluación dentro de un proceso educativo, la primera, la evaluación como proceso aparte de la enseñanza, es decir, como algo que tiene una finalidad diferente a lo que se hace en clase, la segunda, la evaluación como parte de la enseñanza, es decir, un proceso que forma parte de los métodos, estrategias y prácticas que buscan el aprendizaje del estudiante (Coronel *et al*, 2007). Para que sea educativamente válida, la evaluación debe estar claramente relacionada con las intenciones y objetivos del curso y en tal dirección, el sistema de evaluaciones debe permitir al estudiante demostrar los conocimientos, habilidades y actitudes que ha adquirido o perfeccionado a lo largo del curso. En esta parte de la argumentación cabe señalar que algunos objetivos dependerán tanto de los efectos globales del curso, que será imposible hacer una evaluación hasta que el estudiante no lo haya terminado (López, 2007). En el sentido recién enunciado, es importante pensar la evaluación como parte del proceso de enseñanza y no como objeto distante del mismo, así como también, la evaluación debe ser diseñada y planeada desde el principio del proceso para ser acorde a los objetivos y metas.

1.2.2.2. Tipos de evaluación.

La evaluación puede ser analizada e interpretada desde varios puntos de vista, a continuación, se ilustran algunos tipos de evaluación desde dos perspectivas: en primer lugar, la función que cumple la evaluación y en segundo el modelo didáctico del cual proviene, para estas dos apreciaciones se toma como referencia el trabajo realizado por la investigadora Ana Mora (2006).

Según la función de la evaluación se establecen como tipos de evaluación: *de diagnóstico, instructiva, educativa y autoformatora*, cabe destacar que, dichas funciones deberían ser cumplidas en cualquier sistema o proceso evaluativo. La *evaluación de diagnóstico* tiene como objetivo la reflexión y el análisis de sus resultados (aciertos y desaciertos) para el mejoramiento, modificación y reconstrucción de los procesos educativos. La *evaluación instructiva* se refiere al uso y cumplimiento de indicadores con relación a lo planteado en el currículo. La *evaluación educativa* es aquella en la cual existe una estrecha relación entre los resultados y el trabajo docente, por lo que, el profesor desde su motivación e intereses reestructura su labor. Por último, la *evaluación autoformatora* que ocurre cuando el profesor evalúa su propio trabajo de manera crítica y permanente con el fin de aprender de sus errores y crecer en el ámbito profesional y personal.

Por otro lado, Olguín, (2017) propone otra clasificación de la evaluación según su función, de la siguiente forma: *Evaluación sistemática*: un plan previamente elaborado, sin improvisación; con unas normas y criterios preestablecidos. *Evaluación científica*: uso de técnicas, métodos y procedimientos debidamente garantizados como fiables y válidos; se vale de métodos estadísticos. *Evaluación Crítica*: se emiten juicios objetivos e imparciales. *Evaluación Funcional*: obedece a una programación y objetivo. *Evaluación Cooperativa*: Participan todos los que intervienen en el proceso. *Evaluación Criterial*: Se realiza tomando

como referentes, criterios o estándares establecidos.

A partir de los modelos teóricos evaluativos se expone otra clasificación de los tipos de evaluación, en primer lugar, tenemos la clasificación como modelos contemporáneos: “Evaluación experimental: optimización eficaz de preestablecidos resultados de aprendizaje. Evaluación por objetivos de comportamiento: ...medida del comportamiento se realiza mediante test de rendimiento y la clave del modelo reside en la definición operativa de los objetivos” (Ayala, 2009, p.2)

Autores como Stufflebeam y Shinkfield (1995) hacen una clasificación de la siguiente manera: *Evaluación Cualitativa*: por su carácter descriptivo, interpretativo y emisión de juicios de valor. *Evaluación basada en la negociación*: la enseñanza como un proceso dinámico cuyos significados y cualidades están cambiando continuamente.

Por otro lado cabe resaltar la propuesta de Scriven (1967), quien expone la idea de la *evaluación sin referencia a objetivos*: en la cual se puede considerar que los efectos secundarios de un programa educativo pueden ser más relevantes que los efectos acordes con los objetivos previstos y por tanto deben ser objeto de evaluación, es decir que en el camino del proceso educativo se obtienen más observaciones importantes sobre el proceso del estudiante, que en cumplimiento de las metas trazadas al inicio de proceso.

1.2.2.3. Evaluación del laboratorio.

Incursionando en el marco de la evaluación en el escenario del laboratorio, cabe considerar que entre los objetivos del laboratorio se encuentran diferentes categorías según la relación con los procesos de enseñanza, los profesores de ciencias señalan particularmente los siguientes: 1. Motivar, mediante la estimulación del interés, 2. Enseñar las técnicas y procedimientos de laboratorio. 3. Intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos.

4. Proporcionar una idea sobre el método científico

y desarrollar la habilidad en su utilización. 5. Desarrollar determinadas «actitudes científicas», tales como la consideración con las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados. (Hodson,1994).

Los objetivos descritos en el párrafo anterior vistos desde una perspectiva generalizada se refieren a eso que el docente busca lograr en el estudiante luego de una experiencia práctica en el laboratorio. Sin embargo, es de interés particular señalar objetivos propios en la enseñanza de química instrumental, para la implementación del laboratorio en un contexto universitario. En la química instrumental es importante que el estudiante aprenda, tanto el fundamento teórico-práctico de la técnica que se enseña, como, el funcionamiento, aplicación y uso del instrumento a partir de sus habilidades científicas y procedimentales, desde luego desde el enfrentamiento a situaciones problema en las cuales pueda demostrar sus habilidades y conocimientos.

Dicho lo anterior es imperativo entender la evaluación de las prácticas de laboratorio en el contexto de química instrumental universitaria, como un proceso continuo en el cual se busca conocer si el estudiante desarrolla y fortalece habilidades científicas a nivel procedimental, cognitivo y actitudinal, aplicando sus conocimientos teórico-prácticos (fundamentos, leyes o conceptos simples y más complejos) a partir del uso y practica de técnicas de análisis.

En este sentido, cuando se evalúa al estudiante (para este caso profesor en formación) durante una práctica experimental surgen preguntas como: ¿Los estudiantes adquieren las técnicas de laboratorio y habilidades procedimentales a partir del trabajo práctico que realizan en la universidad? ¿La adquisición y aplicación de estas técnicas es positiva desde un punto de vista educativo? ¿El trabajo de laboratorio ayuda a los estudiantes a comprender

mejor los conceptos científicos? Este trabajo apunta a que dichas preguntas sean respondidas de manera afirmativa y optimista, a través de la transformación de prácticas evaluativas, desde el principal objetivo, que es demostrar el potencial del laboratorio en la enseñanza de las ciencias.

Cabe destacar que no se considera que un cambio significativo en los procesos evaluativos del laboratorio sea la única e indiscutible forma de transformar las prácticas experimentales, es necesario una transformación integral en todo el proceso o intervención de práctica, que incluya la evaluación y otros procesos didácticos desde el principio hasta el final de un ciclo de enseñanza. Aun así, se hace una apuesta por demostrar que la transformación de la evaluación contribuiría de manera significativa a la resignificación el verdadero potencial didáctico del laboratorio como escenario de aprendizaje.

2. CAPITULO II

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1.ANTECEDENTES

2.1.1. Evaluación asignaturas teórico-prácticas.

Es bien sabido que para contribuir a mejorar la calidad de los procesos enseñanza y aprendizaje, es necesario realizar constantemente un proceso de reflexión acerca de las actividades que llevan a cabo los docentes. En el entendido que en los contextos de asignaturas teórico-prácticas, el papel del laboratorio es fundamental, en el presente anteproyecto se presentará un barrido en el que se analizarán algunas de las herramientas y metodologías con las que se evalúan tales asignaturas y se explorarán los autores más representativos que exponen trabajos en esta línea.

En primera instancia se referencia el trabajo de Palomares, Montañés y Muñoz (2008) sobre evaluación de las prácticas de laboratorio, en su trabajo investigativo ponen en discusión tres estrategias de evaluación: evaluación por presentación de informes, evaluación por pruebas escritas y evaluación personalizada de un ejercicio práctico en el laboratorio. El trabajo se desarrolla en un contexto universitario con estudiantes ingeniería química, de la asignatura experimentación en química. En síntesis, destacan dos dificultades que presenta la evaluación por informes: la primera, los informes eran realizados por partes e individualmente por cada uno de los miembros del grupo, sin discusión conjunta, ni puesta en común de los resultados, la segunda, cuando las prácticas se presentaban como repetitivas, los estudiantes disponían de un “banco de datos” de memorias de prácticas en el que se basaban para presentar sus informes, lo cual desvirtúa este tipo de evaluación, ya que impide evaluar correctamente su capacidad de aprendizaje.

En referencia a la evaluación por pruebas escritas, mencionan como estrategia, un examen escrito con un tiempo aproximado de dos horas para su solución; los autores resaltan las bondades de esta metodología, pero hacen un llamado a efectuar la evaluación de capacidades procedimentales y destrezas desde pruebas de corte práctico, mediante la observación de los procesos.

En la evaluación al final de curso llamada prueba práctica de laboratorio, plantean la presentación a los estudiantes de una situación problemática que debe ser resuelta en un tiempo prudencial, desde su conocimiento práctico y teórico, que, según los autores, permite evaluar, tanto sus habilidades procedimentales como sus conocimientos que fundamentan la prueba; los investigadores indican que el profesor debe disponer de una guía de evaluación con parámetros básicos preestablecidos y conocidos por el estudiante. Finalmente, basados en los resultados de las pruebas y notas de informes, concluyen que a pesar de no ser grande la diferencia entre evaluación escrita o práctica, se obtuvieron notas superiores en un mayor porcentaje y destacan que la introducción de la prueba práctica determina una ampliación de la evaluación, que permitiría conocer otras habilidades del estudiante para su formación integral.

Continuando con la dinámica de resaltar dificultades y poner en análisis algunas estrategias de evaluación de los laboratorios, Cadenato y Martínez (2004) recalcan la importancia de prestarle especial atención a la evaluación de las prácticas de laboratorio, en el entendido que estas requieren procedimientos, estrategias y metodologías muy diferentes a los realizados en campos netamente teóricos. La investigación expone una propuesta de mejora para la evaluación de asignaturas experimentales y se desarrolló con estudiantes de ingeniería química en dos asignaturas llamadas experimentación en química y experimentación en ingeniería química, de la Universidad Politécnica de Cataluña. Los

investigadores proponen implementar un sistema de evaluación basado en cinco pilares evaluativos: 1. *Seguimiento en el laboratorio*, evaluando el trabajo continuo individual y grupal en el laboratorio, la preparación previa de las prácticas y la obtención de resultados al finalizarla. 2. *Examen práctico en el laboratorio*, para evaluar habilidades y destrezas procedimentales fortalecidas en el laboratorio, y la capacidad para aplicar los conocimientos teóricos-prácticos adquiridos por el desarrollo de procesos de análisis y cuantificación. Con esta metodología se lleva a cabo una práctica similar a las realizadas anteriormente y se especifica la técnica analítica a utilizar. 3. *Examen escrito*, para evaluar los conocimientos teóricos adquiridos sobre los fundamentos de cada una de las técnicas empleadas durante el curso. 4. *Presentación de un trabajo monográfico* en forma oral y escrita, evaluando la capacidad de redactar resultados de una búsqueda bibliográfica. 5. *Presentación de un póster*, para evaluar tanto la capacidad investigativa como la creatividad.

Después de desarrollar todo el proceso con estudiantes de ciencia, la metodología se evaluó a través del porcentaje de estudiantes en las categorías sobresalientes, notables y aprobados, que evidenció un aumento considerable de la cantidad de estudiantes notables. En síntesis, los autores sugieren hacer mayores estudios y observaciones más largas modificando porcentajes de notas de cada parte del sistema evaluativo, para así analizar mejor los resultados y a modo de conclusión, postulan este sistema como una alternativa al informe tradicional que acerca más al estudiante al mundo científico.

Otra forma de modificación de la evaluación del laboratorio es incluir plataformas de interacción con los estudiantes, es el caso del trabajo realizado por Murray, Genaro, Boronat, Villén y Herrero en 2011, el cual resalta la importancia de las prácticas de laboratorio, puesto que los estudiantes adquieren tanto conocimientos teóricos, como habilidades procedimentales, conocimiento científico, y competencias generales. Dicho trabajo

investigativo defiende la idea de realizar actividades prelaboratorio, con el fin de incrementar los beneficios de las prácticas experimentales para obtener su mayor potencial de aprendizaje y mejorar las actitudes de los estudiantes, todo esto planteado desde la premisa: *Una buena preparación reduce la ansiedad y aumenta la confianza en los estudiantes generando una experiencia productiva y un aprendizaje positivo* (McKelvy, 2008, Llorens-Molina, 2009 citados en Murray et al 2011).

En la investigación de Murray *et. al.* se rescatan actividades prelaboratorio como cuestionarios que incluyen información acerca de la práctica que se va a realizar, particularmente cuestionarios en plataformas de aprendizaje e-learning, en los que los estudiantes pueden participar activamente y reflexionar sobre su propio aprendizaje y disposición hacia las prácticas. Cabe señalar que el estudio se llevó a cabo con estudiantes de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Valencia.

La estrategia mencionada incluyó el diseño metódico y exhaustivo de dichos cuestionarios, para los que las preguntas fueron formuladas a partir de cuatro pilares, 1. Base teórica, 2. Material y equipos, 3. Seguridad y manejo de residuos, 4. Realización de cálculos. Las ventajas que se observaron con esta metodología fueron un mayor aprovechamiento del tiempo de prácticas, una reducción de errores y una mayor motivación, encontrándose también que los estudiantes también mejoraron sus capacidades y destrezas en el laboratorio, permitiendo una mayor interacción positiva entre el estudiante y el profesor

Desde la tesis centrada en que otra de las grandes dificultades del trabajo del laboratorio en la enseñanza de las ciencias es que a menudo se considera que las prácticas de laboratorio son recetas e instrucciones que son seguidas por los estudiantes, que implican seguir un protocolo y obtener un resultado numérico, se puede resaltar la investigación de

Fernández, Mateos, Prieto, Santos y Velasco (2014), que tuvo como objeto modificar metodologías del trabajo en el laboratorio y analizar su impacto en la asignatura de Física.

En tal sentido y para lograr el objetivo de su investigación, los autores ponen en práctica diferentes estrategias; en primer lugar, realizan actividades prelaboratorio como: simuladores, videos y fotografías sobre los temas a estudiar, luego se actualizan protocolos y se desarrollan bancos de preguntas relacionadas con las prácticas para la evaluación, todo este material es modificado según deficiencias detectadas en encuestas previamente realizadas a los estudiantes. Los nuevos protocolos y evaluaciones son puestas en práctica y realizan de nuevo las encuestas para evaluar su impacto; en síntesis, como resultado se observa una evolución positiva de la percepción que el alumno tiene de su formación en los laboratorios del Grado en Física; siendo así que este trabajo resalta la importancia de reflexionar en torno a las actividades de enseñanza de los docentes de ciencia, y de la necesidad de constante cambio, renovación y actualización de estrategias.

Como se ha discutido, existen y se han propuesto diferentes estrategias de evaluación para prácticas experimentales; en esta dirección, cabe mencionar que una de las metodologías más utilizadas ha sido la evaluación por medio de portafolios de laboratorio, en la que se puede referenciar el trabajo de Ballesteros, Diaz, García y López (2011), quienes ponen en práctica esta metodología y evalúan tanto el impacto en el nivel académico, como el nivel de aceptación de los estudiantes. Los objetivos de la investigación de los autores mencionados fueron lograr que los estudiantes: 1. Adquieran capacidades y habilidades de organización y estructuración de la información, 2. Tengan un sistema para guardar los materiales de formación que han recibido, 3. Dispongan de un espacio que les permita incluir y conservar las reflexiones personales y procesos de autoaprendizaje, 4. Finalicen su formación con un documento que ha de servir como un “instrumento acreditativo” de sus competencias

profesionales y 5. Experimenten las ventajas o inconvenientes del uso del portafolios en el proceso de aprendizaje, que podrán evaluar los alumnos a través de encuestas al final del curso.

El trabajo de investigación se llevó a cabo con estudiantes de asignaturas relacionadas con química analítica de la universidad de Jaén y fue fundamentado en la presunción de que el portafolio podía ser definido como una colección de información que daba cuenta de los logros individuales, tales como resultados de tareas genuinas, la evaluación del proceso, test convencionales o muestras de trabajos, que documentaba los logros alcanzados a lo largo del tiempo (Ballesteros et al 2011).

La estrategia didáctica propuesta por los autores citados no solo incluyó el uso de portafolios, sino que también incluyó diferentes actividades que se analizan en conjunto como estrategia de intervención, dentro de los que se puede citar la observación de un documental de divulgación científica, la elaboración de un glosario de términos y conceptos relacionados con los contenidos de la materia, así como autoevaluaciones en una plataforma virtual. Por otra parte, en el portafolio los estudiantes debían incorporar las anotaciones realizadas en la ejecución de las prácticas de laboratorio y trabajos aplicados de investigación, escribir o documentar las dificultades del desarrollo de estos trabajos, referenciar la bibliografía utilizada para elaborar los trabajos y prácticas, entre otras.

Es importante considerar el hecho de que las competencias evaluadas a través de esta metodología del portafolios fueron la capacidad de análisis y síntesis, la capacidad de trabajo en equipo, el esfuerzo por mejorar en el trabajo personal y la preocupación por la calidad, así como la capacidad por aplicar los conocimientos adquiridos a través de trabajos y prácticas de laboratorio. A modo de síntesis, el estudio mostró que hubo resultados positivos en el porcentaje de aprobación en cada asignatura trabajada del orden de un 25% y también se

obtuvieron resultados en términos del nivel de aceptación de los estudiantes, para el que 60% de los estudiantes considera que el trabajo con portafolios fue útil para su formación.

Por otra parte, cabe mencionar el hecho de que en la mayoría de las asignaturas teórico-prácticas y especialmente en el campo de las ciencias, la evaluación del componente experimental no ha sido clara o definida, en el sentido de evaluar las destrezas o habilidades adquiridas, siendo el hecho tal que muchas veces la evaluación abarca conocimientos netamente teóricos que son el fundamento de la práctica, por lo que se tiende a pensar que quien conoce el método es capaz de ponerlo en práctica o realizarlo; no obstante parece ser evidente que en la práctica esto no corresponde con la realidad, según lo exponen Segura y Rubio (1995). En este sentido, se hace necesario evaluar las prácticas, métodos y técnicas, de manera diferente y no solo a partir de exámenes teóricos, para lo que se hace pertinente implementar estrategias evaluativas que incluyan la observación y análisis de las habilidades prácticas de los estudiantes.

En la dirección recién formulada cabe mencionar la investigación de Segura y Rubio, quienes aplican una metodología de evaluación llamada test de resultados-habilidades y su subgrupo, la prueba de muestra de tareas, que consiste en dar al estudiante una ocasión especial en condiciones tipo, para que realice algunas de las tareas con respecto a las cuales se desea evaluar su competencia. La estrategia fue aplicada con estudiantes de odontología que cursaban asignaturas prácticas en las que se debían llevar a cabo diferentes procedimientos y actividades experimentales, en las que fue necesario realizar actividades previas como: establecer criterios y habilidades a evaluar, así como ofrecer las condiciones necesarias para la ejecución. En resumen, la estrategia aplicada tuvo resultados favorables que resaltan la importancia de evaluar habilidades procedimentales sobre todo en asignaturas teórico-prácticas y no solo conocimientos teóricos conceptuales.

2.1.2. Evaluación de las prácticas de laboratorio.

Dentro de los autores que se encuentran a favor de resaltar y rescatar el papel que cumple el laboratorio en la enseñanza de la química se destaca el trabajo realizado por Enneking, Breitenstein, Coleman, Reeves, Wang, y Grove (2019), quienes afirman que “el laboratorio ha ocupado un lugar importante en el plan de estudios de química general durante más de un siglo, a pesar del hecho de que muchos han expresado su preocupación por su valor y utilidad”. En este sentido los autores realizan una investigación en un esfuerzo por aumentar potencialmente la capacidad de cursos de química general, en la cual desarrollan e implementan un *plan de estudios híbrido* de laboratorio que consistió en alternar experimentos de laboratorio presenciales y virtuales. Este estudio buscó comprender mejor el impacto que este enfoque *híbrido* tuvo en el aprendizaje cognitivo, afectivo y psicomotor de los estudiantes.

Los resultados presentados por los investigadores sugieren que los estudiantes a quienes se les enseñó usando el enfoque *híbrido* desarrollaron habilidades cognitivas y psicomotoras similares, en comparación con los estudiantes en quienes fue empleado un plan de estudios de laboratorio tradicional; sin embargo, se observó que su perspectiva afectiva hacia la química fue significativamente menor.

Por otro lado, se expone el trabajo de Harold Wilson (1987) en cual se desarrolla desde el enfoque de resolución de problemas en las prácticas de laboratorio, (PSL) por sus siglas en inglés. Esta investigación se realiza con estudiantes de primeros semestres, con pocos o nulos conocimientos en química, en un contexto universitario, el John Abbott College, y el principal objetivo que se destaca en este trabajo es que los estudiantes sean capaces de construir un diseño experimental, proponer soluciones prácticas a problemas

planteados. A medida que avanzan a través de los diversos procesos secuenciales de los programas, dichos problemas aumentan en complejidad, hasta llegar al nivel investigativo.

La metodología de este trabajo consiste en dar al estudiante un problema a resolver con 7 días de anticipación a la práctica, el estudiante debe formular el diseño experimental que resuelva dicho problema conociendo los equipos instrumentos y materiales con los que cuenta para ello, además cuenta con técnicas y teorías ya vistas en clase, las cuales puede incluir en su propuesta. El profesor está dispuesto a responder cualquier duda sobre la técnica y uso de equipos y procedimientos. El estudiante debe tener un cuaderno de laboratorio en el que describe el diseño, y en el que tomará datos y resolverá el problema, el cual debe ser entregado inmediatamente después de terminada la práctica, esto último, con el objetivo de evitar la modificación o arreglo de resultados. Posteriormente se realiza una discusión donde se exponen los errores y dificultades de la práctica y se llega a un consenso de la solución de la problemática.

Wilson resalta que para que el enfoque de PSL tenga éxito, las preguntas relacionadas con los experimentos y el diseño experimental deben ser un componente importante de todas las pruebas y tareas. Se evalúa tanto el diseño experimental como el resultado de la práctica, en algunas ocasiones se evalúa la precisión de la técnica. La valoración del laboratorio que hace parte de la evaluación final del curso es significativa. Este trabajo obtuvo como resultado mejoras en los estudiantes en cuanto a la preparación para el experimento, organización y gestión del tiempo, durante el experimento y en la técnica de laboratorio. También se espera que los estudiantes se hayan convertido en mejores solucionadores de problemas, pero esto queda por evaluar.

2.1.3. Enseñanza de la cromatografía HPLC.

De acuerdo con el objetivo de este trabajo, es necesario consultar el estado en el que se encuentra la didáctica del tópico específico, el método analítico de la Cromatografía HPLC, dentro de la enseñanza de la química instrumental. En esta dirección cabe mencionar que en algunos trabajos de investigación se han encontrado algunas dificultades para desarrollar este tema. Una de las dificultades de la enseñanza de la cromatografía HPLC es la necesidad inminente de apoyo y manejo de equipos de análisis, y teniendo en cuenta que su uso es limitado porque son equipos costosos y de manejo complejo, constituye un problema para lograr que los estudiantes adquieran habilidades y destrezas en la parte experimental (Ortiz Miranda, 2017).

Dichas dificultades demandan el uso de nuevas estrategias de enseñanza, Ortiz Miranda (2017) propone el uso de simuladores en asignaturas teórico-prácticas, en esta dirección, su trabajo de investigación desarrolla una metodología de trabajo que consiste en combinar prácticas convencionales, con el uso de TICs. El autor realiza una secuencia didáctica partiendo de la clase teórica, el uso de un simulador HPLC, prácticas de laboratorio, hasta el análisis de cromatogramas. En su investigación se expone como ejemplo de análisis, la cuantificación de azúcares en papas teniendo en cuenta variables de tratamiento de la materia prima, tales como la temperatura, y fue realizada con estudiantes universitarios en la asignatura de análisis de alimentos que hace parte de la Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad de la Plata, en Argentina.

El principal objetivo de enseñanza del trabajo realizado por el autor fue que los estudiantes logaran comprender la relación entre la modificación de los parámetros del sistema de análisis cromatográfico y los resultados obtenidos en los cromatogramas, por tanto, estos últimos fueron utilizados como método evaluativo, con el cual los estudiantes

ponían a prueba sus conocimientos sobre la técnica, basados en la práctica de laboratorio, en el uso del simulador y bibliografía adicional.

En resumen, los resultados se pueden condensar en evidenciar el uso de esta estrategia como facilitador del desarrollo de habilidades en los estudiantes, en el entendido que con la aplicación de esta propuesta se pone a prueba la comprensión de la temática y la autonomía de los estudiantes. De esta manera, el estudiante toma un rol activo en la práctica y se apropia de la experiencia, logra realizar procesos cognitivos y procedimentales para el aprendizaje de la química instrumental. Según los autores, experiencias previas han demostrado que los estudiantes logran desarrollar una marcada autonomía en este tipo de prácticas (Ortiz Miranda, 2017), por lo que el uso de simuladores constituye una herramienta adicional que se puede complementar con los procesos tradicionales de enseñanza.

Por otra parte, cabe destacar el trabajo realizado por Beussman (2007) el cual utiliza una metodología llamativa a modo de motivación en los estudiantes, para enseñar y practicar el método analítico de HPLC, en esta investigación se llevó a cabo un experimento dentro del contexto de la ciencia forense, del descubrimiento de la muerte de un paciente para quien se sospechaba una sobredosis de medicamentos. Cada grupo de laboratorio contó con estándares de medicamentos de concentración conocida y un extracto de "sangre" simulado del paciente. Cada grupo debía determinar si el paciente murió por una sobredosis de drogas o por causas naturales. Lo anterior requirió que cada estándar de fármaco se analizara por separado para determinar su tiempo de retención. Luego, el grupo debió analizar la "sangre" para identificar qué medicamentos estaban presentes, después de establecer la identidad del fármaco presente en la "sangre".

Respecto a la metodología en cuanto al uso del equipo HPLC, cada grupo realizó múltiples inyecciones de fármacos de concentraciones variables para construir una curva de

calibración del área de pico frente a la concentración. Esto se pudo emplear para determinar la cantidad de cada medicamento presente en la "sangre". Los estudiantes también debían buscar en la literatura para determinar las posibles interacciones farmacológicas, así como las dosis normales y letales de cada fármaco, antes de llegar a una conclusión sobre si el paciente murió por una sobredosis de fármaco y, en caso afirmativo, si fue accidental o intencional.

Resulta pertinente resaltar la metodología a nivel motivacional, de resolución de problemas, en la que a los estudiantes se les presentaba una situación que no es fácil de responder de forma inmediata, por lo cual debían realizar diseños metodológicos para intentar solucionar la situación, con base en las consultas bibliográficas, sin embargo siempre se debían controlar las variables de análisis para los analitos de este caso, las cuales debían ser previamente ser determinadas y validadas en protocolos, así como también tener en cuenta el tratamiento de muestras y soluciones antes de la inyección en el equipo.

En la enseñanza de química instrumental y particularmente de la técnica de cromatografía HPLC se presentan innumerables oportunidades de estudios analíticos, en las que se pueden establecer diferentes matrices de análisis, dependiendo de las sustancias que se desean analizar, las situaciones que se pueden presentar a modo de problemas, o el contexto de enseñanza, o si el tópico de la cromatografía HPLC permite incluir, desarrollar, validar, modificar o completar protocolos de análisis de diferentes naturalezas, en este sentido es válido exponer la investigación realizada por Miranda, Lawton, Tachibana, Swartz y Hall (2016) en un esfuerzo por innovar y desarrollar diseños experimentales para el análisis de nuevas sustancias. Miranda *et al* (2016) realizaron una investigación en la que los estudiantes realizaron un análisis de la *kombucha*, una bebida de té fermentada popular, mediante valoración ácido-base y cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), con el

cual se determinó el contenido de ácido acético en intervalos de 7 días por adición estándar y se comparó con la acidez total determinada por valoración. Los experimentos utilizados en este estudio proporcionan un medio para caracterizar las bebidas y la fermentación, así como enseñar importantes habilidades cuantitativas y estadísticas, en modo tal que este estudio se implementó como un laboratorio de enseñanza de tres semanas en un curso de análisis cuantitativo para estudiantes universitarios de química.

2.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La discusión sobre el lugar del laboratorio en la enseñanza de las ciencias ha estado matizada por dos colectivos: adeptos y contradictores. En la línea de los adeptos, las posturas apuntan a destacar que la enseñanza del laboratorio es un dispositivo de reclutamiento de futuros estudiantes de ciencia; además de lo anterior, los argumentos en pro de continuar, aumentar o modificar el trabajo del laboratorio en la enseñanza de las ciencias, atienden en algunos casos más en términos de motivación que como mecanismo de transferencia de conocimiento (Pickering, 1993); otro en cambio están relacionados con un valor intrínseco, propio de los aprendizajes que puede potenciar o posibilitar (Bertelle y Rocha 2003).

Los argumentos a favor de disminuir o eliminar el trabajo del laboratorio se encuentran en el plano de consideraciones respecto al costo, consumo de tiempo y energía, a la posibilidad de generación de residuos o su peligrosidad para el sujeto y para el medio ambiente, aunado a una mirada reduccionista del laboratorio desde su perspectiva de trabajo como ejercicios demostrativos y bajo formatos de clase tradicional.

El presente trabajo de tesis está en concordancia con los argumentos del primer grupo, pero está orientado a la investigación en el terreno de la evaluación del laboratorio, un campo de estudio escasamente explorado, en el entendido que la evaluación del laboratorio

constituye una manera de auscultar el potencial que subyace al trabajo experimental, así como de determinar sus alcances y limitaciones, tanto en términos motivacionales como de promoción del aprendizaje.

Se observa que tradicionalmente, las actividades prácticas se evalúan al finalizar o después del trabajo experimental a través de una prueba, trabajo escrito o informe, y no durante el proceso, por esto la evaluación resultante no es global, y es de notar que los estudiantes no prestan atención a los procedimientos realizados sino al producto o resultado final de la práctica (Noguera y Tortajada 2013). De acuerdo con este argumento se reflexiona sobre las modificaciones en las metodologías procesos y sistemas de evaluación que han surgido tanto en el ámbito local como nacional, cabe resaltar uno de los *giros* que menciona el profesor colombiano Bogoya (2006), *de acto final a práctica permanente*, con el que se refiere a la evaluación como un proceso continuo inmerso de principio a fin en todo proceso educativo, esto con el fin de poder reflexionar y tomar decisiones oportunas a favor del proceso, del evaluado y del evaluador.

En este sentido la pertinencia del presente trabajo se argumenta desde la necesidad de aportar al estado del arte de las prácticas evaluativas en el laboratorio de química, para asignaturas de corte teórico-práctico, para profesores en formación en contextos locales y en tal medida resignificar el escenario del laboratorio como elemento central del plan de estudios y del currículo, así como también desarrollar una propuesta que intente responder a los “*giros*” en la evaluación de procesos educativos, que son imperativos, y que como docentes o profesionales de la educación aplicamos, construimos y reconstruimos cada día.

2.3.PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

Dentro del que hacer docente, existe una preocupación en referencia a las

metodologías o formas de evaluación, especialmente en un contexto científico experimental, ¿Cómo saber qué aprenden nuestros estudiantes? ¿Cómo determinar cuáles son las habilidades desarrolladas? ¿Cómo utilizar esa información para continuar con los procesos de enseñanza y aprendizaje, para contribuir mejor a la formación de nuestros estudiantes?

Por otro lado, en la enseñanza de las ciencias, es inminente la estrecha relación entre los conocimientos teóricos y los prácticos. En tal sentido, dentro de los currículos universitarios de ciencias, especialmente de la química, se imparten asignaturas teórico-prácticas que involucran métodos, técnicas, experimentos, observación de fenómenos, comprobación de teorías, para lo que se desarrollan prácticas de laboratorio, en las que el estudiante relaciona en una realidad tangible, los conocimientos vistos en la clase teórica, en el entendido que las prácticas de laboratorio se realizan con el objetivo de desarrollar en los estudiantes, habilidades propias del trabajo en el laboratorio.

A pesar de lo anteriormente descrito, es un hecho que el rol del laboratorio ha sido relegado a un segundo lugar dentro del trabajo científico, y en tal sentido, ha sido despojado del importante papel que tiene en la enseñanza de las ciencias, dejando de lado el real potencial didáctico de la práctica experimental y en gran medida, este fenómeno se debe a la forma en la que se evalúan estos procesos. En resumen, la evaluación del laboratorio se ha limitado a valorar asuntos cortos, objetivos y específicos de carácter conceptual, aspectos que resultan fáciles de corregir en un examen o informe escrito. La apuesta de la presente investigación es la de recuperar el lugar del laboratorio como escenario de enseñanza, particularmente en asignaturas relacionadas con química instrumental en el entorno universitario local, a través del diseño, construcción, reflexión y validación de una propuesta evaluativa alternativa.

De acuerdo con lo anteriormente argumentado se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo estructurar y validar una estrategia de transformación de las prácticas evaluativas en el Laboratorio en Química instrumental particularmente en HPLC, con la intencionalidad de demostrar y revalorar su verdadero potencial didáctico como escenario de aprendizaje?

3. CAPITULO III

PROPÓSITOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Demostrar y revalorar el potencial didáctico del laboratorio, a partir de la estructuración y validación de una propuesta de transformación de las prácticas evaluativas del Laboratorio de Química instrumental, particularmente en cromatografía líquida de alta eficiencia.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir cuáles son las tendencias en las prácticas evaluativas del laboratorio, particularmente en la enseñanza de técnicas instrumentales a profesores de ciencias en formación.
- Estructurar y validar una propuesta alternativa de evaluación del laboratorio de química instrumental en HPLC y aportar al estado de arte en la evaluación del aprendizaje en este ámbito.
- Resignificar el potencial didáctico del escenario de laboratorio a través de la valoración de las cualidades o proyecciones de la propuesta.

4. CAPITULO IV

ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN.

4.1.1. Investigación Mixta

La presente investigación es un estudio de corte mixto, tanto cualitativo como cuantitativo, en el que se establecen categorías de análisis de orden cualitativo y descriptivo, e incluye aspectos de una investigación exploratoria, pues da cuenta de la manera como se evidencian procesos cognitivos y procedimentales en el campo de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Por otra parte, en el sentido cuantitativo el presente trabajo basó sus conclusiones en referencia una serie de observaciones y un análisis de datos, recolectados por diferentes instrumentos y estrategias. En este sentido se sustenta bajo las definiciones de los diseños mixtos: "...representan el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo. Ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o, al menos, en la mayoría de sus etapas" "...agrega complejidad al diseño de estudio, pero contempla todas las ventajas de cada uno de los enfoques" (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista 2003 p. 546).

Por otra parte, se considera la investigación mixta como el tipo de investigación en la que un investigador o equipo de investigadores combinan elementos de los enfoques de investigación cualitativa y cuantitativa, por ejemplo, el uso de puntos de vista o la profundidad de la comprensión desde lo cualitativo y la recogida de datos, análisis, técnicas de inferencia y la corroboración y validación de datos (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

4.1.2. Características de la investigación.

El presente trabajo de investigación está enmarcado en la línea de investigación

“Interdisciplinaria y química en contexto: una perspectiva experimental en la didáctica de la química”, la cual pertenece al grupo de investigación: Didáctica y sus Ciencias, adscrito al Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Sus objetivos son determinar las representaciones y generar propuestas que articulen la interdisciplinaria con metodologías de intervención didáctica a partir de los trabajos prácticos experimentales en contexto, basados en el enfoque epistemológico constructivista, para fomentar abordajes diferenciados pero complementarios en la enseñanza de tópicos químicos y en general del abordaje de temáticas complejas. La línea de investigación se circunscribe en una perspectiva sistémica, y se soporta en tendencias mundiales del desarrollo de las temáticas de las ciencias experimentales, en el sentido de abordar problemas específicos de la comunidad académica y de servir como apoyo para la solución de dos tipos de situaciones problema: disciplinares químicos, físicos o biológicos, y de la didáctica de las ciencias experimentales.

En concordancia con los objetivos de la línea de investigación este trabajo se desarrolla en el contexto del abordaje de temáticas en las ciencias experimentales, dentro del enfoque de la química analítica e instrumental, del que se toma como tópico de enseñanza la cromatografía, ya que se considera un espacio propicio para que el estudiante sea capaz de comprender y aplicar sus conocimientos de ciencias, así como, desarrollar y reforzar sus habilidades. Teniendo en cuenta la visión sobre el papel del laboratorio en la enseñanza de la química instrumental, planteada anteriormente, se diseña una estrategia dentro de la temática *análisis de matrices a partir de HPLC* basada en las siguientes premisas: 1. La adquisición y aplicación de la técnica HPLC. 2. El desarrollo y perfeccionamiento de las habilidades procedimentales, cognitivas y actitudinales propias del laboratorio de química. 3. El aprendizaje, comprensión, construcción y transformación de los conceptos químicos y

físicos fundamentales en las técnicas de análisis instrumental y los específicos para la técnica HPLC.

La investigación junto con la propuesta se diseñó en primer lugar para ser desarrollada con los profesores en formación pertenecientes al programa de Licenciatura en Química adscritas a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, Sin embargo, por su estructura y validación, puede ser orientada a carreras afines y especialmente a asignaturas teórico-prácticas, en las que se incluya el trabajo de laboratorio, como eje fundamental de su plan y currículo.

De acuerdo con los objetivos del presente trabajo, se proponen tres fases de la investigación, en las que se desarrolla cada uno de los objetivos específicos planteados respectivamente, para esto, en primer lugar, se realizó una exploración bibliográfica para determinar la fundamentación teórica de la investigación desde el contexto didáctico de la evaluación y el disciplinar de la cromatografía. Seguido a esto, se realizó una encuesta de percepción con profesores en formación sobre su proceso evaluativo, posteriormente se establecieron las fases de la propuesta desde el trabajo experimental a partir de los subtemas cromatografía clásica e instrumental, y para su desarrollo se formularon las prácticas, materiales y equipos necesarios.

Una vez determinadas las prácticas experimentales, la investigadora realizó pruebas piloto de las practicas cromatográficas con el fin de evaluar aciertos, ajustar procedimientos, puntos de inflexión, posibles habilidades de análisis, propiedades (ventajas y desventajas) de la práctica, así como el desarrollo de material didáctico (video-quices) el cual hace parte de la metodología *Flipped Classroom* incluida en la propuesta evaluativa. Posteriormente se diseñaron y construyeron los instrumentos de la propuesta para su estructuración definitiva

y finalmente se desarrolló un proceso de validación, para el que se analizaron sus proyecciones y cualidades.

4.1.3. Participantes de la investigación.

La propuesta de esta investigación está pensada para desarrollarse con estudiantes de Licenciatura en Química, la Universidad Pedagógica Nacional con base en su perfil de formación y con estudiantes de carreras que incluyan asignaturas que enseñen temáticas de química instrumental. Conviene aquí explicar que se contó con el apoyo de personal del laboratorio del departamento de química para el desarrollo de pruebas piloto de las prácticas experimentales, a partir del préstamo y asesoría para el uso de espacios, materiales, y equipos de laboratorio.

Se contó también con la participación de estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad pedagógica Nacional, que en el segundo semestre de 2019 se encontraban cursando los espacios académicos de Métodos de análisis Químico I y II, que pertenecen a sexto y séptimo semestre del programa respectivamente, de los cuales participaron 35 estudiantes, quienes respondieron una encuesta de percepción sobre su proceso evaluativo para tales asignaturas.

Para la validación de instrumentos y de la propuesta se contó con la participación de tres profesores en ejercicio como juicio de expertos, todos ellos licenciados en química, Magister de docencia de la Química, Magister en docencia de las Ciencias Naturales, y Doctorado en educación, que cuentan con experiencia en docencia universitaria y escolar, experiencia en la práctica experimental y en lo referente al trabajo en el laboratorio químico.

Por otro lado, el desarrollo y evaluación de las prácticas experimentales, fue realizado por la investigadora, con un número determinado de ensayos, así desde su participación en

la construcción de videos en cuanto a imagen, libreto y audio.

4.1.4. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación.

Las técnicas e instrumentos empleados en la investigación obedecen a tres procesos, recolección de información, desarrollo de prácticas experimentales y finalmente a la validación de la propuesta en su conjunto. A continuación, se describe cada uno de ellos.

4.1.4.1. Recolección de información: Encuesta.

Se diseñó una encuesta de percepción (ver anexo 1) dirigida a los estudiantes para ser contestada de forma escrita, que se estructuró bajo el concepto siguiente: “*aplicación de un procedimiento estandarizado para recabar información (oral o escrita) de una muestra amplia de sujetos*” (Cea 2001).

La encuesta constó de 11 preguntas cerradas de respuesta múltiple con justificación, con categorías de análisis basadas en tres puntos claves sobre los cuales se construyeron las preguntas, estos son: 1. estrategias de evaluación utilizadas en las prácticas que incluyen autoevaluación, 2. habilidades desarrolladas y evaluadas durante el proceso, y 3. Porcentaje cuantitativo o valor asignado al trabajo de laboratorio. Durante su diligenciamiento, se aclaró a los estudiantes que el objetivo de la encuesta no era recabar sobre el trabajo del docente en particular, ni desmeritar una u otra práctica, para lo que el tiempo aproximado para responder esta encuesta fue de diez minutos.

La información obtenida con este instrumento se analizó de manera cualitativa, desde una perspectiva descriptiva deductiva, con la cual se hace una reflexión de los resultados obtenidos, haciendo una caracterización de las respuestas a partir de procesos de tabulación y gráfico, que dieron lugar a una serie de conclusiones, que dan un panorama de la percepción y contribuyeron a la construcción de la propuesta descrita en el presente trabajo.

4.1.4.2. Desarrollo de Prácticas Experimentales: Bitácora de práctica.

Para el desarrollo de las prácticas experimentales se consultaron protocolos para cromatografía clásica e instrumental, en libros de métodos de análisis químico, y se tomó como base un documento al que se llamó bitácora de práctica (ver anexo 2), propuesto por el Profesor Jaime Casas (2019) y ajustado por la investigadora en colaboración con tesistas Diana Bogotá y Laura Solarte, del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, en el cual se determinan algunas matrices y procedimientos propios de la cromatografía líquida en columna y placa fina.

En la primera parte del documento se realizó una síntesis y revisión de la literatura en cromatografía de colorantes (Randerath 1984 y Lederer y Lederer 1960), a partir de la cual se construyeron matrices para el análisis de diferentes colorantes de alimentos, dichas matrices describen la preparación de mezclas problema y fases móviles para la evaluación de su eficacia en términos de la separación de los analitos. En la segunda parte del documento, se enlistan e ilustran de forma gráfica los procedimientos probables de aplicación para cromatografía líquida en columna y capa fina: radial, descendente y bidimensional, que eran susceptibles a modificación de acuerdo con su puesta en práctica.

A continuación, se expone lo que fue el trabajo experimental realizado, aplicando las técnicas propias de análisis cromatográfico, al que se denominó *puesta a punto de sesiones experimentales*, que a su vez se dividió en dos grandes temáticas: cromatografía clásica y cromatografía instrumental.

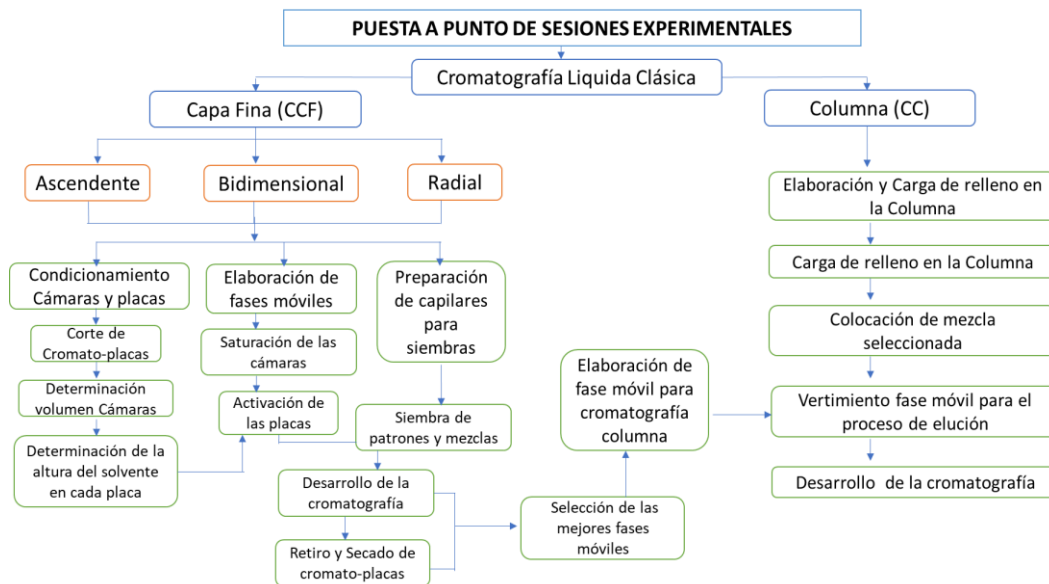


Figura 4. Puesta a punto sesiones experimentales Cromatografía líquida clásica. Fuente creación propia con base en Bitácora de práctica.

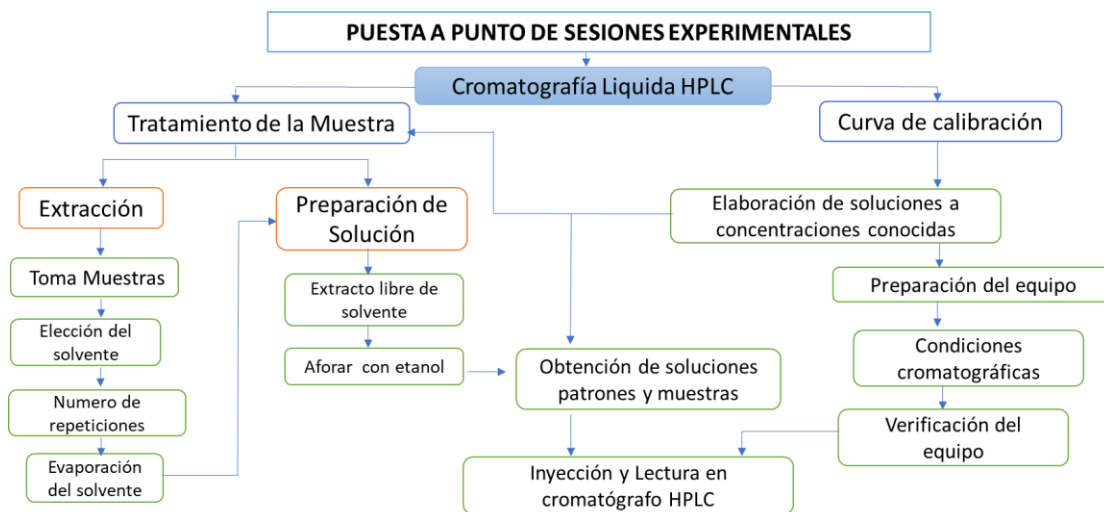


Figura 5. Puesta a punto sesiones experimentales Cromatografía líquida HPLC. Fuente: creación propia con base en la bitácora de práctica.

4.1.4.3. Validación: Formatos de validación.

El proceso de validación se realizó a partir del juicio de expertos, para el cual se diseñaron dos formatos de validación, el primero con el fin de evaluar algunos instrumentos y el segundo para evaluar la propuesta evaluativa completa, esta validación es un ejemplo de

la llamada validación aparente, en la que varios profesionales del tema evalúan los documentos a validar y emiten juicios sobre ellos, para los que también se podían realizar sugerencias de modificación y correcciones de fondo y de forma. En resumen, el proceso de validación se realizó en tres pasos (*Figura 6*).

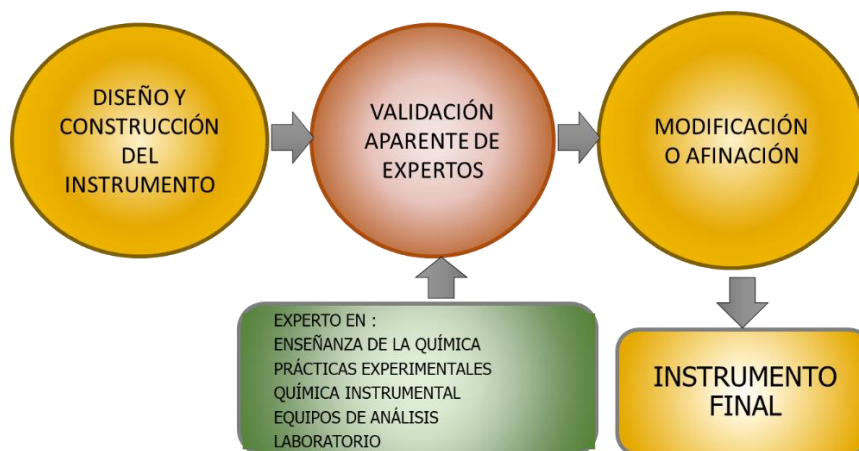


Figura 6. Proceso de validación de instrumentos y propuesta de evaluación.

A continuación, se ilustran ambos formatos y se justifica su diseño y criterios de validación.

4.1.4.3.1. Validación de instrumentos.

Este formato de validación de instrumentos (*Figura 7*), fue diligenciado por dos profesores en ejercicio, ambos licenciados en química y egresados de programas de maestría de la Universidad Pedagógica Nacional, uno de ellos magister en docencia de la química y el otro en docencia de las ciencias naturales, que también se desempeñaban en 2019-2 como laboratoristas del laboratorio de química de la UPN. El formato de validación se diseñó con el objetivo de valorar, tres instrumentos incluidos en la propuesta evaluativa: 1. Pretest de Ideas iniciales, 2. Formato de evaluación de práctica y 3. Quices Teóricos (Incluidos en video quices). Para la validación fueron incluidos cuatro criterios de evaluación en el formato: Coherencia /Redacción, Pertinencia, Organización y Contenido, dichos criterios fueron

tomados y adaptados del trabajo realizado por Soriano (2014) y con base en la definición de validez de Messick (1989) quien entiende la validación como un conjunto de evidencias que dan cuenta de *los objetivos y uso del instrumento* como: *el contenido, el constructo y el valor predictivo*, de igual manera Soriano (2014) sostiene que dentro del proceso de validación por juicio de expertos debe existir una guía de observación que contenga *aspectos de contenido, observaciones al constructo y aspectos de forma*, en este sentido el instrumento de validación se construyó bajo dicha proposición. Finalmente, se incluyó una casilla de observaciones para el validador.

CRITERIOS	Afirmaciones	pre-TEST CONOCIMIENTOS PREVIOS	FORMATO EVALUACIÓN PRÁCTICA	QUIZ TEÓRICO
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.			
	El lenguaje y la semántica son acertados y propios para la población.			
PERTINENCIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.			
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación			
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación			
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente			
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar			
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica			
TOTAL				
OBSERVACIONES				

Figura 7. Formato de validación de instrumentos. Fuente: creación propia con base en Soriano (2014)

El profesional que hace la validación por juicio de expertos realiza una revisión exhaustiva del instrumento a partir los criterios de validación y con base en ella, da una valoración a partir de una escala tipo Likert (Figura 8) como la que se muestra a continuación, dependiendo de su concordancia con cada afirmación, en cada criterio.

Completamente desacuerdo	Desacuerdo	Ni acuerdo Ni desacuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo
1	2	3	4	5

Figura 8. Escala tipo Likert para evaluar instrumentos en formato de validación.

4.1.4.3.2. Validación de la propuesta.

La propuesta evaluativa constó de diferentes fases, instrumentos, técnicas, materiales, espacios, entre otros materiales didácticos, por lo tanto, su estructuración como tal se validó por un experto, profesor de química y didáctica, docente universitaria en ejercicio y con títulos, tanto de Magister en Docencia de la Química, como en Doctorado en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional.

La versión definitiva fue diseñada con base en una serie de criterios para la propuesta de intervención didáctica a futuro, estructurada en su conjunto. (Figura 9). La propuesta fue fundamentada a partir de dos bases teóricas, la primera, las funciones de la evaluación, que deberían ser cumplidas en cualquier sistema o proceso evaluativo: *de diagnóstico, instructiva, educativa y autoformatora*, descritas por Ana Mora (2006). Y la segunda los doce giros de la evaluación de Daniel Bogoya (2006). A continuación, se ilustra el formato.

GRUPO DE CRITERIOS	CRITERIOS	AFIRMACIÓN	PUNTAJE	OBSERVACIONES
FUNCIONES DE LA EVALUACIÓN	DE DIAGNOSTICO	La propuesta constituye un sistema donde la reflexión y el análisis de sus resultados (aciertos y desaciertos) tienen como objetivo el mejoramiento, modificación y reconstrucción de los procesos educativos.		
	INSTRUCTIVA	La propuesta hace referencia al uso y cumplimiento de indicadores con relación a lo planteado en un currículo determinado para una población y espacio específico.		
	EDUCADORA	En la estructura de la propuesta existe una estrecha relación entre los resultados y el trabajo docente, por lo que, el profesor desde su motivación e intereses puede reestructurar su labor.		
	AUTOFORMADORA	Existen oportunidades en la estructura de la propuesta en las cuales el estudiante o profesor puede evaluar su propio trabajo de manera crítica y permanente con el fin de aprender de sus errores y crecer en el ámbito profesional y personal.		
GIROS EN LA EVALUACIÓN	DE LO OCULTO A LO VISIBLE	La propuesta permite que los participantes puedan exponer explicaciones, procedimientos, reflexiones, argumentos, que siempre llevan a la mejora.		
	DE LO OMNIMODO A LO DIALOGICO	En la estructura de la propuesta, los objetivos, metodologías y resultados de la evaluación son dialogados por todos los autores que intervienen en el proceso, reconociendo cada uno de sus aportes.		
	DEL ACTO FINAL A PRÁCTICA PERMANENTE	El sistema evaluativo planteado permite conocer avances y tendencias para un redireccionamiento en vías de lograr progresos y objetivos, corregir fallas y aprobar aciertos en todo el proceso.		
	DE UN MUNDO AJENO A UNO PROPIO	Se observa que la evaluación está incorporada desde la disciplina que se enseña, pensada y estructurada desde el saber hacia su evaluación y no lo contrario, es entidad conceptual parte de la disciplina.		
	DE DEFINICIONES A COMPETENCIAS	La propuesta permite evaluar la capacidad de utilizar, analizar, interpretar, conceptos, teorías, conocimientos generales y específicos, en pro de sus capacidades y habilidades, así, resolver situaciones.		
	DE UNIDIMENSIONAL A MULTIDIMENSIONAL	Es una propuesta de evaluación que involucra un contexto global e incluye aspectos más amplios de un campo de conocimiento, así como habilidades y desempeños de distintos niveles.		
	DE ÍTEM PEREGRINO A ÍTEM CONCERTADO	Los contenidos son dialogados, discutidos y construidos, modificados y adaptados, por diferentes autores del proceso y no solo por algunos expertos a veces ajenos a los contextos.		
	DE INSTRUMENTO FRAGMENTADO A COHESIONADO	Dentro de la propuesta existe una estructura fuerte en la que cada parte deja de ser independiente para estar enlazada en una red que mantiene estable cada proceso dentro del sistema evaluativo.		
	DE OPERACIONES MANUALES A AUTOMÁTICAS	Se involucra la tecnología en los procesos de evaluación para optimizar la labor docente, no solo para ahorrar tiempo, esfuerzo y espacio, sino para garantizar consistencia, análisis y estructura de los sistemas.		
	DE PROGRAMAS SOLITARIOS A SISTEMAS EXPERTOS	La investigadora autora de la propuesta de evaluación desarrolla sistemas y estrategias complejas que permiten la toma de decisiones y automatización de resultados para solucionar problemas propios de la propuesta.		
	DE COLAS DE ESPERA PROCESOS EN TIEMPO REAL	La optimización de la propuesta de evaluación permite la interacción oportuna entre evaluadores y evaluados, para actuar respecto a los objetivos y necesidades de los mismos.		
	DEL CENTRO A LAS REGIONES	Se observa un reconocimiento del desarrollo a nivel local, regional y nacional, hace posible la participación de autores expertos o propios del contexto desde su conocimiento y capacidad.		

Figura 9. Formato de validación de la propuesta evaluativa. Fuente: creación Propia con base en Mora (2006) y Bogoya (2006).

4.2.ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.

En lo correspondiente a la metodología, para este proyecto se plantearon tres etapas que pretenden dar cuenta de los objetivos específicos planteados, las cuales se delimitaron y denominaron desde las tareas realizadas en cada una de ellas, la primera *Etapa Exploratoria*, por tratarse de una tarea de búsqueda de información, la segunda *Etapa Experimental*, por tratarse de una tarea de puesta punto de prácticas, diseño y validación, y la tercera *Etapa Reflexiva*, por tratarse de una tarea de análisis y valoración del trabajo realizado.

4.2.1. Etapa Exploratoria.

En esta etapa de investigación se realizó una revisión bibliográfica, que dio lugar a la fundamentación teórica, revisando los autores más representativos en estudios relacionados con prácticas de laboratorio y definir antecedentes de la presente investigación. Además de lo anterior se realizó un proceso de indagación de las percepciones de los estudiantes sobre sus actividades de evaluación por medio de una encuesta, junto con una observación sistemática de las prácticas de laboratorio de dos grupos de estudiantes de licenciatura en química, a partir de los cuales se tomaron algunas decisiones para definir las categorías de análisis de la investigación.

Con base en la revisión bibliográfica y el estudio de percepción se definieron las tendencias evaluativas del laboratorio. Por último, se definieron las prácticas experimentales a desarrollar en la etapa experimental y se organizó la propuesta de intervención.

4.2.2. Etapa Experimental.

En esta etapa se realizó un trabajo experimental de laboratorio de química

experimental, particularmente para el t3pico de Cromatograf3a Cl3sica y HPLC, con el que se pusieron a punto las practicas experimentales definidas en la etapa anterior, para afinar y ajustar metodolog3as, procesos, materiales, espacios, tiempos de intervenci3n, habilidades a evaluar, equipos a utilizar, momentos evaluativos y conceptos disciplinares susceptibles de evaluaci3n. A partir de ello y en paralelo, se llev3o cabo el dise1o, construcci3n, validaci3n y ajuste de los instrumentos y material did3ctico para la estructuraci3n de la propuesta evaluativa, junto con el dise1o y aplicaci3n de formatos de validaci3n, desde la fundamentaci3n te3rica did3ctica requerida.

4.2.3. Etapa Reflexiva.

En esta etapa se hace una valoraci3n de la propuesta de evaluaci3n en su conjunto a partir de la informaci3n recabada por medio de los resultados de validaci3n y a partir de la reflexi3n y valoraci3n de las cualidades y formulaci3n de proyecciones. En esta etapa, en t3rminos generales se analiza la pertinencia e impacto de la propuesta desde dos puntos de vista: el primero de ellos, el conjunto de oportunidades, tanto para el aprendizaje de conocimientos te3ricos y pr3cticos, como para el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales, en los estudiantes. El segundo, el papel jugado por las pr3cticas de laboratorio en el proceso, con el fin de dar cuenta del real potencial did3ctico de las actividades experimentales en el aprendizaje de t3cnicas anal3ticas instrumentales y particularmente en la tem3tica pretexto de HPLC, desde la transformaci3n de un sistema evaluativo.

A continuaci3n, se muestra un esquema metodol3gico que describe con detalle las actividades a desarrollar

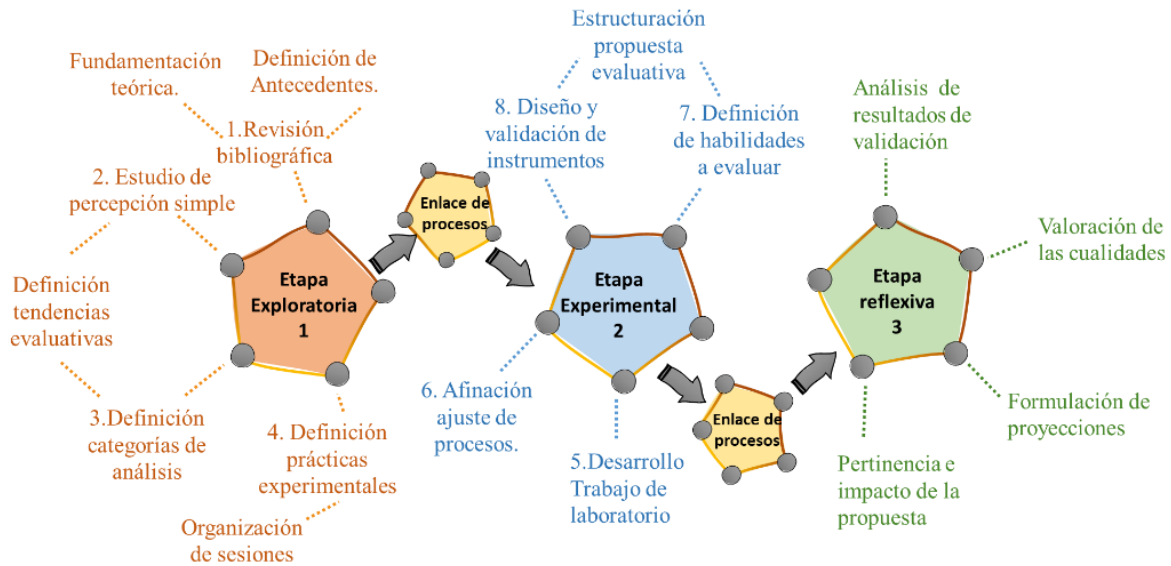


Figura 10. Etapas de la investigación. Creación propia.

4.3.CATEGORIAS DE ANALISIS DE LA INVESTIGACIÓN

Las categorías de análisis se orientan con base en los objetivos de esta investigación y nacen como una propuesta de análisis, reflexión y crítica del trabajo realizado, y se evalúan desde el entendido de *Evaluación* como proceso constante y permanente (Bogoya 2006), por lo que, se analiza el proceso de principio a fin en cada una de sus fases, se proponen tres categorías de análisis las cuales se explican a continuación.

4.3.1. La propuesta evaluativa como verdadera transformación.

Como primera medida es pertinente afirmar que sería muy fácil optar por una posición simplista y reduccionista en lo referente a la transformación de las practicas docentes, y decir que se refiere a un cambio de metodologías, o un reemplazo de una práctica por otra, sin embargo, no es el objetivo de esta investigación llegar a tal reduccionismo. Es por esto por lo que es necesario hacer una reflexión sobre qué tipo de transformación se propone y si realmente lo es. En tal sentido, sería una transformación en la medida que se pueda demostrar

un cambio de paradigma en el pensar y el actuar docente, específicamente para el caso de este trabajo, el pensar y actuar desde las prácticas evaluativas enfocadas al trabajo experimental propio del laboratorio.

4.3.2. La Cromatografía Líquida Clásica y HPLC como tópico fortalecedor de habilidades.

En ocasiones como docentes de ciencias de asignaturas teórico-prácticas se prefiere recurrir a prácticas ya preestablecidas, sencillas, fáciles de desarrollar, que impliquen el menor esfuerzo y tiempo posible, sin embargo no se hacen evidentes las oportunidades que ofrecen prácticas y temáticas más complejas, con materiales y procesos especializados, con equipos más robustos, con el uso de un mayor número de variables de análisis, que permitan tener material de enseñanza, de evaluación, de discusión y de comprensión, que sea fortalecedor de habilidades y proveedor de nuevos aprendizajes. En esta categoría se pretende evaluar esas oportunidades didácticas que ofrece la temática de cromatografía.

4.3.3. La resignificación del potencial didáctico del laboratorio.

¿En qué medida el potencial didáctico del laboratorio de ciencias puede ser demostrado mediante una propuesta evaluativa? Es una pregunta con la cual se construye esta categoría, que analiza la propuesta desde el punto de vista de resignificación del laboratorio como escenario propicio para: 1. Aprendizaje de conocimientos teóricos y prácticos, 2. Desarrollo y fortalecimiento de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales. 3. Oportunidad de autoevaluación docente, para la toma de decisiones para el ajuste modificación, reflexión y optimización de sus metodologías, desde su papel en un proceso de enseñanza.

5. CAPITULO V

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada una de las etapas establecidas para esta investigación: *Etapa exploratoria*, *Etapa Experimental* y *Etapa Reflexiva*, a partir de las tareas realizadas en cada una de ellas. Seguido a los resultados de cada etapa, se expone el análisis realizado desde las categorías definidas para esta investigación y en concordancia con los objetivos de la misma.

5.1. ETAPA EXPLORATORIA

5.1.1. Resultados

5.1.1.1. *Resultados exploración bibliográfica sobre las tendencias evaluativas en el laboratorio.*

La exploración bibliográfica sobre las tendencias evaluativas se dividió en tres grandes grupos: 1. *Enseñanza de la cromatografía HPLC*, 2. *Evaluación de las prácticas de laboratorio* y 3. *Evaluación asignaturas teórico-prácticas*. En ella se presentan las principales estrategias y metodologías evaluativas, adicionalmente se realizaron observaciones sobre las conclusiones de los autores en cuanto a aciertos, ventajas y desventajas de las estrategias. En la tabla siguiente se muestra un consolidado de los resultados obtenidos.

Tabla 1.

Tendencias en estrategias evaluativas según exploración bibliográfica.

GRUPO DE ANÁLISIS	Estrategias identificadas	Observaciones	Autores (uso o construcción) / contexto
EVALUACIÓN DE ASIGNATURAS TEÓRICO-PRÁCTICAS	Presentación de informes escritos	Dificultades: realizados por partes e individualmente, repetitivos, memorias de práctica. Se desvirtúa este tipo de evaluación.	Palomares, Montañés y Muñoz (2008) / Universitario-Ingenierías
	Pruebas Escritas	Ventajas en la evaluación de conceptos teóricos, pero no de habilidades procedimentales.	
	Ejercicio práctico de laboratorio	Permite evaluar, tanto sus habilidades procedimentales como los conocimientos que fundamentan la prueba.	
	Seguimiento en el laboratorio	Permite evaluar el trabajo continuo individual y grupal en el laboratorio, la preparación previa de las prácticas y la obtención de resultados al finalizarla.	Cadenato y Martínez (2004) / Universitario
	Examen práctico en el laboratorio	Ventajas en la evaluación de habilidades y destrezas procedimentales fortalecidas en el laboratorio	
	Examen escrito	Se evalúan los conocimientos teóricos adquiridos sobre los fundamentos de cada una de las técnicas	
	Presentación de un trabajo monográfico	Permite evaluar la capacidad de redactar resultados, no evalúa habilidades procedimentales, la evaluación es al final del proceso.	
	Presentación de un póster	Se evalúa tanto la capacidad investigativa como la	

creatividad. De forma global la evaluación es fragmentada.

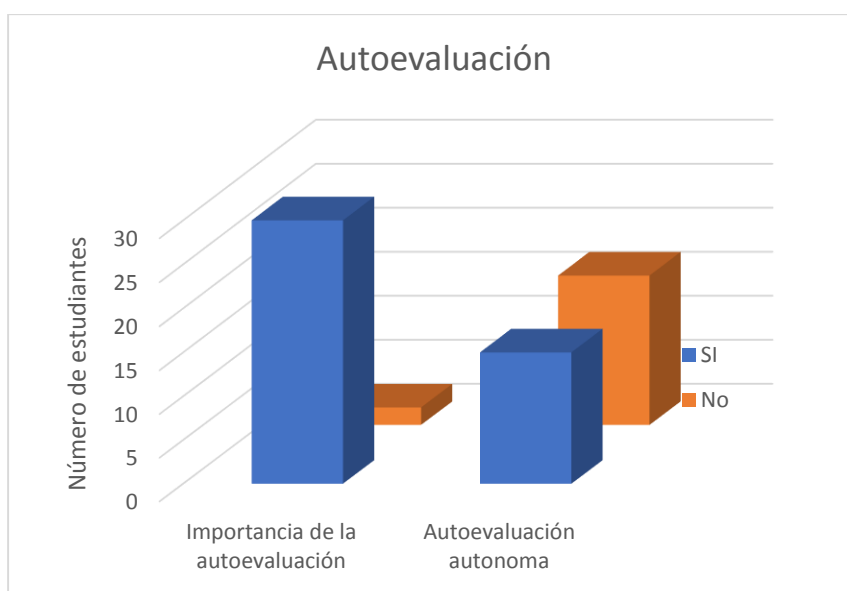
	Cuestionarios prelaboratorio	Aprovechamiento del tiempo de prácticas, una reducción de errores y una mayor motivación	Murray et al 2011/ universitario
	Prelaboratorio como: simuladores, videos y fotografías	Se observó una evolución positiva de la percepción que el alumno tiene de su formación en los laboratorios	Fernández, Mateos, Prieto, Santos y Velasco (2014), /universitario.
	Actualización protocolos y bancos de preguntas	Existe la necesidad de constante cambio, renovación y actualización de estrategias	
	Portafolios de Laboratorio	Se evalúa la capacidad de análisis y síntesis, la capacidad de trabajo en equipo, el esfuerzo por mejorar en el trabajo personal y la preocupación por la calidad	Ballesteros, Diaz, García y López (2011), /universitario.
	Glosario de términos		
	Test de resultados-habilidades	Se logran evaluar habilidades procedimentales sobre todo en asignaturas teórico-prácticas y no solo conocimientos teóricos conceptuales	Segura y Rubio (1995). /universitario.
EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Resolución de problemas en las prácticas de laboratorio, (PSL)	La posibilidad de formular el diseño experimental resolver problemas conociendo los equipos instrumentos y materiales, técnicas y teorías ya vistas en clase, refuerza habilidades de planificación, organización y ahorro de tiempo.	Harold Wilson (1987) /universitario.

	Laboratorios virtuales y tradicionales alternados	Ventajas, desarrollo de habilidades, favor del medio ambiente, desventajas en las actitudes afectivas por la química.	Enneking, Breitenstein, Coleman, Reeves, Wang, y Grove (2019),
	Uso de un simulador HPLC	Facilitador del desarrollo de habilidades en los estudiantes, pone a prueba la comprensión de la temática y la autonomía de los estudiantes. Complementa los procesos.	Ortiz Miranda, (2017)/universitario.
ENSEÑANZA DE LA CROMATOGRAFÍA HPLC	Análisis de cromatogramas	Se logra realizar procesos cognitivos y procedimentales para el aprendizaje de la química instrumental.	
	Resolución de situaciones problema.	Ventajas a nivel de motivación, y fortalecimiento de habilidades, desventajas protocolos preestablecidos.	Beussman (2007)/Universitario
	Análisis de diferentes sustancias.	Ventajas en el interés por participación, posibilidades de cambio, adaptación modificación y desarrollo de diseños experimentales.	Miranda et al (2016)/ Universitario.

5.1.1.2.Resultados Encuesta de Percepción a los estudiantes de Métodos de Análisis Químico I y II.

Los resultados obtenidos en la encuesta no se analizaron como preguntas de forma individual, sino como grupos de preguntas que relacionan un solo elemento a conocer. El

primer grupo de preguntas estaba relacionado con las metodologías que los estudiantes identifican como actividades de evaluación y cuáles de ellas consideran la mejor opción evaluativa, incluyendo su autoevaluación. En tal sentido, se encontró que la mayoría de estudiantes (30 de 32), encuentran importante los procesos de autoevaluación, pero solo 15 de ellos afirma que la realiza de forma autónoma (Gráfica 1), ya sea por falta de tiempo u otros factores personales o actitudinales, y que la estrategia más utilizada de evaluación es la entrega de informes, seguida por la evaluación escrita o quices, que las exposiciones y libretas de laboratorio ocupan el último lugar, y que no se implementan otras estrategias diferentes de evaluación.



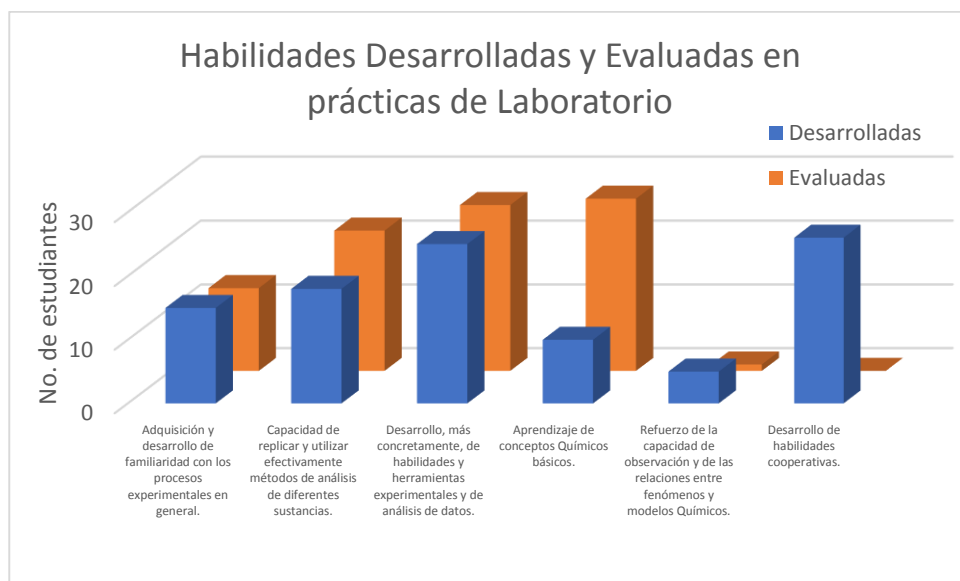
Gráfica 1. Percepción de la Autoevaluación en las prácticas de laboratorio

Por otra parte, los estudiantes perciben la *entrega de informes* como la mejor opción evaluativa y la *evaluación escrita o quices* como la peor (Gráfica 2), ya que consideran que no evalúa eficientemente sus habilidades y no abarca todos los conocimientos que implica desarrollar la práctica.



Gráfica 2. Percepción de los estudiantes cómo Mejor método evaluativo de las prácticas de laboratorio.

Analizando el siguiente aspecto de la encuesta que es la relación entre habilidades desarrolladas y habilidades evaluadas durante las prácticas de laboratorio, se encontró que la habilidad que consideran los estudiantes más desarrollada y evaluada simultáneamente es la habilidad experimental y análisis de datos, otras habilidades consideradas como desarrolladas son: la de familiaridad con los procesos y herramientas experimentales, y la capacidad de replicar y utilizar efectivamente los métodos de análisis, sin embargo, piensan que son muy poco evaluadas en el proceso (Gráfica 3). En contraste con lo anterior, manifiestan que el aprendizaje de conceptos químicos es muy poco desarrollado en las prácticas de laboratorio, aun así, declaran que es uno de los aprendizajes más evaluados, por último, se encontró que la mayoría de los estudiantes considera que las prácticas de laboratorio desarrollan habilidades cooperativas, pero que no son evaluadas en ningún caso.



Gráfica 3. Percepción de los estudiantes sobre las habilidades desarrolladas y evaluadas en las prácticas de laboratorio.

El último ítem a analizar tenía que ver con el porcentaje en nota o valor que se le asigna al trabajo realizado en el laboratorio, en el que se preguntó a los estudiantes cuál era el porcentaje que generalmente se le daba al trabajo del laboratorio y se encontró que oscila entre el 10 y 30% de la nota final de la asignatura. 13 de los 32 estudiantes no consideran justo este valor y no consideran justa la evaluación de las prácticas en general, por dos principales razones, la primera consideran que el trabajo práctico es bastante y debe tener mayor porcentaje, la segunda considera que el porcentaje se asigna netamente al documento entregado como informe y no como tal al trabajo realizado durante la práctica, dejando atrás la evaluación por ejemplo del trabajo cooperativo, finalmente 20 de 32 estudiantes subiría el porcentaje del trabajo práctico entre 40 y 50% de la nota final.

5.1.1.3. *Resultados observación sistemática de una práctica de laboratorio con estudiantes de Métodos de Análisis Químico I y II.*

Cabe explicar que una vez diligenciada la encuesta de percepciones sobre evaluación

del laboratorio en dos grupos piloto, los estudiantes ingresaron a una de sus prácticas habituales del espacio académico respectivo.

En forma paralela, la investigadora procedió a efectuar una observación sistemática de la metodología de trabajo en las practicas observadas; a continuación, se exponen las apreciaciones descritas en forma genérica.

Durante la observación de las prácticas de laboratorio se encontró lo siguiente: En términos de la participación activa y autónoma de los estudiantes, se observó que la mayoría de ellos se repartía tareas dentro de cada grupo de trabajo, por lo que cada estudiante realizaba solo una parte del trabajo, siendo el caso tal que en muchas ocasiones, los datos obtenidos en el proceso los tomó solo un estudiante y los demás miembros no lo observaban, sino hasta el final de la práctica o quizás en la construcción del informe.

El segundo aspecto se refiere al uso de equipos, para estas dos asignaturas se utilizaron el equipo de análisis Digestor Kjeldahl (en Métodos I) y el Espectrofotómetro UV-Vis (en Métodos II); en ambos casos se observó que fue solo un grupo o un solo estudiante quien manejaba el equipo en compañía del personal del laboratorio y del profesor, en forma tal que solo un grupo de estudiantes observaba el manejo del equipo (aproximadamente la mitad del grupo) y el resto se encuentra en otra zona realizando tareas adicionales de la práctica.

El tercer aspecto, acerca del conocimiento previo de la práctica que tienen los estudiantes, se observó que cada grupo poseía una guía de la práctica, en la que se especificaba paso a paso lo que se debía realizar, a pesar de esto se observó que varios de los estudiantes no tenían muy claro el proceso y lo que debían hacer, ya que realizaban preguntas constantemente al profesor y a sus compañeros sobre este aspecto, también se observó que los estudiantes debían realizar cálculos con el propósito de preparar soluciones, los cuales no

tenían claros.

El siguiente aspecto es sobre el uso de reactivos y materiales de laboratorio, para el que se observó que, en cuanto al uso de reactivos, la mayoría de ellos tenía claro qué sustancias deben utilizar y en qué momentos, pero algunos no las utilizaban en forma adecuada, teniendo en cuenta su riesgo y peligrosidad, por lo que no atendían las normas de seguridad establecidas. Por otra parte, en cuanto al uso de materiales, se observó que conocían y manejaban adecuadamente los materiales, excepto por la rigurosidad en cuanto a buenas prácticas de laboratorio, por ejemplo, el uso de campanas de extracción o la purga del material, para evitar contaminar los reactivos con otras sustancias.

5.1.2. Elementos de Análisis.

Respecto a la exploración bibliográfica cabe resaltar los aspectos más relevantes en cada una de las categorías. Para la primer categoría *Evaluación de asignaturas teórico-prácticas* se observa el uso de prácticas evaluativas tradicionales como lo son los test, pruebas o exámenes ya sean escritos o prácticos, en las que la principal ventaja es evaluar la adquisición de algunos conceptos y la aplicación de técnicas, sin embargo la evaluación de habilidades queda un poco de lado; otra de las practicas evaluativas suelen ser los portafolios o cuadernos de laboratorio, en los que los estudiantes registran sus actividades, lo que en esencia constituye una estrategia asertiva en la medida en que se realice una revisión constante durante todo el proceso de principio a fin, con el fin de observar los avances y progresos de los estudiantes, para la toma de decisiones y cambios en las metodologías.

Por otro lado, en cuanto a estrategias innovadoras se observa el uso de simuladores, videos o fotografías, que, si bien son estrategias favorables en la motivación de estudiantes, suelen tener inconvenientes en la evaluación de habilidades y el desarrollo de habilidades procedimentales y cognitivas. En contraste con los resultados obtenidos en la encuesta de percepción en estudiantes de ciencias en el contexto universitario, se puede afirmar que el uso de estrategias tradicionales como pruebas o test es desfavorable para ellos y la perciben como insuficiente para evaluar sus habilidades.

En la segunda categoría *Evaluación de las prácticas de Laboratorio* se encontraron dos estrategias principales, resolución de problemas de laboratorio e implementación de prácticas de laboratorio virtuales alternadas con las tradicionales; en tal sentido, la resolución de problemas se plantea como una excelente oportunidad de reforzar habilidades en cuanto a diseños experimentales o resolver situaciones, conociendo los equipos e instrumentos y materiales, técnicas y teorías, refuerza habilidades de planificación, organización y ahorro de tiempo, por otro lado, los laboratorios virtuales se han convertido en un intento por minimizar el impacto ambiental que generan las prácticas de laboratorio tradicionales, esto con el fin de favorecer el papel que cumple el laboratorio en los procesos de enseñanza de la ciencias, sin embargo se observa insuficiente en lo referente a las actitudes afectivas por la química tal como lo afirman Enneking *et al.* (2019).

Finalmente en la categoría *Enseñanza de la cromatografía HPLC*, son pocas las

investigaciones realizadas en el ámbito de la evaluación en las que se utilicen estrategias innovadoras o diferentes a las tradicionales ya mencionadas como los informes de laboratorio, sin embargo cabe destacar algunos trabajos de enseñanza de esta técnica para los que se utilizan estrategias como: uso de simuladores HPLC, que se convierten en facilitadores del proceso en cuanto exista carencia en la adquisición o acceso a los equipos, siendo un buen complemento en el proceso de enseñanza; por su parte el análisis de cromatogramas, es una estrategia que fortalecería solo una parte de la temática de la cromatografía HPLC y sería la parte final del proceso, sin embargo fortalece habilidades a nivel cognitivo como interpretación, contraste de variables, análisis y habilidad matemática.

Por otro lado, la implementación de situaciones problema que llamen la atención de los estudiantes y generen interés por resolverlos se constituyen en un medio motivacional, que da cuenta del potencial de la temática, ya que permite al docente crear situaciones simuladas, por ejemplo, una *investigación forense*, en la que los estudiantes participan de forma activa y en tal sentido, se favorecen los procesos de aprendizaje. Por último, el análisis de sustancias diferentes a las comunes o clásicas en la cromatografía HPLC puede ser la oportunidad de desarrollar habilidades de diseño de protocolos, validación y adaptación de técnicas y puede estructurar o crear espacios que permitan el estudio de nuevas sustancias e incursionar en una investigación de innovación.

En cuanto la observación de la práctica, la investigadora considera que se debe hacer

de forma exhaustiva y determinar de forma intencionada en términos de los aspectos a analizar, en la medida que los estudiantes necesitan una mayor instrucción en cuanto al uso de equipos y materiales de laboratorio, que les permitan adquirir habilidades para el trabajo en análisis instrumental.

Los estudiantes en su mayoría conocen el trabajo a realizar en la práctica con anterioridad, lo que les permite mayor confiabilidad, seguridad, dominio y agilidad, en la que es conveniente el fomento del trabajo cooperativo, que puede ser reestructurado de tal forma que todos los miembros de cada grupo desarrollen todas las habilidades y construyan diferentes conocimientos.

A pesar de que los estudiantes consideran como la mejor opción evaluativa la entrega de informes de laboratorio, al final no están completamente satisfechos con la estrategia ya que encuentran falencias en cuanto al objetivo de la evaluación que puede incluir el identificar o desarrollar diferentes habilidades. En tal sentido, es evidente que las estrategias empleadas en las prácticas de rutina no implementan metodologías diferentes a las tradicionales, lo cual sugiere abrir la puerta a proponer nuevas estrategias evaluativas.

Los estudiantes están de acuerdo con que las prácticas de laboratorio desarrollan y favorecen ciertas habilidades, sin embargo, en varias ocasiones estas habilidades no son evaluadas, por el contrario, algunas veces en la entrega de informes se evalúan conocimientos que generalmente no se desarrollan durante las prácticas de laboratorio.

Se hace imperativo incluir el proceso evaluativo en las prácticas de laboratorio, que tenga en cuenta una observación sistemática e intencionada del trabajo experimental y de las habilidades que le son connaturales. En tal sentido, la práctica de laboratorio debe constituirse como un escenario de trabajo autónomo, en la que el estudiante fortalezca su conocimiento y desarrolle habilidades que no sean solo de manipulación, sino que incluyan

procesos cognitivos de alto orden.

Por otra parte, conviene analizar los resultados desde la categoría de análisis: *La propuesta evaluativa como verdadera transformación*; en tal sentido, según la revisión bibliográfica se pudo observar que las tendencias evaluativas obedecen a algunas estrategias tradicionales como: evaluaciones escritas, evaluaciones prácticas y presentación de informes, que muchas veces funcionan para evaluar conocimientos teóricos, pero dejan un poco atrás la evaluación de habilidades procedimentales, como el manejo de equipos y materiales de laboratorio o actitudinales, como el trabajo en equipo, cooperación y organización; por otro lado, algunas tendencias son parte de estrategias de innovación como: el uso de simuladores, portafolios o resolución de problemas, en tal sentido, se infiere que en la mayoría de los casos los procesos evaluativos son fragmentados o se realizan al final de las intervenciones educativas o del trabajo práctico.

En consecuencia con lo anteriormente descrito y teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, es imperativo formular estrategias de evaluación que superen los procesos fragmentados o actos finales, para realizar sistemas evaluativos continuos de principio a fin durante el desarrollo de una intervención educativa; por otra parte, es necesario también idear metodologías evaluativas que permitan dar cuenta de todos los progresos del estudiante desde los ámbitos propicios para su formación integral, que puedan incluir el desarrollo de habilidades de tipo cognitivo, procedimental y actitudinal, y así mismo, poder modificar y proponer metodologías que permitan al profesor observar de forma sistemática el comportamiento de los estudiantes, desde su toma de decisiones, pasando por su forma de comunicación, o la realización de tareas, como por ejemplo metodologías por *estaciones de trabajo*, que implican la alternancia y rotación de los grupos de trabajo dependiendo de las tareas a realizar durante la práctica.

En este sentido y con base en lo anteriormente argumentado, la propuesta que se estructuró en esta investigación propone una transformación desde estos dos puntos recién explicados, como intento de cambio de paradigma en el pensar y quehacer docente, en forma tal que pueda ser considerada una estrategia pertinente en el ámbito de la evaluación desde la didáctica de la química, estructurada para representar una transformación en las tendencias ya desgastadas de la evaluación en las prácticas de laboratorio.

5.2.ETAPA EXPERIMENTAL

5.2.1. Puesta a punto de sesiones experimentales

Las sesiones experimentales se diseñaron y ensayaron con el fin de afinar los métodos, definir las habilidades procedimentales y cognitivas que serán evaluadas, y proponer material didáctico, se ensayaron las prácticas de: cromatografía clásica (cromatografía líquida en capa fina (ascendente, bidimensional, radial) y cromatografía en columna) y cromatografía instrumental (HPLC).

5.2.1.1. *Cromatografía clásica:*

Se diseñó una práctica experimental enfocada en muestras problema, construidas a partir de la mezcla de diferentes colorantes a ser separadas y analizadas desde la cromatografía en capa fina para determinar diferentes variables como: preparación de placas, tiempo de corrida, método de aplicación o siembra de la muestra, fases móviles óptimas, entre otros, luego de ello, con base en los resultados, determinar los procedimientos analíticos pertinentes para cromatografía en columna, según el tiempo que tomo esta práctica se decide estructurarla en dos sesiones.

Para la elaboración de las muestras problema y patrones de analitos, se utiliza la

matriz descrita en la Tabla 2. se prepararon 7 soluciones STOCKS cada uno a 15000 ppm, para tal propósito, se pesaron 375mg de cada colorante, se disolvieron en agua y se aforaron a un volumen de 25 mL. A partir de ellos se preparan 7 soluciones patrón cada una 1500 ppm, para ello se tomaron 5mL de cada Stock y se aforó a un volumen de 50,0 mL, finalmente se prepararon 4 mezclas, 3 con cuatro colorantes y una mezcla problema con cinco. Cada mezcla se preparó tomando 5,0 mL de cada stock correspondiente y finalmente se aforó a un volumen de 50,0 mL, esto con el objetivo de obtener la misma concentración en la mezcla y en los patrones a sembrar.

Tabla 2.

Mezclas problema analisis cromatografico capa fina.

Analitos	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
Rojo 3		X	X	
Rojo5	X			X
Rojo 6		X	X	X
Rojo 40	X	X		X
Amarillo 5	X		X	
Amarillo 6		X		X
Azul 1	X		X	X

En la tabla 2 se muestra cada mezcla problema con sus respectivos colorantes Fuente:

Bitácora de práctica.

Para la elaboración de fases móviles, se utilizaron diferentes soluciones de sales y otros solventes, se prepararon 6 fases móviles, una para cada cámara, que se rotularon como F, G, H, I, J y K, (Tabla 3) estas fases fueron escogidas de acuerdo con la revisión bibliográfica: <cromatografía en capa fina, de Kurt Randerath (1984)> y cromatografía <revisión de sus principios y aplicaciones de Edgar y Michael Lederer (1960)> y también el

<Manual de Prácticas de Laboratorio de Química Analítica de la Universidad Autónoma Metropolitana en México>. Las fases móviles recomendadas según la bibliografía para los colorantes se describen en la siguiente tabla, siendo pertinente aclarar que se hizo una modificación, ya que el fenol al 80 % m/v cuyo límite de solubilidad es del 8,6 %, por lo que la solución se realizó según la temperatura reportada, dejándola a una concentración del 4% m/v.

Tabla 3.

Preparación de fases móviles análisis cromatográfico capa fina.

FASE MÓVIL	DESCRIPCIÓN
F	(4+1) <2,5 % m/v citrato de sodio, amoniaco>
G	(6+1+3) <propanol, acetato de etilo, agua>
H	(50+12+38) <ter-butanol, ácido propiónico, cloruro de potasio 0,4 %>
I	(1+1) <etanol al 25 % v/v, amoniaco 5 % v/v>
J	Fenol 4 % m/v
K	(40+25+40) <fenol, etanol, agua>
A	30 g de silica gel H + 65-70mL agua

La tabla 3 muestra proporciones y concentraciones (Randerath 1984 y Lederer y Lederer 1960)

Las muestras y las fases móviles se utilizaron para cada modalidad de cromatografía, en la que se establecieron parámetros cromatográficos y algunas técnicas propias del método, siendo pertinente destacar que la puesta a punto del ensayo experimental sirvió como herramienta para el desarrollo de videos para ser usados como material didáctico durante la intervención con los estudiantes, en los que se exponen y explican paso a paso los diferentes procedimientos, desde el fundamento teórico del método, esto con el fin de diseñar y

desarrollar un proceso transitorio entre la cromatografía clásica y la instrumental.

Posterior a la sesión experimental de la investigadora, se identificaron algunas recomendaciones, técnicas, aciertos y dificultades, descritas a continuación.

5.2.1.1.1. *Cromatografía líquida en capa fina, ascendente, bidimensional, radial.*

Preparación de las placas y cámaras: con el objetivo de optimizar el uso de reactivos, se deben realizar ensayos cromatográficos a pequeña escala, para los cuales deben ser adaptados los materiales en tamaño y cantidad, para tal propósito, fue necesario implementar recipientes pequeños que cumplen el papel de cámaras cromatográficas. Las placas de cromatografía capa delgada se cortaron de acuerdo con la medida de las cámaras. Una vez estén cortadas las placas, debe realizarse el proceso de activación en estufa, la cual debe estar a 110 C°; en ella se colocan las placas dentro de la estufa y se dejaron secar durante una hora.

Aplicación de la muestra. Se realizó por contacto entre la placa y un tubo capilar que contiene la muestra en disolución, a 1 o 2 cm del extremo inferior, en la modalidad ascendente. Para la modalidad bidimensional la muestra se aplica de forma normal y se desarrolla según la dirección 1 en contacto con un disolvente determinado; a continuación, se espera a que se seque y se eluye con un segundo disolvente en la dirección 2. La aplicación de la muestra deberá hacerse con sumo cuidado, al objeto de no perturbar la capa de adsorbente. En la forma radial, la muestra se aplica en el centro de la placa, A medida que se desarrolla el cromatograma, se van formando una serie de círculos (Figura 21).

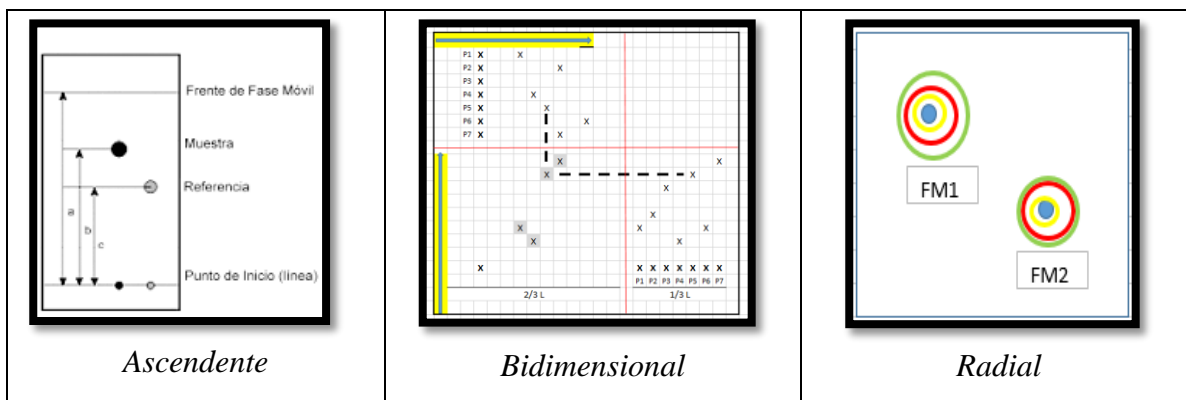


Figura 22. Aplicación de la muestra en cromatografía capa fina.

5.2.1.1.2. Cromatografía en columna.

Se llevó a cabo en columna de vidrio cuyas dimensiones son de 20 cm de longitud y de 2 cm de diámetro para el tubo; además, se preparó el relleno de la columna basado en la literatura revisada según la Tabla 3. a partir 30 gramos de silica gel, y 65mL de agua destilada, se recomienda probar otras proporciones y determinar las adecuadas para el método según los tiempos de elución, en forma tal que se corrieron las muestras problema con el disolvente de mejor resultado durante la cromatografía de capa fina.

5.2.1.2. Cromatografía instrumental Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

Para la puesta a punto del análisis experimental en cromatografía HPLC, se implementó la metodología propuesta por Fajara 2017, por su similitud con el equipo y las condiciones necesarias para la cromatografía, no obstante, se realizaron algunas modificaciones para adaptar el método con el grupo de trabajo a intervenir, el tiempo y las condiciones del equipo.

El analito estudiado fue la cafeína, un alcaloide de origen vegetal presente en diferentes plantas, el cual es agregado a productos de consumo masivo, como gaseosas, bebidas energizantes, refrescos o analgésicos, es por esto por lo que las muestra a analizar

corresponden a diferentes marcas de estos productos, inicialmente se analizan tres muestras de bebidas: una gaseosa (A) y dos energizantes (B y C). Es de resaltar que durante la implementación de esta propuesta las muestras y las marcas de estas pueden variar, por tanto, los resultados obtenidos también.

5.2.1.2.1. Condiciones cromatográficas.

Equipo: Cromatógrafo Shimadzu serie 10VP con software ez-start, la fase estacionaria consistió en una columna ODS fase inversa 150mm Detector en 278nm de longitud de onda. El caudal fue de 1mL/min, con inyección de 20 µL de muestra determinado por el inyector en el equipo, la fase móvil fue metanol-agua (95-5), para la que la proporción de los solventes se determinó después de ensayos previos.

5.2.1.2.2. Tratamiento de la muestra.

Se tomaron 5 mL de cada muestra (A, B y C) se realizó una extracción con cloroformo, en embudo de separación la cual se repitió 4 veces con porciones de 25 mL, posteriormente se evaporó completamente el solvente por rota-evaporación y el extracto obtenido se disolvió con etanol hasta 10 mL.

5.2.1.2.3. Análisis cualitativo.

Se realizó una lectura de una solución estándar de 60 ppm de cafeína en etanol, para determinar el tiempo de retención y así obtener un cromatograma en el que se observara el pico representativo del analito, luego se realizan lecturas de las muestras obteniendo un cromatograma específico para cada una, posteriormente se realizó una comparación de cromatogramas e identificación del pico correspondiente al analito.

5.2.1.2.4. Análisis cuantitativo:

Se prepararon 25 mL de una solución stock de 500 ppm de cafeína, a partir de la cual

se prepararon patrones de 40, 80, 120, 160 ppm de cafeína, aforando con etanol absoluto hasta 10mL. Se inyectaron y se corrieron los patrones y las muestras en equipo a las condiciones determinadas, se realizó una curva de calibración, se realiza una regresión lineal a partir de la concentración de cafeína (ppm) vs el área bajo la curva (AUC), y así se determinó el contenido de cafeína de cada muestra a partir de la ecuación de la recta $y = bx + a$, se evaluó la linealidad a partir del valor de r^2 .

5.2.1.2.5. Resultados cromatogramas.

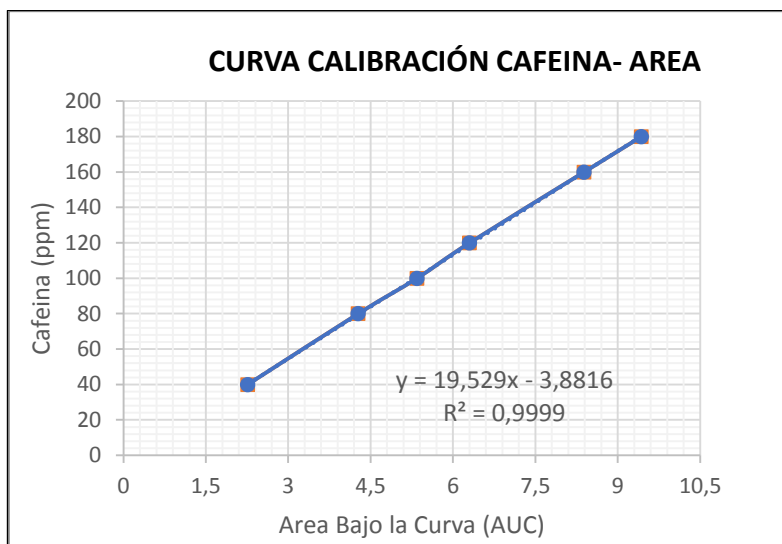
A continuación, se presentan los resultados de área bajo la curva respecto a cada patrón de cafeína (Tabla 4), se realizaron cuatro inyecciones por cada patrón y se realizó el promedio de cada uno el cual se realiza una regresión lineal que se (Gráfica 4), determinando r^2 y ecuación de la curva con la cual se determina la concentración de los analitos en cada muestra.

Tabla 4. Datos curva de calibración cafeína, análisis cromatográfico HPLC.

Concentración Cafeína (ppm)	(AUC1)	(AUC2)	(AUC3)	(AUC4)	(AUC) promedio	DESVES T
40	2,21310	2,291899	2,30438	2,24327	2,263166	0,04
	5		5	7		
80	4,28712	4,308140	4,25829	4,24769	4,275314	0,03
	5		9	2		
100	5,32693	5,347033	5,34703	5,34703	5,347033	0,01
	1		3	3		
120	6,29129	6,266951	6,31939	6,33709	6,303683	0,03
	3		8	9		

160	8,41039	8,363180	8,38698	8,40102	8,390395	0,02
	5		1	5		
180	9,43298	9,421197	9,42965	9,44879	9,433157	0,01
	5		2	2		

La tabla 4 muestra los datos obtenidos respecto al área bajo la curva de cada patrón de cafeína.



Gráfica 4. Curva de calibración Cafeína

A partir de la ecuación de la curva se calcula la concentración de las muestras, según el área obtenida para cada muestra, de la siguiente forma:

$y = 19,529x - 3,8816$, en la que Y es la concentración de cafeína y X el área bajo la curva del cromatograma.

$$Y = 19,529 * (2,682151) - 3,8816$$

$$Y = 48,4981 \text{ ppm}$$

Se obtienen los siguientes resultados,

Tabla 5.

Concentración de cafeína en las muestras análisis cromatográfico HPLC.

Muestra	(AUC)	Concentración	Concentración Cafeína
---------	-------	---------------	-----------------------

		Cafeína (ppm)	(Teórica) (ppm)
A	2,682151	48,4981	96
B	4,196562	78,0731	190
C	4,261352	79,3383	160

En la tabla 5. Se presentan las concentraciones experimentales en contraste con las teóricas o reportadas por las marcas de las muestras.

5.2.2. Elementos de Análisis. Etapa Experimental.

A partir de la puesta a punto de las prácticas experimentales, se logró determinar y afinar algunas variables para la estructura final de la propuesta evaluativa como lo son: *1. fases de implementación*: en el sentido de identificar qué momentos son de planificación, cuáles de realización y análisis y qué otros pueden ser más bien de aplicación para organizarlos en una estructura lógica; *2. Sesiones y tiempos*: en la medida del tipo consumido en la puesta a punto y teniendo en cuenta los tiempos establecidos para este tipo de asignaturas en el currículo; *3. Espacios*: evaluando las condiciones necesarias para ser desarrolladas, dependiendo del proceso, el tipo de población y la cantidad de estudiantes; *4. Materiales, Equipos y técnicas*: como herramientas básicas para llevar a cabo las prácticas; todo esto a partir del ensayo de protocolos y técnicas validadas, pero que son susceptibles de modificación y adaptación, dependiendo del contexto en el que se desean desarrollar.

Por otro lado, la puesta a punto contribuyó a la construcción de instrumentos de recolección de información, tales como el test de Ideas iniciales o el formato de evaluación práctica, e instrumentos de orientación didáctica y disciplinar, en cuanto a metodologías de trabajo y tópicos de enseñanza, esto a partir de la identificación de destrezas, habilidades, conceptos prácticos y teóricos, necesarios para llevar a cabo las prácticas de laboratorio predeterminadas.

Además de lo anterior descrito, el ensayo de prácticas permitió determinar los tópicos y aspectos disciplinares a evaluar dentro de la temática de cromatografía líquida como lo son: el diseño experimental, los procesos de análisis y cuantificación, los análisis cualitativos, el análisis de gráficas y cromatogramas, manipulación de variables, tipos de técnicas y su correcta o aplicación, entre otros. Del mismo modo, la etapa de experimentación aportó a la investigadora las bases para diseñar una metodología del trabajo práctico innovadora como lo es el trabajo por *estaciones de trabajo* con tareas determinadas.

Con base en lo anteriormente argumentado se sostiene que la propuesta estructurada en esta investigación es un ejemplo de aplicación respecto a los tópicos de enseñanza en relación con las prácticas de laboratorio; en este sentido, *la Cromatografía Líquida Clásica y HPLC* se presentan como ejemplo de *tópico fortalecedor de habilidades*, en la medida que se hacen evidentes las oportunidades que ofrece este tipo de prácticas y temáticas más complejas, con materiales y procesos especializados, con equipos más robustos y con el uso de un mayor número de variables de análisis, que permiten al docente construir nuevas metodologías para fortalecer su labor y en alguna medida, su autoformación.

5.3. ETAPA REFLEXIVA

5.3.1. Resultados validación aparente instrumentos de la propuesta de evaluación.

En primer lugar, se exponen los resultados obtenidos del proceso de validación aparente de los instrumentos de la propuesta de evaluación, el cual fue realizado por dos profesionales licenciados en química, los cuales diligenciaron el formato de validación. A continuación, se exponen las observaciones realizadas por parte de los evaluadores en cada uno de los instrumentos evaluados.

5.3.1.1. Validación Pretest Ideas iniciales.

El primer evaluador (Evaluador 1), (ver perfil anexo 10), emitió un concepto según el formato de validación en cuanto a coherencia/redacción, pertinencia, organización y contenido, del cual se obtuvieron los siguientes valores para cada criterio y afirmación:

Tabla 6. *Puntaje de validación instrumento (evaluador 1). Pretest Ideas iniciales.*

CRITERIOS	AFIRMACIONES	PRETEST Ideas iniciales
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.	4
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.	5
PERTINECIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.	4
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación	5
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación	5
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente	5
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar	5
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica	5

Respecto a la evaluación por criterios se observa que el puntaje fue sobresaliente, se obtuvieron 5 puntos en 6 de los ocho ítems y 4 puntos en dos ítems, para un total de 38 sobre 40 puntos, estos resultados aportan resultados favorables para el instrumento, cabiendo resaltar, que se debió revisar y mejorar *la correlación lógica entre enunciados y respuestas*, así como, *la información necesaria de los ítems para lograr el objetivo*, en este sentido, se realizó un ajuste en estos aspectos para el instrumento final.

Además de la puntuación por cada criterio, se obtuvo una serie de observaciones a nivel global del instrumento; en tal sentido, el evaluador afirmó lo siguiente:

“Es importante contextualizar al estudiante con preguntas previas relacionadas con conceptos estructurantes como por ejemplo qué entiende el participante de la investigación por análisis químico y análisis instrumental.... Considero que la cromatografía es una técnica de separación de mezclas y no un método, puesto que es como tal, el principio en el que se basan diferentes métodos analíticos. En las preguntas dos y tres se afirma que la cromatografía es un método... En la pregunta siete cambiaría “haga un diseño metodológico para describir el proceso que puede ocurrir, su uso y aplicación”. Por: proponga una estrategia (entendida como conjunto de actividades) para describir el proceso que ocurre e identificar algunas aplicaciones en el campo de la química analítica; ya que un diseño metodológico es demasiado complejo para elaborarlo en este instrumento.”

Respecto a las observaciones del evaluador se hicieron los ajustes pertinentes de acuerdo con la bibliografía consultada, en cuanto al lenguaje de algunos ítems del instrumento.

El siguiente evaluador, (Evaluador 2) (ver perfil anexo 9), emitió un concepto según el formato de validación en cuanto a coherencia/redacción, pertinencia, organización y contenido, del cual se obtuvieron los siguientes valores para cada criterio y afirmación:

Tabla 7.

Puntaje de validación instrumento (evaluador 2). Pretest Ideas iniciales.

CRITERIOS	AFIRMACIONES	PRETEST Ideas iniciales
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.	5
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.	5
PERTINECIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.	4

	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación	4
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación	4
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente	3
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar	5
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica	4

Respecto a la evaluación por criterios se observa que el puntaje fue sobresaliente, se obtuvieron 5 puntos en 3 ítems, 4 puntos en 4 ítems, y 3 puntos en solo 1 ítem para un total de 34 sobre 40 puntos, estos resultados se consideran favorables para el instrumento, cabiendo destacar que se hizo una revisión del orden en diagramas, tablas e imágenes en el instrumento. En concordancia con el *evaluador 1* se debió ajustar el instrumento en cuanto a *la información necesaria de los ítems para lograr el objetivo*, para el instrumento final.

Además de la puntuación, por cada criterio, se obtuvo una serie de observaciones a nivel global del instrumento, en las que el evaluador realizó una observación puntual para el ítem número 3 del instrumento, la cual afirma lo siguiente: *“Se sugiere que se incluya una pregunta que pueda dar cuenta del concepto de cromatografía a nivel general y que pueda complementar la información que se recoge en la pregunta tres y así poder analizar cuál es el concepto que los estudiantes tienen de esta técnica analítica...”* En el sentido de esta observación se diseñó una pregunta en el instrumento en la que se contextualiza al estudiante sobre la técnica de cromatografía a modo comprensión de lectura y posteriormente se realizó la pregunta cerrada sobre la técnica.

El evaluador realizó una observación específica para el ítem número 5 del instrumento la cual se enuncia a continuación: *“Ojalá se pudiera ampliar el esquema, es interesante la organización, pero las pistas que se sugieren no son suficientes para que el estudiante pueda*

correlacionar conceptos, de pronto incluir conceptos como: disposición (columna o superficie), fase móvil y estacionaria usadas (Líquida, gas, sólida), en líquida por ejemplo incluir plana y ellos podrían analizar que en planar o plana iría la cromatografía en capa fina y papel como está dispuesto en el esquema.” En virtud a esta observación, el esquema propuesto se modificó en cuanto al uso de conectores y pistas para su desarrollo.

En cuanto al orden de imágenes y diagramas del instrumento, el evaluador afirmó lo siguiente: *Sería interesante que, en el orden de esquemas, el de cromatografía en capa fina y papel se visualizaran de primeras, para evitar impactos en los estudiantes, lo que puede llevar a que dejen información a medias.* Se hizo una reflexión en cuanto al orden de las imágenes y se dispusieron en concordancia con el orden de sesiones y el desarrollo de prácticas de la propuesta.

En el último ítem del instrumento, el evaluador realizó la siguiente observación: *“Interesante que puedan identificar también si es líquida, o gases, si de pronto conocen tipos de columnas, y las funciones que tiene cada componente del esquema... Adicional al diseño metodológico, los estudiantes podrían construir una representación molecular del proceso experimental, lo cual puede suministrarte mejor información en caso de llevar a cabo la aplicación del instrumento.”* Con base en esta observación, el esquema presentado en este ítem fue modificado, poniendo algunas de las funciones de los componentes del sistema, así como la dirección de progreso del proceso allí representado.

5.3.1.2. Validación formato de evaluación de prácticas.

El Evaluador 1 emitió un concepto según el formato de validación en cuanto a coherencia/redacción, pertinencia, organización y contenido, del cual se obtuvieron los siguientes valores para cada criterio y afirmación:

Tabla 8.

Puntaje de validación instrumento (evaluador 1). Formato de evaluación práctica.

CRITERIOS	AFIRMACIONES	FORMATO DE EVALUACIÓN PRÁCTICA
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.	No aplica
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.	No aplica
PERTINECIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.	5
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación	5
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación	4
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente	No aplica
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar	No aplica
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica	No aplica

Respecto a la evaluación por criterios se observa que el puntaje obtenido se vio aplicado solo a tres de los ocho criterios, ya que el evaluador consideró que el *formato de evaluación práctica* no era susceptible de evaluación en estos aspectos, con lo que se logró una valoración de 5 puntos en las afirmaciones de pertinencia respecto al instrumento evaluado, lo cual es favorable según sus objetivos.

Además de la puntuación, por cada criterio, se obtuvieron observaciones a nivel global del instrumento, para las que el evaluador afirma lo siguiente:

“El instrumento plantea una serie de indicadores, que permiten evaluar determinadas habilidades o actitudes necesarias para el buen desarrollo de cada una de las fases del proceso. En este sentido, se deberían definir estos indicadores, estableciendo lo

que se desea medir con cada uno de ellos... Algunos indicadores tales como trabajo dinámico, disposición y participación y trabajo cooperativo. Entre otros, deberían tenerse en cuenta no solo en una fase, ya que evalúan habilidades o actitudes que son útiles y necesarias a lo largo de todo el proceso... Es necesario revisar las condiciones establecidas para el nivel básico, toda vez que, al desarrollar una actividad de laboratorio de manera incorrecta, un estudiante no puede alcanzar medianamente los objetivos propuestos para dicha actividad.” Es de aclarar que las habilidades propuestas en este instrumento están dispuestas en diferentes fases, sin embargo, pueden ser observadas y evaluadas en cualquier momento del proceso, lo que dependerá del evaluador y sus consideraciones.

El Evaluador 2 emitió un concepto según el formato de validación en cuanto a coherencia/redacción, pertinencia, organización y contenido, del cual se obtuvieron los siguientes valores para cada criterio y afirmación:

Tabla 9. Puntaje de validación instrumento (evaluador 2). Formato de evaluación práctica.

CRITERIOS	AFIRMACIONES	FORMATO DE EVALUACIÓN PRÁCTICA
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.	4
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.	3
PERTINECIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.	4
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación	5
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación	5
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente	4
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar	5
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica	4

Respecto a la evaluación por criterios se observa que el puntaje fue sobresaliente, en el que se obtuvieron: 5 puntos en 3 ítems, 4 puntos en 4 ítems, y 3 puntos en solo 1 ítem para un total de 34 sobre 40 puntos, estos resultados se consideran favorables para el instrumento, cabe resaltar, que se hizo una revisión del *lenguaje y semántica* del instrumento, que fueron ajustados según observaciones.

Además de la puntuación, por cada criterio, se obtuvieron observaciones a nivel global, en cuanto a los niveles de clasificación enunciados en el instrumento el evaluador realizó la siguiente observación: *“Sería interesante incluir el manejo de conceptos y la relación que el estudiante puede establecer de los mismos a nivel teórico y experimental teniendo en cuenta que en cada indicador se realiza esta correlación.”* Se realizaron algunas modificaciones en los indicadores de nivel para incluir la correlación sugerida por el evaluador. Adicionalmente el evaluador realizó algunas correcciones de forma en cuanto a redacción y uso de algunos conceptos que fueron atendidos y reestructurados en el instrumento final.

5.3.2. Resultados validación por juicio de expertos de la propuesta de evaluación en su conjunto.

Se realizó una validación por juicio de experto en colaboración con la profesional (Evaluador 3), (ver perfil anexo 8), con el objetivo de revisar y evaluar la propuesta final producto de esta investigación, a partir del diligenciamiento de un formato específico para la propuesta el cual constó de 4 ítems en cuanto a la *función de la evaluación* y 12 ítems en cuanto a los *giros de la evaluación*. En el formato, el evaluador debía asignar un puntaje de valoración y una observación sobre el ítem o afirmación, en la *Figura 23* se muestran los resultados obtenidos, en cuanto a puntaje y observaciones escritas, cabiendo resaltar que el

evaluador resaltó algunos conceptos para relacionar sus observaciones definitivas.

En cuanto a su *función* se valoraron cuatro aspectos de la evaluación como: de diagnóstico, instructiva, educadora y autoformadora. El primer aspecto “*de diagnóstico*” se obtuvo un puntaje de 3 en el que se realizaron observaciones en cuanto a la concepción de ideas iniciales, como aciertos y desaciertos, los cuales pueden ser influenciados con un proceso de estímulo-respuesta según la estructura del instrumento *pretest Ideas iniciales*, pero, según el aporte del experto (evaluador 3) deben ser analizados desde el concepto de ideas alternativas, eso sí, se incluyen fuentes de información o referentes teóricos, por lo que se sugiere modificar algunas preguntas de dicho instrumento, en pro de realizar un diagnóstico más fundamentado.

GRUPO DE CRITERIOS	CRITERIOS	AFIRMACIÓN	PUNTAJE	OBSERVACIONES
FUNCIONES DE LA EVALUACIÓN	DE DIAGNOSTICO	La propuesta constituye un sistema donde la reflexión y el análisis de sus resultados (aciertos y desaciertos) tienen como objetivo el mejoramiento, modificación y reconstrucción de los procesos educativos.	3	Considero que los aciertos y desaciertos son un campo de estímulo respuesta y se debe analizar desde las ideas alternativas (por alguna razón se tienen esos conceptos producto de la cultura, aprendizajes alternos en otros contextos, etc) sin embargo, son buenos si se dan los referentes, de lo contrario queda como algo validado por el recuerdo y un buen diagnóstico no puede depender de ello, por tanto, no vi referentes iniciales si no preguntan tipo en el instrumento; por tanto, el diagnóstico es excelente pero no está bien las preguntas hechas para ello en el instrumento
	INSTRUCTIVA	La propuesta hace referencia al uso y cumplimiento de indicadores con relación a lo planteado en un currículo determinado para una población y espacio específico.	4	Las listas de chequeo son buenas siempre que se inicien dando referentes, de lo contrario tienden al anterior
GIROS EN LA EVALUACIÓN	EDUCADORA	En la estructura de la propuesta existe una estrecha relación entre los resultados y el trabajo docente, por lo que, el profesor desde su motivación e intereses puede reestructurar su labor.	4	Debe garantizar aprendizaje de estudiante y docente investigador
	AUTOFORMADORA	Existen oportunidades en la estructura de la propuesta en las cuales el estudiante o profesor puede evaluar su propio trabajo de manera crítica y permanente con el fin de aprender de sus errores y crecer en el ámbito profesional y personal.	5	Sin embargo, hay preguntas tipo en el instrumento y como estas escaneado no se puede colocar observaciones
	DE LO OCULTO A LO VISIBLE	La propuesta permite que los participantes puedan exponer explicaciones, procedimientos, reflexiones, argumentos, que siempre llevan a la mejora.	4	Siempre y cuando se propongan preguntas de análisis y no tipo
GIROS EN LA EVALUACIÓN	DE LO OMNIMODO A LO DIALOGICO	En la estructura de la propuesta, los objetivos, metodologías y resultados de la evaluación son dialogados por todos los autores que intervienen en el proceso, reconociendo cada uno de sus aportes.	5	Debe ser interactivo, pero debería indicarse la estructura del diálogo
	DEL ACTO FINAL A PRÁCTICA PERMANENTE	El sistema evaluativo planteado permite conocer avances y tendencias para un redireccionamiento en vías de lograr progresos y objetivos, corregir fallas y aprobar aciertos en todo el proceso.	4	No estoy de acuerdo con el planteamiento de aciertos y desaciertos
	DE UN MUNDO AJENO A UNO PROPIO	Se observa que la evaluación está incorporada desde la disciplina que se enseña, pensada y estructurada desde el saber hacia su evaluación y no lo contrario, es entidad conceptual parte de la disciplina	4	Nuevamente es válido, pero debe partirse de situaciones orientadoras con referentes contextualizados
	DE DEFINICIONES A COMPETENCIAS	La propuesta permite evaluar la capacidad de utilizar, analizar, interpretar, conceptos, teorías, conocimientos generales y específicos, en pro de sus capacidades y habilidades, así, resolver situaciones.	3	Se debe diferenciar competencias de capacidades
GIROS EN LA EVALUACIÓN	DE UNIDIMENSIONAL A MULTIDIMENSIONAL	Es una propuesta de evaluación que involucra un contexto global e incluya aspectos más amplios de un campo de conocimiento, así como habilidades y desempeños de distintos niveles.	3	Se debería especificar o contextualizar que indica más amplios (culturales, sociales, cognitivos?)
	DE ÍTEM PEREGRINO A ÍTEM CONCERTADO	Los contenidos son dialogados, discutidos y contruados, modificados y adaptado, por diferentes autores del proceso y no solo por algunos expertos a veces ajenos a los contextos	3	Considero que depende de los referentes que el profesor utiliza y con los que contextualiza las prácticas que se realizan
	DE INSTRUMENTO FRAGMENTADO A COHESIONADO	Dentro de la propuesta existe una estructura fuerte en la que cada parte deja de ser independiente para estar enlazada en una red que mantiene estable cada proceso dentro del sistema evaluativo.	4	La propuesta es excelente, sin embargo las preguntas realizadas (tipo) no permiten ver lo diferente a validar si sabe o no saben los estudiantes, después de participar van a saber pero lo ideal es evidenciar como van construyendo ese saber contextualizado
	DE OPERACIONES MANUALES A AUTOMÁTICAS	Se involucra la tecnología en los procesos de evaluación para optimizar la labor docente, no solo para ahorrar tiempo, esfuerzo y espacio, sino para garantizar consistencia, análisis y estructura de los sistemas.	5	Sin embargo es necesario conocer los videos que se presentan, pueden ser estímulo respuesta y lo ideal es que permitan identificar al investigador como aprende el estudiante
	DE PROGRAMAS SOLITARIOS A SISTEMAS EXPERTOS	La investigadora autora de la propuesta de evaluación desarrolla sistemas y estrategias complejas que permiten la toma de decisiones y automatización de resultados para solucionar problemas propios de la propuesta.	3	Solitarios a trabajo grupal o de trabajos iniciales a validados (expertos) no es claro

Figura 23. Validación por juicio de expertos de la propuesta de evaluación en su conjunto.

En cuanto a la validación de la propuesta desde la evaluación como *instructiva y educadora* se obtuvo una valoración de 4 puntos y las observaciones apuntan a garantizar los referentes en los instrumentos para cumplir con estas funciones, en las que se resalta que en ella se debe garantizar el aprendizaje del estudiante y del docente investigador. Por otro lado, en lo referente a la evaluación *autoformativa* se obtiene un puntaje de 5 para la propuesta, bajo la observación de modificar “preguntas tipo” de los instrumentos.

Por otra parte, se validó el instrumento desde los doce *giros de la evaluación* (Bogoya 2006), en los cuales el evaluador debía asignar un puntaje y hacer una observación de cada uno de ellos. En el primer giro *De lo oculto a lo visible* se obtiene una calificación de 4 puntos con la premisa descrita anteriormente de cambiar las “preguntas tipo”, en tal sentido, este giro sugiere que la propuesta es una oportunidad para exponer explicaciones, procedimientos y reflexiones por parte de los participantes en el proceso, lo cual lleva a inferir que la propuesta es una alternativa pertinente en este aspecto.

Por otro lado, desde lo *dialógico*, la estructura de la propuesta permite acordar puntos de evaluación entre los participantes del proceso, puesto que se obtuvo un puntaje de 5 en este ítem, sin embargo, se debe evidenciar la forma y los momentos en los que ocurre este proceso, según las observaciones del evaluador. Por su parte, la estructura de la propuesta es validada desde la didáctica de química y pensada como unidad conceptual desde la disciplina, solo si se parte de referentes contextualizados.

Otro de los giros importantes que fundamentan la propuesta es el de acto final a práctica permanente en el cual se obtuvo un puntaje de 4 puntos, se considera que la propuesta permite evaluar el proceso de inicio a fin, pero el evaluador hace énfasis en la idea de eliminar los términos aciertos y desaciertos, y se aceptan términos como avances, progresos, fortalezas y debilidades, que se pueden evaluar durante toda la intervención.

CRITERIOS	AFIRMACIONES	PUNTAJE	OBSERVACIONES
COHERENCIA / REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.	3	Las preguntas de conceptos previos son estímulo respuesta
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.	4	Es claro
PERTINENCIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.	3	No hay evidencia de los contenidos de video y también deben ser analizados, además acompañar de reflexiones y análisis
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación	5	
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación	4	Cambiando las preguntas de conceptos previos
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente	4	Sin embargo la palabra vertedero no es sustentable (objetivos 2030)
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar	5	Sin embargo se debe evidenciar los referentes dados
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica	5	Si se aclara capacidad competencia
<p>Observaciones finales: (De manera global describa las cualidades y carencias de la propuesta en términos didácticos y disciplinares).</p> <p>Es una excelente propuesta, sin embargo se debe cambiar términos que indican estímulo respuesta, dar los referentes teóricos y a abordar y posteriormente identificar ideas alternativas, ya que siempre se intenta mostrar que el estudiante no sabe los temas y obviamente después de participar de cualquier propuesta va a saber algo o mucho según la intervención, entonces si se dan referentes desde el inicio y luego se evalúa su comprensión posiblemente va a tener mayor validez el instrumento y/ estrategia</p> <p>Se sugiere hacer el instrumento de otra manera que no sea escanear, porque no permite colocar las observaciones al instrumento</p> <p>Nombre del evaluador: _____ BLANCA RODRIGUEZ H _____</p> <p>Profesión: ___ DOCENTE _____</p> <p>Fecha de validación: _____ ENERO 23 DE 2020 _____</p> <p>Firma del evaluador: </p> <p>Propuesta de evaluación de prácticas de laboratorio presentada por Estefanía Nieves Torres</p> <p>Director de tesis: Jaime Augusto Casas.</p> <p>Departamento de Química Universidad Pedagógica Nacional.</p>			

Figura 24. Validación (elementos de forma y observaciones finales) por juicio de expertos de la propuesta de evaluación en su conjunto.

Siguiendo con el análisis de los resultados, se obtuvo un puntaje desfavorable (3 puntos) en cada uno de los siguientes giros de la evaluación: 1. *de definiciones a competencias*, 2. *de unidimensional a multidimensional* y 3. *de ítem peregrino a ítem concertado*, en el primer caso se debió a una mala interpretación de concepto y definiciones, puesto que se sugiere diferenciar la palabra competencias de capacidades y habilidades,

puesto que la propuesta no estaba pensada en competencias sino en habilidades específicas, en el siguiente giro (2.) que se debió al uso incorrecto de algunos conceptos didácticos, en este caso se solicitó aclarar el concepto “más amplio” por su interpretación en *sociales, culturales o cognitivos*; finalmente, en el tercer giro mencionado, se realizó una observación que hace entender que si se deben tener en cuenta autores diferentes al proceso, siendo referenciados y contextualizados en las prácticas y actividades que se realicen.

En lo que se refiere al uso de tecnologías, desde el giro *de operaciones manuales a automáticas*, se destaca el uso de videos explicativos y evaluativos (video-quices), y se obtiene una valoración de 5 puntos, sin embargo, se sugiere que los quices, no sean con “preguntas tipo”, pero sí que permitan al investigador saber cómo aprende el estudiante y cuáles son las habilidades que puede reforzar y desarrollar en el proceso. Por otra parte, se obtuvo una valoración de 4 puntos en cuanto al giro *de instrumento fragmentado a cohesionado*, destacando que es una excelente propuesta si se evita que las preguntas traten de evidenciar “si se sabe o no” y se direccionen hacia evidenciar cómo el estudiante va construyendo ese saber contextualizado.

Finalmente, el evaluador llevó a cabo una observación en cuanto a coherencia, pertinencia, organización y contenido (Figura 23), obteniendo los siguientes valores: 3 puntos en dos de las afirmaciones, 4 puntos en tres afirmaciones, y 5 puntos en tres afirmaciones de 8 afirmaciones totales, para un total de 33 puntos de 40, lo cual es sobresaliente para la propuesta, con algunas recomendaciones de forma en cuanto al lenguaje y uso de conceptos didácticos. El evaluador realizó una observación general de la propuesta, destacando que es una excelente propuesta en la medida que no se caiga en interacciones de tipo estímulo-respuesta, donde no solo se evalúan saberes, sino por ejemplo la comprensión de algunos referentes y su interacción con ellos a partir de sus habilidades.

5.3.3. Elementos de análisis Etapa Reflexiva

En este punto cabe exponer una posición clara respecto a la validación tanto de instrumentos como de la propuesta en su conjunto, en el entendido de la validación como una oportunidad de reflexión del trabajo propio como docente investigadora, y desde las construcciones propias del conocimiento, también desde los aportes de profesionales del ámbito académico, es la oportunidad de aprovechar las experiencias propias y las de los demás colegas en pro de contribuir al desarrollo de materiales, estrategias y metodologías didácticas, trabajando en conjunto y aportando a estructurar a un estado del arte de la evaluación en la didáctica de la química.

Por otro lado, conviene hacer un análisis desde *la resignificación del potencial didáctico del laboratorio*. En la medida que, si analizamos la propuesta formulada, el laboratorio se convierte en un espacio propicio de *1. Aprendizaje de conocimientos teóricos y prácticos*, tanto del docente como del estudiante; siendo para el docente en la medida que es un espacio en el que pueden realizar ensayos individuales en los que aprende como docente investigador, no solo conceptos disciplinares sino también fortalecer su conocimiento y destrezas en el ámbito de las estrategias propias de este espacio. *2. Desarrollo y fortalecimiento de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales*. En la medida que al ensayar prácticas e implementar estrategias con los estudiantes, que permiten identificar diferentes propósitos como docentes, que no solo se preocupan por evaluar saberes determinados sino más bien dar cuenta de cómo fue construido este saber y de qué manera aprenden los estudiantes. Finalmente, el laboratorio surge como una *Oportunidad de autoevaluación docente, para la toma de decisiones para el ajuste modificación, reflexión y optimización de sus metodologías, desde su papel en un proceso de enseñanza*, en concordancia con los argumentos anteriormente descritos.

6. CAPITULO VI

PROPUESTA DE EVALUACIÓN

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA

La presente propuesta evaluativa tiene como finalidad aportar al estado del arte en el ámbito de la evaluación en el escenario del laboratorio, y en tal sentido, pretende ser un aporte evaluativo innovador, particularmente para asignaturas teórico-prácticas, en el marco de la enseñanza de la química instrumental. Por otro lado, se tiene como objetivo de la propuesta en su conjunto resignificar el potencial didáctico del laboratorio como escenario de aprendizaje y desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales.

La propuesta está fundamentada en dos factores importantes de la evaluación: las *funciones* de la evaluación según la investigadora Ana Mora (2006) y los *giros* en la evaluación, formulados por el investigador Daniel Bogoya (2006) en cuanto al contexto de la evaluación en Colombia. Por otro lado, el diseño y estructuración de esta propuesta, se basa en los resultados de estudios de observación y percepción, que se realizaron con estudiantes de asignaturas de química instrumental; además de lo anterior, la investigación fue construida con el objetivo de presentar una propuesta que trascienda las tendencias de evaluación ya existentes y muy usadas como lo son: los informes escritos, los portafolios o cuadernos de laboratorio y las evaluaciones escritas.

La propuesta está organizada en cuatro fases y seis sesiones e incluye un total de cuatro instrumentos construidos por la investigadora, y validados en contenido por algunos expertos, además de dos videos explicativos evaluativos (video-quices) de la modalidad Flipped Classroom. Por otra parte, se abordó la temática de cromatografía líquida, que se

divide en clásica e instrumental (que incluye la técnica de HPLC). Además de esto, se propone implementar como metodología de trabajo en el laboratorio, las denominadas *estaciones de trabajo*, con tareas y materiales específicos. A continuación, se presenta la organización y el desarrollo de la propuesta planteada.

6.2.ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA

6.2.1. Fases de la propuesta.

La presente propuesta se dividió en cuatro momentos que se llamaron *fases de práctica*: Planificación, Realización, Análisis y Aplicación, para su estructuración se tomó como referencia el trabajo realizado por Tamir y García (1992), quienes realizaron una caracterización de los ejercicios de prácticas de laboratorio, a través de un estudio con profesores en formación. En tal sentido, los autores construyeron un instrumento llamado *Inventario de Habilidades para evaluar las Actividades de laboratorio (LAI*, por sus siglas en inglés), el cual estaba compuesto por un total de 28 habilidades que se clasifican dentro de cuatro procesos que son: la planificación, realización, análisis y aplicación. Dentro de cada una de las fases se incluyen actividades específicas dentro y fuera del laboratorio y se evalúan habilidades propias de cada una.

6.2.1.1. Fase de Planificación.

La fase de planificación corresponde al primer momento de la propuesta, este espacio está diseñado para presentar a los estudiantes el tema de cromatografía, y planificar los demás momentos, que presupone que, en primer lugar, antes de cualquier proceso de enseñanza, es necesario tener en cuenta las ideas iniciales de los estudiantes acerca del tema. En esta fase, se desarrollan dos sesiones, cada una correspondiente a cromatografía clásica (sesión 1.) y

cromatografía HPLC (sesión 4.). En estos espacios se realizan actividades que corresponden dos tipos: 1. acercamiento y evaluación inicial del tema y 2. planificación, preparación y pronóstico de todo lo necesario durante el proceso y las siguientes sesiones.

6.2.1.2. Fase de Realización.

Esta fase corresponde al desarrollo de las prácticas de laboratorio, se refiere directamente a las sesiones experimentales: se realizan en total 4 prácticas de laboratorio correspondientes a las sesiones 2,3,5,6. Es de aclarar que en esta fase se realizan sesiones intermedias de planificación y se realizan actividades intermedias entre sesión y sesión correspondientes a fase de aplicación (ver figura 11).

6.2.1.3. Fase de Análisis.

Esta fase está incluida en fases anteriores, ya que es necesario que estudiantes y profesor realicen actividades de análisis, interpretación y reflexión en todas las sesiones, particularmente se puede ubicar el espacio de análisis inmediatamente después de cada sesión experimental. En esta fase se realiza una discusión de resultados y solución de problemáticas, preguntas y situaciones problema, además se resuelven actividades propuestas descritas en los instrumentos: *Guías y Planes de Práctica*.

6.2.1.4. Fase de aplicación.

La fase de aplicación corresponde a la realización de actividades que responden a habilidades de aplicación de técnicas ya practicadas, a nuevas situaciones en contexto y procesos, a la reflexión de resultados, al aprendizaje de experiencias desde sus errores y aciertos, y al aprovechamiento del análisis de resultados ya realizados anteriormente. Es la oportunidad de predecir situaciones y procesos, en la que se pueden modificar y transformar las metodologías y estrategias, para mejorar la experiencia en la siguiente sesión. Esta fase

está inmersa en los espacios intermedios entre cada practica de laboratorio, en el entendido que el profesor puede observar y evaluar estos procesos cada vez que realiza una nueva práctica.

6.2.2. Sesiones de intervención.

Se propuso un total de seis sesiones de intervención, cada una con un tiempo aproximado de tres horas por sesión, programado inicialmente para dos sesiones por semana para un total de 3 semanas de la experiencia, ya que se considera el tiempo adecuado dentro de un curso de Análisis Químico Instrumental. Sin embargo, puede ser modificado según el contexto educativo en el que sea aplicado.

A continuación, se presenta un esquema de sesiones tiempos, espacios y actividades propuestas.

Sesión	Práctica	Fase	Actividades	Tiempo y Espacio
1	INICIO CROMATOGRAFÍA CLÁSICA	1	<ul style="list-style-type: none"> *Pretest Conocimientos Previos. *Video Introductorios (Video -quices) *Entrega y discusión de Guía y Planes de práctica. *Organización de grupos de trabajo *Diseño Experimental. *Cálculos Necesarios 	SALÓN DE CLASES. 3 HORAS. TRABAJO AUTÓNOMO 2 HORAS
2	CAPA FINA (ASCENDENTE, RADIAL, BIDIMENSIONAL)	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> *Práctica cromatografía Capa fina *Resolución de problemas 	LABORATORIO DE ENSAYOS QUÍMICOS . 3 HORAS. TRABAJO AUTÓNOMO 2 HORAS.
3	CROMATOGRAFÍA A COLUMNA	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> *Análisis y discusión de resultados. *Predicción de procesos y métodos. *Ajuste y aplicación de métodos. *Práctica cromatografía Columna. 	LABORATORIO DE ENSAYOS QUÍMICOS . 3 HORAS.
4	INICIO CROMATOGRAFIA HPLC	1	<ul style="list-style-type: none"> *Video Introductorios (Video -quices) *Entrega y discusión de Guía y Planes de práctica. *Diseño Experimental y Cálculos Necesarios 	SALÓN DE CLASES. 2 HORAS. TRABAJO AUTÓNOMO 2 HORAS
5	TRATAMIENTO DE MUESTRA Y PREPARACIÓN SOLUCIONES	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> *Práctica tratamiento de Muestras y Soluciones *Resolución de problemas *Análisis y discusión de resultados. *Predicción de procesos y métodos. *Ajuste y aplicación de métodos. 	LABORATORIO DE ENSAYOS QUÍMICOS . 3 HORAS. TRABAJO AUTÓNOMO 2 HORAS.
6	ANÁLISIS CROMATÓGRÁFICO HPLC.	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> *Práctica cromatografía HPLC 	LABORATORIO HPLC. 3 HORAS.

Figura 11. Sesiones de la Propuesta Evaluativa. Fuente: Creación Propia.

Con base en el anterior esquema a continuación se desglosa cada sesión, explicando la práctica de laboratorio, el instrumento a utilizar, las actividades a realizar y el porqué de los tiempos y espacios determinados.

6.2.2.1. Sesión 1. Inicio Cromatografía Clásica.

La sesión está programada para un tiempo de 3 horas, en el espacio del salón de clases. En un primer momento los estudiantes resuelven el instrumento llamado *pretest de Ideas iniciales* (anexo 4), para el cual tienen 30 minutos. Luego de ello se hace una discusión de las preguntas y respuestas, para lo cual se cuenta con 30 minutos. Esta actividad se realiza con el objetivo de analizar sus conocimientos, sobre las temáticas e identificar aciertos y errores conceptuales, para así aprovechar los aciertos para dirigir la introducción a la temática. A continuación de la discusión, se hace una breve introducción a la temática, se organizan los grupos de trabajo, se presenta la *Guía de práctica cromatografía Clásica* (anexo 5), a partir de la cual los estudiantes deben realizar la lectura para construir un diseño experimental, con procedimientos, materiales reactivos y equipos, y también presentar los cálculos necesarios para la preparación de soluciones y el tratamiento de las muestras y estándares. Dentro de cada grupo de trabajo se delegan tareas que permitan el aprovechamiento del tiempo y trabajo en equipo, tales como: verificación previa de cálculos, ubicación de estaciones de trabajo, revisión y repaso de protocolos o diseños experimentales, organización y disposición de materiales; así como también tareas que permitan la participación de todo el grupo en cada proceso de práctica como: pesaje de sustancias sólidas, aforo de soluciones, montaje de sistemas experimentales, tara de instrumentos, verificación de equipos, estandarización de soluciones y finalmente determinar los procesos repetitivos en los cuales puede rotar cada uno de los participantes. Por otro lado, se explica la

metodología y organización de la práctica, durante esta sesión, la evaluación está presente haciendo uso de instrumento de evaluación, haciendo una observación de los estudiantes desde la fase de planificación a partir de las habilidades allí propuestas. (ver anexo 7)

Por otro lado, a los estudiantes se les debe proporcionar material didáctico: Videos explicativos y Evaluativos (video-quices) para cromatografía clásica, bajo la modalidad *Flipped Classroom*, en la que el profesor (en este caso la investigadora), realiza y explica la técnica de cromatografía, al mismo tiempo se realizan quices de conocimientos teóricos. Los videos son enviados a los estudiantes para que realicen un trabajo autónomo (tiempo estimado: 2 horas), desde casa, y puedan ser aprovechados como guía para su diseño experimental. También se les entrega a los estudiantes un plan de practica con todas las sesiones experimentales programadas, los objetivos y actividades de cada una (*Figura 12*).

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <i>Educadora de la excelencia</i>		DEPARTAMENTO DE QUIMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO. PUESTA A PUNTO SESIONES EXPERIMENTALES.	
PLAN DE PRÁCTICA		LABORATORIO 2. CROMATOGRAFÍA INSTRUMENTAL	
ANÁLISIS DE CAFEÍNA POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (HPLC)			
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	Analizar una muestra problema a partir de cromatografía HPLC, desde la extracción de cafeína en diferentes matrices.		
DESARROLLO DISEÑO EXPERIMENTAL SESIÓN 0.	Esquema que describa el procedimiento y que incluya reactivos, materiales, equipos necesarios y bibliografía. Cálculos necesarios para la preparación de patrones y soluciones estándar.		
DESARROLLO SESIÓN 1. TRATAMIENTO DE MUESTRAS Y PREPARACIÓN DE SOLUCIONES	Escoger el material y determinar el orden de los procedimientos, asignar tareas a los miembros del grupo de trabajo, tomar decisiones acertadas, para dar cuenta de los objetivos.		
DESARROLLO SESIÓN 2. USO DEL EQUIPO DE ANÁLISIS: CROMATÓGRAFO HPLC.	Prueba oral: especificar de forma breve, el funcionamiento del equipo desde el fundamento teórico y técnico y llevar a cabo la inyección y el análisis. Toma, manejo y sistematización de los datos. Cálculos necesarios.		
ENTREGA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS.	Respuesta a la situación problema propuesta.		

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <i>Educadora de la excelencia</i>		DEPARTAMENTO DE QUIMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO. PUESTA A PUNTO SESIONES EXPERIMENTALES.	
PLAN DE PRÁCTICA		LABORATORIO 1. CROMATOGRAFÍA CLÁSICA	
SEPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MEZCLAS POR CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA Y COLUMNA			
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	Separar y analizar una mezcla problema por cromatografía clásica (en capa fina: ascendente, bidimensional, radial y columna) y sentar las bases conceptuales y procedimentales para cromatografía instrumental.		
DESARROLLO DISEÑO EXPERIMENTAL SESIÓN 0	Esquema que describa el procedimiento que incluya reactivos, materiales, equipos necesarios y bibliografía. Cálculos necesarios para la preparación de fases móviles, soluciones de colorantes.		
DESARROLLO SESIÓN 1. CAPA FINA (ASCENDENTE, RADIAL, BIDIMENSIONAL)	Escoger el material y determinar el orden de los procedimientos para preparación de placas, cámaras, capilares, soluciones y fases móviles. Asignar tareas a los miembros del grupo de trabajo, tomar decisiones acertadas y cumplir los objetivos. Toma, manejo y sistematización de los datos. Cálculos necesarios		
DESARROLLO SESIÓN 2. COLUMNA	Montaje y empaquetamiento de la columna, manejo de la muestra. Toma, manejo y sistematización de los datos. Cálculos necesarios.		
ENTREGA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS	Respuesta a la situación problema propuesta.		

Figura 12. Planes de práctica propuesta evaluativa. Fuente: Creación propia.

6.2.2.2. Sesión 2. Cromatografía Capa Fina: Ascendente, Radial y bidimensional.

Esta sesión está programada para un tiempo de 3 horas en el espacio del laboratorio. Se realiza un análisis cromatográfico de diferentes muestras problema de colorantes

alimenticios, haciendo uso de la técnica de Cromatografía líquida en Capa Fina. La metodología de practica propuesta, se basa en organizar el laboratorio de ensayos por estaciones de trabajo (*Figura 13.*), cada estación con una tarea determinada, por la cual los estudiantes deben rotar de acuerdo con su diseño experimental. En cada estación se ubican los materiales y reactivos de trabajo necesarios para la tarea allí asignada. Se propone que cada estación tenga un nombre específico, para el caso de esta práctica se presentan, tareas como: *preparación de soluciones, saturación de cámaras, activación de placas*. Por otro lado, se tienen estaciones para las técnicas específicas: *cromatografía radial, ascendente y bidimensional*. La metodología de estaciones se realiza con el fin que el profesor quien dirige la practica pueda observar en cada estación los avances, aciertos y desaciertos de cada grupo de trabajo, a partir del *Formato de evaluación de práctica* (anexo 7), haciendo observación desde la fase de realización y análisis con las habilidades allí propuestas.

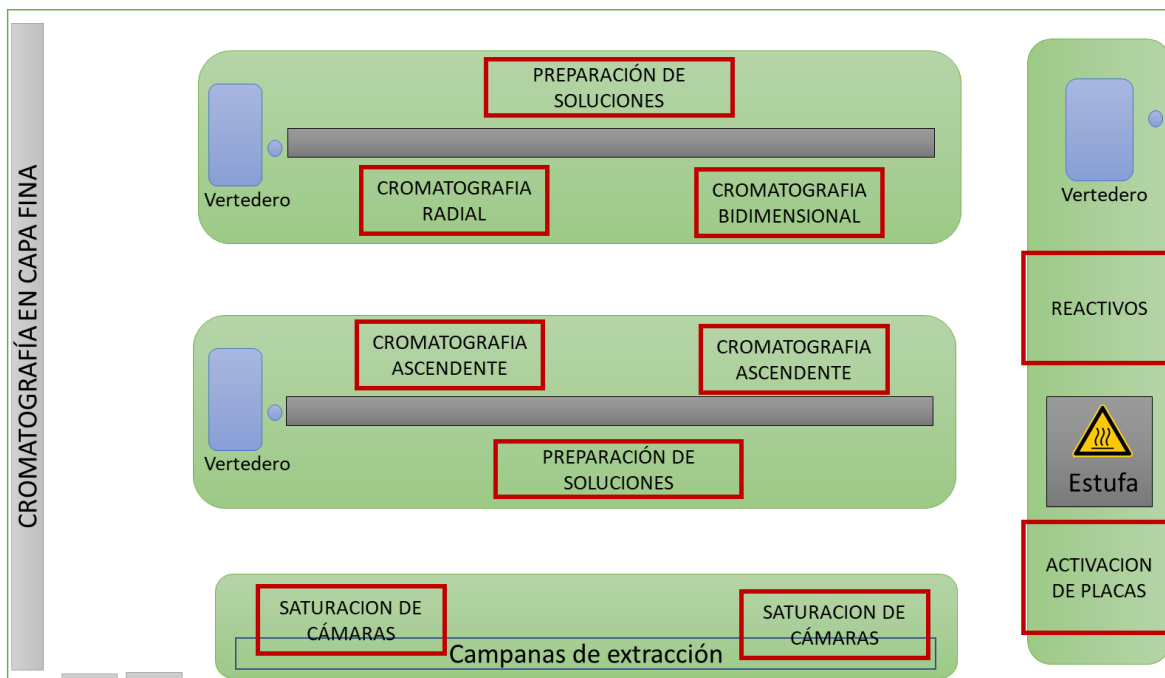


Figura 13. Organización del laboratorio de ensayos (cromatografía capa fina) por estaciones de trabajo. Fuente: creación propia.

6.2.2.3. Sesión 3. Cromatografía Columna.

Esta sesión está programada para un tiempo de 3 horas en el espacio del laboratorio de ensayos, en la cual se lleva a cabo un análisis cromatográfico con la misma muestra problema en la sesión anterior, pero esta vez, haciendo uso de la técnica de cromatografía líquida en columna. Se continúa con la metodología por estaciones de trabajo (Figura 14.), en la que cada estación posee una tarea determinada, por la cual los estudiantes deben rotar de acuerdo con su diseño experimental. Para el caso de esta práctica se proponen estaciones como: *empaquetado de columnas, preparación de soluciones, montaje de columnas*. El profesor quien dirige la practica puede observar en cada estación los avances, aciertos y desaciertos de cada grupo de trabajo, a partir del *Formato de evaluación de práctica* (Anexo 7), haciendo observación desde la fase de realización y análisis con las habilidades allí propuestas.

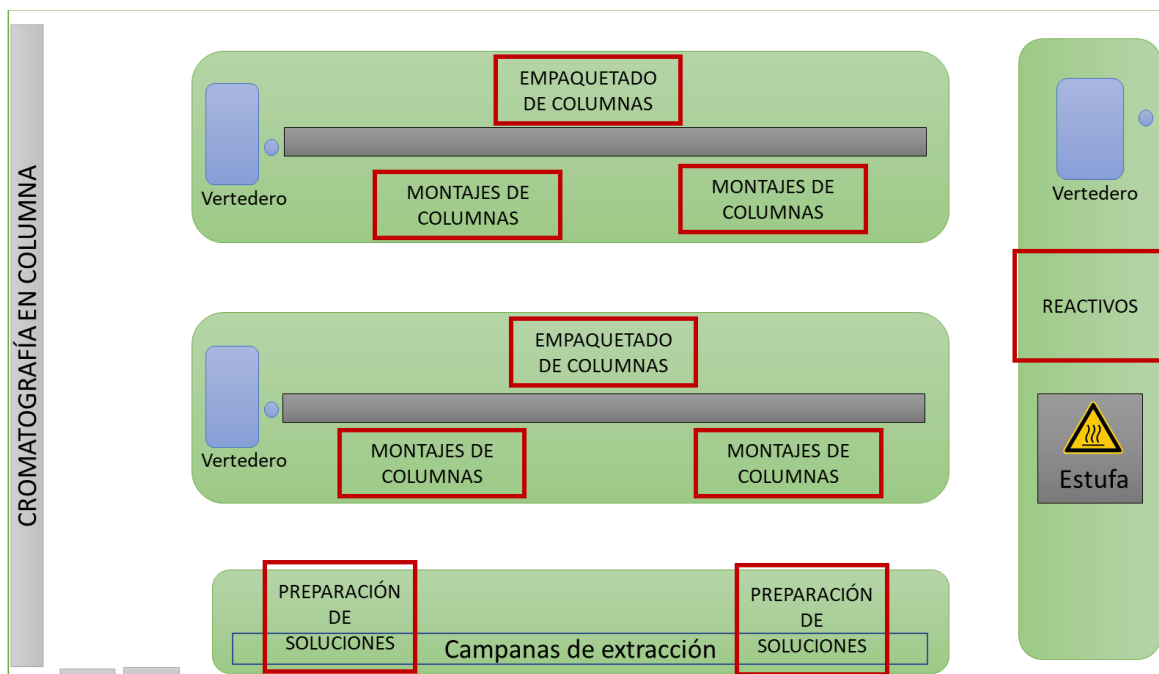


Figura 14. Organización del laboratorio de ensayos (cromatografía Columna) por estaciones de trabajo. Fuente: creación propia.

6.2.2.4. Sesión 4. Inicio Cromatografía HPLC.

La sesión está programada para un tiempo de 2 horas, en el espacio del salón de clases. Se organizan los grupos de trabajo, se entrega a los estudiantes la *Guía de práctica cromatografía Instrumental HPLC* (anexo 6), En la guía se les presenta una situación problema de análisis de cafeína de la cual deben realizar la lectura para construir un diseño experimental, que debe ser discutido y aprobado con el docente, debe incluir procedimientos de tratamientos de muestra, extracciones y soluciones, materiales reactivos y los cálculos necesarios. Dentro de cada grupo de trabajo se delegan tareas y se explica la metodología y organización de la práctica. Durante esta sesión la evaluación está presente haciendo uso de instrumento de evaluación, haciendo una observación de los estudiantes desde la fase de planificación a partir de las habilidades allí propuestas. *Formato de evaluación de práctica* (anexo 7).

En esta sesión también se les proporciona a los estudiantes el material didáctico: Videos explicativos y Evaluativos (video-quices) para cromatografía instrumental de la modalidad *Flipped Classroom*, en la que el profesor (en este caso la investigadora), realiza y explica las técnicas de Extracción de cafeína y Análisis por cromatografía HPLC, en paralelo a ello, los estudiantes resuelven quices de conocimientos teóricos. Los videos son enviados a los estudiantes para que realicen un trabajo autónomo, desde casa, y puedan ser aprovechados como guía para su diseño experimental, con un tiempo aproximado de 2 horas.

6.2.2.5. Sesión 5. Tratamiento de muestras para HPLC y preparación de soluciones.

Esta sesión está programada para un tiempo de 3 horas en el espacio del laboratorio de ensayos, en la cual se lleva a cabo el tratamiento de muestras para el análisis de cafeína

por HPLC, en el que se propone analizar cafeína en bebidas refrescantes y energizantes, para la que cada grupo de trabajo tiene una muestra problema correspondiente a la situación expuesta en la guía de práctica. De acuerdo con su diseño experimental, los estudiantes deben realizar extracciones de cafeína con diferentes solventes, ‘limpiar’ y concentrar las muestras por diferentes métodos, así como preparar las soluciones de lectura para el equipo de HPLC, tanto de la muestra, como de soluciones patrón para las curvas de calibración. Para estas sesiones se mantiene la metodología de estaciones y rotación de grupos de trabajo. El profesor quien dirige la practica puede observar en cada estación los avances, aciertos y desaciertos de cada grupo de trabajo, a partir del *Formato de evaluación de práctica* (anexo 7), haciendo observación desde la fase de realización y análisis con las habilidades allí propuestas.

6.2.2.6. Sesión 6. Análisis Cromatográfico HPLC.

Esta sesión está programada para un tiempo de 3 horas en el espacio del laboratorio de HPLC, en la cual se lleva a cabo el análisis cromatográfico de cafeína por HPLC, y en la que cada grupo de trabajo tiene sus muestras y soluciones para inyectar y hacer la respectiva lectura en el equipo. De acuerdo con su diseño experimental los estudiantes deben responder algunas preguntas sobre las variables para tener en cuenta en el uso de equipo como: presión, flujo, volumen de inyección, caudal, fase móvil, longitud de onda del detector, entre otras. (cabe destacar que en los videos enviados con anterioridad se recomienda utilizar estas variables con valores ya determinados y estandarizados en técnica para el análisis de cafeína).

Se hacen las lecturas, se obtienen cromatogramas y áreas bajo la curva para realizar las curvas de calibración y hacer los análisis cuantitativos respectivos, tanto de la muestra, como de soluciones patrón para el diseño de tales curvas de calibración. Se mantiene la

metodología de estaciones y rotación de grupos de trabajo, y también el profesor quien dirige la practica puede observar en cada estación los avances, aciertos y desaciertos de cada grupo de trabajo, desde las respuestas y el adecuado uso de la técnica y el equipo, a partir del *Formato de evaluación de práctica* (Anexo 7), haciendo observación desde la fase de realización y análisis con las habilidades allí propuestas.

6.3.ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA

6.3.1. Instrumentos de la propuesta.

6.3.1.1. *Formato de evaluación de práctica* (Anexo 7).

Se diseñó un formato global de evaluación con el objetivo de ser implementado en todo el proceso práctico, desde de la sesión uno hasta la seis, en la que el formato está pensado tanto como una forma de observación y evaluación del trabajo realizado por los estudiantes y una forma de tomar decisiones para modificar metodologías o estrategias de acuerdo con los resultados que se van presentando en el camino.

Este instrumento se construyó con base en dos fuentes teóricas, la primera de ellas se formuló con base en las tesis de Alemán y Mata en 2006, quienes resaltan algunas habilidades que son fortalecidas por el trabajo en el laboratorio, de las cuales se toman como referencia cuatro en particular: 1. Habilidades para planificar experimentos, 2. Capacidad de resolver problemas prácticos, 3. Interpretación de resultados y observaciones y 4. Contraste con conceptos teóricos. La segunda fuente base de construcción, se soporta en el trabajo de Tamir y García (1992) en el cual exponen habilidades del trabajo experimental. Estas habilidades están clasificadas de acuerdo con las fases de un proceso practico de laboratorio, desde un instrumento llamado Inventario de Habilidades para evaluar las actividades de Laboratorio

(LAI) por sus siglas en inglés. Tamir y García presentan un cuadro en el que el evaluador debe anotar SI o NO, dependiendo si la habilidad debe ser utilizada o no en el momento de la práctica (Figura 15). Este cuadro se tomó como referencia, se afina, se excluyen algunos ítems, se incluyen otros nuevos y se ajusta al contexto de esta investigación, para construir un instrumento final producto de su adaptación.

Tipo	21	22	23	24
Nivel de indagación	1	1	1	1
1. PLANIFICACIÓN. El alumno:				
1.1 Formula una pregunta	0	0	0	0
1.2 Predice resultados experimentales	0	0	0	0
1.3 Formula hipótesis	0	0	0	0
1.4 Diseña observaciones/procedimientos	0	0	0	0
1.5 Diseña un experimento	0	0	0	0
2. REALIZACIÓN. El alumno:				
2.1a Realiza observaciones	2	1	3	2
2.1b Realiza medidas	2	3	3	0
2.2 Utiliza aparatos	3	1	3	2
2.3 Anota resultados	2	1	3	1
2.4 Hace cálculos numéricos	0	1	0	1
2.5 Explica procedimientos	1	3	0	0
2.6 Trabaja según su propio diseño	0	0	0	0
3. ANÁLISIS. El alumno:				
3.1a Representa los datos en una tabla	2	1	2	0
3.1b Representa los resultados gráficamente	0	1	0	0
3.1c Realiza dibujos basados en sus propias observaciones	0	0	0	2
3.2 Extrae interrelaciones y/o conclusiones	2	3	3	2
3.3 Determina la exactitud de los resultados experimentales	0	2	0	0
3.4 Define las limitaciones y los supuestos inherentes al experimento	1	0	0	0
3.5 Formula generalizaciones/propone modelos	0	0	0	0
3.6 Explica interrelaciones	1	3	0	1
3.7 Formula nuevas preguntas	0	0	0	0
4. APLICACIÓN. El alumno:				
4.1 Hace predicciones basadas en los resultados experimentales	1	2	0	1
4.2 Formula hipótesis basadas en los resultados experimentales	0	0	1	0
4.3 Aplica las técnicas experimentales a un problema nuevo	0	1	0	0
4.4 Aplica los resultados experimentales a un nuevo contexto	0	0	0	0

0= ausente 1= aparece una vez 2= aparece dos veces 3= aparece tres veces o más
3º de BUP = Ciencias optativas.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 1992, 10 (1) 7

Figura 15. Inventario de habilidades para evaluar las actividades de laboratorio (LAI).

(Tamir y García 1992).

Para cada fase del proceso práctico: *Planificación, Realización, Análisis y Aplicación* se proponen seis habilidades a evaluar, dos cognitivas, dos procedimentales y dos actitudinales, para un total de 24 habilidades observables. Cada grupo de habilidades se identifica con un color dentro del formato, para hacer más fácil su observación, los cuales se

explican a continuación.

6.3.1.1.1. *Habilidades Cognitivas.*

Este grupo de habilidades son aquellas que tienen relación con funciones cognitivas del sujeto, como lo son la atención, la memoria, el razonamiento y la solución de problemas. Estas habilidades pueden ser fortalecidas mediante procesos educativos; sin embargo, son influenciadas por factores genéticos y el ambiente y contexto que rodea al individuo. Las habilidades cognitivas cambian según la edad del sujeto y se desarrollan a través del tiempo, y pueden ser estimuladas por la práctica, como por ejemplo la automatización de la lectura y de las operaciones aritméticas, o la capacidad de prestar atención a estímulos relevantes del medio (Ballesteros Jiménez, 2014). Esto nos lleva a pensar que el laboratorio puede ser un medio importante para la estimulación y fortalecimiento de habilidades cognitivas. Se proponen dos habilidades cognitivas las cuales se consideran necesarias en la realización de cada una de las fases propuestas (Figura 16), para un total de 8 habilidades cognitivas en todo el proceso.

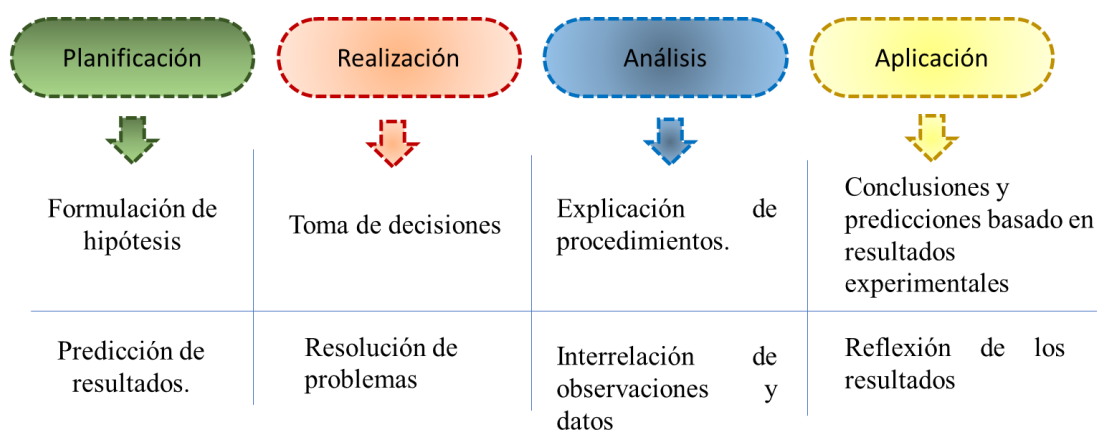


Figura 16. Habilidades cognitivas, formato de evaluación de práctica. Creación propia.

6.3.1.1.2. *Habilidades Procedimentales.*

Este grupo de habilidades está relacionado con el saber hacer en contexto, representan

actividades en lo manipulativo, lo práctico, ejecutor, conductual y comportamental (Ortiz Ocaña 2009). Estas habilidades están en el plano de la actuación e implican compromiso, disposición de hacer actividades con calidad, raciocinio, manejo de fundamentación conceptual y comprensión, siendo procesos que implican la interacción del ser humano y del contexto (Tobón 2006.); en este sentido el contexto del laboratorio de ciencias se presentan habilidades procedimentales específicas (Figura 17.), En cada una de las fases, se muestran las habilidades a evaluar en cada una de ellas.

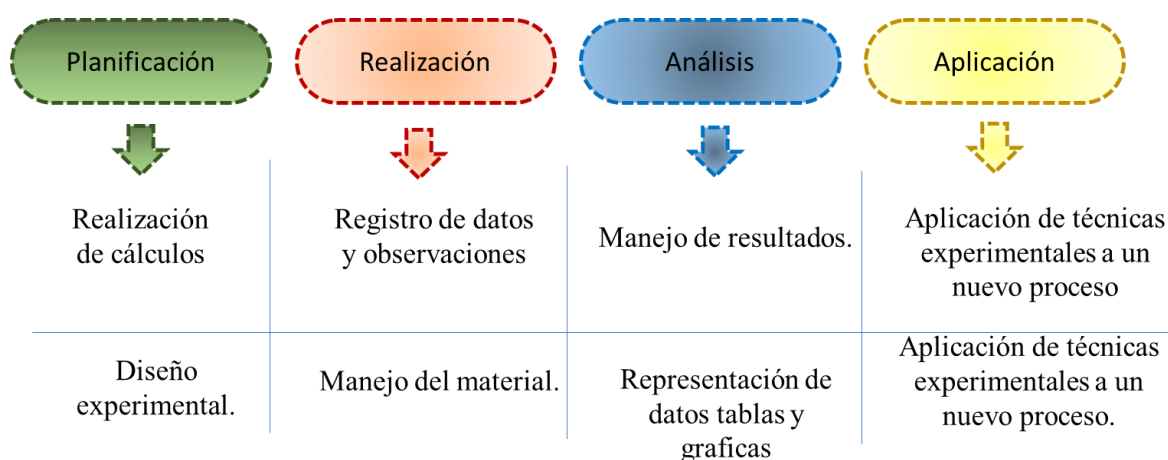


Figura 17. Habilidades Procedimentales, formato de evaluación de práctica. Creación propia

6.3.1.1.3. Habilidades Actitudinales.

Este grupo de habilidades se representan por los valores morales y ciudadanos, el ser y su capacidad de sentir, de convivir, componente afectivo y emocional de su personalidad (Ortiz Ocaña 2009). Las habilidades actitudinales son aquellas: “...acciones convenientes a su personalidad. Estas requieren una combinación del potencial cognitivo y emocional, le permiten asumir compromisos, resolver de forma eficaz los conflictos trabajar para que las cosas salgan bien, y desarrollar un nivel alto de seguridad en sí mismo” (Ubiera y D’ Oleo 2016). En concordancia con esto, se determinan ocho habilidades actitudinales, dos para cada

fase del proceso (Figura 18)



Figura 18. Habilidades Actitudinales, formato de evaluación de práctica. Creación propia

6.3.1.1.4. Uso del instrumento.

El formato está diseñado para dar puntajes a las habilidades de los estudiantes de acuerdo con una escala de cuatro niveles, Bajo, Básico, Intermedio, Avanzado. A estos niveles se les asignó un puntaje, y se construyó un sistema de clasificación total con intervalos de puntaje por medio de una escala de color (Figura 19).

Nivel bajo (2)	Nivel basico (3)	Intermedio (4)	Avanzado (5)
No cumple, ni presenta indicios para la realización del indicador, la actividad esta muy incompleta o incorrecta	Cumple medianamente, la actividad está completa pero incorrecta.	Cumple satisfactoriamente, la actividad está completa y correcta.	Cumple satisfactoriamente, y es propositivo, la actividad está completa y correcta e incluye trabajo adicional al requerido.
Nivel bajo (1)	Nivel basico (3)	Intermedio (4)	Avanzado (5)

PUNTAJE TOTAL (INTERVALOS)	NIVEL
39-50	AVANZADO
26-38	INTERMEDIO
13-25	BÁSICO
0-12	BAJO

Figura 19. Niveles y puntajes para el formato evaluativo de práctica. Creación propia.

El profesor encargado de la evaluación debe realizar una observación por grupos de trabajo de forma constante, durante cada una de las fases, debe colocar una X frente a cada habilidad en el nivel que considere que se encuentra el grupo de estudiantes, y al final de

cada fase realiza una sumatoria de los puntos, para clasificar al grupo en un nivel determinado (Figura 20.). A continuación, se muestra un ejemplo de uso del formato.


GRUPO DE TRABAJO:		Nivel bajo (2)	Nivel basico (3)	Intermedio (4)	Avanzado (5)	 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <small>Educadora de educadores</small> FORMATO DE EVALUACION PRACTICAS EXPERIMENTALES	
		No cumple, ni presenta indicios para la realización del indicador, la actividad esta muy incompleta o incorrecta	Cumple medianamente, la actividad está completa pero incorrecta.	Cumple satisfactoriamente, la actividad está completa y correcta.	Cumple satisfactoriamente, y es propositivo, la actividad está completa y correcta e incluye trabajo adicional al requerido.		
FASE PRÁCTICA	INDICADOR O VARIABLE	Nivel bajo (1)	Nivel basico (3)	Intermedio (4)	Avanzado (5)	PUNTAJE	NIVEL
PLANIFICACIÓN	Formulación de Hipótesis		X			3	BÁSICO
	Predicción de resultados y problemas	X				1	
	Realización de cálculos		X			3	
	Diseño experimental		X			3	
	Trabajo dinamico	X				1	
	Disposición y participación activa					X	
					Puntaje sobre 50	27	

Figura 20. Ejemplo de aplicación del formato de evaluación de práctica. Creación Propia.

6.3.1.2. Pretest de Ideas iniciales (Anexo5.).

Este instrumento se realizó con el objetivo de conocer las ideas iniciales de los estudiantes sobre la temática de cromatografía líquida. El documento consta de siete ítems, los primeros tres corresponden a dos preguntas abiertas sobre los métodos de análisis químico e instrumental y una pregunta cerrada sobre cromatografía como método de análisis. Los ítems 4 y 5 consisten en la identificación de algunos conceptos del método de cromatografía, para ser ubicados en un mapa conceptual, en los que se clasifican los tipos de cromatografía líquida clásica. El ítem número seis corresponde a la interpretación y el análisis gráfico de una serie de imágenes que representan técnicas, fundamentos y conceptos cromatográficos, en los que el estudiante debe interpretar la imagen y escribir los conceptos que evocan y una breve explicación del método ahí representado. Finalmente, el ítem número siete consiste en describir, analizar e identificar materiales e instrumentos y proponer funciones en un proceso cromatográfico representado por un esquema gráfico de un cromatógrafo.

6.3.1.2.1. Uso del instrumento.

El pretest de Ideas iniciales se les entregaría a los estudiantes durante la primera

sesión del proceso, para que lo diligencien en 30 minutos; luego de su diligenciamiento, se propone una discusión a modo de mesa redonda, en la que cada estudiante expone sus respuestas, que se relacionan con las imágenes y experiencias de prácticas anteriores. Por su parte, el profesor atiende y resuelve preguntas y dudas al respecto, se identifican aciertos y desaciertos, además de aclarar los conceptos necesarios. Los estudiantes además deben realizar el mapa conceptual en conjunto, para dejar claros en forma general algunos puntos claves de la temática. En esta medida, la representación gráfica se convierte en una oportunidad para entender un proceso químico experimental de forma práctica, rápida y sencilla, por lo que puede ser un ejemplo para los diseños experimentales que los estudiantes deben realizar más adelante.

6.3.1.3. *Guía de práctica de Cromatografía Clásica (Anexo 5).*

Este instrumento se realizó con el objetivo de orientar a los estudiantes sobre la metodología de práctica, bajo la modalidad de *estaciones de laboratorio*, la forma de evaluación y las tareas a realizar; en este sentido, en la primera parte del documento se hace una introducción a la temática cromatografía en papel y capa fina, radial, ascendente y bidimensional. En la segunda parte se explican las dos sesiones que hacen parte de la cromatografía clásica (sesiones 2 y 3) y también se exponen los recursos, materiales y reactivos a utilizar, para finalmente, en la última parte del documento, se referencian las habilidades a evaluar en esta parte del proceso.

6.3.1.3.1. *Uso del instrumento*

Esta guía de práctica se les entregaría a los estudiantes durante la primera sesión del proceso, para que realicen una lectura y realicen su diseño experimental, efectúen una discusión sobre la temática, así como desarrollen los cálculos necesarios para la elaboración

de soluciones y tratamientos de muestras. En paralelo a ello, el profesor atiende y resuelve preguntas y dudas respecto a la lectura y también sobre las prácticas experimentales a desarrollar.

6.3.1.4. *Guía de práctica de Cromatografía Instrumental, sobre HPLC (Anexo 6).*

Este instrumento se realizaría con el objetivo de orientar a los estudiantes sobre la metodología de práctica, la forma de evaluación y las tareas a realizar; en este sentido, en la primera parte del documento, se hace una introducción a la temática HPLC. En él se explican en detalle las dos sesiones que hacen parte de las prácticas de cromatografía instrumental (sesiones 5 y 6).

También en el escrito, se propone un método de extracción y se referencian las variables que se deben tener en cuenta para un diseño metodológico de un análisis cromatográfico usando un equipo de cromatografía líquida HPLC, finalmente en la última parte del documento se referencian las habilidades a evaluar en esta parte del proceso.

6.3.1.4.1. *Uso del instrumento.*

Esta guía de práctica se les entregaría a los estudiantes durante la sesión 4 del proceso, para que realicen una lectura y efectúen su diseño experimental, efectúen una discusión sobre la temática, así como para realizar los cálculos necesarios para la elaboración y preparación de soluciones para inyección y los respectivos tratamientos de muestras. En paralelo a ello, el profesor atendería y resolvería preguntas y dudas respecto a la lectura y a las prácticas experimentales en concreto.

6.3.2. *Técnicas y temáticas de la propuesta.*

La propuesta se divide en dos grupos temáticos la cromatografía líquida clásica (CLC) y la cromatografía instrumental HPLC, por lo que los estudiantes se organizarían en dos

grupos de sesiones: para CLC se programan las sesiones 1 2 y 3 y para HPLC las sesiones 4, 5 y 6.

6.3.2.1. Cromatografía Líquida Clásica.

En esta temática se abordan métodos de análisis como cromatografía en columna, la cual se lleva a cabo en columnas abiertas y en ella, la fase móvil fluye por gravedad o mediante la aplicación de vacío, con un dispositivo de succión, también se realizan procesos cromatográficos sobre soporte plano (papel CP y capa fina CCF), en la que la fase estacionaria es una superficie plana, en lugar de estar contenida en una columna. Las separaciones por cromatografía de capa fina se llevan a cabo en placas de vidrio o plástico recubiertas con una capa delgada de partículas finamente divididas que contienen la fase estacionaria. Este método se puede realizar en tres modalidades: ascendente, descendente, bidimensional o radial (González y Hernández 2002).

6.3.2.2. Cromatografía Líquida Instrumental HPLC.

Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia o HPLC por sus siglas en inglés High Performance Liquid Chromatography, es una técnica que fue desarrollada a partir de la necesidad de hacer más eficientes los análisis cromatográficos, desde la optimización de algunos procesos de la cromatografía líquida, como la aceleración, automatización y adaptación a muestras mucho más pequeñas, lo que a su vez se logra con la intervención de equipos y software, que hacen de la técnica un método analítico instrumental.

La técnica hace uso de un equipo, denominado Cromatógrafo HPLC, en el que se tienen en cuenta variables como proporciones de fases móviles, inyección, presión, caudal, flujo, pureza de la muestra, filtraciones, longitudes de onda para trabajo con el detector. Por otra parte, para los análisis se hace uso de cálculos, curvas de calibración, áreas bajo los

picos, cromatogramas entre otros, por lo que es una oportunidad de aprender y poner en práctica muchos conceptos prácticos y teóricos.

6.3.3. Materiales, Espacios, Herramientas y Metodologías.

6.3.3.1. Materiales.

Se propone un inventario general de materiales y equipos para las prácticas de laboratorio, los cuales se describen a continuación según cada práctica y sesión de intervención.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Educación de educadores</small>		DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO. PUESTA A PUNTO SESIONES EXPERIMENTALES.				
PLAN GENERAL INTERVENCIÓN PRÁCTICA						
CROMATOGRAFÍA						
SESIÓN	MATERIALES Y EQUIPOS					
CAPA FINA	ACTIVACIÓN PLACAS	PREPARACIÓN SOLUCIONES	SATURACIÓN CÁMARAS	RADIAL	ASCENDENTE	BIDIMENSIONAL
		ESTUFA, PLACAS, BANDEJAS, PINZAS	BALONES AFORADOS, FRASCO LAVADOR, PIPETAS AFORADAS, PERAS DE SUCCIÓN	SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES, PIPETAS GRADUADAS, PERAS DE SUCCIÓN, CÁMARAS CROMATOGRÁFICAS, CAMPANAS DE EXTRACCIÓN	PLACAS ACTIVADAS, CAPILARES PREPARADOS, MICROPIPETAS, ESTUFA PARA SECADO, SOLVENTES (FASES MÓVILES) Y MEZCLAS PROBLEMA, CÁMARAS CROMATOGRÁFICAS, CAMPANAS DE EXTRACCIÓN	
COLUMNA	PREPARACIÓN SOLUCIONES		EMPAQUETADO COLUMNAS		MONTAJE COLUMNAS	
	BALONES AFORADOS, FRASCO LAVADOR, PIPETAS AFORADAS, PERAS DE SUCCIÓN		SILICA GEL, COLUMNAS, ALGODÓN AGUA DESIONIZADA		SOPORTE UNIVERSAL, COLUMNAS ABIERTAS DE VIDRIO, PINZAS PARA BALÓN MATRAZ ERLENMEYER	
TRATAMIENTO DE MUESTRA Y CURVA CALIBRACIÓN H.P.L.C.	EXTRACCIÓN			PREPARACIÓN DE PATRONES Y ESTANDARES		
	EMBUDOS DE DECANTACIÓN, MATRACES ERLENMEYER, PIPETAS GRADUADAS, PERAS DE SUCCIÓN, PROBETAS, SOPORTE UNIVERSAL, SOLVENTE DE EXTRACCIÓN, ROTA EVAPORADOR, BALONES FONDO PLANO, PLANCHAS DE CALENTAMIENTO.			BALONES AFORADOS, FRASCO LAVADOR, PIPETAS AFORADAS, PERAS DE SUCCIÓN, SOLVENTES GRADO HPLC.		
ANÁLISIS CROMATOGRÁFO H.P.L.C.	Estabilización del equipo	Condiciones cromatográficas según método	Inyección	Cromatograma	Análisis	Estabilización del equipo
	EQUIPO: CROMATOGRÁFO H.P.L.C.					

Figura 21. Materiales y equipos por sesión práctica: fuente: creación

6.3.3.2. Espacios.

Para esta propuesta de intervención se debe contar con tres tipos de espacios para desarrollar todas las sesiones anteriormente descritas: un salón de clase con proyector o

televisor para proyección de videos, un laboratorio de ensayos y un laboratorio HPLC con equipo cromatógrafo.

6.3.3.3. Herramientas.

Dentro de la propuesta se encuentra la construcción y el uso de videos explicativos y evaluativos (video-quices) de la modalidad *Flipped Classroom*, por lo tanto, se debe contar con herramientas tecnológicas como proyectores o televisores inteligentes para hacer presentación de videos, ya sea el salón de clase o cada estudiante desde casa, o también tener acceso a equipos de cómputo e internet.

6.3.3.3.1. Video-quices.

Los video-quices son un herramienta didáctica que se propone en el presente trabajo, los cuales tienen varios objetivos: el primero es orientar al estudiante desde la parte teórica y conceptual respecto a técnicas de análisis instrumental, el segundo es presentar al estudiante los métodos más adecuados de acuerdo con la técnica a utilizar y discutir algunos puntos o procesos más complejos de la práctica, resaltando las ventajas y desventajas de los mismos; el tercero es realizar un proceso evaluativo de forma paralela, ya que la estructura de este video permite que en un momento determinado el video se detenga, se realice un quiz rápido y se responda de manera adecuada para continuar viendo el video.

En concordancia con lo anteriormente descrito, cabe destacar que los video-quices, más que una forma de determinar notas o calificaciones se constituyen en una oportunidad de autoevaluación y autoformación del estudiante, en la medida que, si el estudiante incurre en un error conceptual, no puede continuar hasta corregirlo.

6.4. PROYECCIONES DE LA PROPUESTA

Se espera que esta propuesta cumpla con los objetivos planteados, que se convierta

en una metodología replicable, también que contribuya tanto a la formación y labor docente, como al aprendizaje de las ciencias, que aporte grandemente al conjunto de metodologías diseñadas dentro de la didáctica de las ciencias y que sea un punto a favor del espacio del laboratorio como un escenario con un apreciable potencial didáctico para el aprendizaje de la ciencias y el desarrollo de habilidades y formación integral de los estudiantes.

6.4.1. Una metodología replicable.

La propuesta está pensada a modo tal que pueda ser replicable en otros escenarios educativos y no solo una población en específico, en este sentido, los profesores de ciencias pueden tomar la propuesta y adaptarla según su contexto, haciendo modificaciones en forma o contenido. Por otro lado, es una propuesta pensada para la temática de cromatografía líquida, sin embargo, puede ser aplicada a otras temáticas de química instrumental como espectroscopia y electroquímica, adicional a esto puede ser modificada para usar en los campos del análisis químico como: de aguas, de suelos, o de alimentos, por esta razón se considera que la temática escogida en esta propuesta no es un impedimento o un limitante para ser replicada en otros contextos.

6.4.2. Aportes a la formación y labor docente.

Se espera que sea un aporte a la formación de profesores, no solo en la medida que la propuesta se aplique con profesores en formación, sino por el papel que juega el profesor en el proceso de desarrollo de la propuesta, visto este desde dos perspectivas: la primera en la participación de la construcción y la estructuración de su propio material didáctico como son los videos de *Flipped Classroom*, o en la formulación de sus particulares *estaciones de trabajo* para las sesiones experimentales, de matrices evaluativas, de observaciones sistemáticas y metodologías innovadoras; la segunda, en cuanto a la posibilidad de reflexión

constante del trabajo realizado, la posibilidad de tomar decisiones en el momento oportuno y modificar las metodologías o procesos en pro de superar falencias en el aprendizaje de los estudiantes y desaciertos en las metodologías propuestas.

6.4.3. Aportes a la didáctica de las ciencias.

La evaluación es un tema de preocupación constante en los docentes en general, y en esta dirección, se hace conveniente la evaluación constante de los estudiantes en cuanto a diferentes aspectos, que muchas veces no obedecen a los objetivos de enseñanza, particularmente, siendo así que en el escenario del laboratorio se suelen evaluar el aprendizaje de conceptos teóricos y prácticos, o habilidades manuales y mecánicas como la realización de cálculos, sin embargo, la evaluación continua de habilidades y capacidades cognitivas, procedimentales y actitudinales, es dejada a un lado.

En síntesis, el diseño de estrategias alternativas de evaluación es la oportunidad de aportar a un estado del arte, en este caso especialmente, de la didáctica de las ciencias y teniendo en cuenta que la evaluación debiera ser desde y para la disciplina, en este caso la química instrumental, es la oportunidad de generar conocimiento didáctico de la química.

6.4.4. Soporte del laboratorio como escenario de aprendizaje.

La propuesta está enmarcada en una apuesta por demostrar el potencial didáctico que tiene el laboratorio, exponiendo las diferentes estrategias metodológicas que se pueden utilizar en un sistema evaluativo enfocado a este espacio, también exponiendo un número considerable de habilidades que pueden ser fortalecidas y desarrolladas en él.

Por otro lado, se propone el escenario del laboratorio como un espacio dinámico en el que se puede interactuar de diferentes maneras, que incluyen la organización por estaciones, o las preguntas en el momento de la acción, o la identificación de materiales y

equipos para diferentes procedimientos.

7. CAPITULO VII

CONCLUSIONES

A continuación, se muestran las conclusiones derivadas de los resultados de la presente investigación, organizadas a partir de la relación de los objetivos con las categorías de análisis.

Las tendencias en las prácticas evaluativas del laboratorio fueron determinadas a partir de la observación sistemática de prácticas de laboratorio, un estudio corto de percepción del proceso evaluativo de estudiantes (profesores en formación) de química analítica e instrumental, así como a partir de la exploración bibliográfica de investigaciones relacionadas con la evaluación de asignaturas teórico-prácticas, particularmente en el ámbito de la evaluación del laboratorio y de la evaluación en la enseñanza de la cromatografía HPLC.

Con base en lo anterior descrito se concluye que las tendencias en métodos evaluativos tradicionales se mantienen en la actualidad, que las nuevas tendencias en su mayoría se enmarcan en procesos que incurren en actos finales y no continuos, que la mayoría de los métodos evaluativos se enfocan en evaluar saberes a nivel teórico y saberes prácticos de forma separada, que hacen el proceso evaluativo fragmentado, dejando de lado otras posibilidades de evaluación, como lo son los procesos de fortalecimiento y desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales.

La investigación se fundamentó en estructurar estrategias metodológicas de evaluación, para la consolidación de una propuesta de evaluación de las prácticas experimentales en el área de química instrumental, que en buena medida trascendería las

tendencias tradicionales, así como las dificultades observadas en estas, para enmarcarse en una verdadera transformación, que contribuya a documentar un estado del arte de la didáctica de química en este campo.

La propuesta se fundamentó, no solo en los estudios de campo de la investigadora exploración bibliográfica y de experimentación práctica, sino también en referentes teóricos que dan cuenta de la estructura respecto a su *función* (Mora 2006) y contexto de los *giros en la evaluación* en Colombia Bogoya (2006), que fueron eje fundamental en la construcción y consolidación de la propuesta, así como en su proceso de validación.

La propuesta de evaluación consolidada en esta investigación fue validada por tres profesionales expertos, dos de ellos encargados de validar la estructura de los instrumentos y uno de ellos encargado de validar la propuesta en conjunto.

La validación de la propuesta es soporte fundamental para su exposición y divulgación y la versión final de la misma muestra el trabajo investigativo, así como el trabajo en grupo y los aportes de expertos destacándose en tres aspectos importantes, el primero la propuesta está diseñada como práctica continua, el segundo la propuesta incluye estrategias innovadoras tanto tecnológicas (video-quices en *Flipped Classroom*) como metodológicas (trabajo práctico de laboratorio por *estaciones de trabajo*) y la tercera se constituye en soporte para darle al espacio de laboratorio un lugar relevante como escenario de un elevado potencial didáctico.

Finalmente, se concluye que el proceso de investigación, la construcción de la estrategia, y la consolidación de esta dan cuenta de las posibilidades, oportunidades y ventajas del espacio de laboratorio, que lo constituyen en un espacio pertinente para construir saberes, tanto en los estudiantes como en docente investigador, esto con el fin de recuperar su lugar en la enseñanza de las ciencias naturales o experimentales, particularmente en el

dominio de la transformación de las practicas evaluativas en química instrumental.

8. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

En primer lugar, se considera que para futuras investigaciones una exploración bibliográfica de las practicas evaluativas en el laboratorio de química debe realizarse de una manera más rigurosa en cuanto a la determinación de categorías de análisis de las estrategias, es decir, cada una de las estrategias revisadas debe ser analizada desde diferentes puntos en función del papel de la evaluación en el laboratorio. Así mismo, en términos de determinar las funciones de la evaluación en espacio educativo del laboratorio de ciencias.

Por otro lado, se sugiere que la propuesta plateada en este trabajo de investigación sea implementada en grupos piloto en los que se pueda analizar desde sus aciertos y desaciertos, se pueda observar su impacto en el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos propios de la temática y de la química en general, a partir del desarrollo de habilidades a nivel cognitivo, procedimental y actitudinal en los estudiantes.

Además de lo anteriormente descrito, la propuesta también debería ser analizada desde la perspectiva docente, por ejemplo, desde las ventajas y desventajas en el desarrollo de su labor en la implementación de la estrategia, en la medida que dicho análisis contribuya al mejoramiento de la estrategia, a partir de la modificación, adaptación y puesta punto de la propuesta.

Por otra parte, se considera que es necesario el uso de otras estrategias de validación como las pruebas en grupos piloto, grupos control, que permitan una contribución al estado del arte en la evaluación de los procesos que se llevan a cabo en espacio de laboratorio de química y específicamente en química instrumental.

En gran medida este trabajo de investigación se enfocó en fortalecer, destacar y resignificar el papel que cumple el laboratorio en la enseñanza de las ciencias, convirtiéndose en una oportunidad de generar una estrategia que destacara su potencial didáctico desde la transformación de las prácticas evaluativas, sin embargo, se considera que una transformación en la evaluación es tan solo una de las posibilidades de destacar su potencial, por lo tanto, como profesores de ciencia es importante enforzar nuestros esfuerzos en la recuperación de lugar que tiene el espacio del laboratorio en la enseñanza y en el aprendizaje de la ciencia, a partir de otros enfoques de los procesos educativos, como el uso de nuevas metodologías, laboratorios de mínimo impacto ambiental, laboratorios tecnológicos, didáctica del laboratorio en general.

Finalmente, este trabajo hace una invitación a que profesores de ciencias contribuyan a mantener el espacio del laboratorio como un ente constante, necesario y de gran potencial, dentro de los currículos, planeaciones, metodologías, instalaciones e innovación, a partir de la constante reflexión, investigación, actualización y amor en las labores que realizan cada día.

9. BIBLIOGRAFIA

Abelaira de Andrizzi, S.I. Laba, R.F. Quattrocchi, O. A. (1992). Introducción a la HPLC
Aplicación y Práctica

Alemán Suárez, J. D. y Mata Mendoza, M.A., (2006) Guía de elaboración de un Manual de
prácticas de Laboratorio, taller o campo: Asignaturas teórico-prácticas. Universidad
Autónoma de Chapingo.

Ayala V. (2009) Modelos contemporáneos en evaluación educativa. Temas para la
Educación. No. 5, noviembre.

Ballesteros E.A., Diaz A.M., García, J.F. López B. G. (2011) El portafolios como estrategia
de evaluación y aprendizaje en las asignaturas de química analítica de la Universidad
de Jaén. Uninvest, Girona.

Ballesteros Jiménez, S. (2014). *Habilidades cognitivas básicas: formación y deterioro*.
Madrid, España. Editorial UNED.

Baquero M. (2004). Mecanismos y aplicaciones de la cromatografía líquida de alto
desempeño. Editorial de la Universidad de costa rica, Serie Química ;5.

Bertelle A. y Rocha A. (2003) El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química Dpto.
de Profesorado en Física y Química. Facultad de Ingeniería. UNCPBA.

Bogoya, D. (2006). Evaluación educativa en Colombia. Seminario internacional de
evaluación. Cartagena, Colombia.

Beussman, D. J., (2007). The Mysterious Death: An HPLC Lab Experiment. Journal of
Chemical Education, 84, 11, 1809

- Cadenato, A., & Martínez, M. (2004). Mejora en la evaluación de asignaturas experimentales de la titulación de Ingeniería Química. Actas del 12ª CUIEET, Barcelona.
- Careaga, A. (2001). La evaluación como herramienta de transformación de la práctica docente. *Educere*, vol. 5, núm. 15, Venezuela.
- Cea, M. (2001). Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social (s. ed.). Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Coronel, M. A., Ferrer, C., Pérez, M.A., Cuadrado, M. (2007) La evaluación de los estudiantes de educación superior. Apuntes de buenas prácticas. Servei de Formació Permanent. Universitat de València.
- Enneking, K. M., Breitenstein, G. R., Coleman, A. F., Reeves, J. H., Wang, Y. y Grove, N. P. (2019). The Evaluation of a Hybrid, General Chemistry Laboratory Curriculum: Impact on Students' Cognitive, Affective, and Psychomotor Learning. *Journal of Chemical Education*, 96, 6, 1058-1067
- Fernández, T., Mateos, J. M., Prieto, C., Santos M.J., & Velasco, S. (2014). Estudio y mejora del rendimiento pedagógico en el Laboratorio de Física.
- Gimeno, J. y Pérez A. (1996). GIMENO SACRISTÁN, José y PÉREZ GÓMEZ, Ángel I. Comprender y transformar la enseñanza. Madrid: Morata.
- González, C. y Hernández, L. (2002). Introducción al análisis instrumental. Ariel, S.A. Barcelona.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2003). Metodología de la investigación (3ª ed.). México: Editorial Mc Graw-Hill.
- Hodson, d. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12. (3), 299-313
- Johnson, B. y Onwuegbuzie, A. (2004, October). Mixed Methods Research: A Research

Paradigm Whose Time Has Come [Los métodos de investigación mixtos: un paradigma de investigación cuyo tiempo ha llegado]. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.

Lafourcade, D.P. (1977). *Evaluación de los aprendizajes*. Cincel Madrid.

Lederer, E., & Lederer, M. (1960). *Cromatografía revisión de sus principios y aplicaciones*. Buenos Aires: Ateneo.

López Pereyra, M. (2007). *La evaluación de los cursos prácticos del área de fisicoquímica*. Instituto Politécnico nacional. Tesis grado ingeniería química industrial.

Messick, S. (1989). Validity. en R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed. pp. 13-103). New York: Macmillan.

Miranda, B., Lawton, N. M., Tachibana, S.R., Swartz N.A., Hall, P. (2016). Titration and HPLC Characterization of Kombucha Fermentation: A Laboratory Experiment in Food Analysis. *Journal of Chemical Education*. 93, 10, 1770-1775

Mora, A. I. (2006). La evaluación educativa: Concepto, períodos y modelos. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, vol. 4, núm. 2. Costa rica.

Noguera Murray, P. Tortajada Genaro, L.A., (2013). Diseño y aplicación de la rubricas en la evaluación in situ del aprendizaje en el laboratorio. *Revista educativa Hekademos*. No. 13. Valencia. España.

Noguera, P. Tortajada, L.A., Boronat, J. A., & Herrero Villén, M. A. (2011). Autoevaluación previa a las prácticas de laboratorio químico: introducción al auto- aprendizaje. *Arbor*, 187(Extra_3), 267-272.

Olgúin Meza, M. de J. (2017). Modelos Contemporáneos en la Evaluación Educativa. *Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 3*, 4(7).

- Ortiz Miranda, G. S. (2017). Prácticas de enseñanza de cromatografía Líquida de alta performance (HPLC): complementación con un programa simulador. In IV Jornadas de TIC e Innovación en el Aula (La Plata, 2017).
- Ortiz Ocaña, A.L. (Ed.) (2009). *Desarrollo de Pensamiento y las competencias básicas Cognitivas y Comunicativas ¿Cómo formular estándares, logros e indicadores de desempeño?* Holguín, Cuba. Editorial Litoral.
- Palomares, A.E., Montañés, M.T., & Muñoz-Portero, M.J., (2008). Evaluación de asignaturas de laboratorio (experimentación).
- Pickering, M. (1993). *The Teaching Laboratory through History*. Princeton University, Princeton
- Posner, G. (1998). *Análisis del curriculum*. Colombia: McGraw Hill.
- Randerath, K. (1984). *Cromatografía de capa fina*. (2 ed., Vol. 8). Texas: Urmo, S.A.
- Scriven, M. (1973). Goal-free evaluation, en House, E,R (Ed.), *School evaluation: The politics and process*, McCutchan, Berkeley, CA., p. 319-328
- Segura, J.J., Rubio, A.L. (1995) Propuesta metodológica para la evaluación de las prácticas clínicas de odontología. Universidad de Sevilla.
- Shalliker, R. A., Kayillo, S., Dennis G. R. (2008). Optimizing Chromatographic Separation: An Experiment Using an HPLC Simulator. *Journal of Chemical Education*. Vol. 85 No. 9.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Glajch, J. L. (2012). *Practical HPLC method development*. John Wiley & Sons.
- Soriano, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. *Diálogos*, Año 8, No.13.

- Stufflebeam, D., Shinkfield, A. (1995). Evaluación sistemática - Guía teórica y práctica.
España: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, Ediciones Paidós Ibérica.
- Tamir, & García Rovira, M. P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 003–12.
- Tobón S., Rial, A. Carretero, M. A., García, J. A. (2006). *Competencias Calidad y Educación Superior*. Bogotá, Colombia. Editorial Magisterio.
- Ubiera, L.M., (Ed.) y D' Oleo A. (2016). *Técnicas e instrumentos de Evaluación ¿Qué significa Evaluar?, ¿Qué se evalúa?, ¿Para qué evaluar?* Santo Domingo, República Dominicana. Editorial Or Service, S.R.L.
- Vygotsky, L.S. (1990). Pensamiento y Lenguaje Ediciones quinto sol S.A. 1ra reimpresión México D.F
- Wilson H. (1987) Problem- Solving Laboratory Exercises. *Journal of Chemical Education*. Vol 64 No. 10.

10. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de percepción Estudiantes de Métodos de análisis Licenciatura en Química de la UPN.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Departamento de Química
Maestría en Docencia de la Química
ENCUESTA DE PERCEPCIÓN

El presente documento pretende conocer la percepción que tienen los estudiantes de licenciatura en química de la universidad pedagógica, acerca de su proceso evaluativo durante las prácticas de laboratorio propias de las asignaturas relacionadas con análisis químico. Cabe resaltar que no se intenta recabar información acerca del trabajo docente o desmeritar las prácticas de una u otra asignatura, solo se desea conocer la percepción del estudiante en pro de analizar y mejorar los procesos.

Las siguientes preguntas son afines con los procesos relacionados a prácticas de laboratorio, seleccione sola una respuesta marcando con una X, si es necesario escriba otra respuesta, si se solicita justifique.

1. Teniendo en cuenta su experiencia personal considera que: ¿El trabajo realizado durante las prácticas de laboratorio ha sido evaluado constantemente?
 Si
 No
¿Por qué? _____
2. ¿Cuál de las siguientes actividades considera es un método evaluativo y ha sido utilizado en su caso para evaluar su trabajo y aprendizajes en las prácticas de laboratorio?
 Evaluación escrita o quices.
 Presentación de informes (Artículos u otro tipo de escritos).
 Exposiciones.
 Libreta, cuadernos o portafolios de laboratorio.
 Otro. ¿Cuál? _____
3. ¿Cuál de las siguientes actividades considera es el mejor método para lograr evaluar efectivamente, sus capacidades o habilidades y aprendizajes obtenidos durante las prácticas de laboratorio?
 Evaluación escrita o quices.
 Presentación de informes (Artículos u otro tipo de escritos).
 Exposiciones.
 Libreta o portafolios de laboratorio.
 Otro. ¿Cuál? _____
¿Por qué?

4. Desde su experiencia ¿cuál de las siguientes actividades considera NO es una buena estrategia de evaluación para el trabajo realizado en las prácticas de laboratorio?
 Evaluación escrita o quices.
 Presentación de informes (Artículos u otro tipo de escritos).
 Exposiciones.
 Libreta o portafolios de laboratorio.
 Otro ¿Cuál? _____
¿Por qué?

5. ¿Considera importante autoevaluar sus habilidades y aprendizajes desarrollados en las prácticas de laboratorios de manera autónoma?
 Si. ¿Por qué? _____
 No. ¿Por qué? _____



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Departamento de Química
Maestría en Docencia de la Química

6. ¿Autoevalúa constantemente sus habilidades y aprendizajes desarrollados en las prácticas de laboratorios de manera autónoma?
- Sí. ¿De qué manera lo hace? _____
- No. ¿Por qué? _____
7. Durante las prácticas de laboratorio se pretender desarrollar diferentes habilidades, ¿Cuál o cuáles de las siguientes considera usted que han sido desarrolladas durante el proceso formativo? Puede seleccionar más de una respuesta.
- Adquisición y desarrollo de familiaridad con los procesos experimentales en general.
- Capacidad de replicar y utilizar efectivamente métodos de análisis de diferentes sustancias.
- Desarrollo, más concretamente, de habilidades y herramientas experimentales y de análisis de datos.
- Aprendizaje de conceptos Químicos básicos.
- Refuerzo de la capacidad de observación y de las relaciones entre fenómenos y modelos Químicos.
- Desarrollo de habilidades cooperativas.
- Otra. ¿Cuál? _____
8. ¿Cuál de las siguientes habilidades considera usted que es más evaluadas durante su proceso formativo, que implica el desarrollo de prácticas de laboratorio? Puede seleccionar más de una respuesta.
- Adquisición y desarrollo de familiaridad con los procesos experimentales en general.
- Capacidad de replicar y utilizar efectivamente métodos de análisis de diferentes sustancias.
- Desarrollo, más concretamente, de habilidades y herramientas experimentales y de análisis de datos.
- Aprendizaje de conceptos Químicos básicos.
- Refuerzo de la capacidad de observación y de las relaciones entre fenómenos y modelos Químicos.
- Desarrollo de habilidades cooperativas.
- Otra. ¿Cuál? _____
9. Generalmente ¿Cuál es el porcentaje que equivale al trabajo de las prácticas de laboratorio, en la nota final de las asignaturas relacionadas con análisis químico?
- 10%
- 30%
- 50%
- 70%
- Otro. ¿Cuál? _____
- ¿Lo considera justo? Si _____ No _____
10. ¿Considera que la evaluación en general de las prácticas de laboratorio es justa, pertinente y eficiente para determinar el desarrollo de habilidades?
- Sí
- No
- ¿Por qué? _____
11. Por último, teniendo en cuenta el trabajo que se realiza en las prácticas de laboratorio, escoja un intervalo del porcentaje que este debe tener, en la nota final de las asignaturas relacionadas con análisis químico.
- De 5 a 20%
- De 20 a 40%
- De 40 a 50%
- De 50 a 60%
- Mas del 60%

Gracias por su participación

Anexo 2. Bitácora de práctica.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Departamento de Química
Maestría en Docencia de la Química

INTRUMENTO PRACTICA EXPERIMENTAL.
TESIS CROMATOGRAFÍA – CLÁSICA E INSTRUMENTAL
SÍNTESIS REVISIÓN LITERATURA CROMATOGRAFÍA DE COLORANTES.

F.M.	DESCRIPCIÓN				
F	(4+1) <2,5% Na3Cit, amoniaco conc.>				
G	(6+1+3) <propanol, acetato de etilo, agua>				
H	(50+12+38) <t-butanol, ac. Propanoico, KCl 0,4%>				
I	(1+1) <etanol al 25%, amoniaco 5%>				
J	fenol 80%				
K	(40+25+40) <fenol, etanol, agua>				
a	30 g de silica gel H + 65-70 mL de agua				
A: Lab cromatografía pdf; B: Randerath: C: Lederer y Lederer					
pág 63 a 80					
REF	ANALITO	SOPORTE	MUESTRA	FM1	FM2
B	COLORANTES	PAPEL	0,15% EN AGUA	F, G y H	I, J y K
C	COLORANTES	CAPA FINA-SÍLICA a	0,15% EN AGUA	F, G y H	I, J y K
	COLORANTES	COLUMNA			
A	INDICADORES	PAPEL			
COLORANTE					
	MZ1	MZ2	MZ3	MZ prob.	
R3		X	X		
R5	X			X	
R6		X	X	X	
R40	X	X		X	
Am5	X		X		
Am6		X		X	
Az1	X		X	X	
CÁMARA	MZ.	FASE MÓVIL			
1	MZ 1	F			
2	MZ 1	G			
3	MZ 2	H			
4	MZ 2	I			
5	MZ 3	J			
6	MZ 3	K			



BITÁCORA DE LABORATORIO PARA CROMATOGRAFÍA CLÁSICA

1. CONSECUCCIÓN DE CÁMARAS: Cámaras pequeñas para ensayos y cámara rectangular.
2. CONSECUCCIÓN Y CORTE DE CROMATOPLACAS DE SÍLICA
3. DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES XA CADA CÁMARA (Ej. **8 mL**) Y PARA CÁMARA RECTANGULAR.
4. PREPARACIÓN DE CAPILARES XA SIEMBRAS.
5. PREPARACIÓN DE STOCKS, PATRONES Y PROBLEMAS
7 STOCKS; v=25 mL; CADA UNO AL 1,5 %.
7 PATRONES; v=50 mL (0,15 %m/V) y 4 MEZCLAS.

	MZ1	MZ2	MZ3	MZ prob.
R3		X	X	
R5	X			X
R6		X	X	X
R40	X	X		X
Am5	X		X	
Am6		X		X
Az1	X		X	X

Ejemplo: ROJO 6:

STOCK rojo 6: pesar aprox. 375 mg de Rojo 1 y llevar con agua a 25,0 mL en el balón aforado.

PATRÓN DE ROJO 6: medir 5,0 mL del stock y llevar con agua a 50,0 mL en un balón aforado.


MZ 1: medir 5,0 mL del stock R1; 5,0 mL del stock R5; 5,0 mL del stock Am5 y 5,0 mL del stock Az1 y llevar con agua a 50,0 mL en un balón aforado.

6. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DEL SOLVENTE EN CADA CROMATOPLACA Y EN LA CÁMARA RECTANGULAR PARA LA CROMATOGRAFÍA EN PAPEL.
7. ELABORACIÓN DE FASES MÓVILES (6 en total), BAJO LA SIGUIENTE GUÍA, SEGÚN EL VOLUMEN DE CADA CÁMARA:

CÁMARA	MZ.	FASE MÓVIL
1	MZ 1	F
2	MZ 1	G
3	MZ 2	H
4	MZ 2	I
5	MZ 3	J
6	MZ 3	K

EJ: fase móvil F: (4+1) <2,5% Na3Cit, amoníaco conc.>

Anexo 3. Validación de la Propuesta, validación de instrumentos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Educación</small>	FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA.
VALIDACIÓN INSTRUMENTOS	PROYECTO DE GRADO: TRANSFORMACIÓN DE LAS PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA CROMATOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN

Con el fin evaluar aspectos que son importantes para identificar la eficacia y pertinencia de varios instrumentos que hacen parte de la investigación o proyecto de grado adjunta a la maestría en docencia de la Química. La investigación tiene como objetivo estructurar una propuesta alternativa de evaluación del laboratorio de cromatografía clásica e instrumental HPLC, e implementarla en un grupo objetivo de profesores en formación. El objetivo de los instrumentos es recolectar información pertinente con el fin de la investigación.

Agradezco su participación en la validación y construcción crítica de los instrumentos, desde su experiencia profesional y méritos académicos y personales, le solicito dar un puntaje a cada afirmación según la escala Likert descrita en la tabla, así como sus observaciones, sugerencias y modificaciones que crea pertinentes.


Completamente desacuerdo	Desacuerdo	Ni acuerdo Ni desacuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo
1	2	3	4	5



CRITERIOS	AFIRMACIONES	TEST IDEAS PREVIAS	FORMATO EVALUACIÓN PRÁCTICA	QUIZ TEÓRICO
COHERENCIA /REDACCIÓN	Los ítems presentan claridad y precisión, existe una correlación lógica enunciado y respuestas.			
	El lenguaje y la semántica son acertados y propicios para la población.			

CRITERIOS	AFIRMACIONES	TEST IDEAS PREVIAS	FORMATO EVALUACIÓN PRÁCTICA	QUIZ TEÓRICO
PERTINECIA	Los ítems aportan información necesaria para cumplir el objetivo.			
	El instrumento da cuenta de una relación lógica con la metodología de la investigación			
ORGANIZACIÓN	La secuencia de los ítems es acertada para obtener información en la investigación			
	Las imágenes, diagramas y tablas tienen un orden coherente			
CONTENIDO	Los conceptos químicos son pertinentes con la temática a tratar			
	Los conceptos y didácticos presentes tienen una correlación teórico-práctica			
TOTAL				
OBSERVACIONES				

Anexo 4. Pretest de Ideas iniciales. (Propuesta evaluativa).

 <p>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Educadora de educadores</i></p>	DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO: TRANSFORMACIÓN DE LAS PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN
Pre-TEST IDEAS INICIALES	PRIMERA SESIÓN

A continuación, se presentan algunas preguntas y actividades en relación con un método analítico de gran importancia dentro de su formación como licenciado en química y específicamente en el ámbito de la química analítica instrumental. Agradecemos responder con la mayor sinceridad posible desde sus conocimientos y experiencias formativas tanto a nivel disciplinar como didáctico y pedagógico.

En el caso de preguntas cerradas escoja solo una opción y si es necesario justifique su respuesta, en el caso de preguntas abiertas sea claro y breve, teniendo en cuenta una buena caligrafía. Gracias.

1. Nombre cinco métodos de análisis instrumental que conozca, haya utilizado o haya escuchado.

2. Considera que la cromatografía es un método:

- a. De análisis químico
b. De análisis instrumental
c. Ambos. ¿Por qué? _____

d. Ninguno. ¿Por qué? _____

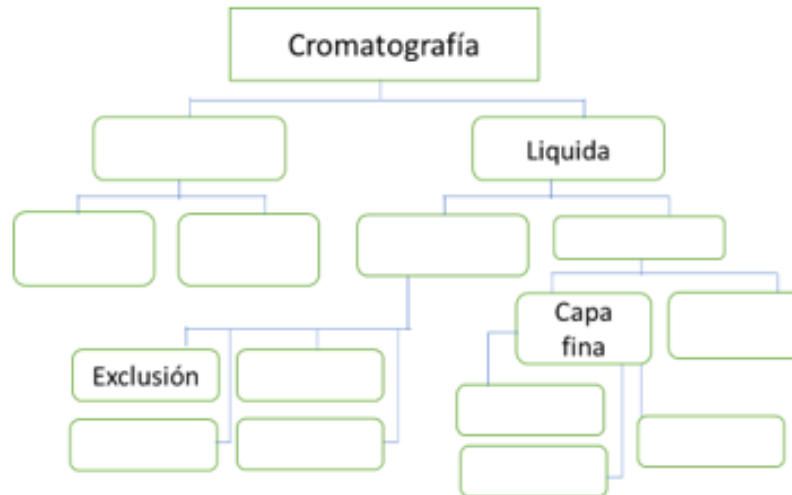
3. La cromatografía puede considerarse un método:

- a. Cualitativo, ya que no se pueden determinar datos numéricos.
b. Cuantitativo, porque se pueden determinar valores y concentraciones de Analitos.
c. Cualitativo y cuantitativo, ya que combina información de los dos tipos.
d. Ninguno, ya que solo es un método de separación de mezclas

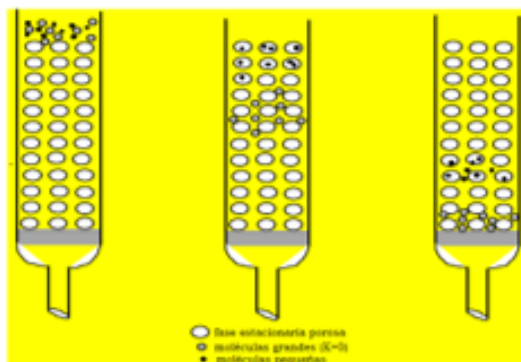
4. Encierre con un círculo los conceptos que correspondan a tipos de cromatografía.



5. A partir de los conceptos escogidos en el anterior punto, complete el siguiente esquema.



6. A continuación, encontrará 3 diagramas que describen diferentes procesos, y que corresponden a algunos conceptos descritos en el punto anterior, asigne el concepto correspondiente a cada imagen de los diagrama y efectué una breve pero concisa descripción de lo que representa la imagen como proceso experimental.

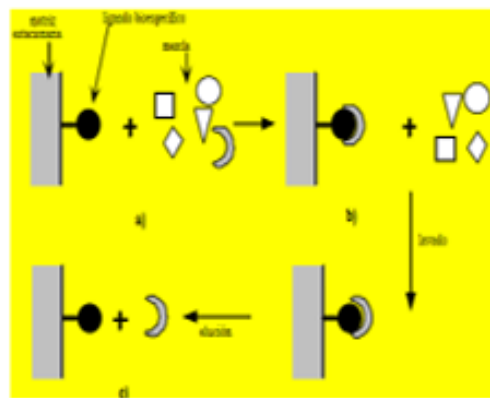


Concepto: _____

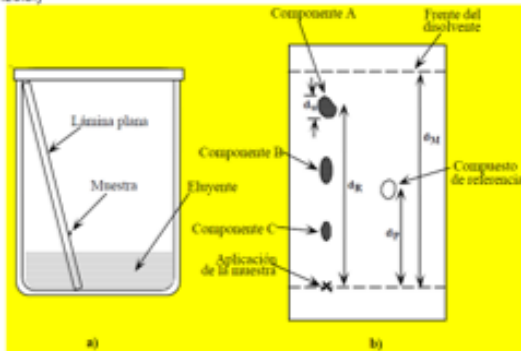
Descripción:

Concepto: _____

Descripción:



4.0.0.3

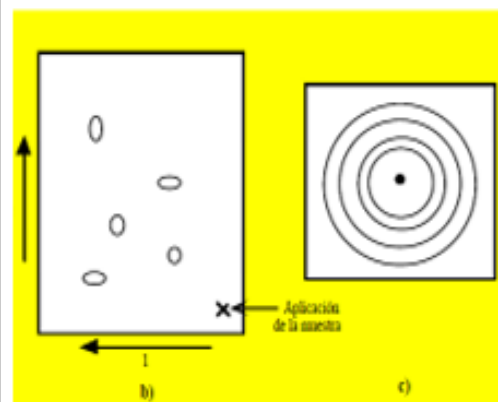


Concepto: _____

Descripción:


Concepto: _____

Descripción:



Anexo 5. Guía de práctica cromatografía Clásica. Propuesta evaluativa.



 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Educadora de educadores</i>	DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO. PUESTA A PUNTO SESIONES EXPERIMENTALES.
GUIA 1	LABORATORIO 1. CROMATOGRAFÍA CLÁSICA

DISEÑO EXPERIMENTAL DE SEPARACION Y ANÁLISIS DE MEZCLAS POR CROMATOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

La cromatografía como técnica de separación analítica, consiste en separar los componentes de una mezcla, que se distribuyen en dos fases, la fase móvil y la fase estacionaria. En resumen, la fase estacionaria generalmente es un sólido o un líquido retenido en un sólido, por el cual pasa la fase móvil, que puede ser líquida o gaseosa. La separación ocurre principalmente por el fenómeno de afinidad de los componentes de la muestra o mezcla con la fase estacionaria, cada componente interacciona con ambas fases; con la fase estacionaria permanece un tiempo determinado, con la fase líquida es eluido, es decir, se transporta en la fase móvil (Baquero 2004)

En la práctica está dividida en dos sesiones, en las cuales se desarrollarán diferentes formas de cromatografía: (sesión 1) cromatografía capa fina, de maneras ascendente, bidimensional y radial y (sesión 2) cromatografía en columna, en la que la fase móvil también es un líquido. La cromatografía líquida clásica se lleva a cabo en columnas abiertas y en ella la fase móvil fluye por gravedad, para la que generalmente se usan columnas de vidrio, cuyas dimensiones dependen de la cantidad de material a separar. (Hernández y González 2002).

Existen dos técnicas de cromatografía plana: cromatografía en papel (CP) y cromatografía de capa fina (CCF). Aunque la CP precede en 10-15 años a la CCF, ha sido ampliamente superada por esta última, debido a su mayor rapidez, versatilidad y reproducibilidad. En la modalidad ascendente, la fase móvil fluye a través de la fase estacionaria por capilaridad y desplaza los componentes de la muestra hacia arriba, a distinta velocidad, teniendo lugar la separación. La modalidad bidimensional se utiliza cuando se trata de grupos de compuestos de estructura química y propiedades similares, con valores de factor de retardo (RF, también llamado relación de frentes) demasiado próximos para que la separación unidireccional proporcione resultados satisfactorios. En esta modalidad, la muestra se aplica de forma normal y se desarrolla según la dirección 1, en contacto con un disolvente determinado, se seca y se eluye con un segundo disolvente en la dirección 2, para tal efecto, los patrones se colocan en lugares específicos de la placa, con el objeto de estructurar un 'mapa' que identifique los analitos que pueden estar presentes en la mezcla original. En la forma radial, la muestra se aplica en el centro de la placa, que normalmente tiene forma de disco, y el disolvente se introduce por un orificio a través de una mecha sumergida en el depósito que lo contiene, en la que, a medida que se desarrolla el cromatograma, se van formando una serie de círculos. Históricamente, la cromatografía radial se ha empleado a modo de 'screening' en la selección de la mejor fase móvil en cromatografía analítica (Hernández y González 2002).

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

Separar y analizar una mezcla problema a partir de cromatografía clásica (en capa fina: ascendente, bidimensional, radial y columna) y sentar bases conceptuales y procedimentales para cromatografía instrumental.

METODOLOGÍA

A partir de la siguiente situación, diseñar una metodología de práctica experimental en la que se incluyan materiales que se emplearán, montajes, reactivos y procedimientos, con la cual se logre llevar a cabo el objetivo de la práctica y resolver la situación desde el análisis químico.

Situación

Usted trabaja en un laboratorio de análisis químico, debe analizar una mezcla para una fábrica de colorantes artificiales alimenticios, la cual le pide que determine, para esta mezcla: 1. ¿Qué colorantes, de los que ellos fabrican, están presentes en la mezcla? *Para ser resuelto en la sesión experimental.* 2. ¿En qué porcentaje se encuentra cada colorante en la mezcla? *Para ser resuelto a modo de ejercicio de lápiz y papel.*

Para la solución del problema, la empresa provee una serie de soluciones patrón, según se muestra en la siguiente tabla:

Colorante	Rojo N° 3. F,D&C	Rojo N° 5. F,D&C	Rojo N° 6. F,D&C	Amarillo N° 5. F,D&C	Amarillo N° 6. F,D&C	Rojo N° 40. F,D&C	Azul N° 1. F,D&C
Cantidad	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm	10 mL, 1500 ppm

Se sabe, según bibliografía de métodos cromatográficos, que las siguientes mezclas funcionan bien como fases móviles en colorantes alimenticios:

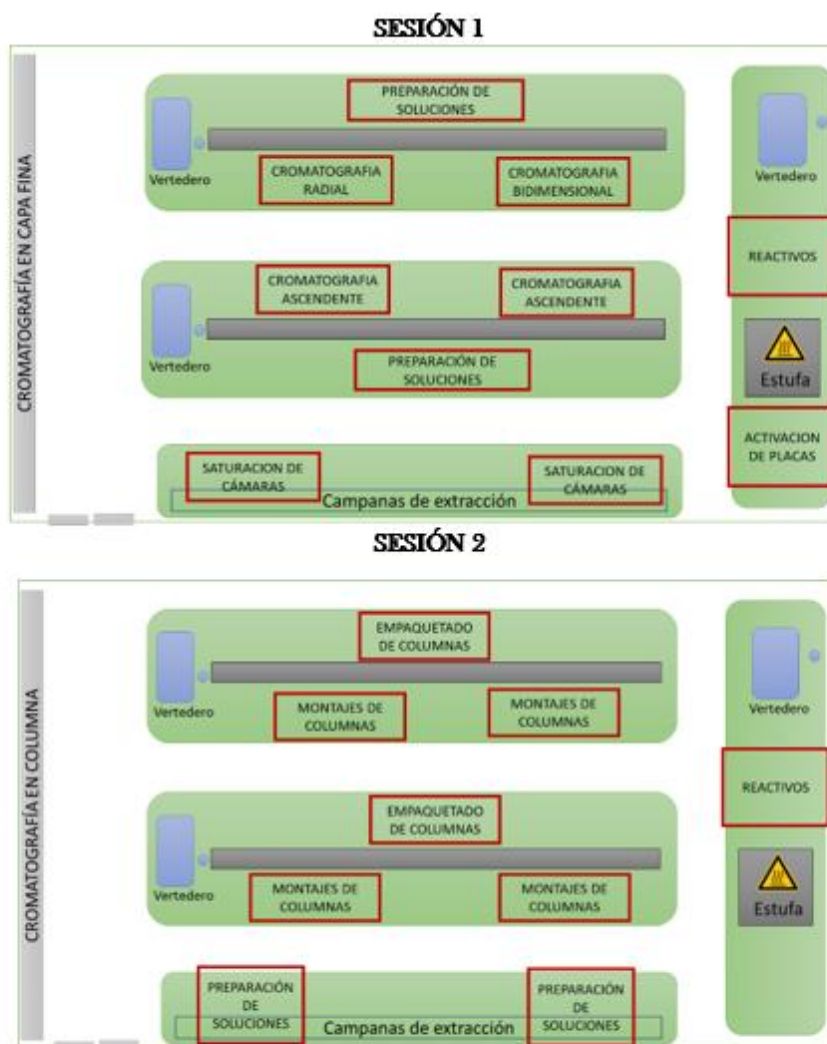
FASE MÓVIL	DESCRIPCIÓN
A	(4+1) <2,5 % m/v citrato de sodio, amoníaco>
B	(6+1+3) <propanol, acetato de etilo, agua>
C	(50+12+38) <ter-butanol, ácido propiónico, cloruro de potasio 0,4 % m/v>
D	(1+1) <etanol al 25 % v/v, amoníaco 5 % v/v>
E	Fenol 4 % m/v
F	(40+25+40) <fenol, etanol, agua>

Primero, se deberán preparar las fases móviles (para tal propósito, se deben hacer los cálculos necesarios teniendo en cuenta el volumen que necesitará cada cámara <10mL>, optimizando su uso y evitando la generación excesiva de residuos). Segundo, convendrá poner a prueba diferentes fases móviles en capa fina, evaluando su potencial de separación sobre cada mezcla problema. Tercero, se escogerá la mejor fase móvil con base en los resultados experimentales, para ser utilizada a posteriori en la columna abierta.

RECURSOS MATERIALES Y EQUIPOS

El laboratorio de análisis estará distribuido por espacios de trabajo de acuerdo con los procedimientos que se deben realizar durante la práctica, según el siguiente diagrama, cada grupo cuenta solo con un número determinado de materiales y un tiempo limitado para desarrollar cada procedimiento.

De acuerdo con el diseño experimental, se deberá escoger el material y determinar el orden de los procedimientos, delegar tareas en los miembros del grupo de trabajo, tomar decisiones acertadas y completar los objetivos en el menor tiempo posible, haciendo uso las técnicas y las normas del trabajo experimental y el espacio del laboratorio químico.



EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA

- ✓ Elaboración del diseño experimental en forma de diagrama o esquema.
- ✓ Desarrollo exitoso de la practica evaluada con lista de chequeo.
- ✓ Entrega de resultados del análisis y de solución del segundo interrogante.


H. BIBLIOGRAFÍA

Baquero M. (2004). Mecanismos y aplicaciones de la cromatografía líquida de alto desempeño. Editorial de la Universidad de costa rica, Serie Química ;5.

Hernández L. y González C. (2002). Introducción al análisis instrumental. Capitulo cromatografía líquida. Editorial Grupo Planeta (GBS).

Anexo 6. Guía de práctica cromatografía Instrumental HPLC. (Propuesta Evaluativa).



 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Educadora de educadores</i>	DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA. PROYECTO DE GRADO. PUESTA A PUNTO SESIONES EXPERIMENTALES.
GUIA 2	LABORATORIO 2. CROMATOGRAFÍA INSTRUMENTAL

DISEÑO EXPERIMENTAL DE ANÁLISIS DE CAFEINA POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (HPLC)

INTRODUCCIÓN

En 1901, el botánico ruso Mikhail Tswett hizo pasar una mezcla de pigmentos a través de una columna de alúmina y notó que se separaban en bandas de diferentes colores, de allí el nombre de cromatografía, este proceso se desarrolló como técnica de separación muy eficiente y posteriormente de cuantificación (Baquero, 2004).

En el contexto de la química instrumental es fundamental conocer los principios físicos y químicos que hacen posible la identificación, cuantificación y análisis, a partir de la aplicación de una técnica analítica desarrollada a partir del trabajo con equipo instrumental robusto. En tal sentido, la cromatografía como la conocemos hoy en día está basada en equipos sofisticados de análisis que facilitan su desarrollo en el laboratorio, pero su fundamento se encuentra básicamente en la separación de sustancias complejas.

La cromatografía instrumental se puede subdividir según la naturaleza de la fase móvil en: cromatografía de gases (GC) y cromatografía de líquidos (LC), en esta segunda técnica aparece la cromatografía líquida de alta eficiencia, HPLC por sus siglas en inglés. En HPLC es fundamental el papel de la fase móvil para el proceso de separación, el cual es determinante según las sustancias que se desean separar, que pueden ser iónicas, polares, ionizables o no polares, es por esta razón que existe gran variedad de solventes aptos para ser usados como fase móvil en HPLC, otra ventaja de la cromatografía HPLC es que no destruye la muestra y es por tanto, posible la recuperación de los analitos a la salida de la columna (Abelaira de Andrizzi, Laba, Quattrocchi, 1992).

A medida que el análisis cromatográfico tomaba fuerza y los métodos de análisis cuantitativos aumentaban su demanda, la cromatografía líquida desarrolló nuevos métodos de análisis; estos avances han permitido construir y emplear equipos que integran diferentes tecnologías que hacen mejor y más eficiente el trabajo del analista, un cromatógrafo HPLC es el equipo utilizado hoy en día, este equipo puede ser modular o integrado, dependiendo de la distribución de sus partes. En términos generales, un cromatógrafo está compuesto básicamente por un reservorio de solventes, una bomba, un inyector, un detector y una salida de ordenador para los registros de cromatogramas y resultados.

Con base el fundamento teórico ya explorado en anteriores experiencias, con esta práctica, se pretende articular la cromatografía clásica con la instrumental y desarrollar un análisis cromatográfico a partir de un equipo robusto.

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

Analizar una muestra problema a partir de cromatografía HPLC, a partir de la extracción de cafeína en diferentes matrices de bebidas energizantes.

METODOLOGÍA

Diseñar una metodología de trabajo experimental, en la que se incluyan materiales que se emplearán, montajes, reactivos y procedimientos, con los cuales se logre llevar a cabo el objetivo de la práctica y resolver la situación, empleando las variables a tener en cuenta, desde el análisis químico cromatológico. Para esto se dispondrá de dos sesiones, la primera, de preparación, en la que se realizan tratamientos de muestras, preparación de estándares o patrones y extractos, y la segunda, en la que se realizan inyecciones en un cromatógrafo líquido para su análisis cuantitativo.

Situación

Usted como analista químico, ha leído el artículo *Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso*. (Lozano, García, Tafalla y Albaladejo 2007) y está interesado en conocer el contenido de cafeína en una bebida que consume todos los días, ya que, según sus cálculos, el límite de consumo diario es 300 mg, para tal propósito, usted requiere conocer los valores experimentales de una extracción de la bebida y compararlos con los reportados por las empresas fabricantes, para tomar una decisión en cuanto a su consumo y no sobrepasar el límite diario.

Por otra parte, se sabe que la cafeína es un alcaloide poco soluble en agua y mayormente soluble en solventes orgánicos. Lo primero que deberá determinar es el procedimiento de extracción del analito (cafeína) en la bebida (marca de su preferencia), para esto se recomienda realizar extracciones en cloroformo (eliminando posteriormente el solvente) y hacer diluciones en etanol.

RECURSOS MATERIALES Y EQUIPOS

SESIÓN 1.

El laboratorio está distribuido por espacios de trabajo, de acuerdo con los procedimientos que se deben realizar durante la práctica, para lo cual se cuenta solo con un número determinado de materiales y tiempo para desarrollar cada procedimiento. De acuerdo con su diseño experimental, deberá escoger el material y determinar el orden de los procedimientos, delegar tareas en los miembros del grupo de trabajo, tomar decisiones acertadas y completar los objetivos en el menor tiempo posible, **haciendo uso las técnicas y las normas del trabajo experimental** y del espacio del laboratorio químico, teniendo en cuenta las siguientes variables, según el proceso que se realiza.

Procedimiento	Procedimiento simple	Variable
Tratamiento Muestra	Extracción	Solvente (tipo y cantidad)
		Eficiencia
		Numero de repeticiones
		pH
		Solubilidad
		Cantidad de muestra
		Eliminación del solvente
	Disolución	Equipos y material
		Solvente (tipo y cantidad)
	Preparación para inyección	Volumen de aforo
Filtración (membrana)		
		Sonicación y

		desgasificación
--	--	-----------------

Teniendo en cuenta que es un análisis a nivel cuantitativo se recomienda hacer curvas de calibración que contengan el analito, para esto se realizarán los cálculos necesarios para la preparación de patrones y soluciones estándar, **al inicio de la práctica**. Las siguientes variables son de su interés para el desarrollo de algunos procedimientos para el análisis cuantitativo.

Procedimiento	Procedimiento simple	Variable
Preparación curva de calibración	Preparación de soluciones	Concentración estándar
		Concentración patrones
		Uso de patrón interno
		Número de patrones
		Intervalos entre patrones
		Materiales y equipos
		Solvente (tipo y cantidad)
		Volumen de aforo
		Tratamiento de la muestra

SESIÓN 2.

Se provee de las soluciones, muestras tratadas y patrones preparados en la sesión anterior para se inyectados en el equipo cromatógrafo cada grupo deberá preparar una prueba oral en la cual deberán especificar de forma breve, el funcionamiento del equipo desde el fundamento teórico y técnico y como llevara a cabo la inyección y el análisis. Al final de la inyección y la toma de datos se deben realizar in situ los cálculos necesarios para dar una respuesta a la situación problema propuesta en el inicio. Para el uso del equipo debe tener claro la interacción de las variables en la siguiente tabla.

Procedimiento	Procedimiento simple	Variable
Uso Cromatógrafo	Estabilización del equipo	Limpieza de líneas
		Corrida con solventes
		Llenado de reservorios
		Estabilización de la presión
	Condiciones cromatográficas según método	Longitud de onda del detector
		Fase móvil y proporciones de solventes
		Caudal
		Volumen de inyección
	Inyección	Jeringa de inyección
		volumen en exceso
		Filtrado muestras
		Inyección manual
	Cromatograma	Tiempo de corrida
Tiempo de retención		

		Número de picos
		Resolución
		Área bajo la curva
	Análisis	Correlación de variables
		Linealidad
		Ecuación de la curva

EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA

- ✓ Elaboración del diseño experimental en forma de diagrama o esquema.
- ✓ Desarrollo exitoso de la practica evaluada con lista de chequeo en los planos cognitivo y procedimental.
- ✓ Uso del equipo de análisis Cromatógrafo HPLC. (Prueba oral y práctica)
- ✓ Preguntas teórico practicas sobre la técnica durante el desarrollo de la práctica.
- ✓ Entrega de resultados del análisis.

H. BIBLIOGRAFÍA

Abelaira de Andrizzi, S.I. Loba, R.F. Quattrocchi, O. A. (1992). Introducción a la HPLC Aplicación y Práctica.

Baquero M. (2004). Mecanismos y aplicaciones de la cromatografía líquida de alto desempeño. Editorial de la Universidad de costa rica, Serie Química ;5.

Hernández L. y González C. (2002). Introducción al análisis instrumental. Capitulo cromatografía líquida. Editorial Grupo Planeta (GBS).

Anexo 7. Formato de Evaluación Práctica.

GRUPO DE TRABAJO:		INDICADOR O VARIABLE		Nivel bajo (2)		Nivel basico (3)		Intermedio (4)		Avanzado (5)		PUNTAJE	NIVEL
				No cumple, ni presenta indicios para la realización del indicador, la actividad esta muy incompleta o incorrecta		Cumple medianamente, la actividad está completa pero incorrecta.		Cumple satisfactoriamente, la actividad está completa y correcta.		Cumple satisfactoriamente, y es propositivo, la actividad está completa y correcta e incluye trabajo adicional al requerido.			
PLANIFICACIÓN	Formulación de hipótesis			X								3	BÁSICO
	Predicción de resultados y problemas		X									1	
	Realización de cálculos			X								3	
	Diseño experimental			X								3	
	Trabajo dinámico		X									1	
	Disposición y participación activa								X			5	
									Puntaje sobre 50			27	
REALIZACIÓN	Toma de decisiones											5	
	Resolución de problemas											5	
	Registro de datos y observaciones											5	
	Manejo de material											5	
	Delegación de funciones											5	
	Trabajo cooperativo											5	
									Puntaje sobre 50			50	
ANÁLISIS	Explicación de procedimientos												
	Interrelación de observaciones y datos												
	Manejo de resultados												
	Representación de datos tablas y gráficas												
	Formulación de nuevas preguntas												
	aceptación de resultados negativos												
									Puntaje sobre 50				
APLICACION	Conclusiones y predicciones basado en resultados experimentales												
	Reflexión del los resultados												
	Aplica técnicas experimentales a un nuevo proceso												
	Aplica técnicas experimentales a un nuevo contexto												
	Reflexion del trabajo propio												
	Proposición de nuevas estrategias o métodos lógicos												
									Puntaje sobre 50				
OBSERVACIONES:													
EVALUACION TOTAL													

Anexo 8. Perfil Evaluador 3.

Investigadora Junior de Nacionalidad Colombiana cuenta con la siguiente formación académica: Doctorado UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Doctorado Interinstitucional en Educación (2018) con tesis: Conocimiento profesional del profesor de ciencias al abordar cuestiones sociocientíficas: un estudio de caso de un grupo de investigación en la interacción universidad-escuela. Maestría/Magister Fundación Universidad Incca De Colombia Mg Modelos de Enseñanza Problemática (1996). Con su tesis El concepto de reacción química, Especialización Universidad Autónoma De Colombia Edumatica (2002) proyecto en Software de clarificación de vino Tinto. Pregrado/Universitario UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL. Licenciatura en Química. (1993). Programa guía de actividades para el aprendizaje del concepto de reacción química. Pregrado/Universitario UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. INGENIERIA DE ALIMENTOS (2002) PARAMETRIZACIÓN DEL PROCESO DE CLARIFICACION DEL VINO TINTO Técnico - nivel superior UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (1999). PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE SABAJÓN Técnico - nivel superior SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA TECNICO PROFESIONAL EN ALIMENTOS (2001)

Cuenta con experiencia profesional como Docente en UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL actividades académicas, en IED Cedit Guillermo Cano Isaza Actividades de administración- Coordinador de programa - Cargo: COORDINADORA ACADEMICA, DE CONVIVENCIA Y PROYECTOS, Áreas de actuación Ciencias Naturales – Otras Ciencias Naturales -- Otras Ciencias Naturales

Anexo 9 Perfil Evaluador 2.

Profesional que cuenta con los siguientes títulos académicos: Magister en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional., Licenciada en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, cuanta con experiencia profesional de 7 años como laboratorista en el laboratorio de Química, en UPN, realizando tareas como asesoría de prácticas de laboratorio, manejo de residuos químicos, manejo de materiales de laboratorio y reactivos químicos, asesoría en el uso de equipos de análisis químico e instrumental, y validación de instrumentos en tesis de pregrado y postgrado. Con asistencia como ponente a congresos educativos como: *V Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología,*

Anexo 10. Perfil Evaluador 1.

Profesional que cuenta con los siguientes títulos académicos: Magister en Docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional., Especialista en Educación Ambiental de la Universidad UDCA, Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, cuanta con experiencia profesional de 10 años como laboratorista en el laboratorio de Química, en UPN, realizando tareas como asesoría de prácticas de laboratorio, manejo de residuos químicos, manejo de materiales de laboratorio y reactivos químicos, asesoría en el uso de equipos de análisis químico e instrumental, y validación de instrumentos en tesis de pregrado y postgrado. Como docente cuanta con la experiencia de 10 años como profesor en las áreas de química, física y biología en colegios de la ciudad de Bogotá y Madrid Cundinamarca. Y cuenta con experiencia como laboratorista químico en el Laboratorio de Química de la universidad UDCA durante 4 años.