

**SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EXPERIMENTABLES: UNA ALTERNATIVA
DIDÁCTICA HACIA LA PROMOCIÓN DE CONOCIMIENTOS DECLARATIVO,
PROCEDIMENTAL Y FUNCIONAL EN PROFESORES EN FORMACIÓN
INICIAL.**

JESMY MARYIBE MARTINEZ DIAZ

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

**SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EXPERIMENTABLES: UNA ALTERNATIVA
DIDÁCTICA HACIA LA PROMOCIÓN DE CONOCIMIENTOS DECLARATIVO,
PROCEDIMENTAL Y FUNCIONAL EN PROFESORES EN FORMACIÓN
INICIAL.**

JESMY MARYIBE MARTINEZ DIAZ

Trabajo de grado para optar por el título de:
Licenciada en química

**DIRECTOR
DOCTOR EN EDUCACIÓN JAIME AUGUSTO CASAS MATEUS**

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

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por darme la vida y permitirme disfrutar de este maravilloso viaje en el que he coleccionado hermosos momentos.

A mi papá que me acompaña desde el cielo en cada paso que doy, gracias por tu inmenso amor durante el tiempo que Dios te permitió acompañarme en este plano nuestra existencia.

Maryibe Martinez.

“En este lugar perdemos demasiado tiempo mirando hacia atrás. Camina hacia el futuro, abriendo nuevas puertas y probando cosas nuevas, se curioso... porque nuestra curiosidad siempre nos conduce por nuevos caminos.”

Walt Disney

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Blanca Diaz por su amor, sus consejos, y por ejemplo diario que me da de lucha y constancia, gracias por hacer de mi la mujer que hoy en día soy.

A mis hermanos Tania y Miguel Ángel, por su cariño y apoyo en cada proyecto que emprendo, por alegrarme los días con su existencia y por ser mis compañeros de viaje.


Al profesor Jaime Casas, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo.

A los estudiantes del grupo de Métodos de Análisis II y a la profesora Julie Benavides Melo por su apoyo y compromiso durante la implementación de este trabajo de grado.

A los profesores Diego Blanco y Ricardo Franco por sus aportes y recomendaciones.

De igual forma a los profesores Alfonso Clavijo y Rodrigo Rodríguez, por sus consejos, aportes y apoyo en el proceso de elaboración de este trabajo de grado.


Finalmente, a la Universidad Pedagógica Nacional, y a los profesores que me acompañaron en mi proceso de formación y a mis compañeros y amigo

 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 1 de 6

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Situaciones Problemáticas Experimentables: una alternativa didáctica hacia la promoción de conocimientos declarativo, procedimental y funcional en profesores en formación inicial.
Autor(es)	Martinez Diaz, Jesmy Maryibe
Director	Casas, Jaime
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 89p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	SITUACIONES PROBLEMATICAS EXPERIMENTABLES; ESTRATEGIA DIDÁCTICA; ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS; TAXONOMIA SOLO; NIVELES DE COMPRENSIÓN, FALSIFICACIÓN EN FARMACOS.

2. Descripción
<p>La presente investigación estructuró una estrategia de intervención sustentada en las “Situaciones Problemáticas Experimentables” (Soubirón, 2005) con el fin de promover en la adquisición de conocimientos de orden conceptual, procedimental, funcional alrededor de la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en profesores en formación inicial. La evaluación de la incidencia de la propuesta en la adquisición de conocimientos se tomó como referentes los postulados propuestos por Biggs (2006), en referencia a los tipos de conocimiento y sus niveles de comprensión a nivel universitario.</p>

3. Fuentes
<p>Bermejo García, L. (2004). Gerontología educativa: Cómo diseñar proyectos educativos con personas mayores. Madrid- Buenos Aires: Médica Panamericana.</p> <p>Biggs, J. (2006). Calidad del aprendizaje universitario. Madrid: Narcea.</p> <p>Biggs, J., & Tang, C. (2011). Teaching for Quality Learning at University. New York : McGraw-Hill.</p> <p>Buitrago, T., Carderón, C., & Vallejos, A. (2014). Dipirona ¿Beneficios subestimados o riesgos sobredimensionados? Revisión de la literatura. Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 173-195.</p> <p>Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? Investigación en la escuela , 5-17.</p> <p>Clavijo Díaz, A. (2002). Fundamentos de química analítica. Equilibrio iónico y análisis</p> <p>El Espectador . (22 de Marzo de 2013). El Espectador . Obtenido de Claro oscuro: https://www.elespectador.com/tecnologia/tendencias-de-industria-farmaceutica-articulo-412036</p> <p>Espectador. (22 de Septiembre de 2011). Espectador . Obtenido de https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/colombia-reino-de-los-medicamentos-falsos-articulo-300984</p> <p>Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo en ciencias. Enseñanza de las ciencias , 224-230.</p>

 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 2 de 6

Garriz, A. (12 de Agosto de 1994). Organización de estados iberoamericanos. Obtenido de <http://www.oei.es/historico/salactsi/quimica.htm>

Gil Perez, D., Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: planteamientos didácticos generales y ejemplos de aplicación en las ciencias físico-químicas. Universidad de Barcelona: España.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez Torregrosa, J. (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales.*, 73-85.

Gomez Crespo, M., Pozo, J., Sanz, A., & Limón, M. (1992). La estructura de los conocimientos en química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Revista de investigación en la escuela*, 24-40.

Halton, H., & Reyes, J. (2005). *Análisis químico e instrumental moderno*. Perú: Reverté.

Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona: Reverte.

Hernández Samperi, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2012). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGrawHill.

Hospitales Angeles . (10 de Julio de 2014). Hospitales Angeles . Obtenido de Salud y Vida : <https://www.hospitalesangeles.com/saludyvida/articulo.php?id=755>

Invima. (5 de 5 de 2018). Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Obtenido de Sistema de trámites en línea consultas publicas: http://consultaregistro.invima.gov.co:8082/Consultas/consultas/consreg_encabcum.jsp

IRACM. (2017). El 40% de los medicamentos vendidos en Colombia son falsos. Instituto Internacional de Investigación contra la Falsificación de Medicamentos.

Jimenez Aleixandre, M. P., Caamaño, A., Oñorbe, A., & Pedrinaci, E. (2003). *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.

Jiménez Aleixandre, M., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., & Pro, A. (2003). *Enseñar Ciencias*. Barcelona : Editorial Graó.

Johsua, S., & Dupin, J. J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*. Buenos Aires: Colihue.

Leonard William, J., Gerace, W., & Dufrense, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 287-400.

López Cámara, A., Gonzáles López, I., & De León Huertas, C. (2014). Perfil de un buen docente. Aplicación de un protocolo de evaluación de las competencias del profesorado universitario. *Revista Electrónica Interuniversitaria.*, 133-148.


Mendoza Patiño, N. (2008). *Farmacología médica* . Mexico: Panamericana.

Monteghirfo, M., & Yarleque-Chocas, A. (2007). Caracterización de las proteínas totales de tres ecotipos de maca (*Lepidium peruvianum* G. Chacón), mediante electroforesis unidimensional y bidimensional. *Anales de la facultad de medicina*, 301-306.

Moust, J., Bouhuijs, P., & Schmidt, H. (2007). *El aprendizaje basado en problemas: Guía del estudiante*. España: Ediciones de la universidad de Castilla.

Narvaez Burgos, E. (2014). Resolución de situaciones problema en genética, como estrategia para aumentar los niveles de comprensión en educación básica secundaria. Pamplona: Universidad Nacional de Colombia.

OECD PISA. (2004). *La evaluación Internacional PISA*. Montevideo: Gerencia de Investigación y Evaluación.

 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 3 de 6

OMS. (1999). Medicamentos falsificados pautas para la combatir medicamentos falsificados . Ginebra: Organización Mundial de la Salud .

Organizacion Mundial de la Salud . (Noviembre de 2017). Organizacion Mundial de la Salud . Obtenido de Centro de prensa: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/es/>

Organizacion Mundial de la Salud. (28 de Noviembre de 2017). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Centro de prensa: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/substandard-falsified-products/es/>

Perez Lopez , E., & Rojas Hernandez, A. (2016). Validación de un metodo para cuantificación de acetaminofen en tabletas de 500 mg por espectrofotometría ultravioleta para la prueba de uniformidad de contenido. InterSedes, 1-12.

PLDQ. (06 de 05 de 2018). Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de Facultad de ciencia y tecnología: <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=376&idn=421>

Pogré, P. (2004). Escuelas que enseñan a pensar: enseñanza para la comprensión, un marco teórico para acción. Buenos Aires: Papers.

Pozo Municio, J., & Gómez Crespo, M. (2006). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. España: Ediciones Morata.

Pozo, J., Gomez Crespo, M., Limon, M., & Sanz Serrano, A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolecentes sobre la química. Madrid: Centro de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Pro, A. (1998). ¿Se puede enseñar contenidos procedimentales en clase de ciencias? Enseñaza de las ciencias , 21-41.

Quezada Alpizar, J. (2007). Didáctica de las ciencias experimentales. Costa rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Quino, I., Choque, R., & Caceres, L. (2005). Validación de una nueva determinación espectrofotométrica para dipirona en fármacos. Revista boliviana de química, 64-70.

Quintero Cano, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. Zona Próxima, 222-239.

Rodríguez, R. A., Urrego, W. A., Sanabria, M. C., Sáncgez Gomez, M., & Umaña Perez, A. (2015). Implementación de una metodología para la separación de proteomas de plasma humano mediante electroforesis bidimensional. Rev. Colomb. Quim., 30-38.

Rojas Caipa , A., & Torres Garcia, L. (2016). Situaciones Problematicas Experimentables (SPE) en el desarrollo de competencias científicas como eje articulador del equilibrio químico. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .

Sanmarti, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. España: Sintesis Educación.


Segal Kischinevzky, C. A., & Ortega Lule, G. J. (2005). Manual de prácticas Biología molecular de la célula I. México: Las prensas de ciencias.

Siachoque, H. O. (2006). Inmunología Diagnóstico e interpretación de pruebas de laboratorio. Bogotá: Centro editorial Universidad del Rosario.

Sierra Alonso, I., Gómez Ruíz, S. P., & Morante, S. (2010). Analisis instrumental. España : Netbiblo.

Sierra Rodriguez, J. (2013). SPE: Escenarios de intervención y transposición didáctica en química universitaria. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Soubirón, E. (Diciembre de 2005). Universidad de Salamanca. Obtenido de

 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 4 de 6

http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ABP/SPE.pdf
 Torres L., G. A., Sanchez B., I., Restrepo S., L. P., & Albarracín H., W. (2012). Estudio de la maduración de carne de cordero empleando electroforesis SDS-PAGE. Revista Colombiana de Química, 263-282.
 Velasco Martín, A., & Alvarez Gonzáles, J. (2000). Compendio de psiconeurofarmacología. Madrid: Dáz de Santos.

4. Contenidos

Este trabajo de investigación presenta una estrategia didáctica fundamentada en la propuesta didáctica Situaciones Problemáticas Experimentables que tiene como objetivo promover la adquisición de conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales en profesores en formación inicial que cursan el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II de la licenciatura en química.

El documento presenta inicialmente, la justificación, el planteamiento del problema, los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación y algunos antecedentes que describen los resultados de investigaciones realizadas en el marco de la implementación de las SPE para la enseñanza de las ciencias y la validación de métodos analíticos para la determinación de fármacos en medicamentos, a partir de espectrofotometría de absorción molecular UV-VIS trabajos que aportaron en el proceso de estructuración de la estrategia didáctica.

Luego de esto se presentan algunos referentes teóricos, en primer lugar y con relación al componente didáctico se presenta parte de la propuesta Situaciones Problemáticas Experimentables de Soubiron (2006), y algunas de las ideas planteadas por Biggs (2006) alrededor de los conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales. Por otro lado, se presentan los referentes teóricos en relación con la absorción molecular y la falsificación en fármacos.


Posterior a esto se describe la metodología que fue estructurada en tres etapas: inicial: que en resumen describe la búsqueda de antecedentes, diseño y validación de instrumentos y estructuración de la estrategia didáctica, posteriormente en la segunda etapa se llevó a cabo el diseño experimental y la implementación de la estrategia didáctica con el grupo objetivo, y finalmente se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el proceso de intervención.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones para futuras investigaciones en el marco de la implementación de las SPE y los referentes bibliográficos.

5. Metodología

El marco metodológico de la presente investigación fue el de Investigación-acción; a continuación, se define el diseño metodológico seleccionado, delimitando la muestra poblacional, el tipo de investigación y las fases metodológicas que permitieron dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

De acuerdo con los objetivos de la presente investigación y teniendo en cuenta la revisión de antecedentes que involucran la estrategia didáctica fundamentada en las SPE y empleo de una escala ordinal numérica para sistematizar los resultados obtenidos en la implementación de la taxonomía SOLO, esta investigación se cataloga como de corte mixto, con elementos tanto cualitativos, como cuantitativos.

 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

Este tipo de investigación requiere un proceso de recolección de datos que posteriormente serán analizados y discutidos desde ambos sistemas, con el fin de establecer inferencias y conclusiones que posibilitan tener una visión más amplia del problema (Hernández Samperi, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2012).

La muestra de la presente investigación corresponde a un grupo de profesores en formación inicial del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional que estaban cursando el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II en el transcurso del semestre 2018-1.

El grupo objetivo estuvo constituido por 25 estudiantes del ciclo de profundización del programa de licenciatura en química, 19 mujeres y 6 hombres, que participaron en la implementación de la estrategia didáctica, durante 4 sesiones de aproximadamente 2 horas/sesión, guiadas por la investigadora, donde se llevaron a cabo las actividades propuestas en la estrategia formulada.

La investigación fue estructurada en tres etapas, que dan cuenta del objetivo general y de los objetivos específicos propuestos, en la etapa inicial se llevó a cabo la consulta de antecedentes, la estructuración de la estrategia didáctica y el diseño y ajuste de instrumentos, en la etapa de desarrollo se realizó el diseño experimental y la implementación de la estrategia, para concluir en la etapa final se realizó en análisis de los resultados obtenidos.


6. Conclusiones

En primer lugar en el marco del desarrollo de esta investigación se estructuró e implementó una propuesta de intervención didáctica desde las denominadas Situaciones Problemáticas Experimentables propuestas por Soubiron (2005), organizada en cuatro fases y en una serie de actividades de orden teórico-práctico, fundamentadas en la temática espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis, que fue aplicada con estudiantes del espacio académico de Métodos de Análisis II, del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, en la que para su evaluación se utilizó un conjunto de instrumentos de recolección de información que incluyeron pruebas de entrada y salida, informes de laboratorio y rubrica de evaluación entre otros.

Con relación a lo anterior se establece que para la presente investigación los niveles de comprensión propuestos por la taxonomía SOLO fueron pertinentes y adecuadas a la hora de determinar los estados inicial y final de un sujeto o grupo de trabajo en los planos declarativo, funcional y procedimental del conocimiento, y por consiguiente para evaluar la incidencia de la estrategia didáctica implementada.

En términos generales, la caracterización de ideas permitió evidenciar en el plano del conocimiento declarativo que los estudiantes en su gran mayoría se ubican en los niveles de comprensión relacional y multiestructural 3:2; por su parte, en el plano del conocimiento procedimental, más de la mitad del grupo se encuentra en el nivel relacional y la otra mitad está compartida en proporción 2:1 en los niveles de comprensión multiestructural y abstracto ampliado, en referencia al núcleo conceptual abordado.

También en el marco de las ideas previas se evidencia que las dificultades más reiterativas fueron

 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 6 de 6	

aquellas relacionadas con el establecimiento de relaciones de dependencia en conjunción el tipo de proporcionalidad que ilustran (relación directa proporcional, inversamente proporcional, exponencial decreciente, entre otras).

Los resultados aportados por la prueba de salida en comparación con la prueba de conocimientos previos, junto con la evaluación de los resultados de los informes de laboratorio con relación a la SPE, dan cuenta de un avance en términos cualitativos de la discriminación del grupo en el plano declarativo, en el incremento del número de estudiantes ubicados en el nivel de comprensión relacional que de acuerdo con los planteamientos de los Biggs (2006) en términos de comprensión del conocimiento.

Por otro lado, en el plano del conocimiento procedimental, se evidencia que más de la tercera parte de los estudiantes del grupo objetivo, se sitúan en el nivel de comprensión relacional, sin embargo, hay una disminución en los niveles de comprensión para la población restante hacia los niveles uniestructural y multiestructural, esto puede estar relacionado con el aumento de la complejidad de las relaciones de cuantificación con respecto a lo evaluación inicial.

Lo anterior permite establecer que la estrategia didáctica debe fortalecerse en términos de la promoción de los conocimientos de orden procedimental, lo que muy seguramente tendría repercusiones positivas en los niveles de comprensión del plano funcional del conocimiento.

También con relación a los resultados obtenidos, se establece que la implementación de la estrategia didáctica favorece la adquisición de conocimientos funcionales, esto en virtud de que poco más de la mitad de los estudiantes se ubican en el nivel de comprensión relacional, ya que abordan los problemas propuestos realizando las relaciones de cuantificación entre los datos empíricos presentados en interpretando la información a la luz de la problemática de falsificación propuesta, desde los planteamientos de Biggs (2006) se considera que hubo una adquisición apropiada de los conocimientos en el marco del nivel de comprensión de los mimos.

Finalmente, sé evidencia que las SPE son una estrategia didáctica que favorece en buena medida la adquisición de conocimientos de orden declarativo, procedimental y funcional de los profesores en formación, y que además en términos generales es considerada por ellos como favorecedora del proceso de enseñanza- aprendizaje.

Elaborado por:	Martinez Diaz, Jesmy Maryibe
Revisado por:	Casas, Jaime

Fecha de elaboración del Resumen:	07	06	2018
--	----	----	------

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. ANTECEDENTES.....	15
5. OBJETIVOS	18
5.1 Objetivo general	18
5.2 Objetivos específicos	18
6. MARCO TEÓRICO	19
6.1 Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE).....	19
6.1.1 SPE como estrategia didáctica	19
6.1.2. Objetivos y alcances de SPE	20
6.1.3 Fases de desarrollo de SPE	21
6.1.4 Abordaje de las SPE.....	22
6.1.5 Conocimiento conceptual y procedimental.....	23
6.1.6 Evaluación del conocimiento.....	24
6.2 Espectrofotometría de absorción molecular ultravioleta-visible.....	25
6.2.1 Absorción en compuestos orgánicos	26
6.3 Falsificación y alteración de medicamentos.....	27
6.4 Dipirona.....	28
7. METODOLOGÍA.....	29
7.1 Tipo de investigación.....	29
7.2 Grupo objetivo	29
7.3 Marco metodológico	30
7.3.1 Etapa inicial	30
7.3.2 Etapa de desarrollo.....	36
8. RESULTADOS Y ANALISIS	38
8.1 Resultados experimentales	38
8.2 Resultados implementación de la estrategia didáctica	42
8.2.1 Caracterización y análisis de ideas previas (Prueba de entrada).	44

8.2.2 Categorización y análisis de los informes de resultados de la Situación Problemática Experimentable	55
8.2.3 Categorización y análisis de resultados finales (Prueba de salida)	64
8.2.4. Resultados cuestionario de revelamiento de opiniones con relación a la actividad realizada	72
9. CONCLUSIONES	75
10. RECOMENDACIONES	77
11. REFERENCIAS.....	78
<i>Referencias</i>	83

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Fases de desarrollo SPE.</i>	21
<i>Tabla 2. Actividades por desarrollar en cada fase de la SPE.</i>	31
Tabla 3. Rúbrica de evaluación estrategia didáctica.	34
Tabla 4. Composición de los medicamentos comerciales.	36
Tabla 5. Datos curva de calibración Dipirona Sódica	39
Tabla 6. Límites de detección y cuantificación.	40
Tabla 7. Valores finales curva de calibración dipirona sódica.	40
Tabla 8. Concentración de dipirona en los medicamentos analizados.	41
Tabla 9. Actividades realizadas en el desarrollo de la estrategia didáctica.	42
Tabla 10. Categorías y preguntas prueba de entrada.	45
Tabla 11. Categorización de las respuestas de los estudiantes de acuerdo con los niveles de comprensión.	47
Tabla 12. Promedios por categoría.	48
Tabla 13. Promedios por tipo de conocimiento para cada estudiante prueba de entrada.	48
Tabla 14. Número de estudiantes por nivel de comprensión prueba de entrada.	49
Tabla 15. Evaluación de informes de laboratorio de resultados con respecto a las categorías por tipo de conocimiento.	61
Tabla 16. Niveles de comprensión grupal para cada tipo de conocimiento.	62
Tabla 17. Categorías y preguntas prueba de salida.	64
Tabla 18. Promedios por tipo de conocimiento para cada estudiante prueba de salida.	65
Tabla 19. Número de estudiantes por nivel de comprensión prueba de salida.	66
Tabla 20. Comparativo de resultados conocimiento procedimental.	69
Tabla 21. Resultados cuestionario de opinión sobre las SPE.	72

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Curva de calibración dipirona sódica	41
Gráfica 2. Categorización para conocimientos declarativos y procedimentales prueba de entrada.	50
Gráfica 3. Categorización para conocimientos declarativos y procedimentales prueba de salida.	67

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Jerarquía de verbos niveles de compresión taxonomía SOLO.....	25
Figura 2. Estructura dipirona sódica.....	28
Figura 3. Etapas metodológicas del trabajo de investigación.....	30
Figura 4. Procedimiento curva de calibración dipirona sódica.....	37
Figura 5. Barrido espectral dipirona sódica.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas es una actividad que ha estado asociada al desarrollo científico y el aprendizaje de las ciencias desde el nacimiento de estas. En el campo de la educación y en particular de la Didáctica de las Ciencias ha generado un interés particular puesto que hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y que requieren pensar en estrategias de solución que conduzcan a una respuesta.

Abordar la enseñanza de las ciencias desde la resolución de problemas posibilita la promoción de conocimientos científicos, y aún más si los problemas se enmarcan en situaciones enmarcadas en la cotidianidad del estudiante, ya que la aproximación a estos contextos a partir de situaciones problemáticas favorece interés en los estudiantes, incentivando el desarrollo de conocimientos científicos, de forma consiente por los alumnos.

Desde esta perspectiva, en el marco de desarrollo de la Didáctica de las Ciencias se elaboran estrategias didácticas que involucren la resolución de problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, es así como aparecen las denominadas Situaciones Problemáticas Experimentables, estrategia didáctica fundamentada en la implementación de situaciones problemáticas sujetas a la experimentación, para la enseñanza de las ciencias experimentales, particularmente para la enseñanza de la química, que tiene como objetivo de fortalecer la adquisición conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales asociados a la química.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación estructuró una estrategia de intervención fundamentada en las denominadas Situaciones Problemáticas Experimentables con el fin de fomentar la adquisición de conocimientos de orden conceptual, procedimental, funcional alrededor de la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en profesores en formación inicial que cursan el espacio académico Métodos de Análisis Químico II del PLQ.

Cabe añadir que para la evaluación de la incidencia de la propuesta en la adquisición de conocimientos se tomaron como referentes los postulados propuestos por Biggs (2006), en referencia a los tipos de conocimiento y los niveles de comprensión de estos a nivel universitario.

Este documento presenta inicialmente, la justificación, el planteamiento del problema, los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación y algunos antecedentes que describen los resultados de investigaciones realizadas en el marco de la implementación de las SPE para la enseñanza de las ciencias y la validación de métodos analíticos para la determinación de fármacos en medicamentos, a partir de espectrofotometría de absorción molecular UV-VIS trabajos que aportaron en el proceso de estructuración de la estrategia didáctica.

Luego de esto se presentan algunos referentes teóricos, en primer lugar y con relación al componente didáctico se presenta parte de la propuesta Situaciones Problemáticas Experimentables de Soubiron (2006), y algunas de las ideas planteadas por Biggs (2006) alrededor de los conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales. Por otro lado, se presentan los referentes teóricos en relación con la absorción molecular y la falsificación en fármacos.

Posterior a esto se describe la metodología que fue estructurada en tres etapas: inicial: que en resumen describe la búsqueda de antecedentes, diseño y validación de instrumentos y estructuración de la estrategia didáctica, posteriormente en la segunda etapa se llevó a cabo el diseño experimental y la implementación de la estrategia didáctica con el grupo objetivo, y finalmente se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el proceso de intervención.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones en el marco de las SPE.

2. JUSTIFICACIÓN

El programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional presenta diferentes expectativas en torno a los objetivos y alcances del proyecto curricular orientado a la formación de profesores de química, entre ellas emergen las competencias a desarrollar. Dichas competencias están relacionadas con la posesión de conocimientos y habilidades que le permitan a un sujeto ejercer su profesión (PLDQ, 2018). En la versión vigente del programa se pueden encontrar, a modo de ejemplo, las competencias básicas y procedimentales, tales como: construcción de saberes científicos, interpretación de lenguajes y formas de explicación de fenómenos químicos, reconocimiento de procesos y metodologías propias del campo de conocimiento en química, entre otras.

En este orden de ideas, los syllabus de los espacios académicos propuestos en el plan de estudios incorporan las competencias que orientan el proyecto curricular, estableciendo una serie de conocimientos y habilidades que debería adquirir el estudiante al terminar de cursar cada uno de tales espacios. Con base en lo anterior, es que se implementan diferentes estrategias didácticas que favorezcan la adquisición de conocimientos y habilidades en pro de la formación de profesionales competentes.

El presente trabajo de grado da cuenta de la estructuración y aplicación de una propuesta de enseñanza orientada desde las denominadas “Situaciones Problemáticas Experimentables”, que desde los planteamientos de (Soubirón, 2005) pretendió favorecer la comprensión de los conocimientos conceptuales y procedimentales de las ciencias y que incrementa la articulación de los conocimientos para la reflexión y resolución de situaciones problema, que pueden ser abordadas en el contexto propio de la disciplina de la química.

Dicha propuesta didáctica se planeó para el área temática espectrofotometría UV-Visible perteneciente al núcleo problémico métodos instrumentales de análisis cuantitativo y cualitativo, del espacio académico de métodos de análisis químico II, en el marco del desarrollo de las competencias básicas, procedimentales, e investigativas propuestas para el mismo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos de enseñanza-aprendizaje tienen como objetivo favorecer la adquisición y comprensión del conocimiento, dicho conocimiento es clasificado desde diferentes perspectivas de acuerdo con la funcionalidad del mismo, Leinhardt y cols. (1997) citados por (Biggs J. , 2006) establece que el conocimiento en educación superior puede ser categorizado como profesional y universitario, el primero de carácter procedimental y pragmático, y el segundo de tipo declarativo y conceptual, que de acuerdo con estos autores tiene mayor protagonismo en el contexto universitario, mientras que la prioridad de los procesos de enseñanza debería estar orientada al desarrollo de conocimientos que le permitan al individuo actuar de forma eficiente frente a las situaciones y al medio que los rodea, es decir un conocimiento que le permita ejercer control de su mundo, denominado por Biggs J. (2006) como conocimiento funcional.

En concordancia con lo recién descrito, (Biggs & Tang, 2011) plantean la importancia de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de conocimientos funcionales, puesto que tradicionalmente los currículos universitarios abordan los conocimientos declarativos y procedimentales por separado, dejando en manos de los estudiantes la integración de los mismos, siendo que en el aula debería fomentarse la agrupación de dichos conocimientos en pro de un aprendizaje contextualizado que le permita a los estudiantes asociar los conceptos y teorías científicas, con las destrezas que poseen para solucionar problemas científicos aplicables al mundo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se hace imperativo la incorporación de estrategias didácticas que promuevan la adquisición de conocimientos declarativos y procedimentales y la vinculación de estos en torno a la resolución de problemáticas contextualizadas desde cada disciplina en particular, puesto que al fomentar el desarrollo de las capacidades para vincular el conocimiento científico con los fenómenos del mundo se favorecen las competencias científicas del profesional (Cañal, 2012).

Con base a los planteamientos anteriormente mencionados, es importante elaborar propuestas de enseñanza en las que se promueva la adquisición de conocimientos declarativos y procedimentales, de forma articulada; todo ello para fortalecer el

conocimiento funcional en profesores en formación, contribuyendo al fortalecimiento de la dimensión profesional.

De acuerdo con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación que orientó el presente trabajo de grado:

¿Cuál es la incidencia que tiene una estrategia didáctica fundamentada en las denominadas Situaciones Problemáticas Experimentables, en la adquisición de conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales relacionados con la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en profesores en formación inicial que cursan el espacio académico Métodos de Análisis Químico II del PLQ ?

4. ANTECEDENTES

Para la estructuración de la propuesta de enseñanza en el marco de la adquisición de conocimientos declarativos, conceptuales y funcionales por parte de los profesores en formación inicial de grupo objetivo, se abordan diferentes investigaciones realizadas en el campo de la didáctica de las ciencias, en primer lugar la alternativa metodológica establecida por Soubiron (2005): “Situaciones Problemáticas Experimentables” (SPE) una herramienta para favorecer la comprensión conceptual y procedimental de las ciencias, a partir de problemas cotidianos factibles que posibiliten el abordaje conceptual y experimental. Este documento presenta un análisis de los aspectos teóricos, y metodológicos relacionados con las SPE, las fortalezas y debilidades de la estrategia, las etapas de desarrollo, su temporalización, y propuesta de abordaje para el trabajo individual y grupal. Esta investigación permitió establecer el enfoque didáctico que estructura la estrategia didáctica a implementar, así como las fases de desarrollo de esta.

Habiendo delimitado la estrategia didáctica que orienta la presente investigación se procedió a realizar una revisión de algunas propuestas de investigación, elaboradas desde el marco referencial de las SPE, dichas investigaciones se establecen como referentes frente a la implementación de las SPE en el contexto educativo, entre estas la investigación realizada en la Universidad Pedagógica Nacional por Sierra Rodríguez (2013), titulada “SPE: Escenarios de intervención y transposición didáctica en química universitaria”, que consiste en una propuesta de intervención y transposición didáctica, desde la estrategia didáctica SPE implementada con un grupo de profesores en formación utilizando como recurso conceptual el suelo. Esta investigación estuvo dirigida a profesores en formación continuada de la maestría en docencia de la química, la propuesta se estructuró en tres fases: inicial, de desarrollo y final, de estas se extrae de manera general que la propuesta posibilita la adquisición de herramientas metodológicas que favorecen escenarios interdisciplinarios que promovieron una transformación positiva de las prácticas de enseñanza.

También realizada en la Universidad Pedagógica Nacional, se toma como referente la investigación titulada Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) en el desarrollo de competencias científicas como eje articulador del equilibrio químico realizado por Rojas Caipa & Torres Garcia (2016), que tuvo como objetivo desarrollar

competencias científicas mediante la implementación de una estrategia didáctica fundamentada desde situaciones problemáticas experimentables relacionadas con el núcleo temático equilibrio químico, la evaluación del desarrollo de dichas competencias se realizó a través de las dimensiones del conocimiento científico propuestas por Cañal (2012), obteniendo resultados satisfactorios en el desarrollo de las capacidades asociadas a la competencia científica, especialmente en la dimensión metodológica y actitudinal, lo que le permitió a las autoras concluir que las situaciones problemáticas experimentales SPE son una estrategia que posibilita el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de educación media.

Por otro lado, se toma como referente la investigación desarrollada por Narváez (2014) en la Universidad Nacional de Colombia, titulada “Resolución de situaciones problema en genética, como estrategia para aumentar los niveles de comprensión en educación básica secundaria” desarrollada con el objetivo de aumentar los niveles de comprensión y argumentación en conceptos básicos de genética, mediante situaciones problema enmarcadas en una secuencia de actividades que finalmente los condujo a la resolución de la situación problema y al incremento en los niveles de comprensión de los conceptos relevantes asociado a la genética.

Con relación al componente conceptual y disciplinar de esta investigación, se hace pertinente la revisión de algunas investigaciones realizadas en el campo de la química analítica, tales como la realizada por (Perez Lopez & Rojas Hernandez, 2016) denominada: Validación de un método para cuantificación de acetaminofén en tabletas de 500 mg por espectrofotometría ultravioleta para la prueba de uniformidad de contenido. En esta investigación se realizó la validación de un método para la determinación de acetaminofén mediante espectroscopia ultravioleta, los resultados obtenidos reflejaron una alta precisión, linealidad (coeficiente de correlación = 1) y exactitud aceptable, finalmente y con relación al rango de recuperación del fármaco en los medicamentos analizados los resultados arrojan porcentajes de recuperación de 98 – 102 %.

También se toma como referente la investigación realizada por (Quino, Choque, & Caceres, 2005), en la cual se realiza la validación de una nueva metodología analítica para la determinación de dipirona en fármacos por espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis. Dicha validación arroja resultados satisfactorios para la determinación de dipirona, puesto que presenta una alta linealidad, asociada a un coeficiente correlación de 0,999; una alta selectividad analítica reflejada en los límites detección y cuantificación obtenidos: 0,011 y 0, 031 mg*L⁻¹ respectivamente. La metodología también presenta una alta recuperación de analitos en las muestras, con un rango de 90 – 110 %, y de igual manera una alta precisión y reproducibilidad en los resultados.

En los dos casos los métodos analíticos se proponen como alternativos para la determinación de los respectivos fármacos, puesto que el análisis para dipirona y acetaminofén se realizan por cromatografía líquida de alta definición de acuerdo con la farmacopea de la OMS. Teniendo en cuenta que en los dos casos los resultados satisfacen los criterios de aceptación para análisis cuantitativos, las metodologías citadas se establecen como apropiadas para la determinación y cuantificación de dipirona y acetaminofén en formas farmacéuticas.

Puesto que las investigaciones citadas se desarrollan mediante análisis de absorción molecular UV-Vis, éstas se toman como referentes y para la elaboración de la Situación Problemática Experimentable que orienta la propuesta didáctica, y como guía para la estructuración de las actividades experimentales a desarrollar.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Fomentar la adquisición de conocimientos de orden declarativo, procedimental y funcional alrededor de la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en profesores en formación inicial, a partir de una estrategia didáctica fundamentada en las denominadas “Situaciones Problemáticas Experimentables”.

5.2 Objetivos específicos

Caracterizar las ideas previas de los estudiantes con relación a los conceptos y aplicaciones asociadas a la espectrometría UV-VIS.

Estructurar e implementar una estrategia didáctica fundamentada en las SPE y el área temática espectrofotometría UV-Vis.

Evaluar la adquisición de conocimientos: declarativos, procedimentales y funcionales a través de la taxonomía SOLO.

Reconocer la opinión de los profesores en formación inicial, sobre la estrategia didáctica propuesta.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE)

Las situaciones problemáticas experimentables SPE son una estrategia didáctica desarrollada por Soubirón (2005), cuyo propósito es promover la comprensión conceptual y procedimental de las ciencias, favoreciendo los procesos de autorregulación y metacognición por parte del estudiante. Consiste en proponer interrogantes destinados a plantear problemas cotidianos factibles de ser abordados en el contexto de trabajo, ya sea experimentalmente (laboratorio, aula, campo, etc.) o teóricamente (biblioteca, mediateca, consulta a expertos, etc.). Según la autora, esta estrategia implica el desarrollo de diversas formas de enfoques de resolución, así como de reflexión crítica y comunicación de resultados (oral, escrita, informática, etc.).

6.1.1 SPE como estrategia didáctica

Entendiendo el concepto de estrategia didáctica como un conjunto de acciones, técnicas, procedimientos y actos favorecedores del aprendizaje ejecutados por el docente (Quezada Alpizar, 2007), las estrategias didácticas se caracterizan por considerar, objetivos, contenidos teóricos, componentes técnicos, secuencias de pasos, visualización de actores del desarrollo, contextualización, evaluación del proceso, que se usa de manera planifica y de modo estratégico de acuerdo a las condiciones de aprendizaje de los alumnos, enfrentándolos a situaciones nuevas y abiertas que lo obliguen a asumir decisiones y promoviendo la autonomía de planificación, supervisión y evaluación de sus procedimientos (Pozo Municio & Gómez Crespo, 2006).

Las SPE se conciben como estrategias didácticas puesto que consideran las habilidades puestas en juego por parte del estudiante para su abordaje: investigación, razonamiento, organización de conceptos, contenidos procedimentales y comunicación tal como lo establecen Pozo y Otros (2000). Se enmarcan en la teoría constructivista de la enseñanza donde el alumno se concibe como el centro de la enseñanza, activo en el proceso de aprendizaje y capaz de transformar y construir conocimientos a partir de concepciones robustas sobre el mundo y su realidad (Bermejo García, 2004)

6.1.2. Objetivos y alcances de SPE

Según los planteamientos de Soubiron (2005), las SPE permiten desarrollar capacidad de análisis ante situaciones problemáticas pertenecientes al contexto diario del estudiante, adquirir habilidades de búsqueda de información, definir metodologías de trabajo, realizar reflexiones críticas frente a los avances y resultados obtenidos en torno a la resolución de la situación problema planteada y comunicar los hallazgos obtenidos de diversas formas.

De acuerdo con lo recién presentado, las SPE tienen como objetivo la alfabetización científica, que se entiende en términos de la “capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas científicas y elaborar conclusiones basadas en evidencia, con el fin de comprender y tomar decisiones sobre el mundo natural y las transformaciones realizadas en él por la actividad humana” (PISA, 2006), la comprensión conceptual y procedimental de las ciencias, y la promoción los procesos de autorregulación y metacognición por parte del estudiante.

Las SPE se fundamentan en incentivar en los estudiantes el aprendizaje como consecuencia de razonar en torno a una situación problemática de interés, vinculada con hechos de la vida cotidiana, promover la reflexión como el centro de las actividades de aprendizaje, procurar forma de gestión social del conocimiento mediante trabajo cooperativo y aproximar a los estudiantes a la metodología del trabajo científico, desarrollar habilidades de exploración, explicación, descripción, argumentación, espíritu crítico y automotivación.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que las SPE buscan involucrar a los estudiantes con una situación no estructurada pero investigable, frente a la cual se sientan interesados e involucrados, llevándolos a reflexionar sobre temas diversos que les permitan identificar la problemática específica y aprender mediante investigación lo que sea necesario para llegar a una solución viable, incentivando el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, que permita recolectar y seleccionar información sobre un tema evaluando la credibilidad y la validez de la mismas, utilizando el estilo de aprendizaje que más le convenga a cada estudiante para dar solución a la problemática y demostrar su conocimiento a través de diferentes formas de evaluación.

A manera de síntesis, se puede aseverar que las soluciones a las situaciones problemáticas propuestas en la estrategia SPE se desarrollan mediante investigaciones réplica, que involucran la modelización, experimentación y discusión de los hechos y hallazgos para dar explicación o solucionar a la situación dada, asociada a hechos de la vida cotidiana.

6.1.3 Fases de desarrollo de SPE

Las SPE se desarrollan en cuatro fases; proactiva o de planificación, activa o de experimentación, postactiva o de discusión y una cuarta etapa de retroalimentación para el equipo docente. A continuación, se presentan una descripción de las actividades a desarrollar en cada una de las etapas y la temporalización de las mismas.

Tabla 1. Fases de desarrollo SPE.

Obtenido de: (Soubirón, 2005).

Fase	Actividades	
	Docente	Estudiantes
Preactiva	Presentación de la propuesta de trabajo (exposición de los objetivos, parámetros metodológicos, temporalización, forma de evaluación, etc.)	Formación de grupos de trabajo.
	Discusión con los grupos de trabajo acerca de factibilidad de la SPE propuesta.	Discusión grupal acerca de la situación problemática a abordar: conveniencias, posibilidades, etc.
	Sugerencias generales acerca de las posibles fuentes de consulta de información.	Definir el enfoque desde el que se va a abordar la situación planteada.
	Intercambio de ideas acerca del enfoque de trabajo y las técnicas y procedimientos a seguir.	Búsqueda bibliográfica.
Activa	Seguimiento a las actividades realizadas por los grupos.	Búsqueda de materiales y productos necesarios para la experimentación.
	Resolución de dudas puntuales.	Desarrollo de las actividades experimentales, recolección y procesamiento de datos.

	Reorientación a grupos de trabajo de ser necesaria.	Consulta a expertos.
Postactiva	Organización de ponencias.	Presentación oral de los resultados obtenidos.
	Discusión y fomento de debate entre los grupos de trabajo con el fin de optimizar el intercambio de resultados y experiencias logradas durante las diferencias ponencias.	Debate grupal sobre los resultado y experiencias obtenidas por cada grupo.
	Planteamiento de preguntas que abran líneas de trabajo posteriores.	Elaboración de informe escrito.
	Corrección y devolución de informes escritos.	Lectura crítica del trabajo de pares y autoevaluación.
Retroalimentación	Sistematización de los resultados de la aplicación de los diversos instrumentos de evaluación y de recolección de opiniones estudiantiles.	Respuestas a encuestas estandarizadas.
	Análisis crítico de resultados y aportes a la próxima implementación de la estrategia.	Intercambio de críticas constructivas con relación a la estrategia utilizada.

6.1.4 Abordaje de las SPE.

Con referencia a la implementación de la propuesta conviene aclarar que la didáctica de las ciencias propone que no existe una forma particular de enseñar ciencias, contrario a esto plantea que deben coexistir en el aula de clase diferentes metodologías que favorezcan el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, abordando las diversas modalidades de aprendizaje existentes (Gil Perez, Gil, Carrascosa, Furió, & Martínez Torregrosa, 1991). Desde esta perspectiva algunos autores como (Jiménez Aleixandre, Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci, & Pro, 2003) proponen que el aprendizaje de las ciencias puede ser tanto transmitido como construido, pues estos enfoques se complementan de forma recíproca, enfatizando

en que se hace necesario vincular el conocimiento teórico con la aplicación con mismo en la vida cotidiana.

En ese sentido la estrategia didáctica SPE es un recurso que puede ser utilizado en el aula como metodología de trabajo para la planificación de la malla curricular de un curso, como estrategia de didáctica para el abordaje de una temática en particular, o como estrategia de intervención en el marco de una propuesta didáctica definida desde una corriente o propuesta didáctica más definida.

De igual manera partiendo del planteamiento establecidos por Soubirón (2005) frente a los objetivos de la estrategia de aprendizaje, donde se establece que: “las SPE tienen como objetivo “el incremento de la comprensión conceptual y procedimental de las ciencias” (Soubirón, 2005, pag 11), se considera necesario establecer un marco de referencia frente a lo que se establece como conocimiento conceptual y procedimental.

6.1.5 Conocimiento conceptual y procedimental.

Desde los planteamientos establecidos por (Biggs J. , 2006) el conocimiento es considerado el objeto de la comprensión, y puede ser categorizado de acuerdo con los diversos tipos de conocimiento. El conocimiento declarativo se asocia con el saber sobre las cosas o “saber qué”, estos conocimientos son públicos, están sometidos a constantes análisis donde se comprueba la veracidad y lógica de los mismos. Dichos conocimientos son presentados por los docentes en el aula, expuestos mediante palabras y sistemas simbólicos, también puede accederse a estos mediante investigación, acudiendo a libros de texto, artículos, sitios web.

Por otro lado (Biggs J. , 2006) establece que el conocimiento asociado a las destrezas y al “saber cómo” es considerado conocimiento procedimental, este se encuentra vinculado a las aptitudes, habilidades y estrategias que posee un estudiante para resolver una determinada situación. Así, la combinación entre el conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental, permiten la obtención de un nuevo tipo de conocimiento denominado conocimiento condicional, que le permite al sujeto saber cuándo, por qué y en qué condiciones debe utilizarse los conocimientos declarativos y procedimentales.

Por último, se plantea el conocimiento funcional, que surge de la transformación del conocimiento condicional, el cual se fundamenta en la resolución de problemas y requiere la relación del “saber qué”, “saber cómo”, y el “saber cuándo”, lo que implica la adquisición de conocimientos conceptuales, el desarrollo de destrezas y la habilidad de reconocer en qué circunstancias debe usarse aquellos los conceptos y destrezas.

6.1.6 Evaluación del conocimiento

Biggs (2006) defiende el hecho de que la comprensión de los conocimientos se da de forma gradual, adquiriendo mayor estructura y articulación de acuerdo con el nivel educativo en el que se sitúa el estudiante. Debido a esto es conveniente definir niveles de comprensión que permitan delimitar y tomar decisiones frente a los conocimientos que posee un estudiante en una determinada área de conocimiento, para ello el autor propone el uso de la Taxonomía SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome/ Estructura del resultado observado de aprendizaje) puesto que esta permite describir de forma sistémica como aumenta la complejidad de los conocimientos de un estudiante clasificados en diferentes niveles de comprensión.

La taxonomía SOLO establece cinco niveles de comprensión: *preestructural*, *uniestructural*, *multiestructural*, *relacional*, *abstracto ampliado*; cada nivel de comprensión se comprende y se estructura a partir del nivel anterior. Los niveles inferiores; *preestructural*, *uniestructural*, *multiestructural*, están relacionados con la cantidad de detalles en las respuestas de los estudiantes, a diferencia de los niveles superiores; *relacional* y *abstracto ampliado* donde se evalúa la articulación de dichos detalles en las respuestas. Teniendo en cuenta esto Biggs (2006) establece como objetivo aumentar los conocimientos de tipo cuantitativo y profundizar en la comprensión y vinculación de tipo cualitativa.

Los niveles de comprensión planteados en el párrafo anterior pueden ser escritos mediante verbos que permiten caracterizar la complejidad de cognición en la elaboración de las respuestas dadas por los estudiantes, la figura 1 representa los niveles de comprensión y propone algunos verbos a utilizar en cada uno.

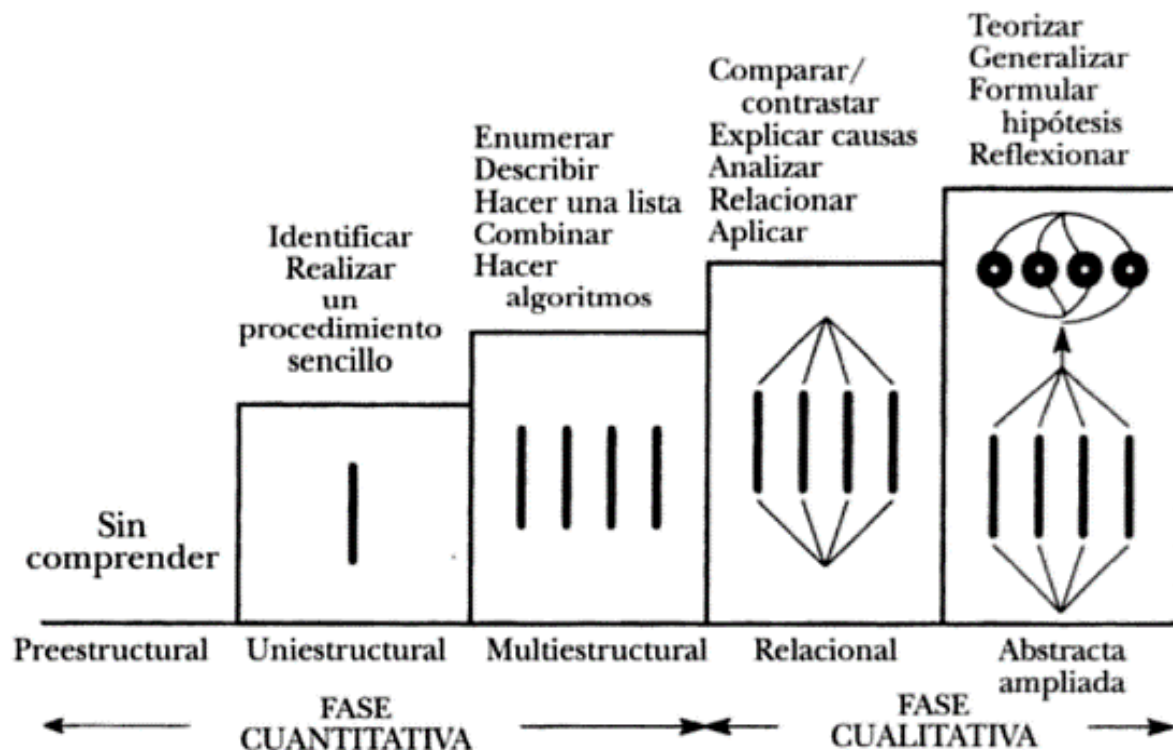


Figura 1. Jerarquía de verbos niveles de comprensión taxonomía SOLO.

Obtenido de (Biggs, 2016)

6.2 Espectrofotometría de absorción molecular ultravioleta-visible

La espectrofotometría de absorción ultravioleta visible también llamada espectrofotometría UV-VIS es una técnica analítica que se ha usado ampliamente para el análisis cuantitativo de especies químicas orgánicas e inorgánicas en el campo de la química analítica (IUPAC, 2004).

Esta técnica analítica se basa en la absorción de radiación electromagnética por parte de las moléculas de una especie química, puesto que cada especie puede absorber radiación a una longitud de onda característica. Durante este proceso se transfiere energía a las moléculas y disminuye la intensidad de la radiación incidente, por lo que se da una disminución en el número de fotones por segundo en el haz de luz (Halton & Reyes, 2005).

En términos generales, al irradiar una molécula con un haz de luz ultravioleta o visible puede darse una transición electrónica por efecto de la absorción de energía por parte de los electrones, esta transición es dada cuando un electrón pasa de un orbital con energía fundamental a un orbital de energía elevada, fenómeno que se da si la frecuencia de la radiación corresponde a la energía entre los orbitales implicados (Harris, 2007).

6.2.1 Absorción en compuestos orgánicos

La absorción de radiación de las moléculas orgánicas en la región del espectro que va desde los 180 hasta los 780 nm está dada por la interacción entre fotones y electrones involucrados en la formación de enlaces químicos o pares electrónicos no enlazados presentes en átomos como lo son: oxígeno, azufre, nitrógeno y los halógenos.

La longitud de onda en el haz de luz incidente necesaria para generar estas transiciones electrónicas dependerá del tipo de enlace entre los electrones, así los electrones en un enlace δ (sigma) carbono-carbono o carbono-hidrógeno necesitará una energía relativamente alta asociada a la región del ultravioleta lejano por debajo de los 200 nm para pasar a un orbital δ^* (antienlazante), esta región también es conocida como ultravioleta de vacío, debido a que el oxígeno y nitrógeno absorben a longitudes de onda de 160 y 200 nm respectivamente, por lo que los análisis deben realizarse en el vacío, lo que genera complicaciones, por lo que prefiere evitarse el análisis en esta región.

También se dan transiciones electrónicas de orbitales η (no enlazantes) a orbitales moleculares antienlazantes sigma δ^* , estas se presentan generalmente en moléculas que contienen átomos como oxígeno, azufre, nitrógeno o halógenos, de forma similar a las transiciones δ - δ^* requieren de una alta energía y tienen a absorber en la región del ultravioleta lejano por lo que una vez más el análisis tiende a dificultarse.

Por último las transiciones que presentan mayor interés en la técnica de espectrometría de absorción molecular UV-VIS son aquellas que se dan de orbitales η a orbitales π^* (antienlazantes pi) asociadas a la región del ultravioleta próximo y visible y las transiciones π - π^* dadas en el ultravioleta lejano. En tal sentido, las

moléculas que presentan este comportamiento tienen a tener en su estructura grupos funcionales con enlace π , presentes en enlaces dobles y triples.

Obtenido de: (Sierra Alonso, Gómez Ruíz, & Morante, 2010) y (Halton & Reyes, 2005).

6.3 Falsificación y alteración de medicamentos.

La preocupación que surge frente a la calidad de los medicamentos ha estado presente desde el momento en que su desarrollo, y pese a los crecientes avances en cuestión de los procesos de producción y análisis, con el transcurso de los años esta problemática se ha acrecentado. Actualmente la proliferación no sujeta a reglamentaciones de industrias y productos farmacéuticos ha traído problemas de diversa magnitud, entre los cuales se destaca la falsificación (OMS, 1999).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (1999) un medicamento falsificado es: “un producto etiquetado indebidamente de manera deliberada y fraudulenta en lo que respecta a su identidad o fuente”. La falsificación puede darse por en productos de marca y genéricos, los productos falsificados pueden incluir productos con los ingredientes correctos o con los ingredientes incorrectos, sin principios activos, con principio activo insuficiente o con envasado falsificado.

Es importante resaltar que la problemática anteriormente mencionada también se relaciona con la producción y comercialización de medicamentos de calidad subestándar, tal como lo informó OMS (2017) tras realizar diversas investigaciones en la que se concluyó que uno de cada diez productos médicos que están en circulación en los países de ingresos bajos y medianos es subestándar o está falsificado. Conviene aclarar que los medicamentos de calidad subestándar son productos farmacéuticos que no cumplen con especificaciones y normas de calidad establecidas en el territorio en el que se vaya a utilizar, en el contexto colombiano el decreto 677 de 1995 reglamenta el régimen de registros, licencias, control de calidad, vigilancia sanitaria de medicamentos, cosméticos, preparaciones farmacéuticas a base de productos naturales y otros productos.

Se estima que en Colombia alrededor del 40 % de los medicamentos son falsificados, lo que ubica el país entre los diez que presentan mayor distribución de medicamentos falsificados en el mundo, de acuerdo con la información entregada por el Instituto Internacional de Investigación contra la Falsificación de Medicamentos (IRACM, 2017). La investigación también permitió establecer que los medicamentos más

falsificados en el territorio colombiano son los retrovirales, vacunas, medicamentos para la atención de urgencias, antibióticos, y los más falsificados: antiinflamatorios y analgésicos.

6.4 Dipirona

La dipirona [(1,5-dimetil3-oxo-2-fenil-2,3-dihidro-1H-piridazol-4-il)-Nmetilamino] es empleada en formulaciones principalmente como analgésico no opiáceo; disminuye la sensación de dolor sin provocar pérdida de la conciencia ni alteración de los reflejos (Velasco Martín & Alvarez Gonzáles, 2000), antipirético; reducción de la fiebre y antiinflamatorio, este medicamento actúa como inhibidor de la ciclooxigenasa bloqueando la síntesis de prostaglandinas (Mendoza Patiño, 2008).

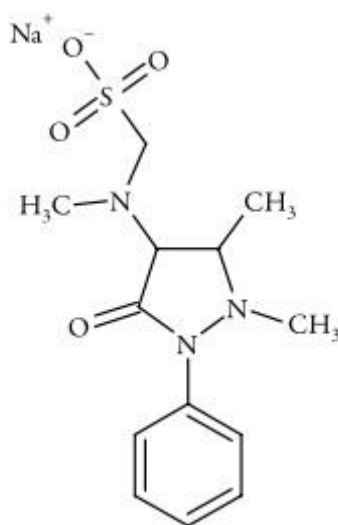


Figura 2. Estructura dipirona sódica.

Fuente: Buitrago, Carderón, & Vallejos,(2014).

La distribución de productos farmacéuticos que contienen dipirona en Colombia está aprobado por el Invima para las siguientes formas farmacéuticas: dipirona sódica solución inyectable de 1 g/2 mL y 2 g/5 mL, dipirona magnésica solución inyectable de 2,5 g/5 mL, dipirona tabletas de 500 y 324 mg, solución oral 50 mg/mL y jarabe 50 mg/mL (Invima, 2018).

7. METODOLOGÍA

El marco metodológico de la presente investigación fue el de Investigación-acción; a continuación, se define el diseño metodológico seleccionado, delimitando la muestra poblacional, el tipo de investigación y las fases metodológicas que permitieron dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

7.1 Tipo de investigación

De acuerdo con los objetivos de la presente investigación y teniendo en cuenta la revisión de antecedentes que involucran la estrategia didáctica fundamentada en las SPE y empleo de una escala ordinal numérica para sistematizar los resultados obtenidos en la implementación de la taxonomía SOLO, esta investigación se cataloga como de corte mixto, con elementos tanto cualitativos, como cuantitativos.

Este tipo de investigación requiere un proceso de recolección de datos que posteriormente serán analizados y discutidos desde ambos sistemas, con el fin de establecer inferencias y conclusiones que posibilitan tener una visión más amplia del problema (Hernández Samperi, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2012).

7.2 Grupo objetivo

La muestra de la presente investigación corresponde a un grupo de profesores en formación inicial del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional que estaban cursando el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II en el transcurso del semestre 2018-1.

El grupo objetivo estuvo constituido por 25 estudiantes del ciclo de profundización del programa de licenciatura en química, 19 mujeres y 6 hombres, que participaron en la implementación de la estrategia didáctica, durante 4 sesiones de aproximadamente 2 horas/sesión, guiadas por la investigadora, donde se llevaron a cabo las actividades propuestas en la estrategia formulada.

7.3 Marco metodológico

La investigación que se presenta fue estructurada en tres etapas, que dan cuenta del objetivo general y de los objetivos específicos propuestos, *inicial*, *de desarrollo* y *final*.

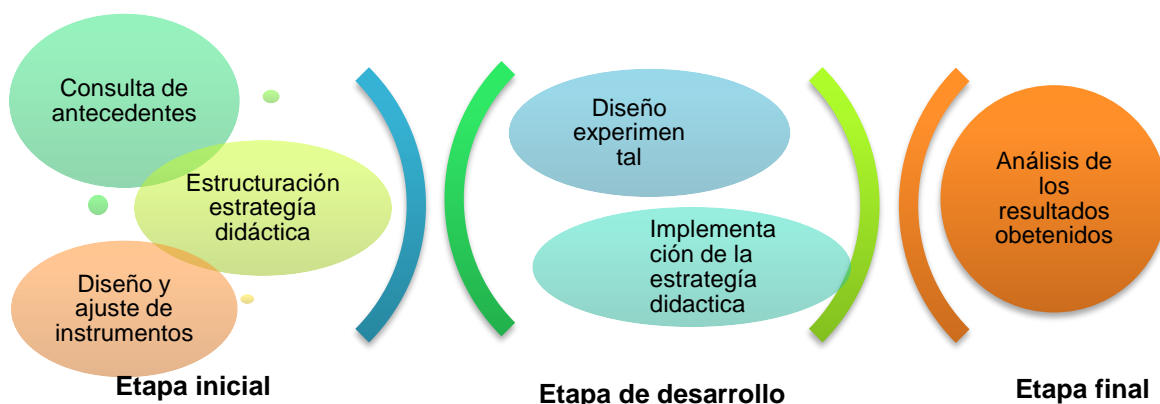


Figura 3. Etapas metodológicas del trabajo de investigación.

Fuente: Autora

7.3.1 Etapa inicial

Tal como se muestra en la Figura 1, durante la fase inicial se llevó a cabo una búsqueda de antecedentes disciplinares y didácticos, así como de diferentes propuestas didácticas que permitieron estructurar y delimitar el problema y los objetivos de esta investigación.

Posteriormente se procedió con el diseño de la estructuración de las fases de implementación de la estrategia didáctica fundamentada en las SPE, teniendo en cuenta los planteamientos de la propuesta: Situaciones Problemáticas Experimentables, planteada por Soubirón (2005), en la que se siguen cuatro fases que se detallan en la tabla 2, para cada fase se especifican las actividades a desarrollar.

El anexo 1 presenta la Situación Problemática Experimentable que oriento las actividades realizadas durante la implementación de la estrategia didáctica. Esta SPE, esta contextualizada en la problemática de falsificación de fármacos y el análisis de la composición de medicamentos comerciales, para este caso particular analgésicos de venta comercial que contienen dipirona. A partir de esta SPE pueden

abordarse el núcleo problemático de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis.

Tabla 2. Actividades por desarrollar en cada fase de la SPE.

Fase	Actividad
Preactiva	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico inicial de la dimensión conceptual y procedimental. • Presentación de la situación problemática; “Falsificación en medicamentos una práctica letal”. • Organización de grupos de trabajo y orientación del trabajo a desarrollar. • Socialización grupal de conceptos y teorías asociados la falsificación de medicamentos y absorción molecular UV-VIS
Activa	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuración de la metodología analítica en conjunto con los estudiantes. • Desarrollo de prácticas experimentales por parte de los estudiantes con orientación de la investigadora y recolección de datos.
Postactiva	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de los resultados y contraste de datos entre grupos. • Elaboración de informe escrito.
Retroalimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de pruebas de salida. • Presentación de resultados obtenidos tras la implementación de la estrategia didáctica.

7.3.1.1 Instrumentos de recolección de información

Con el fin de recolectar la información para la caracterización de los conocimientos conceptuales, procedimentales y funcionales de los estudiantes del grupo objetivo, se elaboraron dos instrumentos constituidos por preguntas abiertas, dichos instrumentos fueron sometidos a revisión previa. (ver Anexo 2 y 3).

Las preguntas que constituyen el instrumento están asociadas con algunos aspectos teóricos de las leyes de la fotometría, las relaciones dadas entre los constructos teóricos que componen esta temática, y el desarrollo de cálculos para determinación de concentraciones y propiedades como la absorbancia, absortividad y transmitancia a partir de las expresiones matemáticas que representan las leyes de la fotometría , y por último la resolución de problemas en el marco de la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-VIS.

El objetivo de la implementación de estos instrumentos esta fundamentado en evaluar los conocimientos que poseen los profesores en formación del grupo objetivo antes y después de la implementación de la estrategia didáctica, con el fin de determinar la incidencia que tuvo la implementación de dicha estrategia en el fortalecimiento de los conocimientos previos y la adquisición de nuevos conocimientos con relación a la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis.

Cabe resaltar que la evaluación de dichos conocimientos se realiza en primer lugar teniendo en cuenta la teoría expuesta en los libros de texto alrededor la temática de espectrofotometría y por otra parte teniendo en cuenta los niveles de comprensión del conocimiento propuestos por Biggs (2006) en la taxonomía SOLO.

De este modo, los postulados de Biggs (2006) se articulan a la propuesta de Soubirón (2005), en primer lugar porque; la estrategia didáctica propuesta Soubirón tiene como objetivo incrementar la comprensión conceptual y procedimental de las ciencias, con el fin de desarrollar la reflexión crítica y la comunicación de resultados enmarcados en la resolución de diversas problemáticas, lo que es coincide con los tipos de conocimiento propuestos por Biggs (2006) y las relaciones propuestas entre los conocimientos declarativos y procedimentales para el desarrollo conocimiento funcional relacionado con la actuación fundamentada ante una situación específica.

Teniendo en cuenta la semejanza planteada anteriormente se decidió incorporar la perspectiva de Biggs (2006) frente al conocimiento universitario, en la estructuración y evaluación de las actividades de la estrategia didáctica fundamentada en las SPE, puesto que Biggs también propone una forma de evaluación de lo conocimientos a partir de la taxonomía de SOLO, que propone diversos niveles de comprensión que permiten evaluar la complejidad y pertinencia de los conocimientos del estudiante, a partir de rubricas de evaluación con criterios definidos para cada nivel de comprensión.

En el caso de esta investigación se estructuró una rubrica de evaluación que evaluó los conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales a partir de diferentes criterios propuestos para cada nivel de comprensión. Además de esto se crearon categorías de análisis tenido en cuenta las investigaciones citadas en los antecedentes, es importante resaltar que para la evaluación del conocimiento procedimental se tuvo en cuenta la clasificación elaborada por (Pro, 1998), en la que se presentan las diferentes habilidades, destrezas y procedimientos relacionados con los conocimientos procedimentales.

Finalmente es importante precisar que con el fin de sistematizar y comparar los resultados obtenidos en la evaluación de los instrumentos y actividades se establece una escala ordinal numérica para los niveles de comprensión que establece la taxonomía SOLO, de la siguiente manera:

En adelante para facilitar la presentación de los resultados, los niveles de comprensión se presentan teniendo en cuenta la escala numérica.

Por último, se presenta en la tabla 4 la rúbrica de evaluación con las categorías de análisis por tipo de conocimiento y los criterios establecidos para cada nivel de comprensión de la taxonomía SOLO.

Tabla 3. Rúbrica de evaluación estrategia didáctica.

Fuente: Autora

Tipo de conocimiento	Categoría	Nivel				
		0	1	2	3	4
		Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto ampliada
Conocimiento declarativo	Uso de Conceptos	No responde	Identifica el concepto y realiza descripciones sin tener en cuenta las características de este.	Describe los conceptos acudiendo a algunas de sus características, pero en ocasiones de manera simple y errónea.	Integra diferentes conceptos y elabora explicaciones simples.	Formula explicaciones acudiendo a conceptos, principios y teorías establecidas de manera clara y coherente.
	Identificación de variables	No responde	Reconoce variables en una expresión matemática.	Describe las variables que componen una expresión matemática de manera errónea.	Caracteriza variables de una expresión matemática de acuerdo con los atributos de esta acertadamente.	Asocia diferentes características de una variable teniendo en cuenta sus atributos y relaciones con leyes previamente establecidas.
Conocimiento procedimental	Relaciones de dependencia entre variables	No responde	Identifica variables, sin establecer relaciones entre las mismas, o estableciendo relaciones incorrectas.	Establece relaciones de dependencia entre variables de forma incorrecta.	Establece relaciones de dependencia entre variables de forma correcta, pero realiza explicaciones simples o inadecuadas.	Formula relaciones de dependencia entre variables de manera correcta, realizando explicaciones adecuadas.

	Interpretación de datos empíricos	No responde	Identifica resultados obtenidos sin establecer relaciones con los conceptos y parámetros asociados a los mismos.	Describe resultados asociando conceptos, principios y teorías de manera errónea.	Compara resultados con conceptos parámetros, principios y leyes.	Analiza resultados teniendo en cuenta parámetros, principios y leyes, estableciendo conclusiones coherentes e incorporando temáticas asociadas.
	Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos	No responde	Identifica y enlista una serie de datos, pero no establece relaciones u operaciones matemáticas entre los mismos.	Opera datos sin tener en cuenta las relaciones establecidas entre los mismos.	Formula relaciones de dependencia entre datos y realiza operaciones matemáticas, obteniendo resultados incorrectos.	Establece relaciones de dependencia entre datos y realiza operaciones matemáticas adecuadas, obteniendo resultados correctos.
Conocimiento funcional	Resolución de problemas	No responde	Reconoce algunas características del problema, pero no realiza cálculos, análisis o explicaciones para dar solución al mismo.	Clasifica, describe y opera componentes de un problema, pero obtiene resultados erróneos.	Interpreta e integra diferentes componentes de un problema, aplicando conceptos y relaciones matemáticas y emite conclusiones relacionadas del problema en cuestión	Relaciona datos y conceptos con principios y leyes existentes de manera que pueda abordar y dar respuesta a un problema, además trasciende y cuestiona los resultados.

7.3.2 Etapa de desarrollo

La fase de desarrollo estuvo constituida por dos grandes componentes: por una parte, *el diseño experimental*, que abarca el desarrollo y calibración de la actividad experimental en torno a la cuantificación de dipirona en medicamentos genéricos y por otra, *la implementación de los instrumentos de recolección de información con el grupo objetivo*.

En la etapa final se presentan la categorización de las preguntas que estructuran los instrumentos de acuerdo con las categorías de análisis propuestas en la rúbrica de evaluación, posteriormente se presentan los resultados y el análisis de cada uno de los instrumentos implementados en el transcurso de la estrategia.

7.3.2.1 Diseño experimental

El diseño experimental involucró el desarrollo y calibración de la práctica de laboratorio de cuantificación de dipirona en medicamentos genéricos, mediante el método espectrofotométrico de absorción molecular UV-Vis propuesto y validado por Quino, Choque, & Caceres (2005).

- Reactivos y soluciones:

Para la elaboración de la curva de calibración se utilizó como patrón primario una solución stock de 200 ppm de Dipirona sódica grado USP, usando como disolvente ácido clorhídrico, HCl 0,1 M. Las soluciones patrón de la curva de calibración fueron elaboradas por dilución con HCl 0,1 M, a partir de una solución intermedia de 40 ppm de dipirona sódica en HCl 0,1 M.

Tabla 4. Composición de los medicamentos comerciales.

Medicamento	Principio Activo (P.A.)	Concentración de P.A. reportada por el fabricante
Novalgina comprimido	Dipirona Sódica	500 mg / Tableta
Novalgina ampolleta	Dipirona Sódica	0,5 g/ mL
Ligaril-D comprimido	Dipirona Sódica	500 mg/ Tableta
Dipirona Ecar [®] ampolleta	Dipirona Sódica	0,5 g/mL

Conviene aclarar que los medicamentos sometidos a análisis fueron adquiridos en droguerías comerciales sin fórmula médica, y que se adquirieron comprimidos y

ampolletas que contienen como fármaco únicamente dipirona sódica, para evitar interferencias en el análisis, muy comunes en la zona del ultravioleta analítico.

- Tratamiento de las muestras:

Los comprimidos fueron molidos, posteriormente disueltos en HCl 0,1 M y homogeneizados por agitación utilizando agitador magnético, y filtrados en papel cualitativo y finalmente completados a volumen en balones de 100 mL. En el caso de las ampollas inyectables se llevaron a cabo las diluciones sin tratamiento previo.

- Curva de calibración:

Para la elaboración de la curva de calibración, inicialmente se llevó a cabo un barrido espectral con una solución con una concentración de 4 ppm de dipirona sódica, en el rango de 200- 600 nm, arrojando como resultado un máximo de absorción de 256 nm.

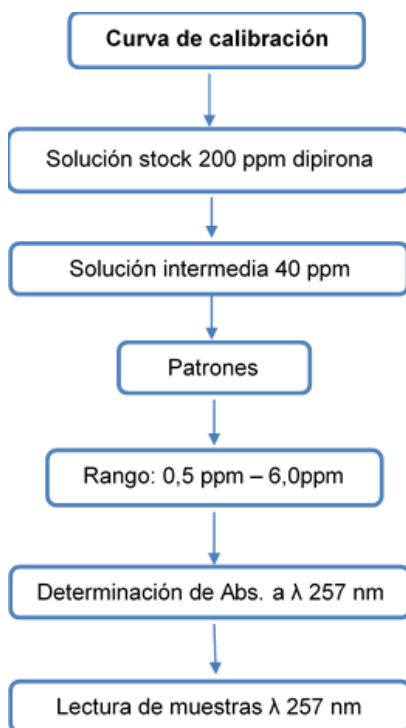


Figura 4. Procedimiento curvo de calibración dipirona sódica.

Fuente: (Quino, Choque, & Caceres, 2005)

8. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se desarrolla la etapa final que comprende el análisis de los resultados obtenidos, el primer bloque corresponde a los resultados experimentales obtenidos en la cuantificación de dipirona en medicamentos comerciales, actividad experimental que permitió estructurar la situación problemática experimentable que se abordó en la estrategia de enseñanza.

Posteriormente se presentan un segundo bloque de resultados, que corresponden a resultados obtenidos en el marco de la implementación de la estrategia didáctica y evaluación de los conocimientos, declarativos, procedimentales y funcionales, con relación con la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en los profesores en formación del grupo de Métodos de Análisis Químico I del programa de licenciatura en química de la UPN.

8.1 Resultados experimentales

La cuantificación de dipirona en los medicamentos comerciales se realizó por espectrofotometría de absorción molecular UV- Vis, siguiendo el método propuesto por (Quino, Choque, & Caceres, 2005), basada en la absorción de radiación electromagnética por parte de los grupos cromóforos presentes en la dipirona.

Para la determinación de la longitud de onda analítica, se realizó un barrido espectral empleando el equipo Shimadzu UV-1800 y el software Uv-Probe, en un rango de 200 a 800 nm, este análisis arrojó una absorbancia máxima de 0,1689 a una longitud de onda de 256,2 nm, como se observa en la Figura 5.

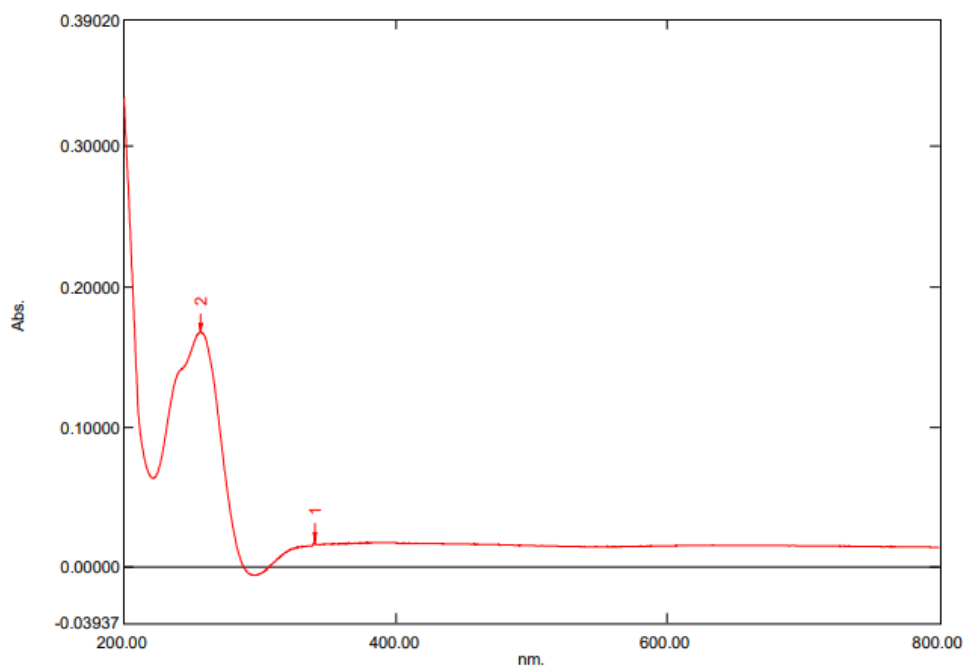


Figura 5. Barrido espectral dipirona sódica.

Obtenido mediante el software UV probe.

Estos datos son concordantes con los encontrados por Quino, Choque, & Caceres (2005), en la validación de la técnica espectrofotométrica para determinación de dipirona en fármacos, donde se obtuvo 257 nm como longitud de onda analítica para dipirona sódica y magnésica utilizando HCl 0,1 N como disolvente, en forma tal que el medio ácido garantiza la disociación de la dipirona sódica a la forma ácida de la dipirona (pKa dipirona: 3,77).

La construcción de la curva de calibración se hizo a partir de una solución intermedia de 40 ppm de dipirona sódica llevados a dilución en balones de 50 mL en HCl 0,1 N, obteniéndose los resultados presentados a continuación.

Tabla 5. Datos curva de calibración Dipirona Sódica

Concentración (ppm)	Absorbancia
0,000	0,028
0,500	0,046
1,000	0,063
1,500	0,083

2,000	0,105
2,500	0,121
3,000	0,137
3,500	0,156
4,000	0,174
4,500	0,195
5,000	0,207
5,500	0,226
6,000	0,242

A partir de los datos obtenidos se determinaron los límites de detección y cuantificación del método analítico con el fin de obtener la curva de trabajo, que permitió determinar la concentración de dipirona en los medicamentos comerciales.

Tabla 6. Límites de detección y cuantificación.

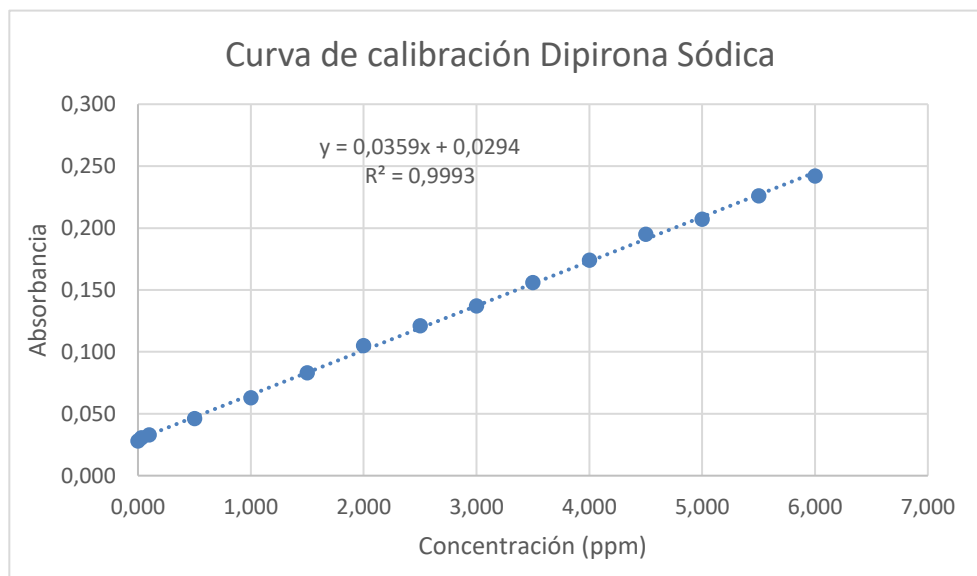
Límite de detección (mg/L)	0,030
Límite de cuantificación (mg/L)	0,100

Finalmente se incluyen los valores obtenidos para los límites de detección y cuantificación, y se construye la curva de trabajo, que presenta un coeficiente de correlación de 0,9992. La tabla No.5 y la gráfica No.1 dan cuenta de dichos resultados.

Tabla 7. Valores finales curva de calibración dipirona sódica.

Concentración (ppm)	Absorbancia
0,000	0,028
0,030	0,030
0,100	0,033
0,500	0,046
1,000	0,063
1,500	0,083
2,000	0,105
2,500	0,121
3,000	0,137
3,500	0,156
4,000	0,174
4,500	0,195

5,000	0,207
5,500	0,226
6,000	0,242



Gráfica 1. Curva de calibración dipirona sódica

Teniendo en cuenta la absorbancia obtenida para cada una de las muestras, y las diluciones realizadas a cada una de ellas se determinó la concentración de dipirona sódica, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 8. Concentración de dipirona en los medicamentos analizados.

Muestras	Absorbancia	Concentración (ppm)	Concentración final de dipirona en el medicamento	Variación con respecto a la cantidad reportada
Comprimido Ligaril-D	0,138	3,331	504,2 (mg/tab)	0,84 %
Comprimido Novalgina	0,140	3,415	514,5 (mg/tab)	2,9 %
Ampolleta Dipirona ECAR	0,141	3,108	0,52 (mg/mL)	4,0 %
Ampolleta Novalgina	0,139	3,053	0,51 (mg/mL)	2,0 %

Teniendo en cuenta lo anterior se pudo establecer en primer lugar que el método analítico fue apropiado para la determinación de dipirona en los medicamentos en

cuestión, puesto que se obtuvieron resultados congruentes con los presentados por (Quino, Choque, & Caceres, 2005) y el coeficiente de correlación que arroja la gráfica es apropiado para análisis espectrofotométricos ya que es mayor a 0,99 (Clavijo Díaz, 2002).

De igual manera, con relación a los resultados obtenidos para la concentración de dipirona en los medicamentos, puede determinarse que con respecto a la concentración del principio activo en los medicamentos no se presenta falsificación, pese a que o haya una correspondencia del 100 % entre la cantidad de dipirona reportada por el fabricante y la determinada a través del análisis, puesto que de acuerdo con la Farmacopea Brasileña que establece un límite de variación de ± 5 % entre la cantidad de dipirona reportada y la determinada mediante análisis espectrofotométrico (Farmacopeia Brasileira, 2010), por lo tanto los laboratorios farmacéuticos no están incurriendo en falsificación ya que el % de variación no sobrepasa el límite establecido.

Por otro lado, teniendo en cuenta las formas farmacéuticas aprobadas para distribución en el territorio colombiano por el INVIMA, los cuatro medicamentos analizados presentan registro sanitario vigente para su comercialización expedido por el INVIMA, de igual manera al momento de la compra los medicamentos no habían expirado, y en todos los casos el empaque aparentemente no presentaba falsificaciones y cumplen con los parámetros establecidos por el decreto 667 de 1995 que reglamenta el Régimen de Registros y Licencias, el Control de Calidad, así como el Régimen de Vigilancia Sanitaria de Medicamentos.

8.2 Resultados implementación de la estrategia didáctica

La implementación de la estrategia didáctica para la enseñanza de la espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis se llevó a cabo en 5 sesiones. En la tabla 9 se realiza una contextualización frente a lo que se desarrolló en cada una de ellas.

Tabla 9. Actividades realizadas en el desarrollo de la estrategia didáctica.

Fase	Actividad	Descripción
------	-----------	-------------

Preactiva	Introducción a la SPE	<p>Inicialmente se llevó a cabo una contextualización acerca del trabajo de investigación a realizar con el grupo, presentando a los profesores en formación la línea de investigación desde la cual se desarrolla la presente investigación, el enfoque didáctico y los objetivos de esta. Posterior a esto se hizo entrega a cada uno de los estudiantes de la prueba de entrada con el fin de evaluar los conocimientos declarativos y procedimentales que poseen alrededor de las temáticas radiación electromagnética, leyes de la fotometría y parámetros de validación, partir de la rúbrica de evaluación presentada en la tabla 3. Finalmente se elaboraron grupos de trabajo de tres y cuatro personas y se hizo entrega de la SPE que orienta la estrategia didáctica; <i>Falsificación de medicamentos una práctica letal</i> (Ver anexo 1), luego se solicitó a los estudiantes consultar la temática que se aborda en la SPE y se dio por concluida la sesión.</p>
	Contextualización	<p>En esta sesión se llevó a cabo una socialización con respecto a la información expuesta en la SPE, se pusieron en contexto algunos términos como: fármaco, principio activo, medicamento, falsificación, analgésico, tipos de analgésicos y falsificación, dipirona, esto con el fin de fomentar la comprensión de los conceptos y fenómenos asociados a la falsificación de medicamentos, posteriormente la discusión giro hacia los fenómenos de absorción molecular, en este apartado la investigadora y la docente realizaron una explicación respecto con relación absorción de radiación por las especies moleculares en la región de ultravioleta-visible.</p>
Activa	Actividad experimental	<p>Para el desarrollo de la actividad experimental, se hizo una puesta en común frente a los métodos de análisis cuantitativo para dipirona con los estudiantes, posteriormente con la orientación de la investigadora los estudiantes estructuraron el método analítico, y llevaron a cabo el análisis espectrofotométrico de 3 medicamentos comerciales que contienen dipirona, a partir de una curva de calibración elaborada a partir de una solución dipirona sódica. La elaboración de la curva de calibración y la preparación de las muestras fue distribuida para que todos los grupos contribuyeron en el desarrollo del laboratorio.</p>

	Evaluación de los resultados experimentales	Con el fin de evaluar los resultados obtenidos en la actividad experimental, se llevó a cabo una discusión, donde cada uno de los grupos de trabajo presentaba los resultados obtenidos tras la sistematización y análisis de los datos, allí en compañía de la docente y la investigadora se evaluaron distintos parámetros estadísticos y posibles fuentes de error para el análisis de los datos, esto debido a que la curva de calibración elaborada presento un coeficiente de correlación de 0,94, por lo cual debió realizarse el respectivo tratamiento de datos con el fin de mejorar la linealidad del método, utilizando como parámetro estadístico para el descarte de datos la prueba Q.
Postactiva	Cierre	En la actividad de cierre los estudiantes hicieron entrega del informe de resultados de la actividad de laboratorio orientada a la determinación de falsificación en los fármacos analizados, posteriormente se llevó a cabo una socialización por grupos de los resultados obtenidos y para finalizar se hizo entrega a los estudiantes de la prueba de salida con el fin de evaluar la incidencia de la estrategia didáctica en la adquisición de conocimientos en los profesores en formación del grupo objetivo, de acuerdo con el ascenso con respecto a los niveles de comprensión de la taxonomía SOLO.
Retroalimentación	Encuesta	Finalmente, los estudiantes desarrollaron una encuesta estructurada y propuesta por Soubiron (2005) que recoge las opiniones de los profesores en formación con respecto a la implementación de la SPE.

Además de lo anterior, a continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la implementación de los instrumentos de recolección de información y el desarrollo de las actividades enmarcadas dentro de la estrategia didáctica.

8.2.1 Caracterización y análisis de ideas previas (Prueba de entrada).

Para la caracterización de las ideas previas de los profesores en formación inicial se realizó una prueba inicial, en la cual se evaluaron algunos conocimientos declarativos y procedimentales alrededor del constructo de radiación electromagnética y las leyes de la fotometría, temáticas relacionadas con los núcleos problemáticos I y II del espacio académico de Métodos de Análisis II: Radiación electromagnética y

Validación de métodos analíticos, respectivamente, que fueron previamente abordados.

Es importante tener en cuenta que no se evalúan los conocimientos funcionales de los docentes en formación alrededor de estas temáticas, en virtud a que los núcleos problemáticos I y II se enmarcan en el desarrollo de competencias básicas asociadas a la adquisición, consolidación y reconstrucción de conceptos teóricos, así como al uso de los instrumentos de medida y al tratamiento de datos, mientras que en el núcleo problémico III: Métodos instrumentales cualitativos y cuantitativos, se abordan los métodos analíticos relacionados con las temáticas anteriormente mencionadas, por lo tanto, se decidió evaluar los conocimientos funcionales, en forma posterior a la implementación de la estrategia didáctica, puesto que esta pretendió articular los conocimientos declarativos y procedimentales del núcleo problemático 1 y 2 en relación con la espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis (PLQ, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, la tabla 8 presenta la categorización de las afirmaciones y preguntas evaluadas en la prueba de entrada, con respecto a los tipos de conocimiento declarativo y procedimental.

Tabla 10. Categorías y preguntas prueba de entrada.

Tipo de conocimientos	Categoría	No. Pregunta o afirmación	Pregunta o afirmación
Declarativo	Uso de conceptos y teorías	2	La absorptividad es una propiedad intensiva (Falso/Verdadero).
		5	Para realizar un análisis cuantitativo por espectrofotometría se lleva a cabo un barrido espectral que permite determinar la longitud de onda analítica del método. Al realizar análisis moleculares suelen obtenerse picos de absorción a diferentes longitudes de onda determinadas, ¿Cuál es la longitud de onda indicada para obtener una alta sensibilidad en el método?
Procedimental	Identificación de variables	1	La absorbancia de una muestra estará dada en las unidades en las que se exprese la concentración del analito (Falso/Verdadero).
	Relaciones de dependencias	3	Al irradiar con luz ultravioleta una celda que contiene un analito en solución, la potencia de radiación

	encia entre variables		incidente es mayor que la radiación emergente (Falso/ Verdadero).
		4	El % de transmitancia y la concentración son inversamente proporcionales (Falso/Verdadero).
	Interpretación de datos empíricos	6	Suponga que se realiza un análisis espectrofotométrico del principio activo de un medicamento, el valor de concentración teórica de dicho principio activo en el medicamento sobrepasa el rango lineal en la curva de calibración establecida para el análisis, así que el analista realiza una dilución de la muestra, el valor de la concentración obtenida se encuentra por encima del límite de detección y por debajo del límite de cuantificación del método de análisis. De acuerdo con esto, ¿los resultados obtenidos son fiables para determinar la presencia y cantidad de analito en la muestra? ¿Por qué?
Cálculos matemáticos y ejercicios numéricos		7	La FDA (Food and Drug Administration) establece la espectrofotometría UV como método de referencia para la cuantificación de paracetamol (acetaminofén) en analgésicos, la determinación de este compuesto se realiza a una longitud de onda de 242 nm. Para dicha determinación se prepara una solución stock de paracetamol 500 ppm y posteriormente una solución intermedia de 100 ppm, a partir de la cual se elaboran patrones con concentraciones entre 7 y 14 ppm. ¿Qué volumen de la solución stock se necesita para preparar 100 mL de la intermedia? ¿Qué volúmenes de la solución intermedia deben tomarse para elaborar las soluciones patrón de la curva de calibración teniendo en cuenta que se llevaran a volúmenes finales de 50 mL?

Para la evaluación de este instrumento, se utilizó la rúbrica de evaluación (ver tabla 3) que describe los criterios establecidos para evaluar las respuestas dadas por los estudiantes, a partir de dicha rúbrica se lleva a cabo la categorización de las respuestas dadas a cada una de las afirmaciones y preguntas de acuerdo con los niveles de la taxonomía SOLO.

Los valores mostrados en la tabla 12 corresponden a el valor numérico asignado a cada nivel de comprensión, es decir, las respuestas dadas por los estudiantes se asocian con los criterios propuestos para cada nivel de comprensión y finalmente

dependiendo del nivel en que se ubicaron se asigna el dígito correspondiente al nivel de comprensión, la tabla presenta en valor numérico asignado a cada nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO.

Tabla 11. Asignación de valores para cada nivel de comprensión de la taxonomía SOLO.

Nivel de comprensión	Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto ampliado
Valor numérico	0	1	2	3	4

A continuación, la tabla 12 presenta una fracción de la matriz de categorización de respuestas de las respuestas de los profesores en formación para la prueba de entrada.

Tabla 12. Categorización de las respuestas de los estudiantes de acuerdo con los niveles de comprensión propuestos en la taxonomía SOLO.

Código del estudiante	Identificación de variables	Uso de conceptos	Relaciones de dependencia entre variables	Dependencia entre variables	Uso de conceptos	Interpretación de datos empíricos	Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7
1	2	2	3	3	2	2	4
2	3	2	2	1	3	2	4
3	4	3	3	3	3	2	0
4	3	2	3	3	3	3	4

Posteriormente se establecieron promedios para las categorías en las que se evalúa más de un ítem, para finalmente obtener los niveles de comprensión de los conocimientos declarativos y procedimentales de cada estudiante por categoría, y el número de estudiantes por nivel de comprensión, con respecto a los dos tipos de conocimientos evaluados en la prueba de entrada. En la tabla 13 se ilustra un recorte de los promedios por categoría.

Tabla 13. Promedios por categoría.

Código del estudiante	Promedios por categorías				
	Uso de conceptos	Identificación de variables	Relaciones de dependencia entre variables	Interpretación de datos empíricos	Realización de cálculos y operaciones matemáticas
1	2,0	2,0	3	2	4
2	2,5	3,0	1,5	2	4
3	3,0	4,0	3	2	0
4	2,5	3,0	3	3	4

Conviene explicar que para la sistematización de categorías que son evaluadas a partir de dos afirmaciones o preguntas, se elaboraron promedios entre los niveles de comprensión obtenidos para cada pregunta, y en los casos en que se obtuvieron valores con números decimales, se tomó el dígito entero como resultado final para el nivel de comprensión de la categoría.

Por otro lado, en la sistematización de acuerdo con el tipo de conocimiento, para el caso del conocimiento procedimental en el que se encuentran cinco categorías, nuevamente se elaboraron promedios y también en este caso se aproximó al número entero cuando la cifra decimal es menor o igual a 5, en caso contrario se aproxima al valor entero inmediatamente siguiente. Finalmente, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Promedios por tipo de conocimiento para cada estudiante prueba de entrada.

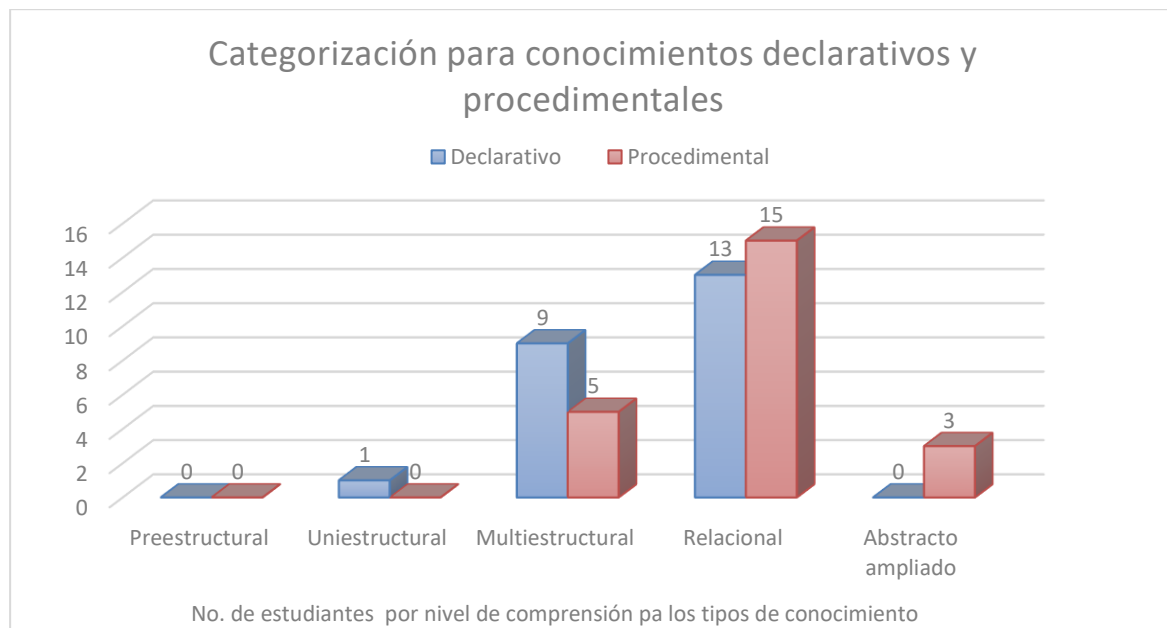
Código del estudiante	Promedios por tipo de conocimiento	
	Declarativo	Procedimental
1	2	3
2	2	3
3	3	2

4	2	3
5	2	3
6	3	2
7	3	3
8	3	3
9	3	4
10	2	3
11	2	3
12	1	4
13	3	3
14	3	3
15	3	2
16	3	3
17	2	4
18	3	3
19	3	2
20	3	2
21	2	3
22	3	3
23	2	3

Finalmente se agruparon los resultados presentados anteriormente en la tabla 15, presentando el número de estudiantes por nivel de comprensión para cada tipo de conocimiento.

Tabla 15. Número de estudiantes por nivel de comprensión prueba de entrada.

Tipo de conocimiento	Estudiantes por nivel de comprensión				
	Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto ampliado
Declarativo	0	1	9	13	0
Procedimental	0	0	5	15	3



Gráfica 2. Categorización para conocimientos declarativos y procedimentales prueba de entrada.

Como se dijo anteriormente la categorización de las respuestas se realizó acudiendo a los criterios propuestos en la rúbrica de evaluación y a la teoría referente a la temática, por para los conocimientos a nivel declarativo, evaluados principalmente, mediante la afirmación 2 y la pregunta 5, en general los estudiantes se encuentran en los niveles multiestructural y relacional, lo que indica que reconocen y describen los conceptos acudiendo a características y conceptos asociados, más sin embargo en ocasiones no se establecen relaciones entre unos y otros conceptos.

El planteamiento anterior se sustenta en los resultados obtenidos por tipo de conocimiento, por ejemplo, para la afirmación 2 asociada a lo declarativo, en la cual se sugiere que la absorción es una propiedad intensiva de la materia: 10 estudiantes se sitúan en el nivel multiestructural puesto que sus respuestas abordan diferentes conceptos asociados a la temática, pero de manera errónea, esto se evidencia por ejemplo en la respuesta de la estudiante 1: “*La absorción depende de la cantidad de sustancia, porque la cantidad de radiación que se absorbe depende de la cantidad de sustancia presente*” se infiere que existe una confusión frente a los conceptos absorción y absorbancia, puesto que la absorción es entendida como la constante de proporcionalidad que relaciona la absorbancia con la concentración de especie absorbente, siendo una propiedad específica para cada sustancia que

dependerá de la temperatura, el pH y el disolvente (Sierra Alonso, Gómez Ruíz, & Morante, 2010).

Continuando con los resultados obtenidos para el conocimiento declarativo, en el nivel relacional se sitúan poco más de la mitad de los estudiantes, en este caso citando nuevamente las respuestas para la afirmación 2, la estudiante 17 establece: “La absorptividad es una constante de proporcionalidad, pues es la pendiente en la relación lineal entre A y C por lo tanto no depende de la cantidad de sustancia”, los estudiantes realizan una articulación apropiada de los conceptos y teorías relacionadas con las leyes de la fotometría para elaborar sus respuestas.

La categorización de las respuestas como se mostró anteriormente permitió establecer en primer lugar que todos los estudiantes poseen conocimientos declarativos alrededor de conceptos asociados a la radiación electromagnética y a las leyes de la fotometría, puesto que en sus respuestas identifican e incorporan conceptos relacionados con esta temática, puesto que reconocen y vinculan en sus respuestas los constructos teóricos y conceptos químicos relacionados con la temática.

Mas sin embargo es importante resaltar que el nivel de complejidad de los conocimientos relacionados con la temática no es el mismo en todo el grupo objetivo, lo que se evidencia en los resultados presentados en la gráfica 2. Hay que resaltar que los estudiantes ubicados en el nivel multiestructural (9 estudiantes) relacionan de manera incorrecta las características y conceptos asociados, como ocurrió en el caso de la estudiante 1. Puede inferirse que los conocimientos que presentan estos estudiantes pueden ser de tipo superficial, tal y como lo expone Biggs (2006) ya que reconocen datos y conceptos relacionados con la temática, los enlistan y enuncian en sus respuestas, pero no establecen relaciones correctas entre los mismos.

También es importante resaltar que existen dificultades inherentes al aprendizaje de la química, que persisten a lo largo de los distintos niveles educativos (Pozo, Gomez Crespo, Limon, & Sanz Serrano, 1991), una de ellas se relaciona con la dificultad de comprensión de las propiedades no observables de la materia, como lo son la absorptividad, absorbancia y transmitancia, debido probablemente a que la no puede acudir a características netamente aparentes y observables de las sustancias, sino que es necesario entender las alteraciones microscópicas que se dan sobre las sustancias y las partículas que la constituyen.

Continuando con el análisis de los resultados obtenidos para el conocimiento declarativo, puede observarse en el gráfico 2, que en el nivel relacional se situaron 13 estudiantes, en este nivel de comprensión se categorizaron las explicaciones y respuestas en las que los estudiantes articularon en sus explicaciones, características de los conceptos y teorías sujetos a análisis, de forma adecuada, exponiendo conocimientos más sólidos que relevan como lo denomina Biggs (2006) un enfoque profundo en los conocimientos que posee el estudiante.

Lo anterior permite también inferir que existe una representación más adecuada de las características no observables relacionadas con los conceptos abstractos, donde se asocian a sistemas matemáticos, algebraicos y simbólicos en las explicaciones dadas (Pozo Municio & Gómez Crespo, 2006), aspecto que se evidenció particularmente en el constructo de absorptividad.

En segundo lugar, en referencia a los resultados obtenidos para el conocimiento procedimental en resumen los estudiantes se ubican en los últimos tres niveles de comprensión propuestos por la taxonomía SOLO (ver gráfica 2), particularmente en el nivel de comprensión relacional presenta una frecuencia superior a la suma de las frecuencias de los niveles multiestructural y abstracto ampliado.

Lo anterior se evidencia en las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas asociadas con las categorías de análisis diseñadas para el aprendizaje procedimental; por ejemplo para la afirmación 4 adscrita a la categoría relación entre variables, que enuncia: el % de transmitancia y la concentración son inversamente proporcionales, 7 estudiantes se sitúan en el nivel preestructural ya que no dan respuesta alguna a la afirmación en cuestión, lo que imposibilita evaluar el nivel de comprensión en relación a dichos conocimientos.

Por otro lado, en el nivel uniestructural se ubican dos estudiantes puesto que no establecen relaciones entre % de transmitancia y concentración, por ejemplo, el estudiante 22 responde: “Falso, la transmitancia es dada por la intensidad de la luz que incide y se emite en una muestra”, en este caso por ejemplo el conocimiento del estudiante se caracteriza por tener un enfoque superficial (Biggs J. , 2006) lo que puede estar relacionado con que el estudiante emite una respuesta con el fin de satisfacer el requisito de responder a la pregunta sin importar la validez de la respuesta o por otro lado puede darse una interpretación equivocada de la afirmación en cuestión.

Para continuar con los resultados obtenidos a nivel procedimental, se evidencia que en el nivel multiestructural se encuentran 3 estudiantes puesto que establecen relaciones incorrectas entre % de transmitancia y concentración, por ejemplo, el estudiante 23 responde: “Falso, de acuerdo con la ley de Lambert-Beer, la T y la C son directamente proporcionales”, por lo que se infiere que existe una confusión frente a las expresiones matemáticas que representan la Ley de Bougeur-Lambert y la Ley de Beer, también es importante reconocer que probablemente existan falencias frente a lo declarativo que permean el establecimiento de relaciones entre las dos propiedades.

Por último, en el nivel relacional se ubican 11 estudiantes que en sus respuestas establecen relaciones correctas respecto a la concentración y el % de transmitancia, esto se evidencia por ejemplo en las respuestas de el estudiante 7: “Verdadero, porque entre mayor sea la concentración menor será la potencia de la luz emergente, es decir disminuirá el % de T”, y la estudiante 1: “Verdadero, porque el % de transmitancia expresa la radiación transmitida luego del paso de esta por una muestra, por lo tanto al aumentar la concentración más partículas absorberán radiación y la radiación transmitida será menor”.

Lo anterior permite evidenciar que para el nivel relacional los estudiantes relacionan de manera correcta las dos variables propuestas, dando cumplimiento al criterio propuesto, lo que permite inferir que existen una comprensión adecuada de los conceptos relacionados, lo que permite al estudiante establecer relaciones de proporcionalidad acertadas, evidenciando un nivel de comprensión profundo, y finalmente da cuenta que existe una adquisición apropiada de los conocimientos.

A partir de los resultados generales a nivel procedimental (ver grafica 2) puede inferirse que los estudiantes ubicados en el nivel multiestructural presentan dificultades asociadas a el establecimiento de relaciones entre las propiedades de la materia, lo que se traduce en dificultades en torno a la cuantificación de dichas relaciones, esto se enmarca en los planteamientos de Gomez Crespo, Pozo, Sanz, & Limón (1992), quienes exponen que una de las principales dificultades en el aprendizaje de la química se circunscribe en el establecimiento de relaciones cuantitativas, debido a que el estudiante no intuye de manera espontánea las relaciones existentes entre las propiedades de un sistema, pues generalmente no existen cambios perceptibles, haciendo necesaria la aplicación cuantitativa de leyes y relaciones matemáticas elementales que den cuenta de lo que ocurrido.

El planteamiento anterior se evidencia particularmente en relaciones de proporcionalidad directa que establecen los estudiantes de manera errónea entre transmitancia y concentración.

Por otra parte, los estudiantes que situados en el nivel relacional presentaron mejores resultados en relación con el establecimiento de relaciones de dependencia, lo que dio cuenta una mayor comprensión de las relaciones de cuantificación, en virtud del reconocimiento de los cambios que se generan en una propiedad, al alterar otra que tenga relación con esta, teniendo en cuenta leyes específicas.

Finalmente, en el nivel abstracto ampliado se categorizaron los estudiantes que además de integrar en sus repuestas lo que describe el nivel relacional, articulan los constructos teóricos a partir de los cuales se establecen las leyes y relaciones matemáticas que relacionan las propiedades de la materia, lo que se vio reflejado principalmente en la categoría de interpretación de datos empíricos, con respuestas como la presentada por la estudiante 5, para la pregunta 6: “Los datos obtenidos no son fiables para determinar concentración puesto que los valores de concentración deberán encontrarse por encima del límite de cuantificación, con el fin de obtener un resultado preciso y exacto, lo único que puede afirmarse es que el principio activo está presente en el medicamento”, en este caso la estudiante vincula de manera adecuada los constructos teóricos relacionados con los límites de detección y cuantificación en relación con una serie de datos presentados para una situación particular en la cual se analiza en contenido de principio activo en un medicamento.

Para este caso puede inferirse que para el caso del nivel de comprensión abstracto ampliado los estudiantes presentan de acuerdo con los planteamientos de Biggs (2006) y los contenidos procedimentales propuestos por Pro (1998) una comprensión satisfactoria de los contenidos y por lo tanto una adquisición profunda de conocimientos.

Los resultados encontrados en esta primera etapa permitieron evidenciar que existen conocimientos base de orden declarativo y procedimental apropiados en más de la mitad del grupo objetivo con respecto a la temática de leyes de la fotometría puesto que se encuentran en el nivel de comprensión relacional, que según los planteamientos de Biggs (2006) es satisfactorio a nivel universitario.

Los resultados también dan cuenta de la necesidad naciente de fortalecer dichos conocimientos en el abordaje de la estrategia con el fin de incrementar los niveles de comprensión en los estudiantes situados el nivel multiestructural.

8.2.2 Categorización y análisis de los informes de resultados de la Situación Problemática Experimentable

En el marco de propuesta metodológica estructurada por Soubiron (2005) para la implementación de las SPE, se llevó a cabo el abordaje conceptual y experimental de una SPE con relación a la falsificación en medicamentos, puesto que como se indicó en el marco teórico esta es una problemática de gran relevancia e impacto a nivel mundial, y nacional, que en el marco de esta estrategia didáctica se relacionó con la falsificación de medicamentos que contienen dipirona como principio activo.

La actividad experimental fue desarrollada por grupos de trabajo, se distribuyó la preparación de las 14 soluciones patrón utilizadas para elaborar la curva de calibración y la preparación de las muestras problemas que correspondían a comprimidos de 500 mg de dipirona sódica y una ampolleta de 0,5 mg/mL de dipirona sódica.

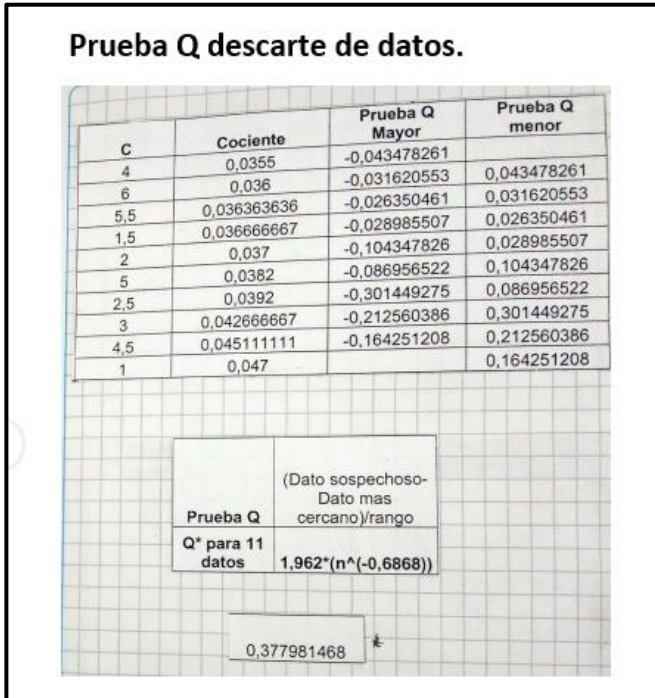
Posteriormente, los estudiantes hicieron entrega de los informes de laboratorio en los que plasmaron los resultados que obtuvieron tras llevar a cabo la actividad experimental propuesta y análisis de los mismos, a continuación, se presenta la sistematización de algunos de los apartados presentados en los informes (debido a que los informes de laboratorio fueron escritos a mano se sistematizan algunos de los apartados de dichos informes, con el fin de facilitar la lectura):

Cálculos	
Patrón 40 ppm	Concentración ppm
$V_1C_1 = V_2C_2$	Alicuota en mL de la solución 40 ppm
$V_1 \times 40 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 0,5 \text{ ppm}$	0,5
$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 0,5 \text{ ppm}}{40 \text{ ppm}}$	1
$V_1 = 0,625 \text{ ppm}$	1,5
	2
	2,5
	3
	3,5
	4
	4,5
	5
	5,5
	6

Tomado del informe de laboratorio del grupo 1.

En la parte inicial de los informes los estudiantes presentan los referentes teóricos y conceptuales relacionados con la actividad experimental posteriormente, la metodología experimental y os cálculos para la preparación de las soluciones patrón, que permitieron elaborar la curva de calibración, posteriormente se presentaron los valores de absorbancia obtenidos para

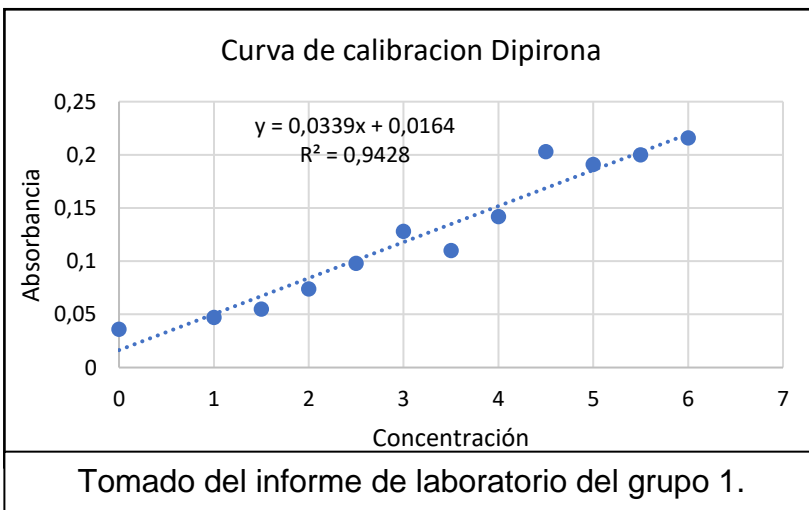
cada una de las soluciones utilizando el espectrofotómetro Shimadzu.



Concentración ppm	Absorbancia
0	0,036
1	0,047
1,5	0,055
2	0,074
2,5	0,098
3	0,128
3,5	0,11
4	0,142
4,5	0,203
5	0,191
5,5	0,2
6	0,216

Tomado del informe de laboratorio del grupo 5.

Debido a que no se obtiene una linealidad apropiada los estudiantes realizaron la prueba Q con el fin de rechazar datos sospechosos obtenidos en la curva de calibrado con el fin de mejorar la linealidad del método. Para este caso el único dato rechazo fue el correspondiente a la concentración de 0,5 ppm, de acuerdo con el criterio Q teórico para 15 datos.



Posteriormente, se presenta la curva de calibración luego del rechazo de datos, la grafica obtenida permite evidenciar que los estudiantes no se obtuvieron los resultados esperados en comparación con los obtenidos en la fase

experimental de esta investigación, debido a que el coeficiente de correlación es menor a 0,99.

Lo anterior puede estar relacionado con errores en la preparación de las soluciones patrón, específicamente se presentaron dificultades en la toma de las alícuotas de la solución intermedia de 40 ppm de dipirona.

Luego del tratamiento de datos los estudiantes presentan en sus informes la determinación de los límites de detección y cuantificación para la determinación de la curva de trabajo, que posteriormente les permitió calcular la concentración de dipirona en los medicamentos analizados.

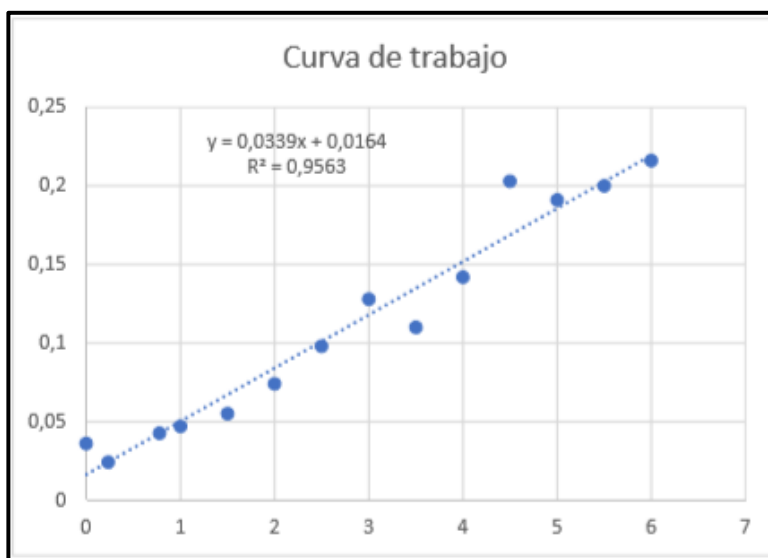
Determinación de límites de detección y cuantificación

x	Y	A teórica	(Yi-Y)	(Yi-Y) ²	Xi-Xp	(Xi-Xp) ²	Xi ²
0	0,036	0,0164	0,0196	0,00038	-3,2083	10,2934	0
1	0,047	0,0503	-0,0033	1,1E-05	-2,2083	4,876736	1
1,5	0,055	0,06725	-0,0123	0,00015	-1,7083	2,918403	2,25
2	0,074	0,0842	-0,0102	0,0001	-1,2083	1,460069	4
2,5	0,098	0,10115	-0,0031	9,9E-06	-0,7083	0,501736	6,25
3	0,128	0,1181	0,0099	9,8E-05	-0,2083	0,043403	9
3,5	0,11	0,13505	-0,0251	0,00063	0,29167	0,085069	12,25
4	0,142	0,152	-0,01	0,0001	0,79167	0,626736	16
4,5	0,203	0,16895	0,03405	0,00116	1,29167	1,668403	20,25
5	0,191	0,1859	0,0051	2,6E-05	1,79167	3,210069	25
5,5	0,2	0,20285	-0,0028	8,1E-06	2,29167	5,251736	30,25
6	0,216	0,2198	-0,0038	1,4E-05	2,79167	7,793403	36
38,5	1,5	1,50195	-0,0019	0,00269	-4E-15	38,72917	162,25

Sx/y	0,01641
SB	0,00264

	X	Y
LD	0,23334	0,02431
LC	0,77779	0,04277

Tomado del informe de laboratorio del grupo 3.



Es importante resaltar que en este apartado del informe se evidenciaron dificultades en el cálculo de los límites de detección y cuantificación, del método analítico, para el caso de los grupos 2 y 4 puesto que se obtienen valores incoherentes para los límites, dichos valores se encuentran por encima del patrón con mayor

concentración, se infiere que por este hecho estos grupos no incluyeron los límites en la elaboración de la curva de trabajo.

Lo anterior permite inferir que a nivel procedimental estos dos grupos de trabajo presentan dificultades relacionadas con las categorías de realización de cálculos matemáticos e interpretación de datos empíricos, puesto que en primer lugar no se realizan de manera adecuada los cálculos, y en segundo lugar se presenta un ejercicio de interpretación frente a los resultados obtenidos.

Finalmente pese a que la linealidad de la curva de trabajo no era la indicada para el análisis los estudiantes realizaron la determinación de dipirona en los medicamentos a partir de esta curva de trabajo, teniendo en cuenta las absorbancias arrojadas para cada una de las muestras problema.

Muestras	Absorbancia	Concentración ppm	Cantidad de dipirona en el medicamento
Comprimido Ligaril-D	0,082	1,93	421,03 (g/tab)
Comprimido Novalgina	0,06	1,28	380,71 (g/tab)
Ampolleta Dipirona ECAR	0,08	1,87	0,312 (g/mL)

Tomado del informe de laboratorio del grupo 3.

Se considera importante resaltar que el grupo 2 realizó la determinación de la concentración de las muestras sin tener en cuenta el intercepto de la recta arrojada

por la curva de calibración, por lo que los resultados varían significativamente con relación a los obtenidos por la investigadora y los otros grupos de trabajo, puesto que no se ajustan los datos con la curva de calibración elaborada para el método, lo que nuevamente evidencia dificultades en cuanto a la dimensión procedimental, teniendo en cuenta los criterios de evaluación propuestos que ubicarían al grupo un nivel de comprensión multiestructural.

Calculo concentración de dipirona en la ampollita

A de la ampollita = 0,080

$$A = abC$$

$$C = \frac{A}{ab}$$

$$C = \frac{0,080}{0,0339}$$

$$C = 2,36 \text{ ppm Dipirona}$$

Tomado del informe de laboratorio del grupo 2.

Por último, los estudiantes presentan en sus informes los análisis de los resultados obtenidos con relación a el método analítico a la problemática de falsificación en fármacos que oriento la situación problema, algunos de los grupos de trabajo realizan interpretaciones con relación a los resultados obtenidos y los parámetros indicadores de falsificación propuestos por entidades como la OMS, como se muestra a continuación:

Informe de laboratorio grupo 1: “Podemos afirmar con respecto a el barrido espectral y a la curva de calibración obtenida que el método de absorción molecular es apropiado para determinar dipirona, ya que esta molécula tiene un grupo cromóforo que absorbe en la región del ultravioleta, lo que se ve reflejado en el pico de absorbancia que presenta el compuesto a longitud de onda de 256,20 nm...”

...” Gracias a la ley de Lambert Beer se puede encontrar la concentración de dipirona, ya que se cuenta con la absorbancia, y el valor de la constante de absorptividad, correspondiente a la pendiente de la curva de calibración... Se obtiene un error de 16,1% y 24,03 % en los comprimidos de Ligaril-D y Novalgina respectivamente, lo que demuestra que la cantidad de dipirona es menor a la reportada”

Informe de laboratorio grupo 3:” El análisis de la concentración de dipirona en los comprimidos arrojó que la cantidad reportada por el fabricante no concuerda con la cantidad de dipirona encontrada en el análisis de laboratorio, pues los empaques establecen una masa de 500 g por tableta y se encontró una menor cantidad de dipirona por tableta 421,8 mg Para Novalgina y 380,71 mg para Ligari-D.

Si se hubiera obtenido una mejor linealidad para el método podría inferirse que el medicamento está falsificado en cuanto a su composición, pues el empaque refleja cantidades que no coinciden con las reales, además las diferencias entre lo reportado y la composición sobrepasan los límites máximos y mínimos establecidos por la farmacopea, para la concentración de dipirona en el medicamento...”

Informe de laboratorio grupo 1:” Se encontró que la cantidad de dipirona sódica en los comprimidos y la ampollita es menor a la reportada por los fabricantes de medicamento. Esto podría tomarse como una falsificación, ya que los medicamentos no tendrían la cantidad correcta de principio activo por lo que los efectos en el organismo probablemente no serían los esperados. Pero sin embargo hay que tener en cuenta los errores procedimentales que se presentaron en la preparación de las soluciones puesto que no se llega a una linealidad aceptable para el método de análisis...”

Los resultados obtenidos en los informes de laboratorio se usan como insumo para la categorización de los conocimientos adquiridos por los estudiantes a nivel conceptual, procedimental y funcional con relación a la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis y la aplicación de esta en el análisis de medicamentos, teniendo en cuenta los criterios propuestos en la rúbrica de evaluación.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por categorías para cada tipo de conocimiento con relación a los niveles de comprensión de la taxonomía SOLO, la tabla 16 da cuenta de estos resultados.

Se resalta nuevamente que los valores numéricos presentados en la tabla 16 corresponden a la escala ordinal numérica asignada a los niveles de comprensión de la rúbrica de evaluación estructurada desde la taxonomía SOLO.

Tabla 16. Evaluación de informes de laboratorio de resultados con respecto a las categorías por tipo de conocimiento.

Grupo de trabajo	Tipo de conocimiento						
	Declarativo	Procedimental					Funcional
	Uso de conceptos	Identificación de variables	Relaciones de dependencia entre variables	Interpretación de datos empíricos	Realización de cálculos matemáticos	Uso de modelos ecuaciones y modelos estadísticos	Resolución de problemas
1	3	4	4	2	2	2	2
2	3	4	3	2	2	1	2
3	3	4	4	3	4	4	3
4	3	4	3	2	2	1	2
5	3	4	4	4	4	4	3
6	3	4	4	3	3	2	3

A partir de los resultados ilustrados anteriormente se realizó la sistematización por promedios para cada grupo de trabajo, lo que permitió obtener el nivel de comprensión general para cada tipo de conocimiento por, como se evidencia en la tabla 17.

Tabla 17. Niveles de comprensión grupal para cada tipo de conocimiento.

Grupo de trabajo	Tipo de conocimiento		
	Declarativo	Procedimental	Funcional
1	Relacional	Relacional	Multiestructural
2	Relacional	Multiestructural	Multiestructural
3	Relacional	Abstracto ampliado	Relacional
4	Relacional	Multiestructural	Multiestructural
5	Relacional	Abstracto ampliado	Relacional
6	Relacional	Relacional	Relacional

Con respecto a los resultados obtenidos en la tabla 17, puede evidenciarse como tendencia, que los conocimientos declarativos en general para el grupo están en un nivel de comprensión relacional, esto se evidencia incorporación de constructos teóricos asociados al núcleo conceptual de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en el análisis de resultados experimentales obtenidos, como se evidenció anteriormente.

Adicionalmente y con relación al conocimiento procedimental, los grupos 2 y 4 presentaron dificultades con respecto a los demás grupos que se sitúan en los niveles de comprensión relacional y abstracto ampliado, puesto que durante el desarrollo de todo el informe persisten las dificultades en el desarrollo de cálculos matemáticos, el establecimiento de relaciones entre variables, y la interpretación de datos empíricos.

Lo planteado anteriormente se evidenció en la determinación los límites de detección y cuantificación de la curva de la calibración, la implementación del tratamiento mediante la prueba Q a los datos obtenidos para la curva de calibración y la determinación de las concentraciones de dipirona en los medicamentos. Los dos grupos obtuvieron límites de detección y cuantificación que situaban la absorbancia de los patrones y las muestras analizadas por debajo de los mismos, también realizaron el tratamiento estadístico de los datos de manera posterior a la determinación de los límites y finalmente se evidenció que en la determinación de la concentración en las muestras problema no se tiene en cuenta el intercepto de la curva de calibración, lo que confirmó que persisten las dificultades para con relación a la cuantificación de relaciones.

Finalmente, se retoman los resultados para la categoría resolución de problemas, que se enmarca en el conocimiento funcional, para el caso de los grupos 2 y 4 se formulan análisis que no concuerdan con los resultados empíricos obtenidos en cuanto la curva de calibración y la determinación cuantitativa de los contenidos, lo que finalmente se traduce en la formulación de análisis y reflexiones inadecuadas con relación a la situación problema, pues acudiendo a los cálculos presentados no podría llevarse a cabo la cuantificación de los medicamentos partiendo de que las concentraciones arrojadas se encuentran por debajo de los límites obtenidos por dichos grupos para el método.

Lo anterior da cuenta de que no hay un desarrollo favorable del conocimiento funcional puesto que no hay una comprensión sólida con respecto a los dominios declarativos y procedimentales circunscritos en la temática, por lo que se dificulta la articulación efectiva entre los saberes, para la de interpretación de información análisis de las situaciones problema tal como lo plantea Biggs (2006) cuando afirma que el desarrollo del conocimiento funcional requiere de conocimientos declarativos y procedimentales fundamentados por lo menos en un nivel de comprensión relacional.

Por otro lado, el grupo de trabajo No 1, presenta el análisis en términos de los resultados obtenidos en la metodología analítica, sin establecer relaciones con la problemática de falsificación y los aspectos teóricos asociados a la misma, por lo que el desarrollo del conocimiento funcional en términos de la articulación de los saberes declarativos y procedimentales en la resolución de problemas se ve truncado, lo que ubica al grupo en términos del conocimiento funcional en el nivel multiestructural.

El fenómeno anterior puede sustentarse en los planteamientos de Soubirón (2005), en los que expone que para el estudiantado puede ser dificultoso integrar esta metodología debido a que es más sencillo recibir explicaciones explícitas de la teoría a abordar y solucionar ejercicios de lápiz y papel, que estructurar explicaciones alrededor de una problemática partiendo de una serie de constructos teóricos establecidos.

Continuando con el análisis a nivel del conocimiento funcional y teniendo en cuenta los criterios y niveles de comprensión establecidos por la taxonomía SOLO se evidencia el desarrollo del conocimiento funcional en los grupos restantes, puesto que en el plano de los saberes declarativos y procedimental estos se encontraron por lo general en niveles de comprensión relacional, lo que se traduce en una mejor articulación de los conocimientos en el marco de la formulación de análisis y

reflexiones con respecto a la situación problema, esto se refleja en la interpretación de los resultados experimentales en el contexto del análisis de los medicamentos y las inferencias realizadas alrededor de la posible falsificación de los mismos, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por entidades como la OMS.

8.2.3 Categorización y análisis de resultados finales (Prueba de salida)

Con el fin de evaluar la incidencia que tuvo la estrategia didáctica con relación a la adquisición y fortalecimiento de los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis en el grupo de profesores en formación, se realizó una prueba de salida que evaluó mediante preguntas abiertas las diferentes categorías asociadas al conocimiento conceptual y procedimental, funcional enmarcado en la problemática de falsificación en fármacos que oriento la estrategia didáctica.

A continuación, se presenta en la tabla 18 la categorización de las preguntas de acuerdo con los diferentes tipos de conocimiento:

Tabla 18. Categorías y preguntas prueba de salida.

Tipo de conocimientos	Criterio	No. de pregunta	Pregunta
Declarativo	Uso de conceptos	1	Un análisis por espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis permite dar cuenta de forma precisa de la estructura molecular del analito en consideración. (Falso/Verdadero).
		4	¿Es posible realizar el análisis estructural de un hidrocarburo saturado líquido a temperatura ambiente, mediante espectroscopia UV-Vis? ¿Por qué?
Procedimental	Identificación de variables	2	Al llevar a cabo un análisis espectrofotométrico el coeficiente de absorptividad aumenta proporcionalmente con el aumento de la concentración del analito. (Falso/Verdadero)
	Dependencia entre variables	3	Tras la incidencia de un haz de luz en una muestra, la potencia radiante incidentes es menor en comparación con la emergente
		5	Si una solución tiene un % de transmitancia de 25 y se toman 5 ml ella, que se diluyen hasta 10 mL. ¿Cuál será el % de transmitancia de la solución así formada?

	Interpretación de datos empíricos	6	Con el objetivo de determinar el contenido de paracetamol en un analgésico de uso comercial usando la metodología espectrofotométrica de absorción molecular UV-Vis establecida por la FDA, se elaboró una curva de calibración a partir de patrones de entre 8 y 12 ppm de paracetamol, obteniéndose los siguientes valores para dicha curva: pendiente = 0,0646; intercepto = -0,0109 y un coeficiente de correlación de 1. Teniendo en cuenta que la muestra problema presento una absorbancia de 0,6332 y para el análisis se utilizaron dos comprimidos (composición reportada por el fabricante de 250 mg paracetamol/ tableta), que tras el debido tratamiento fueron disueltos en 100 mL de HCl 0,10 N para finalmente realizar diluciones 1:100 y 1:5 que permitieran el análisis en el rango establecido. a. Determine el coeficiente de absortividad. b. establezca la concentración de paracetamol en los comprimidos expresada como mg/tableta. c. Establezca si los comprimidos presentan falsificación.
	Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos		
Funcional	Resolución de problemas		

Las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas de la misma forma que se hizo en la prueba de entrada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la prueba de salida con relación a los conocimientos declarativos, procedimentales y funcionales. Los números reportados en la tabla 19 dan cuenta del nivel de comprensión de acuerdo con la escala numérica asignada a cada nivel de la taxonomía SOLO.

Tabla 19. Promedios por tipo de conocimiento para cada estudiante prueba de salida.

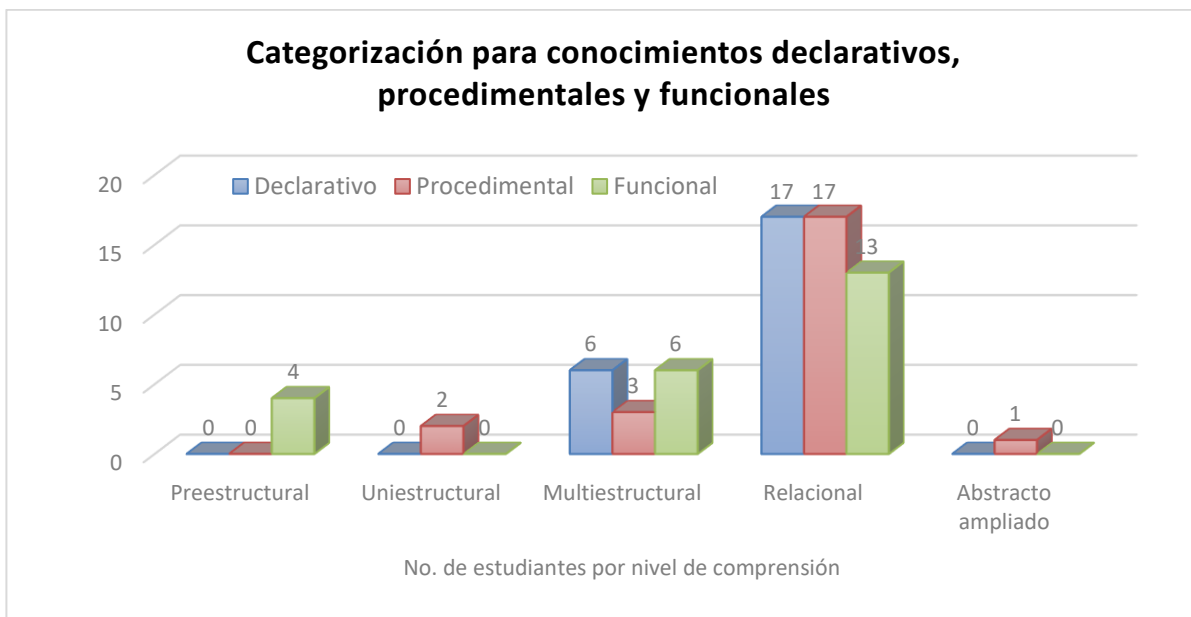
Código del estudiante	Promedios por tipo de conocimiento		
	Declarativo	Procedimental	Funcional
1	2	3	3
2	3	3	3
3	2	4	3
4	3	3	2
5	3	2	2
6	3	3	3
7	2	3	2
8	3	3	3
9	3	3	2
10	3	3	3
11	2	3	3
12	2	3	2

13	3	3	3
14	3	3	3
15	3	2	0
16	3	3	3
17	3	1	0
18	3	3	2
19	3	3	3
20	3	2	0
21	2	3	3
22	3	1	0
23	3	3	3

Tabla 20. Número de estudiantes por nivel de comprensión prueba de salida.

Tipo de conocimiento	Estudiantes por nivel de comprensión				
	Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto ampliado
Declarativo	0	0	6	17	0
Procedimental	0	2	3	17	1
Funcional	4	0	6	13	0

Con el fin de ilustrar los resultados obtenidos con relación al número de estudiantes por nivel de comprensión se presenta la gráfica 3 que recoge los resultados de la tabla 16.



Gráfica 3. Categorización para conocimientos declarativos y procedimentales prueba de salida.

En primer lugar, y partiendo de los resultados obtenidos para el conocimiento declarativo se evidencia de acuerdo con el gráfico 3, que en términos generales todos los estudiantes desarrollaron conocimientos declarativos con relación a espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis, viéndose más favorecido el nivel relacional que el multiestructural lo que se considera pertinente desde los planteamientos de Biggs (2006).

Esto se ve reflejado por ejemplo en las respuestas dadas en las preguntas 1 y 4 donde se evidencia que en su mayoría los estudiantes reconocen que la espectrofotometría de absorción molecular esta es una técnica analítica utilizada principalmente para análisis cuantitativo, que permite dilucidar la presencia de grupos cromóforos, estableciendo los posibles grupos funcionales en las moléculas del compuesto (Halton & Reyes, 2005)., por ejemplo la estudiante 17 responde a la pregunta 4: “La absorción molecular UV-Vis no permite establecer la estructura precisa de un compuesto, lo que realmente permite es relacionar la absorción de radiación a determinadas longitudes de onda con los cromóforos que estructuran las especies químicas presentes en la muestra, para llevar a cabo la identificación se puede usar espectroscopia de masas”, también conviene citar la respuesta del estudiante 17 a la afirmación 1: “La espectrofotometría de absorción molecular permite identificar la presencia de grupos cromóforos que absorben radiación, mas no la estructura clara de una molécula, esa técnica es principalmente cuantitativa”.

Sin embargo, es importante resaltar que se alrededor de una cuarta parte del grupo suscita aun algunas confusiones en términos conceptuales frente a los conceptos asociados al tema de espectrofotometría de absorción molecular, tal y como lo reflejan los resultados en el nivel multiestructural que a modo de ejemplo relacionan esta técnica analítica a la determinación de estructuras moleculares, o por otro lado en sus explicaciones acuden al mínimo de conceptos por ejemplo, el estudiante 7 responde al ítem 1: “*Falso, esta técnica es cuantitativa*”, lo que es verdadero pero tal como lo establece Biggs (2006) cuando se emiten respuestas con el objetivo de cumplir el requisito mínimo sin llevara cabo una articulación de conceptos clara, por lo que puede inferirse que hay una adquisición superficial de los conocimientos declarativos relacionados con la temática.

En segundo lugar y con relación a los conocimientos procedimentales, la incidencia de la estrategia se ve reflejada de manera positiva en buena parte del grupo, puesto que más de tres cuartas partes de los estudiantes se ubican en el nivel de comprensión relacional, lo que da cuenta de la una mejor apropiación de habilidades científicas, y destrezas relacionadas con la temática, lo que da cuenta de una adquisición adecuada de los conocimientos en un porcentaje relevante de la población.

Por ejemplo, para a categoría *dependencia entre variables*, en las cuales se retoman las relaciones de dependencia existentes entre la potencia radiante incidente y emergente y la concentración con respecto al % de transmitancia a través de la afirmación 3 y la pregunta 5 respectivamente, ítems que habían sido abordados de forma similar en la prueba de entrada, se obtienen los siguientes resultados:

Los resultados obtenidos para la pregunta 3 son muy positivos en cuanto a que la totalidad de la población se ubicó en los niveles relacional (mayoritariamente) y abstracto ampliado, lo que permiten evidenciar que los estudiantes establecen relaciones de dependencia adecuadas entre la potencia radiante incidente y la que emerge luego del contacto con una solución que contiene una especie absorbente, esto se ve reflejado en respuestas como las siguientes: estudiante 14: “*La potencia de la radiación emergente de una muestra que contiene un analito es menor a la incidente debido a que las moléculas del analito absorben cuantos de energía radiante...*”, estudiante 23 : “*La radiación incidente es menor a la emergente al pasar por una muestra que contenga moléculas en solución, ya que estas absorben parte de dicha energía, a una longitud de onda determinada.... Este fenómeno se describe matemáticamente como la transmitancia*”.

Conocimiento procedimental	Estudiantes por nivel de comprensión				
	Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto ampliado
Prueba de entrada	0	0	5	15	3
Prueba de salida	0	2	3	17	1

Tabla 21. Comparativo de resultados conocimiento procedimental.

Los resultados presentados dan cuenta del establecimiento de relaciones entre las variables en consideración, lo que evidencia un fortalecimiento en relación con los conocimientos procedimentales, pero también los declarativos puesto que hay una mejor apropiación de los conceptos que se ve reflejada en la elaboración de repuestas mejor estructuradas en cuanto al bagaje conceptual.

Sin embargo, es importante resaltar que persisten dificultades al establecer relaciones matemáticas entre la concentración C y el % de transmitancia %T, en este apartado los resultados distan de manera significativa de los resultados globales puesto que, más de la mitad de la población se encuentra en los niveles; preestructural (2 estudiantes), uniestructural (2 estudiantes) y multiestructural (11 estudiantes).

Esto debido a que algunos no responden a la pregunta en cuestión (ver tabla 18 pregunta 5, relacionada con la determinación de la transmitancia teniendo en cuenta la dilución de una muestra a la mitad de su concentración), y en otros casos y de manera general para estos niveles los estudiantes relacionan de forma proporcional las variaciones entre el %T y C, por lo que plantean que al disminuir la concentración disminuye a la mitad el %T, como es el caso del estudiante 15 y 5:

$$\begin{aligned}
 V_1 \%T_1 &= V_2 \%T_2 \\
 \%T_2 &= \frac{5ml * 25 \%}{10 ml} \\
 \%T_2 &= 12,5\%
 \end{aligned}$$

Respuesta estudiante 15

$$\begin{aligned}
 \%T_1 &= 25 \rightarrow 5ml \\
 \%T_1 &= 12,5 \rightarrow 10ml
 \end{aligned}$$

Respuesta estudiante 5

Se infiere que este fenómeno puede estar relacionado con la tendencia a simplificar las relaciones de proporcionalidad en las que los estudiantes acostumbran a utilizar estrategias simplificadoras como las relaciones directas a la hora de evaluar la

relación entre dos conceptos o variables (Pozo, Gomez Crespo, Limon, & Sanz Serrano, 1991).

Por otra parte, se considera importante resaltar que en relación con los resultados de la prueba de entrada (ver tabla 20) se presenta un aumento en el número de estudiantes que se ubica en el nivel de comprensión uniestructural para los conocimientos procedimentales. Estos resultados se pueden asociar en primer lugar al aumento de la complejidad en torno a las cuantificaciones de relaciones e interpretación de datos que evaluó la prueba de salida con respecto a la inicial. Lo que se evidenció en el caso de 4 estudiantes que no respondieron a las preguntas que le apuntaban a la evaluación de estos conocimientos.

De acuerdo con lo anterior se considera necesario fortalecer para futuras intervenciones, el trabajo en con respecto a las relaciones de dependencia entre variables y el desarrollo de cálculo matemáticos, ya que como lo afirman Gomez Crespo, Pozo, Sanz, & Limón (1992) en el proceso de aprendizaje de las relaciones cuantificables es persistente la aparición de dificultades al establecer correspondencias entre dos o más ecuaciones.

En tercer y último lugar se evaluó el desarrollo del conocimiento funcional con relación a el análisis de la situación problema propuesta nuevamente en el marco de la falsificación de medicamentos.

Tal y como lo ilustra el grafico 3, en el plano del conocimiento funcional se presentaron niveles de comprensión significativamente diferentes en relación con lo declarativo y procedimental, esto se evidencia en que la distribución casi la mitad de los estudiantes en los niveles de comprensión preestructural y multiestructural

Con relación a lo anterior es importante resaltar que casi una sexta parte la población se ubica en el nivel preestructural dado que no responden a la situación problema analizar. Por otro lado, la cuarta parte de los estudiantes del grupo se ubicaron en el nivel multiestructural, ya que no realizan una articulación de la información obtenida a partir de los análisis experimentales con los constructos teóricos de la espectrofotometría de absorción molecular, limitándose a presentar el cálculo de la concentración en los medicamentos, Lo que desemboca en elaboración de explicaciones donde se presenta la información aislada convirtiéndose usualmente en un cumulo de datos y conceptos (Biggs & Tang, 2011).

Finalmente, como lo ilustra la gráfica 3, más de la mitad del grupo de estudiantes desarrollo a nivel relacional conocimientos funcionales, lo que se evidencia en la integración conocimientos declarativos propios de la temática abordada en la interpretación de los resultados experimentales asociados con la situación propuesta alrededor del análisis del contenido de paracetamol en medicamentos, los estudiantes lograron determinar la ecuación de la recta para el análisis de paracetamol por absorción molecular y posteriormente determinaron de manera acertada la concentración en las tabletas lo que a la luz de los parámetros de falsificación les permitió establecer inferencias frente a posibles falsificaciones en los medicamentos.

Estudiante 8:

Cantidad de paracetamol en la tableta.

Absorbancia de la muestra = 0,6332

$$C = \frac{0,6332 + 0,019}{0,0646}$$

$C = 10,09 \text{ ppm paracetamol.}$

Diluciones:

$$\left(\frac{\frac{10,09 \text{ mg}}{L}}{\frac{1}{100} * \frac{1}{5}} \right) = 5045,0 \text{ ppm paracetamol}$$

Gramos de paracetamol por tableta

$$5045,0 \frac{\text{mg}}{L} * \frac{0,1 L}{2 \text{ tab}} = \frac{252,25 \text{ mg}}{\text{tab}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{252,25 \text{ mg} - 250 \text{ mg}}{250 \text{ mg}} * 100\% = 0,9 \%$$

Teniendo en cuenta el resultado obtenido para el error respecto al contenido reportado por la empresa fabricante y el hallado el análisis, se puede decir que no hay falsificación con respecto al contenido de paracetamol.

Lo anterior permite establecer que hubo un desarrollo de los conocimientos funcionales alrededor de la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-VIS, en buena parte del grupo objetivo ya que Biggs (2006) establece que en el nivel relacional puede considerarse que existe una comprensión relevante.

8.2.4. Resultados cuestionario de revelamiento de opiniones con relación a la actividad realizada.

Para finalizar la etapa de desarrollo de la presente investigación, se realizó la implementación del cuestionario de opiniones con respecto a la actividad desarrollada en el marco de la implementación de la estrategia didáctica en comparación con el trabajo tradicional que se realiza en el espacio académico Métodos de Análisis II.

Este cuestionario se desarrolló de manera anónima (ver anexo 5), la tabla 21 presenta los resultados obtenidos.

Tabla 22. Resultados cuestionario de opinión sobre las SPE.

Pregunta	Escala valorativa		
	Más atractiva	Menos atractiva	No me resulto atractiva
Con relación al trabajo práctico realizado en el espacio académico hasta el momento, la Situación problema le resultó.	20	0	3

Pregunta	Escala valorativa		
	Mucho	Poco	Nada
En qué medida considera que esta actividad le ha permitido incorporar y fortalecer conocimientos alrededor de la temática abordada.	23	0	0
En qué medida considera que esta actividad permite un mejor desarrollo del trabajo en grupo.	17	6	0

En términos generales los resultados obtenidos permiten evidenciar que los estudiantes tienen una opinión favorable frente a la implementación la SPE como eje orientador del trabajo práctico , lo que sustenta los planteamientos de Soubiron, en cuanto a la incorporación de las SPE en la enseñanza de las ciencias experimentales, puesto que plantea las SPE permiten modificar las ideas de los estudiantes frente a la actividad experimental como una actividad de reproducción de protocolos para la comprobación de teorías, favoreciendo la idea de la experiencia como actividad que en la que se evidencia como la teoría y la practica van conjuntamente construyendo una explicación en torno a una problemática situada.

Por otro lado la totalidad del grupo considera que la estrategia didáctica favorece en gran medida la adquisición de conocimientos alrededor de la temática abordada, esto se ve reflejado directamente en los resultados que arrojan la taxonomía SOLO al final de la implementación de las estrategia, puesto que se obtienen niveles de comprensión aceptables desde los planteamientos de Biggs (2006) para buena parte del grupo, respaldando la idea de que las SPE promueven la comprensión conceptual, y procedimental de las ciencias, favoreciendo la reflexión crítica frente a problemáticas situadas (Soubirón, 2005).

En relación con la opinión frente a la incidencia de la SPE en el favorecimiento del trabajo grupal, 18 estudiantes plantean que, si se ve favorecida en gran medida, mientras que la población restante considera que la estrategia aporto poco en el desarrollo del trabajo grupal. Se infiere a que estas consideraciones se dan porque por cuestiones referentes a los tiempos de implementación de la estrategia el trabajo grupal en el aula se vio limitado.

Finalmente se realizaron dos preguntas abiertas, la primera enunciaba: ¿Utilizaría este tipo de actividad en su ejercicio como docente de química? ¿Por qué? Todos los estudiantes respondieron que, si utilizarasen este tipo de actividad, expresando de manera generalizada que estas actividades permiten la contextualización y articulación de los conceptos teóricos, con la practica experimental y los fenómenos del diario vivir.

Lo anterior respalda la implementación de las estrategias didácticas, en el marco de las prioridades de la didáctica de la ciencia que frente a el aprendizaje científico como un proceso que conduce a pensar en base a teorías y modelos contextualizados (Sanmarti, 2002).

Por último, dentro de las recomendaciones que realizan los estudiantes para futuros trabajos, los estudiantes sugieren aumentar el número de sesiones de trabajo para fortalecer el desarrollo de la actividad experimental, e incluir sesiones teóricas para aclarar conceptos sobre la temática de absorción molecular y la validación de métodos analíticos.

9. CONCLUSIONES

En primer lugar en el marco del desarrollo de esta investigación se estructuró e implemento una propuesta de intervención didáctica desde las denominadas Situaciones Problemáticas Experimentables propuestas por Soubiron (2005), organizada en cuatro fases y en una serie de actividades de orden teórico-práctico, fundamentadas en la temática espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis, que fue aplicada con estudiantes del espacio académico de Metodos de Análisis II, del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, en la que para su evaluación se utilizó un conjunto de instrumentos de recolección de información que incluyeron pruebas de entrada y salida, informes de laboratorio y rubrica de evaluación entre otros.

Con relación a lo anterior se establece que para la presente investigación los niveles de comprensión propuestos por la taxonomía SOLO fueron pertinentes y adecuadas a la hora de determinar los estados inicial y final de un sujeto o grupo de trabajo en los planos declarativo, funcional y procedimental del conocimiento, y por consiguiente para evaluar la incidencia de la estrategia didáctica implementada.

En términos generales, la caracterización de ideas permitió evidenciar en el plano del conocimiento declarativo que los estudiantes en su gran mayoría se ubican en los niveles de comprensión relacional y multiestructural 3:2; por su parte, en el plano del conocimiento procedimental, más de la mitad del grupo se encuentra en el nivel relacional y la otra mitad está compartida en proporción 2:1 en los niveles de comprensión multiestructural y abstracto ampliado, en referencia al núcleo conceptual abordado.

También en el marco de las ideas previas se evidencia que las dificultades más reiterativas fueron aquellas relacionadas con el establecimiento de relaciones de dependencia en conjunción el tipo de proporcionalidad que ilustran (relación directa proporcional, inversamente proporcional, exponencial decreciente, entre otras).

Los resultados aportados por la prueba de salida en comparación con la prueba de conocimientos previos, junto con la evaluación de los resultados de los informes de laboratorio con relación a la SPE, dan cuenta de un avance en términos cualitativos de la discriminación del grupo en el plano declarativo, en el incremento del número de estudiantes ubicados en el nivel de comprensión relacional que de acuerdo con

los planteamientos de los Biggs (2006) en términos de comprensión del conocimiento.

Por otro lado, en el plano del conocimiento procedimental, se evidencia que más de la tercera parte de los estudiantes del grupo objetivo, se sitúan en el nivel de comprensión relacional, sin embargo, hay una disminución en los niveles de comprensión para la población restante hacia los niveles uniestructural y multiestructural, esto puede estar relacionado con el aumento de la complejidad de las relaciones de cuantificación con respecto a lo evaluación inicial.

Lo anterior permite establecer que la estrategia didáctica debe fortalecerse en términos de la promoción de los conocimientos de orden procedimental, lo que muy seguramente tendría repercusiones positivas en los niveles de comprensión del plano funcional del conocimiento.

También con relación a los resultados obtenidos, se establece que la implementación de la estrategia didáctica favorece la adquisición de conocimientos funcionales, esto en virtud de que poco más de la mitad de los estudiantes se ubican en el nivel de comprensión relacional, ya que abordan los problemas propuestos realizando las relaciones de cuantificación entre los datos empíricos presentados en interpretando la información a la luz de la problemática de falsificación propuesta, desde los planteamientos de Biggs (2006) se considera que hubo una adquisición apropiada de los conocimientos en el marco del nivel de comprensión de los mimos.

Finalmente, sé evidencia que las SPE son una estrategia didáctica que favorece en buena medida la adquisición de conocimientos de orden declarativo, procedimental y funcional de los profesores en formación, y que además en términos generales es considerada por ellos como favorecedora del proceso de enseñanza- aprendizaje.

10.RECOMENDACIONES

Se sugiere que en para la implementación de la estrategia didáctica, el docente reestructure los tiempos de implementación e incorpore espacios en donde se aborden parámetros estadísticos y de validación de la metodología analítica para así fortalecer la comprensión en el plano procedimental y funcional.

Por otra parte, se recomienda estructurar SPE, que permitan abordar otros métodos de análisis en virtud de fortalecer la adquisición de conocimientos funcionales con relación a la química analítica.

Finalmente se considera importante que para futuras intervenciones didácticas se favorezca el trabajo en grupo para el abordaje de las SPE.

11. REFERENCIAS

- Organizacion Mundial de la Salud. (28 de Noviembre de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Centro de prensa:
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/substandard-falsified-products/es/>
- Bermejo García, L. (2004). *Gerontología educativa: Cómo diseñar proyectos educativos con personas mayores*. Madrid- Buenos Aires: Médica Panamerica.
- Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. New York : McGraw-Hill.
- Buitrago, T., Carderón, C., & Vallejos, A. (2014). Dipirona ¿Beneficios subestimados o riesgos sobredimensionados? Revisión de la literatura. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacéuticas*, 173-195.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la escuela* , 5-17.
- Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de química analítica. Equilibrio iónico y análisis* El Espectador . (22 de Marzo de 2013). *El Espectador* . Obtenido de Claro oscuro:
<https://www.elespectador.com/tecnologia/tendencias-de-industria-farmacaceutica-articulo-412036>
- Espectador. (22 de Septiembre de 2011). *Espectador* . Obtenido de
<https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/colombia-reino-de-los-medicamentos-falsos-articulo-300984>
- Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias* , 224-230.
- Garriz, A. (12 de Agosto de 1994). *Organización de estados iberoamericanos*. Obtenido de <http://www.oei.es/historico/salactsi/quimica.htm>
- Gil Perez, D., Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: planteamientos didácticos generales y ejemplos de aplicación en las ciencias físico-químicas*. Universidad de Barcelona: España.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martinez Torregosa, J. (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales.*, 73-85.
- Gomez Crespo, M., Pozo, J., Sanz, A., & Limón, M. (1992). La estructura de los conocimientos en química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Revista de investigacion en la escuela*, 24-40.
- Halton, H., & Reyes, J. (2005). *Análisis químico e instrumental moderno*. Perú: Reverté.
- Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona: Reverte.
- Hernández Samperi, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2012). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGrawHill.

- Hospitales Angeles . (10 de Julio de 2014). *Hospitales Angeles* . Obtenido de Salud y Vida : <https://www.hospitalesangeles.com/saludyvida/articulo.php?id=755>
- Invima. (5 de 5 de 2018). *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos*. Obtenido de Sistema de trámites en línea consultas publicas: http://consultaregistro.invima.gov.co:8082/Consultas/consultas/consreg_encabcum.jsp
- IRACM. (2017). *El 40% de los medicamentos vendidos en Colombia son falsos*. Instituto Internacional de Investigación contra la Falsificación de Medicamentos.
- Jimenez Aleixandre, M. P., Caamaño, A., Oñorbe, A., & Pedrinaci, E. (2003). *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.
- Jiménez Aleixandre, M., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., & Pro, A. (2003). *Enseñar Ciencias*. Barcelona : Editorial Graó.
- Johsua, S., & Dupin, J. J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*. Buenos Aires: Colihue.
- Leonard William, J., Gerace, W., & Dufrense, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 287-400.
- López Cámara, A., Gonzáles López, I., & De León Huertas, C. (2014). Perfil de un buen docente. Aplicación de un protocolo de evaluación de las competencias del profesorado universitario. *Revista Electrónica Interuniversitaria.*, 133-148.
- Mendoza Patiño, N. (2008). *Farmacología médica* . Mexico: Panamericana.
- Monteghirfo, M., & Yarleque-Chocas, A. (2007). Caracterización de las proteínas totales de tres ecotipos de maca (*Lepidium peruvianum* G. Chacón), mediante electroforesis unidimensional y bidimensional. *Anales de la facultad de medicina*, 301-306.
- Moust, J., Bouhuijs, P., & Schmidt, H. (2007). *El aprendizaje basado en problemas: Guía del estudiante*. España: Ediciones de la universidad de Castilla.
- Narvaez Burgos, E. (2014). *Resolución de situaciones problema en genética, como estrategia para aumentar los niveles de comprensión en educación básica secundaria*. Pamplona: Universidad Nacional de Colombia.
- OECD PISA. (2004). *La evaluación Internacional PISA*. Montevideo: Gerencia de Investigación y Evaluación.
- OMS. (1999). *Medicamentos falsificados pautas para la combatir medicamentos falsificados* . Ginebra: Organización Mundial de la Salud .
- Organizacion Mundial de la Salud . (Noviembre de 2017). *Organizacion Mundial de la Salud* . Obtenido de Centro de prensa: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/es/>
- Perez Lopez , E., & Rojas Hernandez, A. (2016). Validación de un metodo para cuantificación de acetaminofen en tabletas de 500 mg por espectrofotometría ultravioleta para la prueba de uniformidad de contenido. *InterSedes*, 1-12.
- PLDQ. (06 de 05 de 2018). *Universidad Pedagógica Nacional*. Obtenido de Facultad de ciencia y tecnología:

<http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=376&idn=421>

- Pogré, P. (2004). *Escuelas que enseñan a pensar: enseñanza para la comprensión, un marco teórico para acción*. Buenos Aires: Papers.
- Pozo Muncio, J., & Gómez Crespo, M. (2006). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. España: Ediciones Morata.
- Pozo, J., Gomez Crespo, M., Limon, M., & Sanz Serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolecentes sobre la química*. Madrid: Centro de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Pro, A. (1998). ¿Se puede enseñar contenidos procedimentales en clase de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, 21-41.
- Quezada Alpizar, J. (2007). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Costa rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Quino, I., Choque, R., & Caceres, L. (2005). Validación de una nueva determinación espectrofotométrica para dipirona en fármacos. *Revista boliviana de química*, 64-70.
- Quintero Cano, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Zona Próxima*, 222-239.
- Rodríguez, R. A., Urrego, W. A., Sanabria, M. C., Sáncgez Gomez, M., & Umaña Perez, A. (2015). Implementación de una metodología para la separación de proteomas de plasma humano mediante electroforesis bidimensional. *Rev. Colomb. Quim.*, 30-38.
- Rojas Caipa, A., & Torres Garcia, L. (2016). *Situaciones Problemáticas Experimentales (SPE) en el desarrollo de competencias científicas como eje articulador del equilibrio químico*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sanmarti, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. España: Síntesis Educación.
- Segal Kischinevsky, C. A., & Ortega Lule, G. J. (2005). *Manual de prácticas Biología molecular de la célula I*. México: Las prensas de ciencias.
- Siachoque, H. O. (2006). *Inmunología Diagnóstico e interpretación de pruebas de laboratorio*. Bogotá: Centro editorial Universidad del Rosario.
- Sierra Alonso, I., Gómez Ruíz, S. P., & Morante, S. (2010). *Análisis instrumental*. España : Netbiblo.
- Sierra Rodriguez, J. (2013). *SPE: Escenarios de intervención y transposición didáctica en química universitaria*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Soubirón, E. (Diciembre de 2005). *Universidad de Salamanca*. Obtenido de http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ABP/SPE.pdf
- Torres L., G. A., Sanchez B., I., Restrepo S., L. P., & Albarracín H., W. (2012). Estudio de la maduración de carne de cordero empleando electroforesis SDS-PAGE. *Revista Colombiana de Química*, 263-282.
- Velasco Martín, A., & Alvarez Gonzáles, J. (2000). *Compendio de psiconeurofarmacología*. Madrid: Dáz de Santos.
- Voet, D., & Voet, J. G. (2006). *Bioquímica*. Buenos Aires: Médica Panamericana .

ANEXO 1



Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de química
Métodos de análisis químicos II

Situación problemática experimentable

Falsificación de medicamentos una práctica letal

El 28 de noviembre de 2017 la Organización Mundial de la Salud (OMS) en cabeza de su director general el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, informa en un comunicado de prensa, tras realizar diversas investigaciones que uno de cada diez productos médicos que están en circulación en los países de ingresos bajos y medianos es subestándar o está falsificado.

Esto significa que algunos pacientes (los menos afortunados) toman medicamentos no aptos para tratar o prevenir la enfermedad, lo que implica una pérdida de dinero para las personas y los sistemas de salud que los adquieren, y una alerta frente al consumo de medicamentos de calidad subestándar o falsificados, que pudieran provocar enfermedades graves o incluso la muerte (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Cabe señalar que los productos médicos falsificados pueden no contener principios activos o contener principios activos incorrectos o cantidades incorrectas de principios activos correctos, también es frecuente que contengan caliza o almidón de maíz o de papa (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Así mismo los productos farmacéuticos de calidad subestándar y falsificados suelen producirse en malas condiciones, sin la higiene adecuada y con intervención de personal no cualificado, y pueden contener impurezas desconocidas o incluso estar contaminados por bacterias (Organización Mundial de la Salud , 2017).

Con respecto al contexto colombiano se estima que alrededor del 40 % de los medicamentos son falsificados, lo que ubica a nuestro país entre los diez países que presentan mayor distribución de medicamentos falsificados en el mundo, de acuerdo con la información entregada por el Pharmaceutical Security Institute (Espectador, 2011).

De acuerdo con lo anterior se establece medicamentos más falsificados en el territorio colombiano son: los retrovirales, vacunas, medicamentos para la atención de urgencias, antibióticos, y los más falsificados: antiinflamatorios y analgésicos.

En referencia a los analgésicos y antiinflamatorios falsificados hay que tener en cuenta que estos son elaborados con harina, azúcar o almidones que, aunque en el mejor de los casos no ocasionan daño al paciente, si afectan la imagen de los laboratorios. En otros casos, son elaborados con ácido bórico y cubiertos con pintura a base de plomo para imitar el color del medicamento original, lo que afecta o agrava el estado de la salud de las personas que los consumen (El Espectador , 2013).

Es importante resaltar que los analgésicos son medicamentos utilizados para calmar o disminuir el dolor, producido por el daño sobre algún tejido del organismo, el cual puede ser causado por: golpes, procesos infecciosos que provocan inflamación o por enfermedades diversas.

Existen dos tipos de analgésicos: los narcóticos u opiáceos y los no opiáceos o no narcóticos. Los narcóticos, actúan directamente sobre el sistema nervioso central. Se aplican principalmente para tratar los casos de dolor crónico. Por otro lado, Los no narcóticos, bloquean la producción de las prostaglandinas, es decir, las sustancias que desencadenan el dolor. Además, tienen propiedades antiinflamatorias y antipiréticas (disminuyen la fiebre).

Conviene agregar que los analgésicos no narcóticos suelen ser comercializados sin formula medica en droguerías y supermercados, entre los más utilizados encontramos el ácido acetilsalicílico y paracetamol para el dolor de cabeza, Ibuprofeno y diclofenaco para el dolor de tejidos blandos y dipirona para el dolor abdominal (Hospitales Angeles , 2014).

Considerando que en Colombia el mercado más grande de medicamentos gira en torno a los analgésicos, y que estos son los que presentan mayor falsificación en nuestro país, es importante realizar un riguroso control a los procesos de elaboración, comercialización y distribución de estas sustancias. (El Espectador , 2013).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos INVIMA y los laboratorios de análisis de las principales universidades del país ha decidido iniciar con una serie de análisis a los analgésicos más comercializados en el territorio colombiano, la Universidad Pedagógica Nacional se vincula a dicha investigación realizando el análisis de medicamentos usados para mitigar y controlar los malestares abdominales.

Por lo tanto, a este grupo de analistas le corresponde la determinación y cuantificación de dipirona en dos formas farmacéuticas: comprimidos y ampollas para aplicación intravenosa, con el fin de dar cuenta de sí, ¿Existe correspondencia entre la cantidad de principio activo encontrada (por unidad de producto o por volumen) y la cantidad declarada por el fabricante en el producto?

Tenga en cuenta que el laboratorio cuenta con una solución de 200 ppm de dipirona sódica grado USP, a partir de la cual debe elaborar un patrón intermedio de 40 ppm con el cual se realizaran patrones entre 0,5 y 6 ppm, por lo tanto, deben realizarse los respectivos caculos para la obtención de dichas soluciones.

También es importante precisar que debe realizarse el respectivo tratamiento y dilución a las formas farmacéuticas a analizar considerando de algunas contienen dipirona sódica y otras dipirona magnésica.

Los resultados obtenidos deberán ser presentados a modo de informe a la persona que encabeza la investigación.

Referencias

Organizacion Mundial de la Salud. (28 de Noviembre de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Centro de prensa:

<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/substandard-falsified-products/es/>

El Espectador . (22 de Marzo de 2013). *El Espectador* . Obtenido de Claro oscuro:

<https://www.elespectador.com/tecnologia/tendencias-de-industria-farmaceutica-articulo-412036>

Espectador. (22 de Septiembre de 2011). *Espectador* . Obtenido de

<https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/colombia-reino-de-los-medicamentos-falsos-articulo-300984>

Hospitales Angeles . (10 de Julio de 2014). *Hospitales Angeles* . Obtenido de Salud y Vida

: <https://www.hospitalesangeles.com/saludyvida/articulo.php?id=755>

Organizacion Mundial de la Salud . (Noviembre de 2017). *Organizacion Mundial de la Salud* . Obtenido de Centro de prensa:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/es/>

ANEXO 2



Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de química
Métodos de análisis químicos II

Nombre: _____

Prueba de entrada

El presente instrumento hace parte de un trabajo investigación de pregrado adscrito a la línea de investigación didáctica y sus ciencias y dirigido por el profesor Jaime Casas, este instrumento tiene como objetivo obtener información frente a los conocimientos conceptuales y procedimentales que poseen los estudiantes sobre la temática de espectroscopia de absorción molecular de radiación ultravioleta – visible y las aplicaciones de la ley de Lambert-Bougeur-Beer para la determinación de analitos en medicamentos.

Por favor lea atentamente y responda cada una de las siguientes preguntas.

a. Indique si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas. Justifique su respuesta.

1. La absorbancia de una muestra estará dada en las unidades en las que se exprese la concentración del analito. ()

2. La absortividad es una propiedad intensiva. ()

3. Al irradiar con luz ultravioleta una celda que contiene un analito en solución, la potencia de radiación incidente es mayor que la radiación emergente. ()

4. El % de transmitancia y la concentración son inversamente proporcionales ().

b. Por favor lea atentamente y responda cada una de las siguientes preguntas.

5. Para realizar un análisis cuantitativo por espectrofotometría suele llevarse a cabo un barrido espectral que permite determinar la longitud de onda analítica. Al realizar análisis moleculares suelen obtenerse diferentes picos de absorción a longitudes de onda determinadas, ¿Cuál es la longitud de onda indicada para obtener una alta sensibilidad en el método?

6. Suponga que se realiza un análisis espectrofotométrico de el principio activo de un medicamento, el valor de concentración teórica de dicho principio activo en el medicamento sobrepasa el rango lineal en la curva de calibración establecida para el análisis, así que el analista realiza una dilución de la muestra, el valor de la concentración obtenida se encuentra por encima del límite de detección y por debajo del límite de cuantificación del método de análisis. De acuerdo con esto, ¿los resultados obtenidos son fiables para determinar la presencia y cantidad de analito en la muestra? ¿Por qué?

-
-
7. La FDA (Food and Drug Administration) establece la espectrofotometría UV como método de referencia para la cuantificación de paracetamol (acetaminofén) en analgésicos, la determinación de este compuesto se realiza a una longitud de onda de 242 nm. Para dicha determinación se prepara una solución stock de paracetamol 500 ppm y posteriormente un patrón intermedio de 100 ppm para obtener una curva de calibración de entre 7 y 14 ppm. ¿Qué volumen de la solución stock se necesita para preparar 100 mL de la intermedia? ¿Qué volúmenes de la solución intermedia deben tomarse para elaborar las soluciones patrón de la curva de calibración teniendo en cuenta que se llevaran a volúmenes finales de 50ml?

ANEXO 3



Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de química
Métodos de análisis químicos II

Nombre:

Prueba de salida

El presente instrumento hace parte de un trabajo investigación de pregrado adscrito a la línea de investigación didáctica y sus ciencias y dirigido por el profesor Jaime Casas, este instrumento tiene como objetivo obtener información frente a los conocimientos conceptuales y procedimentales que poseen los estudiantes sobre la temática de espectroscopia de absorción molecular de radiación ultravioleta – visible y las aplicaciones de esta técnica analítica, tras la implementación de la estrategia didáctica falsificación en medicamentos una práctica letal.

Indique si las siguientes afirmaciones 1 a 3 son falsas o verdaderas. Justifique su respuesta.

1. Un análisis por espectrofotometría de absorción molecular UV-Vis permite dar cuenta de forma precisa de la estructura molecular del analito en consideración. ()

2. Al llevar a cabo un análisis espectrofotométrico el coeficiente de absorptividad aumenta proporcionalmente con el aumento de la concentración del analito. ()

3. Tras la incidencia de un haz de luz en una muestra, la potencia radiante incidentes es menor en comparación con la emergente. ()

Por favor lea atentamente y responda cada una de las siguientes preguntas.

4. ¿Es posible realizar el análisis estructural de un hidrocarburo saturado líquido a temperatura ambiente, mediante espectroscopia UV-Vis? ¿Por qué?

5. Si una solución tiene un % de transmitancia de 25 y se toman 5 ml ella, que se diluyen hasta 10 mL. ¿Cuál será el % de transmitancia de la solución así formada?

6. Con el objetivo de determinar el contenido de paracetamol en un analgésico de uso comercial usando la metodología espectrofotométrica de absorción molecular UV-Vis establecida por la FDA, se elaboró una curva de calibración a partir de patrones de entre 8 y 12 ppm de paracetamol, obteniéndose los siguientes valores para dicha curva: pendiente = 0,0646; intercepto = -0,0109 y un coeficiente de correlación de 1. Teniendo en cuenta que la muestra problema presento una absorbancia de 0,6332 y para el análisis se utilizaron dos comprimidos (composición reportada por el fabricante de 250 mg paracetamol/ tableta), que tras el debido tratamiento fueron disueltos en 100 mL de HCl 0,10 N para finalmente realizar diluciones 1:100 y 1:5 que permitieran el análisis en el rango establecido.
- Determine el coeficiente de absortividad
 - Establezca la concentración de paracetamol en los comprimidos expresada como mg/tableta.
 - ¿El medicamento presenta falsificación?

ANEXO 4



Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de química
Métodos de análisis químicos II

Cuestionario de opinión estudiantil con relación a la actividad realizada.

1. Con relación al trabajo practico realizado en el espacio académico hasta el momento, la Situación Problemática le resultó:		
Mas atractiva	Menos atractiva	No me resultó atractiva
2. En qué medida considera que esta actividad le ha permitido incorporar y fortalecer conocimientos alrededor de la temática abordada:		
Mucho	Poco	Ninguno
3. En qué medida considera que esta actividad permite un mejor desarrollo del trabajo en grupo:		
Mucho	Poco	Nada

4. ¿Utilizaría este tipo de actividad en su ejercicio como docente de química? ¿Por qué?

7. Desea aportar alguna sugerencia para futuros trabajos donde se aborden SPE.
