

**TRABAJO DE LABORATORIO DESDE LA IMPLEMENTACIÓN DE NIVELES
DE ABERTURA: ALTERNATIVAS PARA LA PROMOCIÓN DE PROCESOS
COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN QUÍMICA ANALÍTICA**

**DAVID ALONSO CASTILLO CÁRDENAS
CÓDIGO: 2013215014**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ - 2019**

**TRABAJO DE LABORATORIO DESDE LA IMPLEMENTACIÓN DE NIVELES
DE ABERTURA: ALTERNATIVAS PARA LA PROMOCIÓN DE PROCESOS
COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN QUÍMICA ANALÍTICA**

DAVID ALONSO CASTILLO CÁRDENAS

2013215014

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

Director:

JAIME A. CASAS M.

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ - 2019**

DEDICATORIA

En primera instancia quiero dedicar este trabajo de grado a mi padre celestial Dios por brindarme la vida y asimismo permitirme disfrutar de este grandioso viaje en el cual he guardado grandes momentos que hicieron cambiar mi vida, a mi familia, especialmente a mi madre Margarita Castillo, mi hermano Edwin Alexander Pulido Castillo, a mis tíos Germán Castillo, Orlando Castillo, por brindarme buenos consejos para hacer las cosas correctamente y a todos mis primos que también me apoyaron brindándome ese ánimo para culminar mi carrera de licenciatura en Química a pesar de sufrir en la universidad por la informática. También dedico este proyecto a todos mis amigos que estuvieron durante mi formación, especialmente a Edgar Andrés Poveda Pérez, a John Edison Triviño Bríñez, María Fernanda Ortiz y Lina Fernanda Álvarez, puesto que fueron las personas que más apoyaron en los momentos más difíciles de la carrera.

David Alonso Castillo Cárdenas

“Pero los que esperan a Jehová tendrán nuevas fuerzas; levantarán alas como las águilas; correrán, y no se cansarán; caminarán, y no se fatigarán.”

Isaías 40:31 | RVR60

“Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en Cristo Jesús”

1 Tes 5:18 | RVR60

AGRADECIMIENTOS


A mi madre Margarita Castillo, por brindarme sus buenos consejos y gracias a todo lo que hizo por mí la lucha y el esfuerzo para que yo pudiera culminar los estudios del colegio ahora están dando frutos dado a que también me forje con esfuerzo y buena actitud para culminar la carrera.

Al profesor Jaime Augusto Casas, al cual considero como un papá, por brindarme su orientación y apoyo para hacer posible este trabajo de grado.

También agradecer a los estudiantes en formación del grupo de Métodos de Análisis II del profesor Jaime Augusto Casas, por el compromiso que tuvieron los estudiantes durante la implementación de este trabajo de grado.

A las profesoras Yolanda Ladino Ospina y Sandra Sandoval Osorio, por las recomendaciones y aportes para mejorar el proyecto.


Por último, Agradecer a mi Alma Mater la Universidad Pedagógica Nacional por brindarme la oportunidad de estudiar y formarme como persona, a los profesores del Departamento de Química, al personal de laboratorio y a todos mis amigos que me acompañaron durante toda mi carrera.

 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 8	


1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Trabajo de laboratorio desde la implementación de niveles de abertura: alternativas para la promoción de procesos cognitivos de alto orden en química analítica
Autor(es)	Castillo Cárdenas, David Alonso
Director	Casas Mateus, Jaime Augusto
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 100p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN; GUÍAS DE LABORATORIO; NIVELES DE ABERTURA.

2. Descripción
<p>El presente trabajo se menciona los procesos cognitivos de alto orden “Niveles de Abertura” que desarrollaron los estudiantes del curso de métodos de análisis químico II de la Universidad Pedagógica Nacional. En este trabajo los estudiantes desarrollaron un quizz de un video que explicaba las partes de la espectrofotometría de absorción atómica siendo este un nivel de abertura cero, por otra parte se manejaron unas rubricas para evaluar el comportamiento de los estudiantes en el laboratorio y asimismo mirar como los alumnos eran capaces de mejorar su redacción en los informes de laboratorio. Dicha práctica de laboratorio consistía en analizar metales de un mineral que se llama “Lutita de Macanal” ya que se determinó por absorción atómica Ca y Mg y por emisión atómica Na y K.</p>


3. Fuentes
<p>Aliaga Olivera, S. W. (2011). Taxonomía de bloom. <i>Universidad Cesar Vallejo</i>, 4, 3-10.</p> <p>Andrés, D. M., & Guerra, F. J. (2015). <i>Formación Profesional Básica-Ciencias aplicadas II</i>. Pozuelo de Alarcón (Madrid): Editex.</p> <p>Bisquerra Alzina, R. (2004). <i>Metodología de la Investigación Educativa</i>. Madrid : Editorial La Muralla.</p> <p>Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). <i>Taxonomy educational objectives: Handbook I, Cognitive Domain</i>. Nueva York: Ed. McKay.</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 8

- Bürgl, H. (1960). El Jurásico e infracretáceo del río Batá, Boyacá. *Boletín Geológico*, 6(1-3), 169-211.
- CiudadCiencia. (s.f). *Ciudad Ciencia*. Recuperado el 11 de 10 de 2019, de http://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCA_S_CC.pdf
- Del Cármen, L. M. (2010). La experimentación como recurso en Educación Primaria. *Alambique*, 66, 19-27.
- Departamento de Medicina Legal, Tóxicología y Psiquiatría . (2007). *Apoyo Multimedia A La Enseñanza Práctica De La Toxicología*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~fgil/proyecto/llama/index.html>
- Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Escovar, R. (1979). Geología y Geoquímica de las minas de Esmeraldas de Gachalá. *Boletín Geológico*, Vol 22(Nº 3), p: 117-152.
- Espinosa Ríos, E. A., González López, K. D., & Hernández Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 266-281.
- Etayo , F. (1985). Paleontología estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. *Proyecto Cretácico, Contribuciones. XXIV (1-47). Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS*, 16.
- Fabre, A. (1983). Mapa Geológico de la Plancha 153 Chita. *Informe 1911 (Inédito). Ingeominas, Bogotá*.
- Gaete, L., Arellano, M., & Merino, C. (2010). Niveles de abertura en las guías de laboratorio de química y su relacion con teorías de dominio en el aprendizaje de las disoluciones. *Formando sujetos competentes en ciencias para los desafíos de un mundo en transformación*, 1, 40-42.
- Hernán Losada, I., Lázaro Carrascosa, C. A., & Velázquez Iturbide, J. Á. (2005). Una aplicación educativa basada en la jerarquía de Bloom para el aprendizaje de la herencia de POO. *VII Simpósio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2005)*, 107-112.
- Herron, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 171-212.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Education Research*, 52(2), 201-217.
- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 16-42.
- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 59-70.


 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 8

- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Editorial Laertes.
- López Rúa, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- Mayorga, M., & Vargas, M. (1995). Caracterización geoquímica y facial de las rocas potencialmente generadoras de hidrocarburos en las formaciones del Cretácico y Terciario Inferior de la Cordillera Oriental. (*Doctoral dissertation, B. Sc. thesis, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Bogotá*).
- Mendoza, M. E., Quintero, L., Santiesteban, F., & Wolfson, I. (2001). Química en Puebla durante el siglo XX: continuación de una tradición. *Revista de la Sociedad Química de México*, 45(3), 131-135.
- Merino, J. M., & Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648.
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica*. Pearson Educación.
- Moreno, G., Terraza, R., & Montoya, D. (2009). Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR). *Boletín de Geología*, 31(2), 51 - 67.
- Oñate Arresti, A. (2016). *La experimentación como recurso en Educación Primaria*. Logroño: Universidad de la Rioja.
- Pelayo Barbosa, D. A., Mondragón Páez, J. S., & Correal Pineda, P. D. (2011). Trabajos prácticos de laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en química analítica. *Tesis de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional*, 1-165.
- Petrucci, D., Ure, J., & Salomone, H. D. (2006). Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 19(1), 7-20.
- Pickering, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), pp. 874-875
- Pickering, M. (1993). The teaching laboratory through history. *Journal Chemical Education*, 70(9), 699 -700.
- Pimpirev, C., Patarroyo, P., & Sarmiento, G. (1992). Stratigraphy and facies analysis of the Caqueza Group, a sequence of Cretaceous Turbidites in the cordillera oriental of the Colombia Andes. *Journal of South American Earth sciences*, 5(374), 297-308.
- Rendón Rivera, W. A. (2004). Contribución a la determinación de Arsénico en orina por la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica, mediante el método de generación de hidruros . *Tesis de pregrado Universidad Nacional de Colombia* .
- Rocha, A., & Bertelle, A. (2007). *El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química*. Recuperado el 15 de 09 de 2018, 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 8

https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/arochoa/p5-0/index_archivos/BIBLIOGRAFIA/2007-ROLLABORATORIO-Bertelle.pdf
 Royo Y Gomez, J. (1945). Fósiles carboníferos e infracretácicos del oriente de Cundinamarca. *Compilación de los Estudios geológicos oficiales en Colombia. Servicio Geológico Nacional, Bogotá*, 6, 193-246.
 Sanchez Paz, L. A. (1991). Quantitative chemical analysis of lead in canned chillis by spectrophotometric and nuclear techniques. *Tesis de pregrado Universidad Autónoma del Estado de México*.
 Schwab, J. J. (1962). *The teaching of Science as enquiry*. (J. y. Schwab, Ed.) Press, Cambridge: Harvard University.
 Shiland, T. W. (1989). Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.
 Silva Arias, A., Mantilla Figueroa, L. C., & Terraza Melo, R. (2010). Clasificación química y geotermometría de las cloritas de las Formaciones cretácicas Santa Rosa y Lutitas de Macanal, Cinturón Esmeraldífero Oriental, Cordillera Oriental, Colombia. *Boletín de Geología*, 32(2), 45-54.
 Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación S. A.
 Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Madrid: Ecoe ediciones.
 Ulloa, C., & Rodríguez, E. (1979). Geología del cuadrángulo K-12, Guateque. Informe 1701. (Ingeominas, Ed.) *Boletín Geológico*, 22(1), 1-84.
 Ulloa, M., Arias T, A., & Solano S, F. (2000). Caracterización de Unidades Geológicas y Geomorfológicas de Colombia, Formación Lutitas de Macanal. *Ingeominas*, 1- 56.
 Vásquez, A. (2010). Competencias Cognitivas en la Educación Superior. *Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias*, II(6), 34-64.
 Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya. (s.f). XTEC. Recuperado el 5 de 11 de 2019, de http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d32817116-3_____AAS_final.html
 Zapata Ros, M. (2012). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo”. *Education in the Knowledge Society*, 16(1), 69-102.
 Zeichner, K. (2005). Educational Action Research. *Handbook of action research: Participative inquiry and practice*, p. 273-283.

4. Contenidos
<p>El contenido de este trabajo comprende de:</p> <p>Antecedentes sobre el modelo didáctico Niveles de Abertura, y también un antecedente histórico sobre las prácticas de laboratorio. Por otra parte tiene un marco conceptual</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Escuela de Pedagogía</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 8	

desde la parte didáctica que comprende la taxonomía de Bloom, teoría constructivista, teorías prácticas de laboratorio y también contiene la parte disciplinar en donde se explica que son las rocas, los tipos de rocas, la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, también se hace una breve explicación acerca de la lutita de Macanal, la Litología de esta roca y su parte geoquímica.

5. Metodología

La Investigación trabajada para este proyecto fue del tipo Investigación-Acción del autor Zeichner (2005), puesto que este tipo de metodología permite trabajar con una serie de herramientas, en donde el docente debe mejorar sus actitudes, desarrollar procesos colaborativos y desarrollar procesos de autocrítica. En ello, el docente y los participantes (los estudiantes) tratan de colaborar en las fases implicadas durante el proceso investigativo, ya sea en analizar, recolectar datos, puesto que esto permite mejorar los procesos de práctica y asimismo observar que cosas se pueden mejorar durante la práctica y que se puede aportar para mejorar la investigación. (Kemmis & McTaggart, 1988).


El proyecto que se presenta, fue trabajado y estructurado, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, para ello se plantearon 3 fases para su ejecución, cuales son la fase inicial, la fase de desarrollo y la fase de análisis y evaluación.

FASE INICIAL: en esta primera fase se realizaron las siguientes actividades

- ✓ Fundamentación y estructuración de la propuesta de intervención
- ✓ Análisis de losas en el laboratorio (Lutita de Macanal), por parte del investigador.
- ✓ Elaboración de instrumentos de recolección de información (rubricas de evaluación, material de apoyo)

FASE DE DESARROLLO

Esta fase implicó la implementación de la secuencia de enseñanza aplicada sobre

 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 8	

los profesores en formación de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en el curso de Métodos de Análisis Químico II del semestre 2019-1. Asimismo, se hizo uso de los espacios de la Universidad Pedagógica Nacional como laboratorios, y aulas de clase. El investigador efectuó la observación de cómo los estudiantes trabajaban dentro del laboratorio, con base en las rúbricas previamente diseñadas y asimismo los estudiantes hicieron un informe de laboratorio, para el que el investigador recolectó la información (rúbricas de evaluación de informes) para la sistematización de los resultados.

FASE FINAL DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la última fase, se realizó el análisis de los instrumentos aplicados (rúbricas) que estaban centrados en las categorías de análisis y en la ponderación de su grado de avance, que finalmente se generaron las conclusiones obtenidas y condensadas de los resultados, en términos del cumplimiento de los objetivos propuestos.

6. Conclusiones

- Se desarrolló y realizó una metodología alternativa de trabajo en el laboratorio, desde los niveles de abertura (en este caso, niveles cero y dos) que dio cuenta de un favorable potencial didáctico en términos de la promoción de procesos cognitivos de alto orden en el grupo intervenido.
- La implementación de ejercicios de intervención didáctica como el que es presentado en el presente trabajo se constituye en una oportunidad de demostrar el significativo potencial didáctico del laboratorio, al ilustrar las posibilidades de acción de los equipos instrumentales del laboratorio de química, que para este trabajo, dio lugar a utilizar el equipo de 'absorción atómica' en el modo de emisión atómica, que no se había hecho previamente, en los años que lleva el equipo en funcionamiento.
- El escenario de laboratorio mostró su pertinencia para la enseñanza y el



aprendizaje de la temática de espectrofotometría de absorción y emisión atómica, en el que el empleo de una problemática y una muestra real, aproxima al estudiante a la articulación entre los conceptos teóricos y los prácticos (que incluirían la adecuación de la muestra para el análisis y las modificaciones a protocolos y cálculos) y se constituye en un argumento para ahondar en su aplicación en la transformación de las prácticas de enseñanza en el dominio de la química analítica instrumental a nivel universitario en un contexto de formación de profesores.

- Se puede concluir que los estudiantes a medida que se les suministró una limitada información teórica en la guía de laboratorio, fueron capaces de investigar de otras fuentes de conceptos u otras ideas que se vieron involucradas para dar explicación de fenómenos, puesto que se observó mediante los informes de laboratorio, la adecuada redacción y asociación de los conceptos implicados para la práctica. Como se abordó solo una práctica de laboratorio (experimental, nivel dos de apertura), algunos estudiantes mostraron un buen dominio para realizar los cálculos respectivos para el análisis de metales en la muestra (Lutita de Macanal), es de esperarse que si se hubiera hecho una segunda sesión, los resultados hubieran sido más significativos.
- Con respecto al quizz del video aplicando la metodología de "Aula Invertida", el desarrollo de esta experiencia resultó ser muy significativa, pues el video y la resolución del quizz permitieron establecer un fundamento que permitió en las actividades siguientes, dar cuenta de un adecuado manejo de la muestra y del equipo instrumental, así como de las temáticas de Absorción y Emisión Atómica, lo que se aúna al hecho de que tal ejercicio fue aceptado de buena forma por parte de los estudiantes del curso de Métodos de Análisis Químico II.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Calidad de la Educación

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 8 de 8

Elaborado por: David Alonso Castillo Cárdenas

Revisado por: Casas Mateus, Jaime Augusto

**Fecha de elaboración del
Resumen:**

15

12

2019

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	16
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE GRÁFICAS.....	18
INTRODUCCIÓN.....	19
JUSTIFICACIÓN.....	20
1. ANTECEDENTES	22
1.1. Desde el Enfoque Didáctico.....	22
1.1.1. Los Niveles de Abertura en las prácticas cooperativas de química.....	22
1.1.2. Niveles de apertura en las guías de laboratorio de química y su relación con teorías de dominio en el aprendizaje de las disoluciones	23
1.1.3. Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar	24
1.2. Enfoque Histórico del Laboratorio	26
1.2.1. The Teaching Laboratory Throught History (El Laboratorio De Enseñanza A Través De La Historia).	26
2. MARCO CONCEPTUAL	28
2.1. Componente Didáctico	28
2.1.1. Niveles De Abertura	28
2.1.2. Teoría Constructivista.	31
2.1.3. Taxonomía de Bloom	33
2.1.4. Los trabajos prácticos de Laboratorio (TPL).....	35
2.2. Componente disciplinar	36
2.2.1. Que son las rocas y los minerales.....	36
2.2.1.1. Rocas Ígneas	37
2.2.1.2. Rocas sedimentarias.....	38
2.2.1.3. Rocas Metamórficas	38
2.2.2. Lutita de Macanal	38
2.2.2.1. Litología de la Lutita de Macanal	39
2.2.2.2. Geoquímica de la Lutita de Macanal	42
2.3. Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	42
2.3.1. Partes del equipo.....	43
2.4. Determinación de metales por espectrofotometría de Absorción Atómica	44
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	46
4. PREGUNTA PROBLEMA	48

5.	OBJETIVOS.....	49
5.1.	Objetivo General.....	49
5.2.	Objetivos Específicos	49
6.	METODOLOGÍA.....	50
6.1.	Tipo De Investigación.....	50
6.2.	Población	50
6.3.	Marco Metodológico.....	51
6.4.	Fase Inicial.....	53
6.5.	Fase De Desarrollo.....	58
6.6.	Fase final de análisis	60
6.6.1.	Desde el cambio cognitivo	60
6.6.2.	Procesos Cognitivos desde los informes de laboratorio	61
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
7.1.	Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de metales en la muestra (Lutita de Macanal) por parte del investigador.....	63
7.1.1.	Emisión Atómica	63
7.1.1.1.	Sodio	63
7.1.1.2.	Potasio.....	65
7.1.2.	Absorción Atómica.....	67
7.1.2.1.	Calcio	67
7.1.2.2.	Magnesio.....	69
7.2.	Resultados sobre el ejercicio de intervención didáctico	71
7.2.1.	Quiz video de Absorción Atómica. Metodología “ <i>The flipped classroom</i> ” ó “ <i>Aula Invertida</i> ”	71
7.2.2.	Procesos Cognitivos De Alto Orden.....	72
7.2.2.1.	Categoría Analizar	73
7.2.2.2.	Categoría Evaluar	75
7.2.2.3.	Categoría Crear	78
8.	CONCLUSIONES.....	82
9.	SUGERENCIAS.....	84
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	88
	Anexo 1: Quiz Aula Invertida. Temática ABSORCIÓN ATÓMICA.....	88
	Anexo 2: Rubrica Medición De Procesos Cognitivos De Alto Orden	89

Anexo 3: Rubrica De Medición De Los Procesos Cognitivos De Alto Orden En Los Informes De Laboratorio	91
Anexo 4: Guia de Laboratorio para determinación de calcio y magnesio por emisión y sodio y potasio por absorción	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 NIVELES DE ABERTURA SEGÚN PRIESTLEY (1997)	29
Tabla 2 NIVELES DE ABERTURA SEGÚN (HERRON, 1971)	29
Tabla 3 CONCEPCIONES DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EXPERIMENTALES.	32
Tabla 4 PARÁMETROS DE LAS ROCAS Y LOS MINERALES. DISEÑO AUTOR.	37
Tabla 5 CONCENTRACIÓN Y VALORES DE EMISIÓN ATÓMICA DE LOS PATRONES DE SODIO	63
Tabla 6 VALORES DE EMISIÓN ATÓMICA DE LA MUESTRA PARA EL METAL DE ESTUDIO (NA).....	64
Tabla 7 DATOS PARA EL RECHAZO CON USO DE LA PRUEBA Q (NA)	64
Tabla 8 CONCENTRACIÓN Y VALORES DE EMISIÓN ATÓMICA DE LOS PATRONES DE POTASIO.....	66
Tabla 9 VALORES DE EMISIÓN ATÓMICA DE LA MUESTRA PARA EL METAL DE ESTUDIO (K)	66
Tabla 10 DATOS PARA EL RECHAZO CON USO DE LA PRUEBA Q (K).....	66
Tabla 11 CONCENTRACIÓN Y VALORES DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LOS PATRONES DE CALCIO	67
Tabla 12 VALORES DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LA MUESTRA PARA EL METAL DE ESTUDIO (CA)	68
Tabla 13 DATOS PARA EL RECHAZO CON USO DE LA PRUEBA Q (CA)	68
Tabla 14 CONCENTRACIÓN Y VALORES DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LOS PATRONES DE MAGNESIO	69
Tabla 15 VALORES DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LA MUESTRA PARA EL METAL DE ESTUDIO (MG).....	69
Tabla 16 DATOS PARA EL RECHAZO CON USO DE LA PRUEBA Q (CA)	70
Tabla 17 PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA ANALIZAR.	74
Tabla 18 PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN (ANALIZAR) DEL INFORME DESARROLLADO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA EN LUTITA DE MACANAL.	75
Tabla 19 PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA EVALUAR.	76
PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN (EVALUAR) DEL INFORME DESARROLLADO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA EN LUTITA DE MACANAL.....	78
Tabla 20 PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA EVALUAR.	79
PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN (CREAR) DEL INFORME DESARROLLADO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA EN LUTITA DE MACANAL	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 NIVELES DE COMPETENCIA SEGÚN (TOBÓN, 2005)	30
FIGURA 2 CLASIFICACIÓN DE LA TAXONOMÍA DE BLOOM:	34
FIGURA 3 TIPOS DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO.	36
FIGURA 4 FORMACIÓN DE LUTITAS DE MACANAL.	39
FIGURA 5 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LAS LUTITAS DE MACANAL.....	41
FIGURA 6 PARTES DE UN ESPECTROFOTÓMETRO.	44
FIGURA 7 GRÁFICA EN DONDE SE MUESTRA CÓMO LAS GUÍAS DE LABORATORIO SE CONVIERTEN EN CATALIZADORES, EN LAS QUE SOLO SE EVIDENCIA EL DESARROLLO DE PROCESOS COGNITIVOS DE BAJO ORDEN.....	46
FIGURA 8 ETAPAS METODOLÓGICAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.	51
FIGURA 9 PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE MINERALES POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DEL SGC.....	54
FIGURA 10 SOLUCIONES DE CALCIO PREPARADAS.....	55
FIGURA 11 SOLUCIONES DE POTASIO PREPARADAS	55
FIGURA 12 SOLUCIONES DE SODIO PREPARADAS	56
FIGURA 13 SOLUCIONES DE MAGNESIO PREPARADAS	56
FIGURA 14 PROCESO DE PESADO A OBTENCIÓN DE SOLUCIÓN DE LA MUESTRA (LUTITA DE MACANAL)	57
FIGURA 15 PROCESO PARA PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS RESPECTIVOS METALES DE LA MUESTRA (LUTITA DE MACANAL).....	58
FIGURA 16 VERSIÓN MEJORADA DE LA TAXONOMÍA DE BLOOM SEGÚN ANDERSON-KRATHWOHL.	62

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1 CURVA DE CALIBRACIÓN DEL SODIO	65
GRÁFICA 2 CURVA DE CALIBRACIÓN DEL POTASIO	67
GRÁFICA 3 CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CALCIO	68
GRÁFICA 4 CURVA DE CALIBRACIÓN DEL MAGNESIO	70
GRÁFICA 5 RESULTADOS DEL QUIZ DEL VIDEO SOBRE ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA.....	71
GRÁFICA 6 PROCESO COGNITIVO DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA ANALIZAR	75
GRÁFICA 7 PROCESO COGNITIVO DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA EVALUAR	78
GRÁFICA 8 PROCESO COGNITIVO DE ALTO ORDEN DE LA CATEGORÍA CREAR.....	81

INTRODUCCIÓN

Existe una problemática evidenciada durante los últimos años en cuanto a las prácticas de laboratorio de química en contextos universitarios, consistente en que los formatos bajo los cuales se realizan las prácticas de laboratorio no permiten dar cuenta del real potencial didáctico que presenta este escenario, particularmente en lo que atañe a la enseñanza de la química universitaria para profesores en formación. En tal sentido, los resultados en términos de aprendizaje de la química desde el ámbito específico del laboratorio

“pueden ser consecuencia de la realización de prácticas tipo receta en las que los estudiantes se limitan solo a seguir indicaciones y no tienen la posibilidad de reflexionar y revisar el trabajo realizado, también la falta de trabajo experimental en el cual el estudiante sea el que diseña y propone la actividad a realizar, las cuales requieren un proceso de investigación que los involucra y los compromete más” (Merino & Herrero, 2007)

Por esta razón, en el presente trabajo de grado se postula la transformación del formato clásico que han tenido las guías de laboratorio, hacia una perspectiva enfocada en la resolución de problemas, para propiciar un modelo que implique una participación más activa del estudiante en su proceso de formación, que incluya el desarrollo de habilidades y destrezas, pero también el de generar en los estudiantes “la posibilidad de explorar, elaborar explicaciones, reflexionar, utilizar modelos e intercambiar ideas entre ellos” (Rocha & Bertelle, 2007)

Para romper los esquemas de tradicionalidad de las prácticas de laboratorio, se aplicó la propuesta a estudiantes que en el primer semestre de 2019 estaban cursando el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, empleando el modelo didáctico de “Niveles de Abertura” (Jiménez Valverde, Llobera Jiménez, & Llitjós Viza, 2006) con el fin de modificar el ambiente de aprendizaje para las prácticas de laboratorio, en las que el estudiante sea el protagonista de su propio aprendizaje. El objetivo del modelo didáctico que se implementó fue el de que los

estudiantes logran una mejor comprensión de fenómenos químicos para promocionar el fomento de la investigación, así como el desarrollo del conocimiento científico.

JUSTIFICACIÓN

El laboratorio de química como escenario de enseñanza tiene tanto adeptos como contradictores (Rocha & Bertelle, 2007). En la línea de los contradictores, los argumentos están centrados en un escaso potencial didáctico en las denominadas “recetas de cocina” en las que el estudiante se limita a seguir pasivamente una serie de pasos conducentes a la obtención de resultados. Por otro lado, los argumentos de los adeptos están enfocados en la necesidad de reorientar las prácticas de laboratorio hacia formatos más abiertos, que den la oportunidad al estudiante de participar activamente en el trabajo práctico de laboratorio, desarrollando habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales.

Este trabajo se constituye en una propuesta para resignificar el escenario del laboratorio y reorientarlo hacia la resolución de problemas, hacia el fomento del aprendizaje, bajo el entendido que el trabajo experimental puede fomentar la observación, comparación de la situación inicial con los cambios ocurridos, el análisis y la relación entre sí de los diferentes aspectos de las sustancias, la realización de inducciones y deducciones; además, el desarrollo del experimento puede satisfacer necesidades importantes como las de contacto y comunicación y despertar la curiosidad intelectual (Espinosa Ríos, González López, & Hernández Ramírez, 2016). Esta forma de trabajo de laboratorio se contrapone con las metodologías tradicionales centradas en el proceso de enseñanza, pero desentendidas del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, el presente trabajo de grado apunta al fomento de procesos cognitivos de alto orden, junto con los de bajo orden, transformando las prácticas de enseñanza y reestructurando los guiones de laboratorio que, según algunos autores (Jiménez Valverde, Llobera Jiménez, & Llitjós Viza, 2006) ha funcionado

como catalizadores, en forma tal que los estudiantes los utilizan para obtener los mismos resultados sin el mayor esfuerzo.

Con base en la argumentación anterior, se hace pertinente también ampliar el abanico de posibilidades de evaluación de la actividad experimental y aprovechar el escenario universitario de profesores en formación de química de la Universidad Pedagógica Nacional del espacio académico de Métodos de Análisis Químico II, que según Mendoza (2001), hace referencia a la conveniencia de que los profesores evalúen los ambientes de laboratorio, es decir los procesos actitudinales, conceptuales, procedimentales, con el fin de mejorar la calidad del aprendizaje.

En esta dirección, con el trabajo de laboratorio se fomenta al desarrollo de habilidades cognitivas que implica una asociación con el trabajo científico, que facilita la superación de las prácticas tipo “receta” (Espinosa, González, y Hernández, 2016).

1. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de este trabajo de grado, se mencionarán a continuación los trabajos más relevantes como referencia, desde el modelo didáctico de los “niveles de abertura” (Jiménez, Llobera y Llitjós 2006) con el fin de cambiar el formato clásico que tienen las guías de laboratorio y al mismo tiempo se pueda lograr en los estudiantes según Jiménez, Llobera y Llitjós (2006), el desarrollo de procesos cognitivos de alto orden.

1.1. Desde el Enfoque Didáctico

1.1.1. Los Niveles de Abertura en las prácticas cooperativas de química

Jiménez, Llobera y Llitjós (2005), trabajando con un curso de 50 estudiantes, aplicaron su propuesta en las prácticas de laboratorio, en el tema de técnicas analíticas para el análisis de aguas empleando volumetrías.

Los autores, emplearon la clasificación de Herron (1971), desde el nivel cero, en el que se le da al estudiante el material, los objetivos, el método y la solución; hasta el nivel cuatro, en donde no se le suministra demasiada información al estudiante. En síntesis, los estudiantes fueron clasificados en 3 grupos y nuevamente fueron reagrupados para formar 2 grupos, clasificados en bajo nivel y alto nivel. Los grupos 1 y 2, de bajo nivel eran los conformados por alumnos que habían realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio de química, mientras que los de alto nivel, del grupo 3 estaba conformado por aquellos que trabajaban o habían trabajado en laboratorios de análisis químico. Los autores realizaron 9 prácticas de laboratorio, en la que la primera práctica de laboratorio fue de forma individual, la práctica 2 hasta la 6 con parejas homogéneas, es decir estudiantes de mismo nivel, ya fuera bajo o alto y las 3 últimas prácticas se organizaron de forma libre, constituyéndose parejas heterogéneas.

Para cada laboratorio realizado, cada pareja entregaba un informe con los datos cuantitativos y las respuestas a una serie de preguntas sobre dicha práctica, excepto para el caso de la práctica individual, para la que el informe era realizado y entregado individualmente; en los otros casos, la corrección del informe generaba una nota común para los miembros de la pareja. Después de finalizadas las 9 prácticas de laboratorio los autores realizaron una encuesta a 43 alumnos, quienes fueron aquellos que pudieron terminar la unidad didáctica. Se obtuvo un 93 % de votos positivos, donde el alumnado respaldó mayoritariamente esta experiencia didáctica, un 95% de los estudiantes consideró adecuado que el nivel de abertura de las prácticas de laboratorio vaya aumentando conforme la unidad didáctica fuera avanzando.

1.1.2. Niveles de abertura en las guías de laboratorio de química y su relación con teorías de dominio en el aprendizaje de las disoluciones

El presente trabajo, presentado a modo de ponencia, realizada por Gaete, Arellano, y Merino (2010), fue expuesto en el XII Encuentro Educación Química en la Universidad Pontificia de Chile. Los investigadores aplicaron su trabajo a una población de 35 estudiantes de primer semestre que cursaban química general de la carrera de Pedagogía en Química de la PUCV, para la que los autores dividieron la población en un grupo de 21 integrantes y otro de 14. Para el desarrollo de este trabajo, se manejaron los niveles de abertura propuestos por Herron (1971), en los que los investigadores tuvieron que diseñar sus guías de laboratorio sobre el tema de las disoluciones, utilizándose los niveles de abertura 1 y 2, en donde el nivel de abertura 1, fueron prácticas orientadas desde el seguimiento de instrucciones, mientras que para las de nivel 2 el estudiante iba aprendiendo de forma autónoma, desarrollando sus propios métodos y adicional a ello, el desarrollo de un cuestionario con 6 preguntas. Para el análisis de resultados de la investigación, las respuestas dadas por los

alumnos fueron comparadas con las teorías de dominio de las disoluciones: teoría de las acciones externas y las mezclas (TAE) y la teoría de la reacción (TR), la teoría del soluto (TS) la teoría de la interacción (TI) y la teoría del disolvente (TD). Se mostró que hubo un mayor predominio en las TAE y en las TR en el nivel de abertura 1, mientras que en el nivel 2 preponderó la TI y la TD. En síntesis, los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

- Un 32,4% de las respuestas de los alumnos que utilizaron la guía con nivel 1 están en la teoría de las acciones externas y las mezclas (TAE) correspondieron al nivel de comprensión básico de un proceso de disolución.
- El 32,4% de las respuestas de los alumnos que utilizaron la guía con nivel 2 correspondió a la teoría de la interacción (TI), en la que se alcanzó la máxima comprensión.

1.1.3. Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar

Espinosa, González y Hernández (2016), realizaron una recolección de datos sin medición numérica, para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. El trabajo investigativo desarrollado por los investigadores contó con una población de ocho estudiantes escogidos al azar, que cursaban el grado undécimo en una institución educativa del municipio Jamundí -Valle del Cauca– Colombia, de carácter privado.

El desarrollo del trabajo propuesto por los investigadores constó de 4 momentos:

- Momento I (Pretest): A esta muestra se le aplicó una prueba o test para diagnosticar el estado inicial de los estudiantes, en relación con el contenido previo y real de reacciones químicas. El test aplicado por los investigadores, evidenció que los estudiantes presentaban algunas dificultades conceptuales tales como no diferenciar una

sustancia, un compuesto, una molécula y un elemento, asimismo no distinguen con claridad una propiedad intensiva de una extensiva; también se evidenció que tampoco realizaban de manera correcta ejercicios de balanceo de ecuaciones, siendo así que a partir de estos problemas, los autores hacen la construcción de su secuencia conceptual para entender las reacciones químicas.

- Momento 2 (Diseño de las guías o prácticas de laboratorio): teniendo en cuenta la construcción de la secuencia mencionada anteriormente se diseñaron 12 prácticas de laboratorio, las cuales se clasificaron en 6 categorías y se caracterizaron en ir aumentando su grado de dificultad en cuanto al desarrollo conceptual, así como en términos de la participación por parte del educando al desarrollar las prácticas de laboratorio, al desarrollo de habilidades cognitivas propias de la competencia identificar.
- Momento 3 (Aplicación): se desarrollan las prácticas de laboratorio, en las que el estudiante efectuaba la toma de datos y conclusiones, basadas en una adecuada terminología o lenguaje científico, desde la formulación de una serie de hipótesis y el planteamiento de un problema, que implicaba el adecuado manejo de material de laboratorio, siendo así que en forma paralela, el estudiante hacía entrega de los datos obtenidos en el laboratorio.
- Momento 4 (Recolección de los registros de estudiantes): en el que se realizó el análisis cualitativo por cada estudiante, el cual es comparado con los resultados obtenidos en el post-test y pre-test.

Cabe afirmar que en el análisis de resultados se evidenció que en el Pre-test los estudiantes tenían una mala interpretación y desconocimiento conceptual en la temática de reacciones químicas, mientras que con el post-test, los estudiantes lograron una mejor interpretación y manejo de los contenidos conceptuales, ya que la investigación se centró en el uso de las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica que desde el marco teórico constructivista se potencializa la construcción de conocimiento

científico escolar. La investigación realizada por Espinosa, González y Hernández (2016), concluyó que el 75% de los estudiantes pudieron reconocer y clasificar la materia cuando aplicaron el test de conocimientos previos, pero que los estudiantes no tenían claro algunos conceptos. Por otro lado, la investigación mostró que el 88% logró diferenciar con claridad una propiedad intensiva de una extensiva, y finalmente, en lo relacionado con el balanceo de una ecuación se consiguió que el 50% de los estudiantes lo hiciera de forma correcta.

1.2. Enfoque Histórico del Laboratorio

1.2.1. The Teaching Laboratory Through History (El Laboratorio De Enseñanza A Través De La Historia).

En este artículo, Pickering (1993) hace un breve resumen mencionando que, en el caso de los Estados Unidos, el uso del laboratorio escolar para el aprendizaje de la química inició en el año 1820 a partir del denominado Liebig's Laboratory, puesto que allí era un lugar donde había una comunidad de investigación en postgrados que en vez de un ser un laboratorio de enseñanza, pero tuvieron que transcurrir varios años para que en 1867 ocurriera la primera publicación textual sobre prácticas de laboratorio. Pickering puntualiza que durante el siglo XIX y principios del XX, se empezó a adoptar la idea de que para aprender ciencia y formar un investigador se requería que el estudiante repitiera lo que realizaba el científico en su laboratorio y por otro lado, Pickering (1993) hace mención al hecho de que el trabajo de laboratorio ha disfrutado de largos ciclos de popularidad y luego períodos de descuido.

En esta dirección, cabe resaltar el hecho de que en los primeros años del siglo XX, la educación de laboratorio fue vista como una importante extensión del aprendizaje a través del hacer, promovido por el movimiento escolar progresista, pero en los años 20 y 30, aflora una controversia entre

los defensores del laboratorio y quienes creían que las "demostraciones" eran mejores, en la que las "demostraciones" eran experimentos de conferencias en los que el profesor recopilaría los datos para que la clase los analizara.

Según el autor mencionado, en los años 50 y 60 hubo un significativo florecimiento de la enseñanza del laboratorio en el que en la universidad desarrollaba grandes cursos de laboratorio, con todos los problemas asociados. Sin embargo, a partir de los 70, los requisitos del laboratorio comenzaron a reducirse y la comunidad de educación química comenzó a perder interés en la educación de laboratorio y según el investigador, a principios de los 80, la proporción de páginas editoriales dedicadas a los laboratorios disminuyó.

Por otra parte, Pickering (1993) hace mención de autores quienes afirman que los laboratorios tienen pocos efectos medibles en el logro educativo de los estudiantes (Hofstein & Lunetta, 1982), pero según Pickering (1993), el bajo desempeño que existe en los laboratorios es debido a que es impartido por personas que los dirigen, quienes a su vez no tienen experiencia en cuanto a investigación. El autor defiende la tesis que sostiene que el laboratorio de enseñanza es un dispositivo de reclutamiento, en la medida que es el laboratorio el que atrae la gente a la ciencia, lo que es evidenciado no solo mediante estudios estadísticos, sino también simplemente preguntando a las personas el por qué se convirtieron en científicos, por ende, afirma el investigador, que el potencial para el laboratorio es enorme, en la medida que este escenario permite que el mejor ejercicio de laboratorio es la tarea intelectual fundamental de extraer la verdad de la ambigüedad, la señal del ruido o dicho de otra manera, es una lección para comparar y evaluar evidencia, una parte central de la madurez intelectual.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Componente Didáctico

2.1.1. Niveles De Abertura

La primera definición del modelo didáctico nivel de abertura la propuso Schwab (1962, como citado por Jiménez *et al.*, 2006), en la que el autor define 3 niveles de abertura que hace énfasis en la enseñanza de actividades prácticas en el laboratorio. Los niveles de abertura, que también pueden ser denominados niveles de descubrimiento, implican modalidades de trabajo en el laboratorio en los que se modifica la proporción de intervención del profesor (alta para los niveles bajos) y la del estudiante (alta para los niveles altos de abertura), en los que se orientan en el docente o en el estudiante: a) los problemas, b) las maneras y medios para afrontar ese problema, c) la respuesta a esos problemas. En este sentido, el docente se convierte en un orientador para que el estudiante pueda desarrollar su conocimiento, ya que entre menos intervención tenga el docente frente a sus estudiantes en el laboratorio, ellos podrán desarrollar habilidades de descubrimiento, fortaleciéndose así el desarrollo del conocimiento científico.

Por su parte, Priestley (1997, como citado por Jiménez *et al.*, 2006) propone una clasificación en siete niveles de abertura para el desarrollo de actividades prácticas de laboratorio, para las que cada nivel indica qué tipo de nivel cognitivo se potencia.

A continuación, se muestra una tabla con cada uno de los niveles de abertura propuestos por Priestley (1997, como citado por Jiménez *et al.*, 2006)

Nivel	Título	Descripción de las actividades en el laboratorio	Proceso cognitivo requerido
1	Herméticamente cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos al alumnado. Los estudiantes apuntan los datos en los huecos reservados de un informe de laboratorio. Se incluyen tablas con los datos	Conocimiento
2	Muy cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Se incluyen tablas de datos	Conocimiento
3	Cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes	Conocimiento y comprensión
4	Entreabierto	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Algunas preguntas o conclusiones son abiertas	Comprensión y aplicación
5	Ligeramente abierto	Se proporcionan la mayoría de procedimientos a los estudiantes y algunas preguntas o cuestiones son abiertas	Aplicación
6	Abierto	Los estudiantes desarrollan sus propios procedimientos. Se les proporciona una lista con el material. Muchas preguntas o conclusiones son abiertas	Análisis y síntesis
7	Muy abierto	A los estudiantes se les indica un problema que tienen que resolver (o que ellos mismos proponen!). Los estudiantes desarrollan el procedimiento y sacan sus propias conclusiones.	Síntesis y evaluación

Tabla 1: Niveles de apertura según Priestley (1997, como citado por Jiménez *et al.*, 2006)

También existe otra clasificación con relación a los niveles de aberturas en las actividades prácticas de laboratorio, tal como las propone el autor Herron (1971), la cual se muestra a continuación en la tabla N°2.

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución	Estilo de práctica
0	Demostración	Dado	Dado	Dado	Dada	Expositivo
1	Ejercicio	Dado	Dado	Dado	Abierta	Expositivo
2	Investigación estructurada	Dado	Dado todo o en parte	Dado en parte o abierto	Abierta	Expositivo Investigación
3	Investigación abierta	Dado	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación
4	Proyecto	Dado en parte o abierto	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación

Tabla 2: Niveles de apertura según Herron (1971, Como citado por Jiménez *et al.*, 2006)

La clasificación de los Niveles de Abertura propuestos por Herron (1971, como citado por Jiménez *et al.*, 2006), va desde el nivel cero, hasta el nivel cuatro. El nivel de apertura 0 consta de la demostración, que consiste en una comprobación práctica de los principios teóricos, ya que el estudiante conoce anticipadamente el objetivo de dicha práctica y el resultado que se va a obtener, siendo así que en este nivel se le suministran al estudiante, tanto el material como el método para que pueda llevar a cabo la práctica.

En el nivel de apertura 1 que consta del ejercicio, el estudiante aprende a seguir las instrucciones que son suministradas en las guías de laboratorio,

siguiendo un método en el que el estudiante desarrolla técnicas específicas tanto de observación y de manipulación.

En el nivel de abertura 2 que consta de la investigación estructurada, el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, de tal modo que estos 2 factores no le sean entregados al estudiante, siendo así que en este nivel las practicas tienen un enfoque investigativo.

En el nivel de abertura 3 o investigación abierta, el estudiante identifica un problema, lo formula, el estudiante a su vez escoge y diseña el método que le sea más conveniente para solucionarlo, mientras que en último nivel de abertura que es el de proyecto, los estudiantes realizan una investigación de forma autónoma, cuyo objetivo puede haber sido propuesto incluso por ellos mismos.

Por otra parte Tobón (2005), propone una clasificación de los niveles de competencia en el laboratorio, que puede ser aplicada, tanto en el desarrollo como en la elaboración de guías de laboratorio y que puede ser empleado en los laboratorios de química, la cual se muestra en la figura 1.

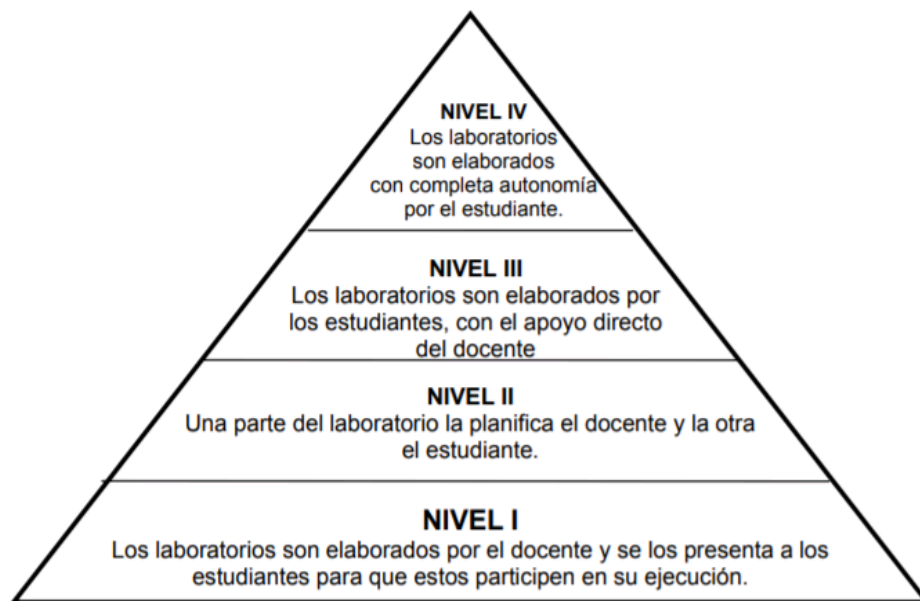


Figura 1: Niveles de Competencia según (Tobón, 2005)

Según Tobón (2005) en el nivel I el alumno es un simple repetidor del contenido desarrollado y elaborado por su docente, en el nivel II el alumno ya hace parte de la elaboración de las actividades que son asignadas por el

docente, aunque la presencia del profesor es significativa. El nivel III, el alumno realiza la mayoría de las actividades en el laboratorio y el docente se convierte en su orientador de la práctica, mientras que en el nivel IV, el alumno logra la completa autonomía para el desarrollo de su práctica de laboratorio.

2.1.2. Teoría Constructivista.

Para iniciar la argumentación, conviene explicar que hoy en día, se cuenta con un estudiante que busca construir significado a los contenidos que debe incorporar a su conocimiento. En tal sentido, el deber ser del estudiante actual se corresponde más al de un individuo autónomo y autorregulado, que tiende a conocer sus propios procesos cognitivos, o al menos con voluntad para ello y de tener el control del aprendizaje.

En este marco interpretativo, el aprendizaje aparece eminentemente activo e implica un flujo asimilativo de dentro hacia afuera; desde esta óptica, el estudiante no se limita a copiar el conocimiento, sino que lo construye (constructivismo) a partir de elementos personales, experiencia e ideas previas e implícitas, para atribuir significado (eso es ahora comprender) y representarse el nuevo conocimiento con sentido adquirido (el contenido del aprendizaje). Como consecuencia de lo anterior, cambia el papel del profesor, que pasa de suministrar conocimientos, a participar (a ayudar según los casos) en el proceso de construir el conocimiento junto con el estudiante o como una ayuda, se trata pues de un conocimiento construido y según el modelo teórico, compartido o ayudado (Zapata, 2012).

Desde las premisas recién mencionadas, el estudiante tiene que dejar de lado el seguimiento de instrucciones que muestran las guías de laboratorio, ya que lo limita y no le permite que sea capaz de analizar o interpretar a fondo el fenómeno que ocurre dentro del ambiente práctico. En tal sentido, el estudiante en un laboratorio debe construir conocimiento, pues en el laboratorio se debe aprender a partir del ensayo y del error, pero tanto en el colegio y en la universidad tienden a ser perfeccionistas. La tabla N°3

tomada del texto: Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales de los autores López y Tamayo (2012), se presenta la comparación que tienen las prácticas de laboratorio desde la perspectiva instruccional vs la perspectiva constructivista.

Perspectiva instruccional	Perspectiva constructivista
Confirmar algo ya visto en una lección de tipo expositivo.	El profesor debe actuar como guía, facilitando el proceso de aprendizaje.
Las prácticas son el único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías.	La experiencia tiene un rol importante, pero por sí sola no puede rechazar o verificar las hipótesis. Entre la teoría y el experimento no se establecen jerarquías.
Exigir que los estudiantes sigan una receta para llegar a una conclusión predeterminada.	El profesor debe informarse sobre las ideas previas, habilidades y dificultades que tienen los estudiantes.
Percibir el laboratorio como el lugar donde se hacen cosas, pero no se comunica a los estudiantes el significado de lo que se hace.	El profesor debe centrar su atención en aspectos sociales del aprendizaje (entender la ciencia como una construcción social).
Proceder ciegamente a tomar apuntes o a manipular aparatos sin tener un propósito claro.	Elección de experiencias científicas apropiadas para el aula.

Tabla 3: concepciones de las prácticas de laboratorio experimentales.

Tomado del texto "Las Prácticas De Laboratorio En La Enseñanza De Las Ciencias Naturales" López y Tamayo (2012).

En este sentido, las prácticas de laboratorio en la química, son importantes tanto en el ámbito escolar como universitario, ya que el profesor debe convertirse en un orientador de sus alumnos en el laboratorio, y a su vez el docente cuando desee implementar una guía de laboratorio, se deben reducir en cierto modo los métodos y su solución debido a que los estudiantes solo seguirán instrucciones en la guía sin ellos ser capaces de pensar o de analizar, y debido a esto no se logra de manera satisfactoria el desarrollo de un aprendizaje significativo, sino que estas prácticas se vuelven solo expositivas ya que según Domin (1999, como citado por Jiménez et al. 2006) menciona que estas prácticas se vuelven tipo recetas de cocina debido a que prácticamente no se da ninguna relevancia al desarrollo de la investigación, ni mucho menos a la interpretación de los resultados obtenidos durante el laboratorio.

2.1.3. Taxonomía de Bloom

La taxonomía de Bloom es una de las herramientas más utilizadas hace más de 50 años para el planteamiento de objetivos de aprendizaje según Aliaga (2011). Este tipo de taxonomía trata de una “clasificación ampliamente aceptada para evaluar el nivel cognitivo alcanzado por un alumno en una materia” (Losada, Lázaro y Velázquez, 2005, p.108). Benjamín Bloom profesor de la Universidad de Chicago en los Estados Unidos identificó 3 tipos de Dominios durante el proceso educativo, los cuales son “el Cognitivo, el Afectivo y el Psicomotor” (Aliaga, 2011).

A continuación, se muestra la clasificación de la taxonomía de Bloom

- Campo cognoscitivo: en este primer dominio comprende el área del conocimiento y sus subáreas. Estas subáreas corresponden según Aliaga (2011), a la comprensión, la aplicación, el análisis, la síntesis y la evaluación.
- Campo psicomotriz: En este dominio se mencionan las habilidades de aprendizaje que tienen los estudiantes.
- Campo afectivo: según el autor Aliaga (2011), menciona que los objetivos fundamentales dentro de este campo abarcan lo que corresponde a la recepción, la respuesta, la valorización, la organización y la caracterización con un valor o un complejo de valores, pues estos resultados son reflejados mediante la actitud del estudiante.

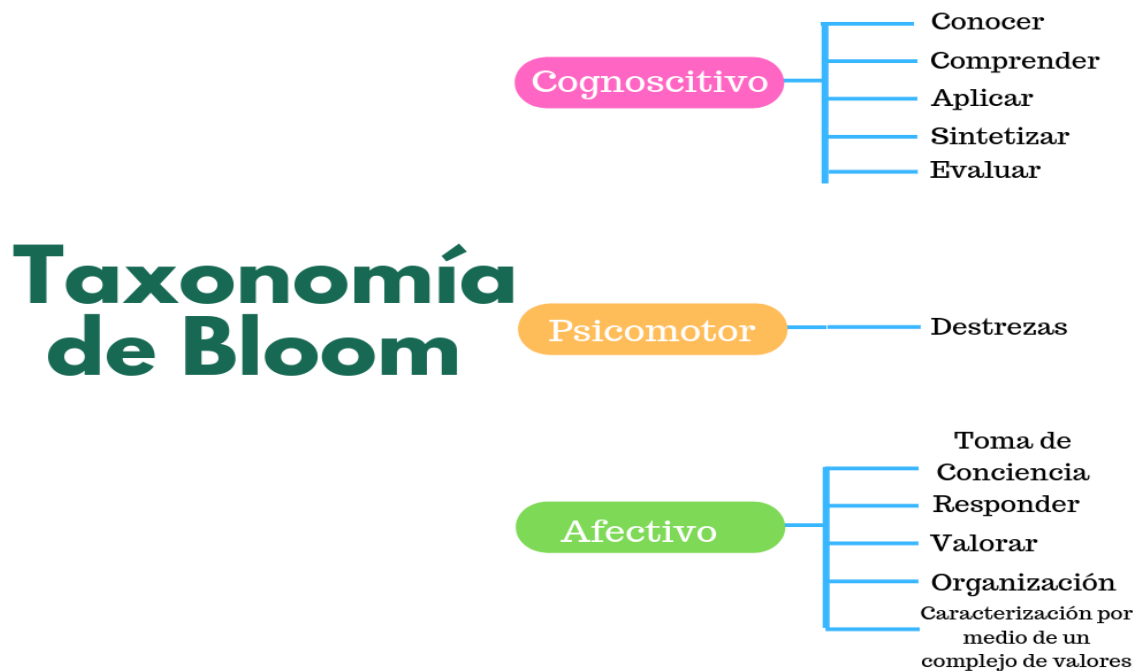


Figura 2: Clasificación de la Taxonomía de Bloom:

El Dominio Cognoscitivo y afectivo Comprende de 5 Niveles, pero en su totalidad son 6 Pues en el Domino Cognoscitivo falta el nivel de Analizar. Fuente Autor.

Según esto la taxonomía de Bloom está clasificada por 6 niveles según Losada, Lázaro y Velázquez (2005), las cuales se mencionan a continuación:

- Nivel 1: este primer nivel se considera nivel de conocimiento, en donde el estudiante es capaz de recordar información pero sin el uso de la comprensión.
- Nivel 2: o también llamado nivel de comprensión, pues el alumno es capaz de entender el significado de la información.
- Nivel 3: se denomina nivel de aplicación, pues el estudiante es usa métodos para resolver un problema.
- Nivel 4: este es el nivel de análisis, pues aquí la persona puede plantear hipótesis y usar información que ya conoce o también puede desglosar el problema para poder llegar a la solución.

- Nivel 5: o nivel de síntesis, pues el estudiante generaliza las ideas para la resolución del problema
- Nivel 6: se denomina nivel de Evaluación, pues el estudiante puede evaluar diferentes métodos para resolver el problema.

2.1.4. Los trabajos prácticos de Laboratorio (TPL)

Los trabajos prácticos de laboratorio son utilizados durante el desarrollo de actividades tanto de enseñanza y de aprendizaje en las ciencias naturales, en donde el alumno trata de usar diferentes métodos o procedimientos, para resolver un problema. En esta medida, para el análisis, observación y reproducción de fenómenos tanto físicos, químicos es necesario el uso del laboratorio o cualquier otra parte del aula de aprendizaje. Según Del Carmen (2010 como citada por Oñate, 2016), menciona que los “trabajos prácticos de laboratorio” o también denominados “trabajos prácticos experimentales” hacen referencia a “la articulación de diferentes tipos de actividades, mediante un enfoque integrado en el que la teoría y la práctica se entrelazan en un tratamiento conjunto” (Oñate, 2016, p.7). Los trabajos prácticos de laboratorio son más de un tipo, según Hodson (1994, como citado por Petrucci, Ure, y Salomone, 2006), puesto que pueden ser “investigaciones personales poco estructuradas por un lado y “ejercicios” prácticos de acuerdo con un conjunto de indicaciones explícitas por otro.” (Petrucci, et al., 2006, p.8). Según lo mencionado hace que exista una categorización de las prácticas de laboratorio, puesto que pueden ser abiertas o cerradas. En la figura N°3 realizado por (Petrucci et al., 2006) muestra estos 2 tipos prácticos de laboratorio.

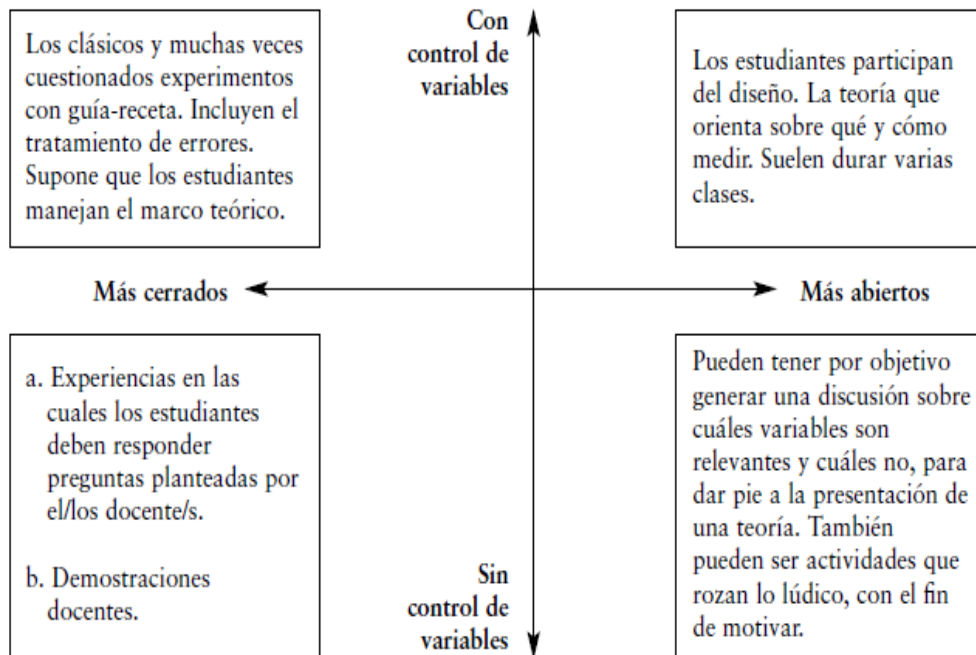


Figura 3: Tipos de trabajos prácticos de laboratorio.

Tomado de (Petrucci, Ure, & Salomone, 2006)

2.2. Componente disciplinar

2.2.1. Que son las rocas y los minerales

Las rocas han existido desde el origen del planeta tierra, por lo general, nuestro planeta ha sufrido una serie de cambios a lo largo de la historia, transformando los materiales sólidos en rocas y minerales. La primera opinión sobre cómo se formaban las rocas la dio el filósofo griego Aristóteles en donde dice que las rocas “habían sido creadas bajo la «influencia» de las estrellas y que los terremotos se producían cuando el aire entraba con fuerza en la tierra, se calentaba por los fuegos centrales y escapaba de manera explosiva.” (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005). Pero la definición actual de roca es “una asociación de uno o más minerales” (Andrés y Guerra, 2015). También los minerales forman parte esencial de las rocas según Andrés y Guerra (2015), quienes mencionan que estos son materiales sólidos de carácter homogéneo, puesto que un mineral debe tener una composición química definida y una determinada fórmula.

Como la roca está compuesta por minerales debe tener unos parámetros específicos los cuales se mencionarán en la tabla N°4:

<i>Rocas</i>	<i>Minerales</i>
<i>Son de origen natural, puesto que el hombre no puede fabricarlas</i>	
<i>Son por lo general de naturaleza inorgánica, puesto que no se pueden producir por la actividad de los seres vivos</i>	
<i>Deben ser estables a temperatura ambiente</i>	
<i>Es una mezcla heterogénea (unión de diferentes minerales)</i>	<i>Mezcla homogénea (un solo mineral)</i>
<i>Carecen de composición química definida</i>	<i>Composición química definida</i>
<i>No tienen una forma geométrica determinada</i>	<i>Tienen una forma geométrica determinada</i>
<i>Son el resultado de un proceso geológico definido debido a que se encuentran sometidas a varios cambios por agentes geológicos (Ciclo de las rocas)</i>	

Tabla 4: Parámetros de las rocas y los minerales. Diseño Autor.

Mostrados estos parámetros, existen diferentes tipos de rocas donde se tiene en cuenta diversos factores tales como textura, propiedades y composición química, entre otros, los cuales se mencionan a continuación.

2.2.1.1. Rocas Ígneas

Son rocas que se generan a partir del enfriamiento y la solidificación de materia rocosa fundida por el magma, por lo tanto, la forma en que se enfría el magma, las rocas que se forman pueden tener granulado grueso o fino. Por lo general estas rocas se dividen en 2 grupos:

- ✓ **Rocas plutónicas o intrusivas:** fueron formadas a partir de un enfriamiento lento y en profundidad del magma, permitiendo de esta manera el crecimiento de grandes cristales de minerales puros al estar sometidas a grandes presiones.
- ✓ **Rocas volcánicas o extrusivas:** Las rocas volcánicas se forman cuando el magma sale de forma brusca al exterior de la superficie de la Tierra, originándose la lava, y esta se enfría en la superficie tanto a temperaturas como presiones bajas

2.2.1.2. Rocas sedimentarias

Estas rocas son originadas por el transporte y también por la deposición de materiales debido a la “acción del viento, del agua, el hielo o depositadas químicamente a partir de un fluido acuoso” (CiudadCiencia, s.f). También estas rocas se forman a partir de la acumulación de materiales inorgánicos como caparzones secretados por organismos.

2.2.1.3. Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas se forman debido a otras rocas existentes, pues estas sufren un cambio en sus minerales y se transforma en uno nuevo, debido a intensas presiones y temperaturas.

2.2.2. Lutita de Macanal

Este tipo de roca tiene un origen etimológico propuesto por (Ulloa y Rodriguez, 1979) que es “un conjunto monótono de lutitas negras, fosilíferas, con delgadas intercalaciones de arenitas de cuarzo y ocasionales lentejones de yeso.” puesto que estas rocas se encuentran en sectores esmeraldíferos del altiplano Cundiboyacense. Estas rocas se formaron durante la edad del Valanginiano, mencionado por autores tales como Bürgl (1960), Fabre (1983), Royo y Gomez (1945), Etayo (1985), (citados por Ulloa, Arias y Solano, 2000). Estos autores hicieron esta clasificación debido a las rocas y fósiles que se encontraban en estos lugares del altiplano Cundiboyacense, en el caso de los fósiles se encontraban mal preservados. La formación de estas Lutitas “está constituida hacia la base por arcillolitas grises en capas medias a delgadas, las cuales dan paso a un paquete intermedio de arcillolitas con frecuentes intercalaciones de areniscas y termina hacia el tope con un paquete de arcillolitas con intercalaciones de niveles de areniscas y limolitas” (Silva, Mantilla, y Terraza, 2010, p.46). Estas rocas como se mencionan anteriormente, se encuentran en lugares esmeraldíferos, la mayoría de estas se encuentran en el Cuadrángulo K-12 Guateque puesto que este

lugar fue cartografiado por Ulloa Camacho y Escobar (1975), puesto que también estas Lutitas pertenecen al grupo Cáqueza que quiere decir que corresponden a “la unidad litoestratográfica, cretácica inferior con la más amplia distribución horizontal y vertical en la Cordillera Oriental de los Andes de Colombia” (Pimpirev, Patarroyo, & Sarmiento, 1992, p.297), queriendo decir que se debe tomar en cuenta las características observables de la roca en los diferentes lugares cartografiados.



Figura 4: Formación de Lutitas de Macanal.

Tomado de (Moreno, Terraza, & Montoya, 2009)

2.2.2.1. Litología de la Lutita de Macanal

Como se mencionó anteriormente, las lutitas tienden a ser de tipo arcillosas puesto que Ulloa y Rodríguez (1979, como citado por Ulloa, Arias, y Solano, 2000) muestran una clasificación por conjuntos A, B, C, D de esta roca, los cuales se mencionarán a continuación y asimismo, en la figura 5 se muestra la columna estratigráfica de la Lutita de Macanal, donde se muestra ese tipo de clasificación.

- ✓ **Conjunto A:** Las Lutitas de este conjunto son de color negro puesto que son “compactas, micáceas, ligeramente calcáreas, con láminas de yeso y niveles piritosos en forma de fajas irregulares o lenticulares alrededor de los fósiles; frecuentes niveles fosilíferos de amonitas, lamelibranquios y gasterópodos;” (Ulloa, et al, 2000, p.16).

- ✓ **Conjunto B:** La base de este mineral está conformada por areniscas cuarzosas de grano fino y de color gris.
- ✓ **Conjunto C:** Las Lutitas que pertenecen a este conjunto la mayoría son grises o negras y por ende tienden a ser de tipo “calcáreas, con venas de calcita y nódulos arenosos hasta de 10 centímetros de diámetro” (Ulloa, et al, 2000, p.16)
- ✓ **Conjunto D:** Por lo general estas están conformadas por 3 segmentos, los cuales son el segmento Inferior, segmento intermedio y el segmento superior. El segmento Inferior está compuesto por Lutitas, “la mayoría negras micáceas y que tienen intercalaciones delgadas” (Ulloa, et al, 2000, p.17), puesto que estas pertenecen a formar parte de las rocas sedimentarias debido a que son de areniscas cuarzosas y por ende llegan a tener un grano fino, y asimismo tiene una parte micácea y otra fosilífera. El segmento intermedio se encuentra formado por Lutitas negras, solo que estas son más “compactas, micáceas, ferruginosas con niveles fosilíferos y de nódulos silíceos” (Ulloa, et al, 2000, p.17) y por último queda el segmento superior las Lutitas llegan a tener capas de areniscas delgadas.

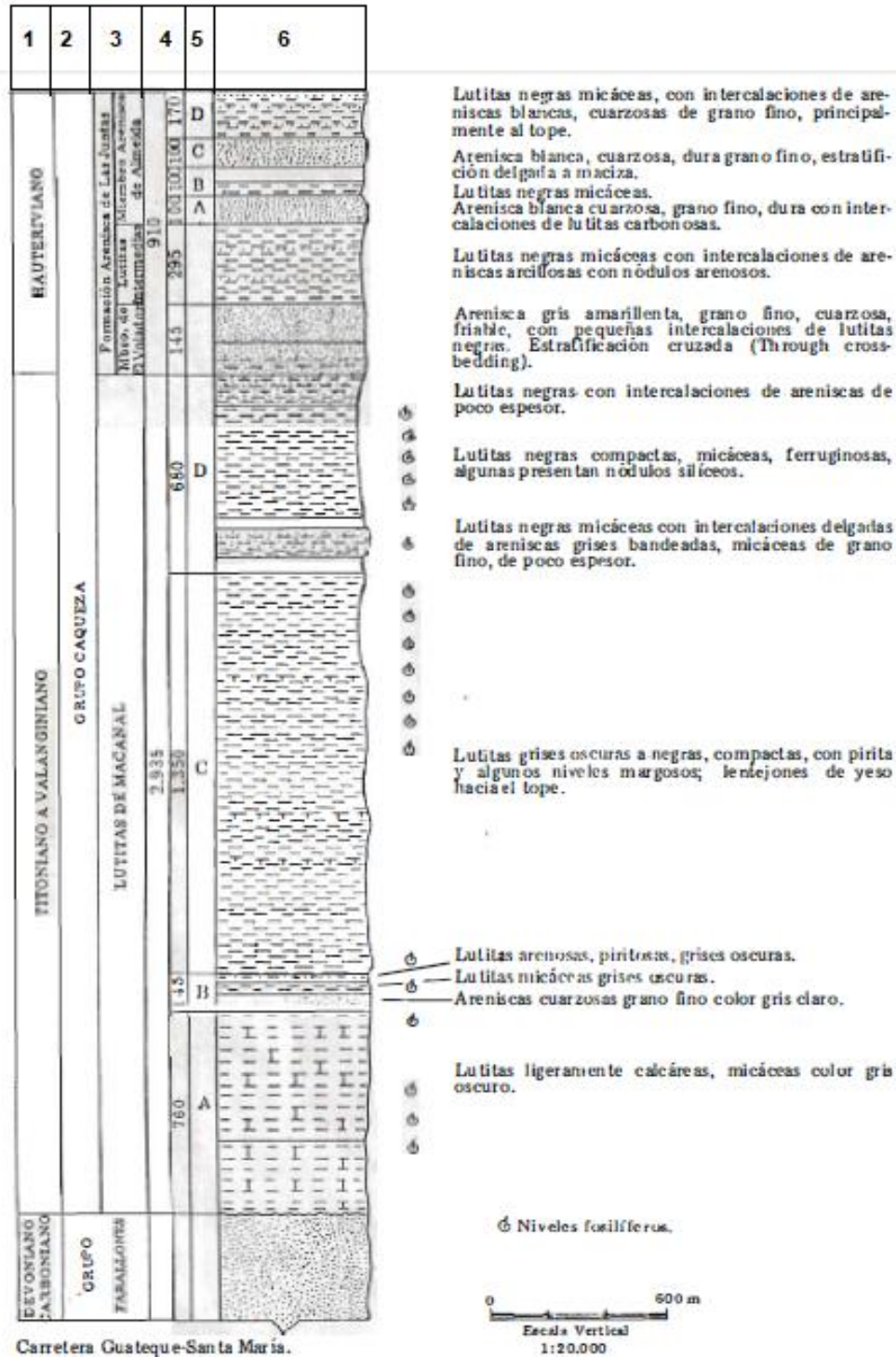


Figura 5: Columna estratigráfica de las Lutitas de Macanal

El sistema de convenciones numérico representa lo siguiente: 1) Edad, 2) Grupo, 3) Formación 4) Metros y espesor, 5) Conjunto y 6) Litología. Tomado de (Ulloa, et al, 2000)

2.2.2.2. Geoquímica de la Lutita de Macanal

Según los estudios realizados por Escovar (1979) en el área del Guavio, se analizaron 299 muestras de rocas, 590 para suelos y 14 muestras para sedimentos, con el fin de analizar por absorción atómica Na, Li, K, Sr, Ba, Cu, Pb, Zn, Ni, Mo y Be. De los estudios realizados por Escovar (1979) en muestras de suelos, se menciona que los elementos indicadores de mineralización donde se encuentra la Lutita y otros minerales son: Na, Li, Ba, Mo y Sr. También las investigaciones realizadas por Mayorga y Vargas (1995, como citado por Ulloa, Arias y Solano, 2000), escogen 6 muestras de Lutita de Macanal en la Sierra Nevada del Cocuy, puesto que realizan una serie de análisis a la roca, entre ellos son: Análisis de pirolisis, Carbón Orgánico Total, Potencial de Generación, Temperatura máxima y tipo de Hidrocarburo. Con los análisis realizados mencionan que estas rocas se encuentran en un “avanzado estado de madurez (sobremadura)” (1995, como citado por Ulloa, Arias y Solano, 2000, p.35). Otras investigaciones realizadas, mencionan que las Lutitas tienen un comportamiento de Kerógeno tipo IV puesto que la “materia orgánica residual que ha sido afectada por procesos de maduración térmica ha producido una considerable pérdida de hidrógeno y de carbono orgánico” Mayorga y Vargas (1995, como citado por Ulloa, Arias y Solano, 2000, p.35).

2.3. Espectrofotometría de Absorción Atómica

Por lo general la mayoría de las sustancias cuando se calientan a altas temperaturas, estas tienden a descomponerse en átomos. Los espectros atómicos tienen líneas más estrechas, puesto que cada elemento químico, presenta características espectrales únicas, ya que estos espectros se forman a partir de las transiciones entre los estados electrónicos del átomo. En la espectroscopía de absorción atómica las muestras se deben vaporizar a muy altas temperaturas, pues “las concentraciones de átomos

se determinan midiendo la absorción o la emisión de radiación en sus longitudes de onda características” (Rendón, 2004)

Según lo anterior, si un elemento absorbe energía $E = h\nu$, el electrón cambia de un nivel energético inicial (E_0) a uno de mayor energía (E_1). Por lo tanto, para que exista este cambio es necesario que “ $E_1 > E_0$ y la diferencia de estos estados de energía se les llama quantum (q)” (Sanchez, 1991)

$$q = E_1 - E_0$$

En la espectroscopia de Absorción Atómica, según el autor Rendón (2004), menciona que se utilizan diferentes formas para atomizar la muestra, como pueden ser: llama, plasma, la atomización electromagnética, la generación de hidruros, y también la técnica de vapor frío para mercurio. A continuación, se indican las partes que componen el equipo del espectrofotómetro de absorción atómica y también en la figura N° 6 se muestran dichas partes que componen el espectrofotómetro.

2.3.1. Partes del equipo

- **Fuente luminosa:** la fuente luminosa es aquella que emite líneas atómicas precisas del elemento que se desea analizar. Usualmente se usa la lámpara de cátodo hueco ya que este tipo de lámpara está “formada por un cilindro que se encuentra al vacío el cual está lleno de un gas inerte que puede ser neón o argón a una presión de 5 mm Hg, el cilindro puede ser de cuarzo para poder tener respuesta en toda la región UV-Visible” (Sanchez Paz, 1991)
- **Nebulizador:** cuando se aspira la muestra líquida, debe formar gotas pequeñas para una atomización eficaz.
- **Atomizador:** es aquel que debe generar átomos en estado basal en el paso óptico del fotómetro.

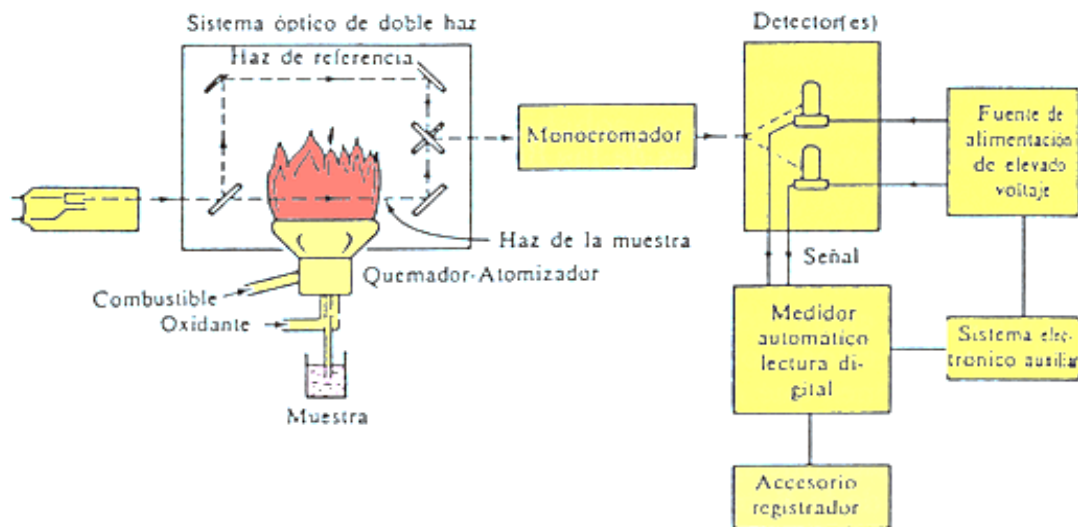


Figura 6: Partes de un espectrofotómetro.

Tomado de (Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya, s.f)

- **Monocromador:** este aparato cumple con la función de aislar una línea de resonancia del espectro de líneas emitidas por la lámpara de cátodo hueco. Asimismo tiene otra función y es capaz de discriminar diferentes longitudes de onda.
- **Detector:** cuando la longitud de onda es aislada por el monocromador, esta llega al detector, cumple como función de transformar la señal de intensidad de radiación electromagnética en señales eléctricas.
- **Amplificador:** amplifica la señal eléctrica ya que “procesa por el sistema electrónico del instrumento para producir una señal que es una medida de la atenuación que se tiene en la celda” (Sanchez Paz, 1991)
- **Sistema de lectura y graficador:** Cuando la señal llega al equipo, esta es procesada y el equipo hace una lectura en términos de concentración.

2.4. Determinación de metales por espectrofotometría de Absorción Atómica

La importancia de determinar metales con la utilización de este método, es para identificar trazas existentes ya sea tanto de metaloides o metales

pesados que puedan estar presentes ya sea en alimentos, en fluidos biológicos, en el estudio de minerales. La Lutita de Macanal al ser una roca que tiene trazas de otros metales y material orgánico, esta roca no es aprovechada para la fabricación de materiales, puesto que esta roca no tiene ninguna utilidad, sino que esta roca ha provocado contaminación, y mediante el uso de la espectrofotometría de absorción atómica se podría “valorar el grado de contaminación medioambiental” (Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Psiquiatría , 2007), haciendo el análisis de que metales hay presentes en dicha roca.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema a investigar surge debido a la dificultad que existe actualmente, cuando se realizan prácticas de laboratorio expositivas, tipo “receta”, en las que no se logra evidenciar el desarrollo de un aprendizaje significativo, mientras que el estudiante se conforma con seguir las instrucciones, sin analizar, ni sintetizar, que constituyen procesos cognitivos de gran importancia, según lo menciona Bloom (1956, como citado por Jiménez *et al*, 2006)

Es conveniente aquí resaltar que de esta manera, las practicas tipo “receta” se convierten en catalizadores para la obtención de resultados, en virtud a una ostensible reducción del proceso de análisis, síntesis y de evaluación, que en realidad se deberían desarrollar para poder fortalecer el desarrollo del conocimiento científico en la práctica, ya que las guías tipo receta solo hacen que los estudiantes desarrollen procesos cognitivos de bajo orden, por lo tanto solo se logra el uso del conocimiento, la aplicación y la comprensión.

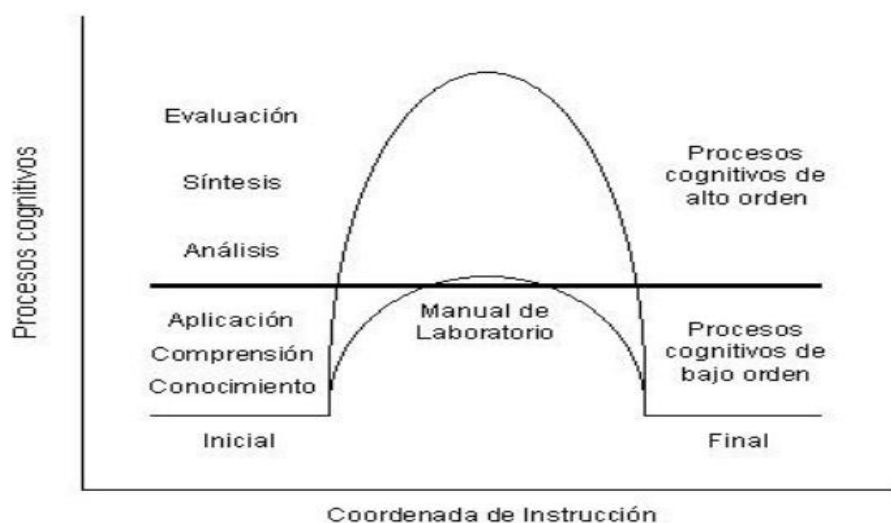


Figura 7: gráfica en donde se muestra cómo las guías de laboratorio se convierten en catalizadores, en las que solo se evidencia el desarrollo de procesos cognitivos de bajo orden.

Tomado del texto de (Jiménez *et al.*, 2006)

Debido a la problemática recién explicada, el presente trabajo de grado apunta a realizar una transformación profunda al formato clásico que tienen las guías de laboratorio. Es por tal razón que este trabajo de grado se enfoca en

estructurar una modificación a las guías de laboratorio, ya que el estudiante podrá “desarrollarse cognitivamente, exigiéndose más asimismo para producir conocimientos y mejorar los ya adquiridos, pues las hipótesis con las que él llega al laboratorio deben ser producto de su propia actividad intelectual” (López y Tamayo, 2012)

4. PREGUNTA PROBLEMA

Partiendo de la problemática existente para la formación de profesores de química, la pregunta planteada fue la siguiente:

¿Cómo promover el desarrollo de procesos cognitivos de alto orden, cambiando el formato tradicional de prácticas demostrativas en el laboratorio de química?

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Transformar la metodología de laboratorio clásica por una centrada en los niveles de abertura, que permita evidenciar el potencial didáctico del laboratorio, en un colectivo de profesores en formación que cursan el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II de la UPN.

5.2. Objetivos Específicos

- ❖ Estructurar y desarrollar una secuencia didáctica, centrada en los niveles de abertura, para potenciar procesos cognitivos de alto orden en el grupo intervenido.
- ❖ Evaluar la efectividad del trabajo de laboratorio como eje articulador de la propuesta aplicada.

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo De Investigación

La Investigación trabajada para este proyecto fue del tipo Investigación-Acción del autor Zeichner (2005), puesto que este tipo de metodología permite trabajar con una serie de herramientas, en donde el docente debe mejorar sus actitudes, desarrollar procesos colaborativos y desarrollar procesos de autocrítica. En ello, el docente y los participantes (los estudiantes) tratan de colaborar en las fases implicadas durante el proceso investigativo, ya sea en analizar, recolectar datos, puesto que esto permite mejorar los procesos de práctica y asimismo observar que cosas se pueden mejorar durante la práctica y que se puede aportar para mejorar la investigación. (Kemmis & McTaggart, 1988)

Por lo tanto, teniendo el tipo de investigación a trabajar se procede a definir el diseño metodológico, en donde se delimitó la muestra poblacional para la ejecución del proyecto y por consiguiente, establecer las fases metodológicas, pues estas permitieron dar cuenta de los objetivos que se establecieron para este trabajo de grado.

6.2. Población

La muestra que se trabajó para realizar la presente investigación, fue a un grupo de estudiantes que estaban cursando el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II, orientado por el profesor Jaime Casas, durante el semestre 2019-1, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, ubicada en la calle 72 N° 11-86. El grupo estaba conformado por un total de 21 profesores en formación del programa de Licenciatura en Química, entre ellos 9 hombres y 12 mujeres con edades aproximadamente entre los 20-25 años; el proyecto fue desarrollado en este espacio académico de Métodos de Análisis Químico II y en el laboratorio del Departamento de Química.

6.3. Marco Metodológico

El proyecto que se presenta, fue trabajado y estructurado, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, para ello se plantearon 3 fases para su ejecución, cuales son la fase inicial, la fase de desarrollo y la fase de análisis y evaluación.



Figura 8: Etapas metodológicas del trabajo de investigación.

Fuente: Autor

- **FASE INICIAL:** en esta primera fase se realizaron las siguientes actividades
 - ✓ Fundamentación y estructuración de la propuesta de intervención
 - ✓ Análisis de losas en el laboratorio (Lutita de Macanal), por parte del investigador.
 - ✓ Elaboración de instrumentos de recolección de información (rubricas de evaluación, material de apoyo)

- **FASE DE DESARROLLO**

Esta fase implicó la implementación de la secuencia de enseñanza aplicada sobre los profesores en formación de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en el curso de Métodos de Análisis Químico II del semestre 2019-1. Asimismo, se hizo uso de los espacios de la Universidad Pedagógica Nacional como laboratorios, y aulas de clase. El investigador efectuó la observación de cómo los estudiantes trabajaban dentro del laboratorio, con base en las rúbricas previamente diseñadas y asimismo los estudiantes hicieron un informe de laboratorio, para el que el

investigador recolectó la información (rubricas de evaluación de informes) para la sistematización de los resultados.

En esencia, la secuencia de enseñanza abarcó las siguientes actividades:

1. Envío del video, bajo el formato de aula invertida, en el que se detallan los conceptos estructurantes, tales como la espectrofotometría, las partes y funciones del equipo y los tipos de interferencias y antiinterferentes empleados en las determinaciones analíticas.
2. Observación en clase, de las características del equipo y su manejo (nivel de abertura cero)
3. Evaluación virtual de la observación del video sobre la técnica analítica de espectrofotometría de absorción atómica.
4. Envío de la guía de laboratorio y de un borrador del plan de práctica a ser discutido en una sesión previa al trabajo de laboratorio.
5. Ajuste y elaboración de cálculos por parte de los estudiantes, con base en las matrices reales a evaluar, para el envío del plan de práctica ajustado.
6. Implementación de la práctica de laboratorio, en dos jornadas: una de elaboración y adecuación de matrices y patrones para lectura y la segunda, relacionada con el manejo del equipo y lectura de todas las soluciones a evaluar (nivel de abertura 2).
7. Entrega del informe y socialización de los resultados, así como evaluación de las posibles fuentes de error en las determinaciones analíticas realizadas.

- **FASE FINAL DE ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En la última fase, se realizó el análisis de los instrumentos aplicados (rubricas) que estaban centrados en las categorías de análisis y en la ponderación de su grado de avance, que finalmente se generaron las conclusiones obtenidas y condensadas de los resultados, en términos del cumplimiento de los objetivos propuestos.

6.4. Fase Inicial

Consistió en la explicitación de los antecedentes didácticos (niveles de abertura, enfoque histórico del laboratorio en la escuela, etc), y también de antecedentes disciplinares, que definieron la muestra intencionada a intervenir, para así tratar de lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo de investigación.

Por otra parte, el investigador procede a trabajar en el laboratorio para realizar el análisis de la roca (lutita de macanal), siguiendo un protocolo propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el cual se muestra a continuación, en la figura 9.

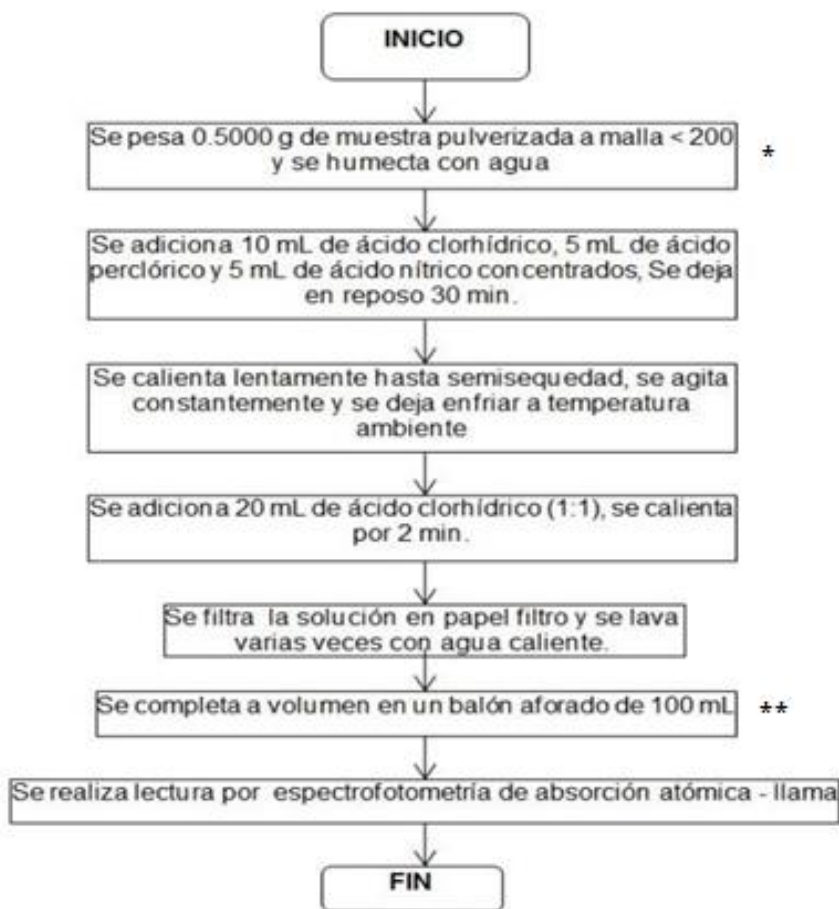


Figura 9: Protocolo de análisis de minerales por espectrofotometría de Absorción atómica del SGC

* Se pesaron 0,5002 g de muestra (Lutita de Macanal)

** En esta parte, como la solución quedó muy turbia se procedió a filtrar esta solución en un embudo de frita de vidrio usando una bomba de vacío.

Para hacer la lectura de la muestra (Lutita de Macanal), se procedió a preparar soluciones de **Na** (0,125-0,250-0,375-0,500 ppm), **K** (1,0-2,0-3,0-4,0 ppm), **Ca** (1,0-2,0-3,0-4,0 ppm), **Mg** (0,075-0,150-0,225-0,300 ppm).

- ✓ Para la determinación del calcio se pesaron 20,1 mg CaCO_3 (99,8 %), que se disolvieron en 6 gotas de HCl. Una vez disuelto el CaCO_3 , se adicionó agua y se aforó en un balón de 250,0 mL. Posteriormente se tomaron volúmenes de 1,6 mL, 3,2 mL, 4,8 mL y

6,4 mL de la solución preparada, se adicionó a cada uno 10 mL de Lantano al 5% y se aforó a en balones aforados de 50 mL.



Figura 10: Soluciones de calcio preparadas

- ✓ Para la determinación del potasio, se pesaron 15,5 mg KCl (99,9 %), se adiciona agua y se aforó en un balón de 250,0 mL. Posteriormente se tomaron volúmenes de 1,6 mL, 3,2 mL, 4,8 mL y 6,4 mL, de la solución preparada y se aforó a en balones de 50,0 mL.



Figura 11: Soluciones de potasio preparadas

- ✓ Sodio: se pesaron 25,6 mg NaCl (99,9 %), y se aforó en balón de 250 mL, después se tomaron 10 mL del balón de 250 mL y se aforaron a un balón de 100 mL y se volvió a repetir este

procedimiento. Luego se tomaron volúmenes de 1,25 mL, 2,50 mL, 3,75 mL y 5,00 mL y se aforó en balón de 50,0 mL.



Figura 12: Soluciones de sodio preparadas

- ✓ Magnesio: se pesaron 61,1 mg $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (99,9 %), se aforó en balón de 250,0 mL, después se tomaron 10 mL del balón de 250 mL y se aforó a 100 mL. Después de preparada la solución stock, se tomaron volúmenes de 1,6 mL, 3,2 mL, 4,8 mL y 6,4 mL y se adicionaron a cada uno 10 mL de Lantano al 5% de la solución preparada y se aforó a en balones de 50,0 mL.



Figura 13: Soluciones de Magnesio preparadas

Ya preparadas las soluciones para la determinación de Na, Ca, Mg, K, de la solución a analizar (Lutita de Macanal) por espectrofotometría, de aquí para preparar las soluciones e identificar la concentración de metales presente en la muestra se tomó 1 mL de la muestra y se le adicionaron 2 mL de anti-interferente ($\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y se aforó a 10 mL y esta solución quedó con factor de dilución 1/10, esta solución fue empleada para determinar calcio en la muestra. Por otra parte, se tomó 1 mL de la solución madre (Lutita de Macanal) y se aforó a 10,0 mL, esta solución queda a 1/10 sin anti-interferente. De esta solución se prepararon otras 3, de aquí se tomó 1 mL se le adicionaron 2 mL de anti-interferente y se aforó a 10 mL y esta solución queda de 1/100 para determinar magnesio. Para determinar potasio y sodio de la solución de 1/10 sin anti-interferente se tomaron 1 mL y se afora a 10 ml, realizándose este proceso 2 veces. Puesto que para el sodio para su determinación por emisión atómica como la lectura fue muy alta fue necesario preparar una solución de 1/1000 tomando la solución de 1/100 sin anti-interferente.



Figura 14: proceso de pesado para obtención de solución de la muestra (Lutita de Macanal)

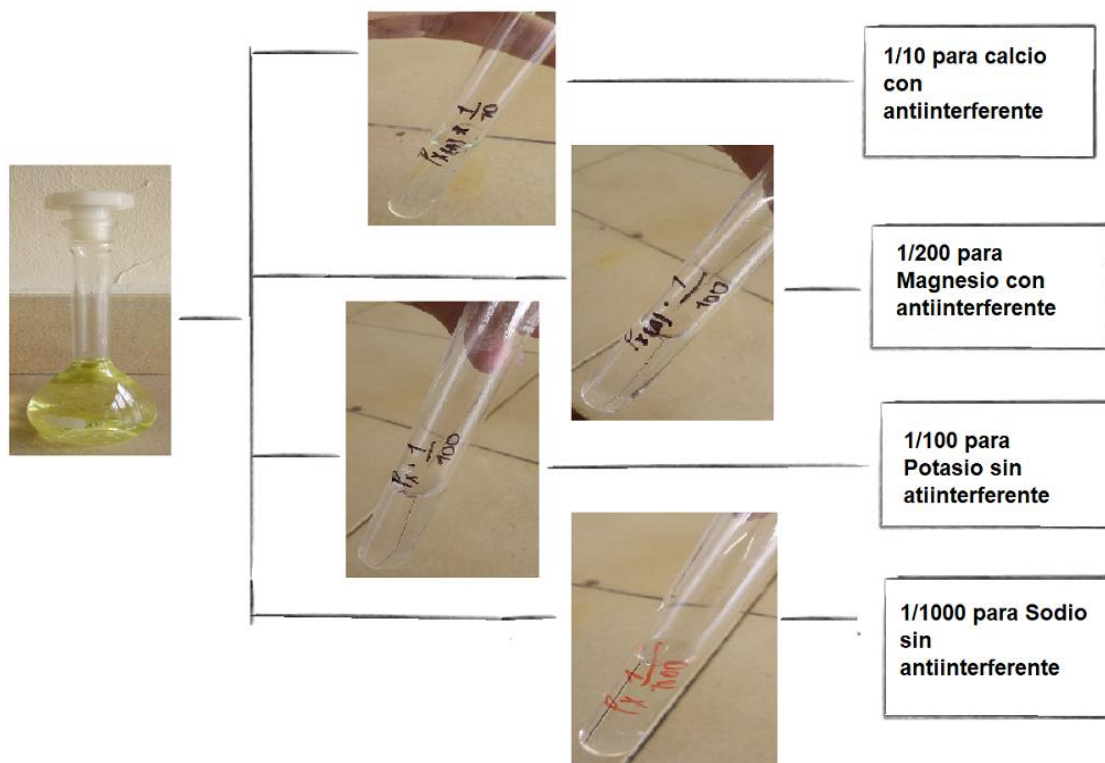


Figura 15: proceso para preparación de soluciones para la determinación de los respectivos metales de la muestra (Lutita de Macanal)

Posterior a ello, en esta fase, se realizó un video sobre la espectrofotetría de emisión y absorción atómica, que se evaluó en un quiz sobre los conceptos expuestos en el video, con un total de 5 preguntas. También en esta fase se elaboraron las rúbricas que se implementaron en la fase de desarrollo, tomándose algunos ítems de las rubricas realizadas por los autores (Pelayo Barbosa, Mondragón Páez, & Correal Pineda, 2011), que se ilustran en los anexos 2 y 3, la guía de laboratorio de la práctica para la determinación de la concentración de metales por espectrofotetría de absorción y emisión atómica de la muestra (Anexo 4), para observar si los estudiantes cumplieron con el objetivo de alcanzar procesos cognitivos de alto orden.

6.5. Fase De Desarrollo

En esta fase se realizaron las actividades propuestas, que incluyeron dos prácticas de laboratorio, una de ellas bajo un formato de aula invertida y

una segunda dividida en dos sesiones, una de elaboración de soluciones patrón y muestras para lectura y otra de lecturas en el equipo existente en la UPN. La práctica de laboratorio fue acerca de la determinación de metales por espectrofotometría de absorción y emisión atómica en la roca, ya una vez seguido todo el protocolo propuesto por el Servicio Geológico Colombiano. Como los estudiantes trabajaron por “iniciativa propia” (Bisquerra, 2004), en esta investigación no se abordaron de manera compleja todos los niveles de abertura propuestos por Herron (1971, como citado por Jiménez, Llobera, y Llitjós, 2005), por lo tanto los niveles que se trabajaron fueron:

- ✓ Nivel cero: Antes de tomar la sesión de laboratorio el profesor del curso se explicaron los conceptos de espectrofotometría, que incluían cómo llevar a cabo el análisis, qué partes componían el equipo de espectrofotometría y cómo debían ser realizados los cálculos respectivos para el análisis espectrofotométrico, aunados a la observación en clase del video sobre el uso del equipo a trabajar. En este nivel se aplicó el modelo didáctico llamado “Aula Invertida” que en inglés se conoce como “*The flipped classroom*” en el que los estudiantes resolvieron un quizz virtual del video sobre la temática (Absorción Atómica), con solo un intento para resolverlo, con el fin de determinar si los estudiantes comprendían correctamente el fundamento teórico de esta técnica de análisis.
- ✓ Nivel dos de abertura: en él, se realizó la práctica de laboratorio, dividida en dos sesiones y se envió la guía de laboratorio sobre la determinación de metales en Lutita de Macanal por espectrofotometría de Absorción Atómica (Anexo 4). Para el trabajo con esta guía, los estudiantes debieron efectuar los cálculos y por otra parte, incluida en la guía de laboratorio, se envió un ejercicio en el que el estudiante debía responder qué número de malla trabajó el analista al momento de tamizar la roca pulverizada. Durante la práctica de laboratorio con los

estudiantes, fue necesario acotar que antes de analizar la muestra, se hizo una pequeña retroalimentación recordando las partes que componía el espectrofotómetro, así como elementos del fundamento teórico. Después con los estudiantes se procedió a hacer la determinación de los metales por absorción atómica (Ca, Mg) y por emisión atómica (Na, K) de las soluciones. Una vez ya determinados los valores de absorción y potencia emitida o absorbancia, según fuera el caso, de las soluciones patrón, se hizo el análisis de estos metales en la muestra ya indicado en el protocolo para el análisis mencionado en la fase inicial. Después de realizado el análisis de los metales presentes en la roca (Ca, Mg, Na, K), los estudiantes del curso hicieron los respectivos informes de laboratorio de manera grupal.

6.6. Fase final de análisis

En esta última fase, se procedió a hacer una evaluación de toda la propuesta en su conjunto, que incluyó la verificación de los resultados obtenidos sobre el video mencionado. También se hizo el análisis sobre los informes de laboratorio, los cuales fueron entregados por cada uno de los grupos de laboratorio del curso; por otra parte, se efectuó el análisis sobre las actitudes que tenían los estudiantes frente al laboratorio, además de evaluar si los estudiantes cumplieron con los ítems propuestos de las rubricas para la medición de procesos cognitivos de alto orden, a partir del trabajo de laboratorio orientado desde la modalidad de niveles de abertura, evidenciados en los informes elaborados por los estudiantes, y mencionados en la tesis de (Pelayo, Mondragón, y Correal, 2011), y asimismo, se establecieron las conclusiones del trabajo realizado.

6.6.1. Desde el cambio cognitivo

Los procesos cognitivos que desarrollaron los estudiantes fueron evidenciados en la observación realizada por el investigador durante el transcurso de la parte experimental.

La rúbrica trabajada (Anexo 2), fue estructurada desde la categorización de los procesos cognitivos de alto orden que presentaban los estudiantes tomando algunos ítems de los autores Pelayo, Mondragón, y Correal, (2011). Esta rúbrica constó de 17 preguntas, que se clasificaron de la siguiente forma:

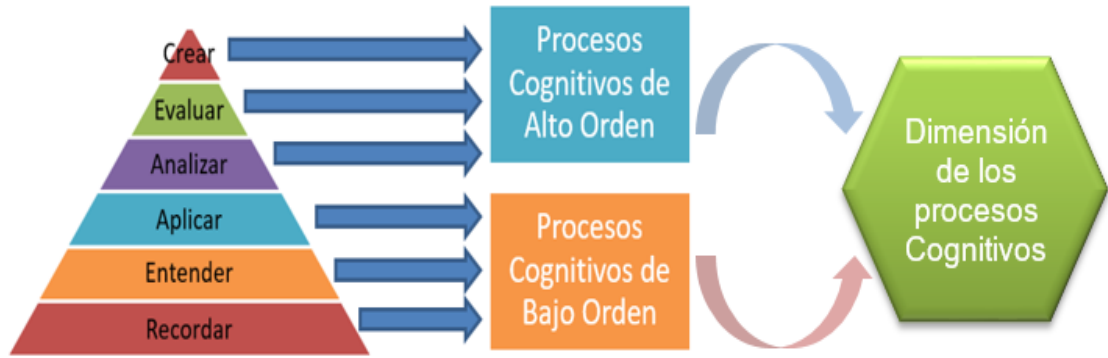
Procesos cognitivos de Alto orden:

- Categoría Analizar: 1-2-3-4-5
- Categoría Evaluar: 6-7-8-9-10-11
- Categoría Crear: 12-13-14-15-16-17

6.6.2. Procesos Cognitivos desde los informes de laboratorio

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, la rúbrica (Anexo 4) constó de 10 preguntas, tomando algunos ítems del trabajo de Pelayo, Mondragón, y Correal (2011), puesto que aquí también se hizo la categorización de los procesos cognitivos de alto orden, por esta razón se evaluaron los informes presentados por cada grupo de laboratorio, para determinar directamente si se alcanzaban los diversos tipos de procesos cognitivos, según la taxonomía de Bloom renovada, es decir la versión Anderson-Krathwohl (Vásquez , 2010, p.55).

En la Taxonomía de Bloom, en el desarrollo de procesos cognitivos de alto orden se encontraba el análisis, la síntesis y la evaluación, mientras que en la versión Anderson-Krathwohl queda la parte de analizar, se sustituye la síntesis por la de evaluar y la evaluación por crear.



*Figura 16: Versión mejorada de la taxonomía de Bloom según Anderson-Krathwohl.
Fuente. Autor*

En tal sentido, los procesos cognitivos de Alto orden que se encuentran en esta rúbrica son:

- Categoría Analizar: 1-2-3-4-5
- Categoría Evaluar: 6-7-8
- Categoría Crear: 9-10

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de metales en la muestra (Lutita de Macanal) por parte del investigador

A continuación, se exponen los resultados obtenidos tanto de las muestras preparadas como de la muestra problema en las sesiones experimentales de laboratorio desarrolladas por los estudiantes, para calcular la concentración en ppm de cada uno de los metales analizados en la muestra y el porcentaje (m/m), mediante el uso de la técnica instrumental de Absorción Atómica para Calcio (**Ca**) y Magnesio (**Mg**) y por Emisión Atómica para Sodio (**Na**) y Potasio (**K**).

Dichos resultados dan cuenta de la efectividad de la propuesta de enseñanza, en la medida que presentan la pertinencia de los cálculos previos y del empleo de antiinterferentes durante las sesiones experimentales.

7.1.1. Emisión Atómica

7.1.1.1. Sodio

Emisión de las soluciones de Na (Sodio)

PATRÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)	EMISIÓN 1	EMISIÓN 2	EMISIÓN 3	EMISIÓN (PROMEDIO)
1	0,125	39,00	40,00	39,00	39,00
2	0,250	28,00	29,00	27,00	28,00
3	0,375	44,00	45,00	47,00	45,33
4	0,500	70,00	72,00	72,00	71,33

Tabla 5: Concentración y valores de emisión atómica de los patrones de Sodio

Valores de Emisión de Sodio en la muestra

MUESTRA (Na) EMISIÓN	
	58,00
	57,00
	58,00
Promedio	57,667

Tabla 6: Valores de emisión atómica de la muestra para el metal de estudio (Na)

- **Cálculos**

- **Prueba Q (Descarte de datos por prueba Q o contraste de Dixon)**

Con el objetivo de garantizar la precisión y la exactitud en el reporte final de la concentración de los metales a analizar (Na, Ca, K, Mg), presentes en la roca (Lutita de Macanal), se aplicó la prueba Q a los cocientes entre el promedio de (Absorción y Emisión) y la concentración puesto que esto permite “evaluar una medida sospechosa comparando la diferencia entre ella y la medida más próxima en tamaño, con el intervalo de las medidas” (Miller & Miller, 2002)

<i>Patrón</i>	<i>Concentración (ppm)</i>	<i>Emisión (Promedio)</i>	<i>Cociente (E/C)</i>	<i>Orden »/«</i>
<i>1</i>	<i>0,128</i>	<i>39,00</i>	<i>304,69</i>	<i>304,69</i>
<i>2</i>	<i>0,257</i>	<i>28,00</i>	<i>108,95</i>	<i>138,50</i>
<i>3</i>	<i>0,386</i>	<i>45,33</i>	<i>117,44</i>	<i>117,44</i>
<i>4</i>	<i>0,515</i>	<i>71,33</i>	<i>138,50</i>	<i>108,95</i>

Tabla 7: datos para el rechazo con uso de la prueba Q (Na)

Usando la fórmula para el rechazo de datos con la prueba Q de Dixon

$$Q = \frac{|Valor\ sospechoso - Valor\ más\ cercano|}{(Valor\ más\ grande - Valor\ Pequeño)}$$

El valor obtenido es contrastado con los valores establecidos por el criterio de Dixon y se procedió a descartar los datos experimentales superiores a los críticos. A continuación se muestra la aplicación de la prueba Q Para el patrón sodio N°1

$$Q = \frac{|304,69 - 138,50|}{(304,69 - 108,95)} = 0,847$$

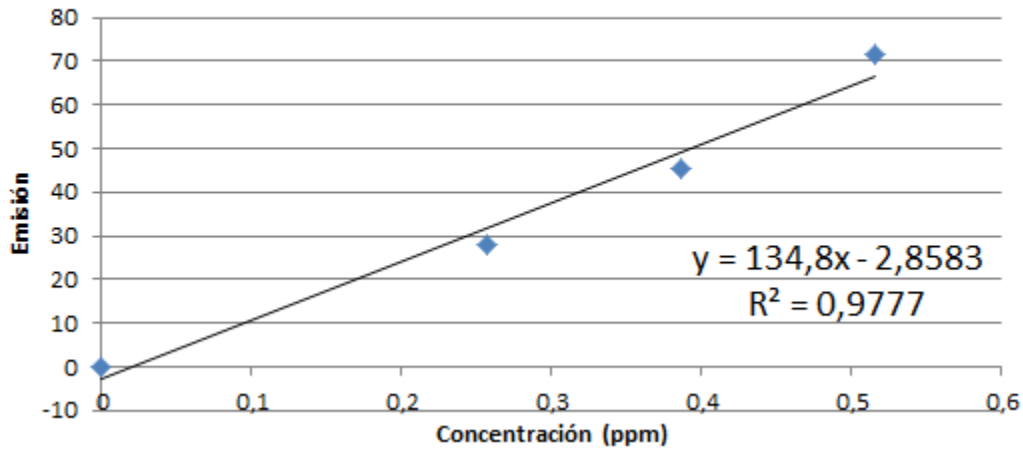
El valor crítico de Q para un tamaño de 4 muestras es de 0,831 por lo que se debe descartar para la curva de calibración.

Q>Q Crítico se rechaza X1: 0,847

Q<Q crítico no se rechaza X4 : 0,044

Curva de Calibración para el sodio

Curva de Calibración del sodio



Gráfica 1: Curva de Calibración del Sodio

Calculo de la concentración de sodio en la muestra

$$Y = 134,8X - 2,854$$

El valor de Y es de 57,66 puesto que esta fue la emisión promedio de la muestra para sodio.

$$X = \frac{57,66 - (-2,8583)}{134,8} = 0,449 \text{ ppm Na}$$

Incertidumbre= 0,449 ppm Na \pm 2,16

$$0,449 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1000\text{mL}}{1\text{mL}} = 449 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 0,1\text{L} = 44,9 \text{ mg Na}$$

Reportado en ppm

$$\text{ppm} = \frac{44,9 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg Lutita}} = 89800 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ Na}$$

Reportado en porcentaje % (m/m)

$$\% \text{ Na en Lutita: } \frac{0,0449 \text{ g Na}}{0,5002 \text{ g Lutita}} * 100 = 8,97\% \text{ Na}$$

7.1.1.2. Potasio

Emisión de las soluciones de K (Potasio)

PATRÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)	EMISIÓN 1	EMISIÓN 2	EMISIÓN 3	EMISIÓN (PROMEDIO)
1	1.0	20,00	20,00	20,00	20,00
2	2.0	38,00	38,00	38,00	38,00
3	3.0	53,00	53,00	53,00	53,00
4	4.0	65,00	66,00	65,00	65,33

Tabla 8: Concentración y valores de emisión atómica de los patrones de Potasio

Valores de Emisión de Potasio en la muestra

MUESTRA (K) EMISIÓN	
	28,00
	27,00
	27,00
Promedio	27,333

Tabla 9: Valores de emisión atómica de la muestra para el metal de estudio (K)

- **Cálculos**
 - **Prueba Q (Descarte de datos por prueba Q o contraste de Dixon)**

Patrón	Concentración (ppm)	Emisión (Promedio)	Cociente (E/C)
1	1,04	20,00	19,231
2	2,08	38,00	18,269
3	3,12	53,00	16,987
4	4,16	65,33	15,704

Tabla 10: datos para el rechazo con uso de la prueba Q (K)

La prueba Q para el potasio quedó de la siguiente manera:

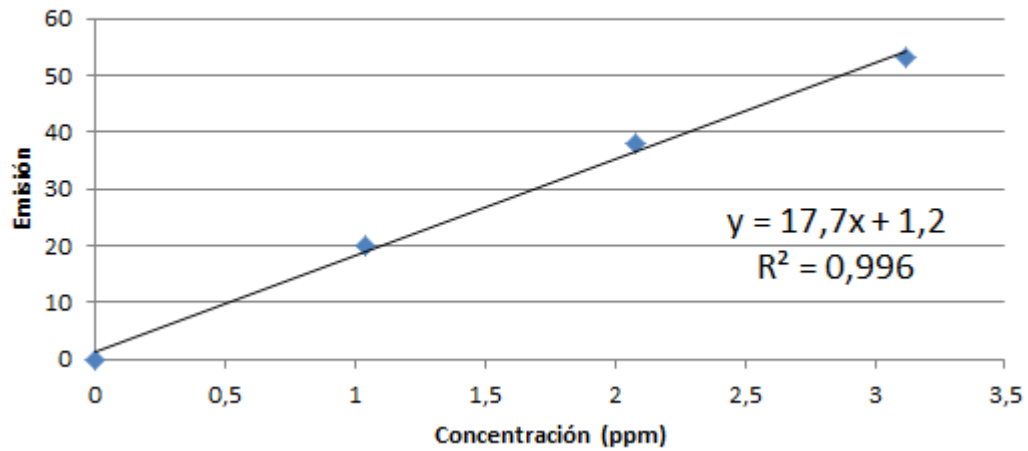
$$Q1 = 0,364$$

$$Q2 = 0,273$$

Por lo tanto, como ninguno de los datos está ni por encima del Q crítico, no se descartan datos de las soluciones de potasio preparadas.

Curva de Calibración para el Potasio

Curva de Calibración del Potasio



Gráfica 2: Curva de Calibración del Potasio

Calculo de la concentración de Potasio en la muestra

Todos los cálculos se hicieron de la misma forma, obteniendo el siguiente resultado:

Concentración de potasio en mg de potasio/ Kg muestra: **29400 mg/Kg K**

Porcentaje % (m/m): **2,93% K**

7.1.2. Absorción Atómica

7.1.2.1. Calcio

Absorción de las soluciones de Ca (Calcio)

PATRÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)	ABSORCIÓN 1	ABSORCIÓN 2	ABSORCIÓN 3	ABSORCIÓN (PROMEDIO)
1	1.0	0,045	0,046	0,043	0,045
2	2.0	0,081	0,080	0,080	0,080
3	3.0	0,115	0,114	0,115	0,115
4	4.0	0,149	0,146	0,147	0,147

Tabla 11: Concentración y valores de absorción atómica de los patrones de Calcio

Valores de Absorción de Calcio en la muestra

MUESTRA (Ca)	
ABSORCIÓN	
	0,047
	0,043
	0,045
Promedio	0,045

Tabla 12: Valores de absorción atómica de la muestra para el metal de estudio (Ca)

- **Cálculos**

- **Prueba Q (Descarte de datos por prueba Q o contraste de Dixon)**

Patrón	Concentración (ppm)	Absorción (Promedio)	Cociente (A/C)
1	1,03	0,045	0,044
2	2,06	0,08	0,039
3	3,09	0,115	0,037
4	4,13	0,147	0,036

Tabla 13: datos para el rechazo con uso de la prueba Q (Ca)

La prueba Q para el Calcio quedó de la siguiente forma:

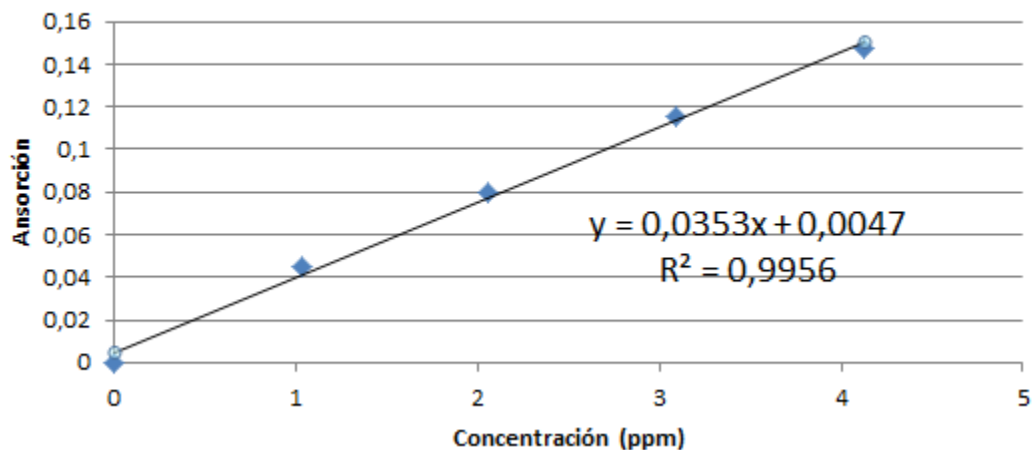
$$Q_1 = 0,177$$

$$Q_2 = 0,574$$

No se hizo rechazo de datos.

Curva de Calibración para el Calcio

Curva de Calibración del Calcio



Gráfica 3: Curva de Calibración del Calcio

Calculo de la concentración de Calcio en la muestra

$$Y = 0,0353X + 0,0047$$

El valor de Y es de 0,045 puesto que esta fue la absorción promedio de la muestra para calcio.

$$X = \frac{0,045 - 0,0047}{0,0353} = 1,13 \text{ ppm}$$

Incertidumbre= 1,13 ppm Ca \pm 0,66

Concentración de calcio en la muestra

$$1,13 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{100\text{mL}}{1\text{mL}} = 113 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 0,1\text{L} = 11,33 \text{ mg Ca}$$

Reportado en ppm

$$\text{ppm} = \frac{11,33 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg Lutita}} = 22660 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ Ca}$$

Reportado en porcentaje % (m/m)

$$\% \text{ Ca en Lutita: } \frac{0,01133 \text{ g Na}}{0,5002 \text{ g Lutita}} * 100 = 2,26 \% \text{ Ca}$$

7.1.2.2. Magnesio

Absorción de las soluciones de Mg (Magnesio)

PATRÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)	ABSORCIÓN 1	ABSORCIÓN 2	ABSORCIÓN 3	ABSORCIÓN (PROMEDIO)
1	0,075	0,028	0,028	0,030	0,029
2	0,150	0,055	0,054	0,054	0,054
3	0,225	0,088	0,087	0,087	0,087
4	0.300	0,107	0,108	0,104	0,106

Tabla 14: Concentración y valores de absorción atómica de los patrones de Magnesio

Valores de Absorción de Magnesio en la muestra

MUESTRA (Mg)	
ABSORCIÓN	
	0,094
	0,094
	0,094
Promedio	0,094

Tabla 15: Valores de absorción atómica de la muestra para el metal de estudio (Mg)

- **Cálculos**
 - **Prueba Q (Descarte de datos por prueba Q o contraste de Dixon)**

<i>Patrón</i>	<i>Concentración (ppm)</i>	<i>Absorción (Promedio)</i>	<i>Cociente (A/C)</i>	<i>Orden »/«</i>
<i>1</i>	<i>0,077</i>	<i>0,029</i>	<i>0,377</i>	<i>0,377</i>
<i>2</i>	<i>0,154</i>	<i>0,054</i>	<i>0,351</i>	<i>0,377</i>
<i>3</i>	<i>0,231</i>	<i>0,087</i>	<i>0,377</i>	<i>0,351</i>
<i>4</i>	<i>0,308</i>	<i>0,106</i>	<i>0,344</i>	<i>0,344</i>

Tabla 16: datos para el rechazo con uso de la prueba Q (Ca)

La prueba Q para el Calcio quedó de la siguiente forma:

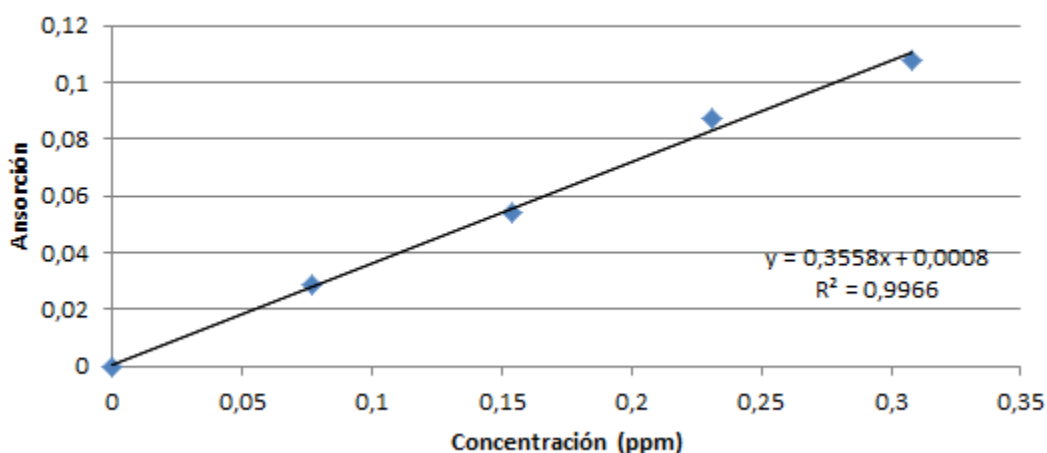
$$Q1 = 0,231$$

$$Q2 = 0,176$$

No se hizo rechazo de datos.

Curva de Calibración para el Magnesio

Curva de Calibración del Magnesio



Gráfica 4: Curva de Calibración del Magnesio

Calculo de la concentración de Potasio en la muestra

Concentración de potasio en mg de potasio/ Kg muestra: **2598 mg/Kg Mg**

Porcentaje % (m/m): **2,59% Mg**

Los anteriores resultados condensan lo reportado en informes y evaluado en las rúbricas formuladas y elaboradas para dar seguimiento a la secuencia de enseñanza en la enseñanza de la temática de espectrofotometría de absorción atómica en el espacio académico de métodos de análisis químico II, y fueron obtenidos, tanto por los estudiantes como por el investigador, autor del presente trabajo de grado.

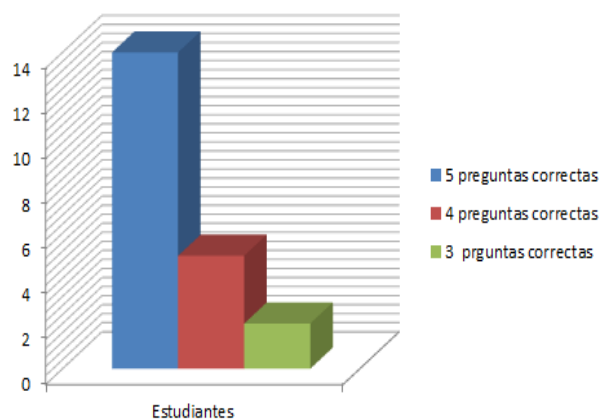
7.2. Resultados sobre el ejercicio de intervención didáctica

7.2.1. Quiz video de Absorción Atómica. Metodología “*The flipped classroom*” ó “*Aula Invertida*”

En esta primera parte, se realizó un quizz utilizando las TIC's (Tecnologías de la Información y la Comunicación), con el evaluar si los estudiantes comprendieron la información que se mencionaba en el video acerca de la temática (Absorción y Emisión Atómica), con solo un intento para resolverlo.

Estos resultados aportan en el sentido de determinar la eficiencia del establecimiento de bases teóricas dentro de la secuencia de enseñanza, que permitió fundamentar el ejercicio experimental en la cuantificación de cuatro metales en la roca de lutita, que orientaron el trabajo experimental a una muestra real, que en buena medida es uno de los objetivos a cumplir dentro del espacio académico de métodos de análisis químico II, del programa de licenciatura en química de la UPN.

Los resultados obtenidos de este quiz (Anexo 1) se muestran en la gráfica N°5



Gráfica 5: Resultados del quiz del video sobre absorción y emisión atómica

Con los resultados obtenidos se puede decir que los estudiantes entendieron en gran medida los fundamentos básicos de esta técnica

de análisis instrumental, lo que permitiría en las sesiones futuras de laboratorio, con nivel de abertura dos, aplicar lo aprendido, sobre una muestra real.

En tal sentido, el utilizar en primera instancia esta estrategia “*flipped classroom*” antes de comenzar a realizar la parte experimental, pretendía que se abarcaran todas las dimensiones cognitivas, es decir la taxonomía de Bloom.

- a) Conocimiento: que se refiere a que los estudiantes sean capaces de dar cuenta de la información trabajada, ya sea suministrada en la clase o del mismo video.
- b) Comprensión: que da cuenta de la capacidad de los estudiantes de presentar de otra manera la información, aspecto que se vio reflejado en la redacción de los informes.
- c) Aplicación: en la medida que a partir de lo aprendido de forma teórica se pudiera poner en práctica dentro del laboratorio, desde el conocimiento de los componentes básicos del equipo.
- d) Análisis: que se refiere a que los estudiantes fueran capaces de descomponer todo tipo de información en sus partes, lo que permitiera que ellos pudieran solucionar el problema (Análisis de la roca) a partir de los conocimientos ya adquiridos.
- e) Síntesis: que indica que los alumnos sean capaces de crear, integrar, combinar ideas, aspecto que se vio reflejado en algunos informes dando recomendaciones para mejorar el análisis de la roca, es decir mencionando otra técnica de análisis para su estudio.
- f) Evaluación: referente a que los alumnos pudiesen dar juicios de opinión con respecto al video de la temática con el fin de que ellos de forma autónoma pudieran complementar su estudio.

7.2.2. Procesos Cognitivos De Alto Orden

En este trabajo los procesos cognitivos de alto orden a evaluar, se tuvo en cuenta la taxonomía de Bloom mejorada (Anderson-Krathwohl) ya que los procesos cognitivos de alto orden a tener en cuenta fueron: 1. Analizar, 2. Evaluar, 3. Crear. Los procesos cognitivos de alto orden fueron medidos a partir de la práctica de laboratorio y de los informes entregados por los estudiantes del curso de Métodos de Análisis Químico II, puesto que estos resultados fueron tomados a partir de las observaciones del investigador.

7.2.2.1. Categoría Analizar

Desde la Práctica de laboratorio

Según la valoración dada a partir de las observaciones del investigador en esta categoría (Analizar) a partir de la tabla 17, se pudo evidenciar que la mayoría de los estudiantes presentaron un dominio significativo en términos de la argumentación y explicación de los fenómenos químicos, por otra parte se evidenció que ellos emplearon herramientas para procesar los datos, puesto que estos datos los organizaron en forma de tablas y gráficos ya que esta estructuración también fue tomada en cuenta en la categoría crear. Una gran parte de los estudiantes del curso fueron capaces de dividir la información, con el fin de agrupar una serie de ideas u otros elementos provenientes de otras fuentes para así dar explicación a los fenómenos de la práctica de laboratorio realizada, pues según Pickering (1985) menciona que si existe una asociación entre los conceptos teóricos y los datos empíricos, se logra en gran medida una mejor comprensión de los fenómenos vistos en el laboratorio.

MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS EN EL LABORATORIO (Procesos Cognitivos de Alto Orden)	Consenso del Investigador
	Cumplimiento del ítem de evaluación
<i>Analizan y Procesan datos Químicos con herramientas computacionales adecuadas.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>
<i>Analizan y Contrastan Información desde diferentes principios Químicos.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>

Saben distinguir que magnitudes o medidas son esenciales en el estudio realizado para evitar posibles fuentes de error.	Se cumplen en cierta parte
Dividen la información en partes agrupando ideas o elementos constitutivos.	Si cumple
Infieren predicciones cuantitativas y cualitativas basadas en la observación de hechos experimentales.	Se cumple en cierta parte

Tabla 17: Procesos cognitivos de alto orden de la categoría analizar.

* Cada ítem fue evaluado por el investigador de la siguiente forma (Sí cumple - Se cumple en cierta parte - no se cumple)

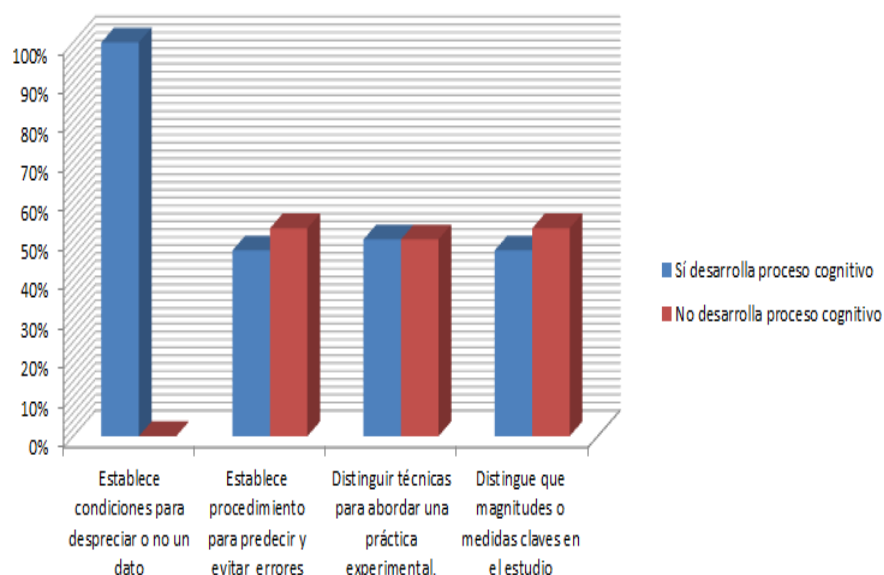
Desde los informes elaborados por los estudiantes.

A partir de la revisión de los informes (Tabla 18) se puede decir que los estudiantes fueron capaces de establecer condiciones para realizar el respectivo rechazo de datos, puesto que en la parte experimental hubo un dato anómalo al momento de realizar la lectura. El dato anómalo a rechazar fue la primera concentración del patrón sodio. Se puede corroborar que el 50% de los estudiantes puede distinguir la técnica, puesto que antes de realizarse la parte experimental se hizo un pequeño repaso sobre las partes que componen el equipo, viéndose una participación activa de los estudiantes (50%). Por otra parte todos los estudiantes pueden distinguir las magnitudes y medidas para este tipo de análisis, solo que el 47,2% si cumple este objetivo, puesto que estos estudiantes fueron capaces de realizar los cálculos de una forma correcta expresando las concentraciones de los metales a analizar en ppm, en cambio el 52,8% pudo haber cometido errores ya sea de procedimiento matemático para obtener dichos resultados. Aquí conviene explicar que al suministrar poca información teórica en una guía de laboratorio, se buscaba fomentar un análisis y autonomía en el estudiante ya con esto se favorecieron actitudes positivas en el laboratorio, fortaleciéndose en ellos mismos la investigación científica (Jiménez, et al, 2006).

Nivel de Abertura	2	
Ítems	Crterios	
	Sí desarrolla proceso	No desarrolla

	cognitivo	proceso cognitivo
Establece condiciones para decidir cuándo un dato experimental debe ser despreciable o no.	100%	0,00%
Establece el procedimiento necesario para predecir y evitar (evaluar) errores en los datos experimentales.	47,2%	52,8%
Distinguir las técnicas posibles para abordar una práctica experimental.	50%	50%
Distingue que magnitudes o medidas son claves en el estudio realizado para evitar posibles fuentes de error.	47,2%	52,8%

Tabla 18: procesos cognitivos de alto orden (Analizar) del informe desarrollado de la práctica de laboratorio: determinación de metales por absorción y emisión atómica en Lutita de Macanal.



Gráfica 6: Proceso cognitivo de alto orden de la categoría Analizar

7.2.2.2. Categoría Evaluar

MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS EN EL LABORATORIO (Procesos Cognitivos de Alto Orden)	Consenso del Investigador
	Cumplimiento del ítem de evaluación
Establecen criterios en la selección del procedimiento y técnica experimental adecuada en la resolución de un problema.	Sí cumple
Valoran los riesgos y métodos de trabajo apropiados para realizar distintos procedimientos experimentales con seguridad en el laboratorio.	Sí cumple

<i>Argumentan de manera coherente los resultados obtenidos de un experimento.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>
<i>Predicen y controlan los fenómenos químicos por medio de la observación, experimentación y la aplicación.</i>	<i>Si cumple</i>
<i>Establecen relaciones entre los conceptos o resultados para explicar o justificar planteamientos.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>
<i>Obtienen conclusiones a partir de las premisas o supuestos obtenidos desde los datos empíricos.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>

Tabla 19: Procesos cognitivos de alto orden de la categoría Evaluar.

** Cada ítem fue evaluado por el investigador de la siguiente forma (Sí cumple- Se cumple en cierta parte-no se cumple)*

Según las observaciones realizadas por el investigador, teniendo en cuenta algunos ítems del trabajo de grado de Pelayo, Mondragón, y Correal (2011) en la tabla 19, se evidenciar que los estudiantes valoraron en buena medida la seguridad en el laboratorio, puesto que ellos se preocuparon por el uso de los implementos necesarios con el fin de cumplir con las normas de seguridad dentro del laboratorio. También los estudiantes realizaron explicaciones sobre la coloración de la llama en el equipo al realizar cada una de las lecturas, tanto de las soluciones patrón como de la muestra a analizar (Lutita de Macanal), lo que en buena medida da cuenta del criterio de observación de fenómenos dentro del laboratorio, puesto que directamente se infiere la razón por la que fue seleccionada esta técnica para el análisis del mineral. Como todos los estudiantes cumplieron con la seguridad dentro del laboratorio, en esta categoría se recomienda según Pelayo, Mondragón, y Correal (2011) ajustar la estrategia de enseñanza propuesta por parte de los docentes con el fin de que existiera la promoción de una política de seguridad dentro de los laboratorios. Teniendo en cuenta esta recomendación se buscó mejorar los métodos de trabajo dentro del laboratorio, mirar más allá sobre los riesgos que se pueden presentar, ya que de esta forma cuando el estudiante realizara las prácticas de laboratorio de forma autónoma, ellos mismos serían capaces de hacer sus propios protocolos, realizando las modificaciones necesarias para evitar obstáculos (ya sea de tipo técnico o de carácter químico: fenómenos o

reacciones químicas) o también para conocer de antemano qué medidas de seguridad se podían seguir en caso de que hubiera ocurrido algún accidente.

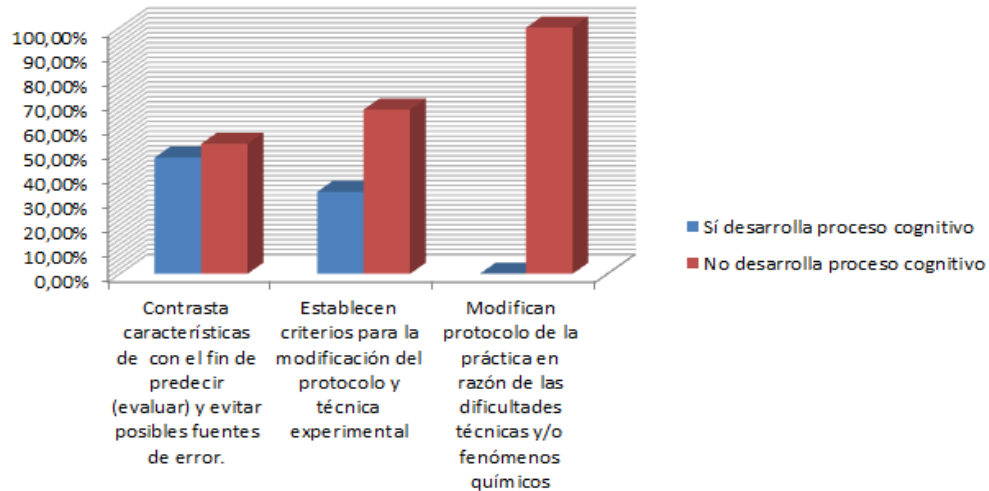
Por otra parte los estudiantes fueron capaces de manejar bien los conceptos para explicar el fenómeno ocurrido en la práctica, lo que a su vez fue esencial para argumentar los resultados obtenidos y asimismo que ellos fueran capaces de proponer sus propias conclusiones a partir de los resultados obtenidos dentro del laboratorio y así contrastar frente a otras fuentes si los cálculos para determinar las concentraciones en ppm de los metales analizados fueron los correctos.

Desde los informes elaborados por los estudiantes.

Con respecto a los informes realizados por los estudiantes, los resultados de la tabla 20 y la gráfica 7, un poco menos de la mitad de los estudiantes fue capaz de predecir y evaluar causas de error, puesto que estos estudiantes fueron capaces de realizar los cálculos respectivos de una forma correcta, en cambio los otros estudiantes tuvieron falencias para dar la concentración de los metales a analizar de la muestra a pesar de tener una buena organización de los datos. Dichas falencias en los estudiantes se podrían deber en cierta medida en que ellos no repasaron el procedimiento de los cálculos matemáticos de esta técnica o también se podría deber a que no planificaron el tiempo para el desarrollo de los cálculos, ya que por la premura del tiempo, los estudiantes tienden a cometer errores.

Nivel de Abertura	2	
Ítems / Criterios	Sí desarrolla proceso cognitivo	No desarrolla proceso cognitivo
<i>Contrasta las características de varios sistemas con el fin de predecir (evaluar) y evitar posibles fuentes de error.</i>	47,2%	52,8%
<i>Establecen criterios para la modificación del protocolo y técnica experimental adecuada en la resolución del problema suministrado.</i>	33,3 %	66,7%
<i>Modifican el protocolo de la práctica de laboratorio en razón de las dificultades técnicas y/o fenómenos químicos que puedan</i>	0,00 %	100%

Tabla 20: procesos cognitivos de alto orden (Evaluar) del informe desarrollado de la práctica de laboratorio: determinación de metales por absorción y emisión atómica en Lutita de Macanal



Gráfica 7: Proceso cognitivo de alto orden de la Categoría Evaluar

7.2.2.3. Categoría Crear

Las observaciones realizadas por el investigador de la categoría crear en la tabla 21 se puede reflejar que los estudiantes fueron organizados al momento de realizar el informe solicitado, puesto que los estudiantes diseñaron diagramas de flujo, gráficas y tablas para organizar los datos obtenidos dentro de la práctica de laboratorio, ya que al no organizar los datos es más probable que se dificultara más el análisis del informe. Por lo tanto, el organizar los datos permitió que los estudiantes pudieran redactar de manera razonable y coherente los resultados. También es destacable que los estudiantes al momento de hacer la redacción del informe, tuvieron presente los conceptos a trabajar, pues en gran medida ayuda a que los estudiantes sean capaces de generar hipótesis para así dar conclusiones con respecto a la práctica realizada. Por consiguiente los datos que se obtuvieron en esta investigación corroboran en gran medida el planteamiento de (Shiland, 1989) citado

por (Jiménez Valverde, Llobera Jiménez, & Llitjós Viza, 2006), quien afirma que cuando se reduce la información en una guía de laboratorio, los estudiantes se ven forzados a realizar modificaciones o a crear protocolos, que demuestra el favorecimiento del desarrollo de procesos cognitivos de alto orden, logrando mejorar el nivel de apertura dentro del laboratorio, dejando así a un lado las guías de laboratorio tipo receta en las que solo se llega al desarrollo de procesos cognitivos de bajo orden, en los que no se observa que los estudiantes tengan un buen nivel de análisis para interpretar los fenómenos que ocurren dentro del ambiente (Laboratorio).

<i>MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS EN EL LABORATORIO (Procesos Cognitivos de Alto Orden)</i>	<i>Consenso del Investigador</i>
	<i>Cumplimiento del ítem de evaluación</i>
<i>Desarrollan de manera Ordenada y coherente, los resultados de un experimento mediante la redacción de un informe del experimento.</i>	<i>Si cumple</i>
<i>Diseñan de modo adecuado en forma de tabla o gráfica los resultados del experimento.</i>	<i>Si cumple</i>
<i>Reordenan la Información proveniente de diferentes fuentes.</i>	<i>Si cumple</i>
<i>Modifican y corrigen el protocolo de la práctica de laboratorio acorde a las dificultades técnicas que se le presentaron.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>
<i>Identifican los elementos que se deben relacionar para obtener los resultados o generar nuevas construcciones.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>
<i>Plantean hipótesis provisionales y exploratorias que conllevan a conclusiones y posibles generalizaciones en el contexto de la práctica de laboratorio.</i>	<i>Se cumple en cierta parte</i>

Tabla 21: Procesos cognitivos de alto orden de la categoría Evaluar.

* Cada ítem fue evaluado por el investigador de la siguiente forma (Sí cumple- Se cumple en cierta parte-no se cumple)

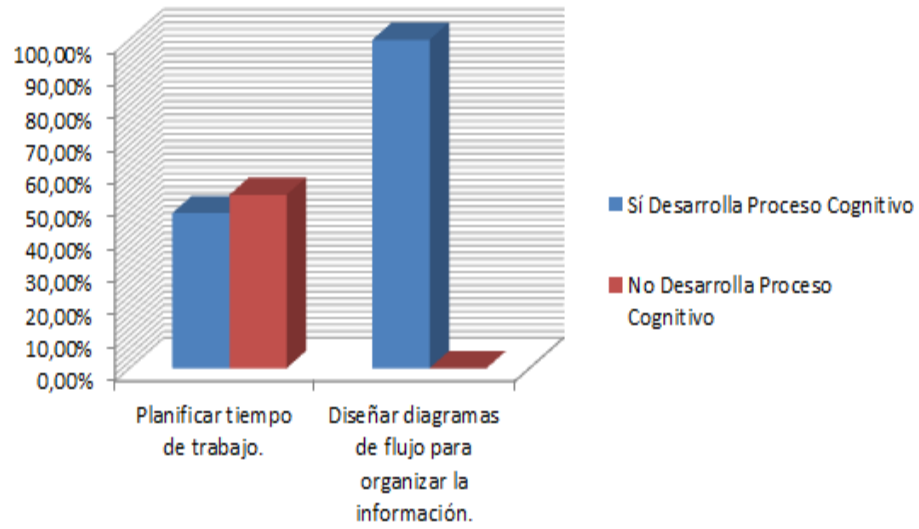
Desde los informes elaborados por los estudiantes.

Nivel de Abertura		2	
Ítems	Criterios	Sí desarrolla proceso cognitivo	No desarrolla proceso cognitivo
		<i>Planificar el tiempo de trabajo.</i>	47,2 %
<i>Diseñar diagramas de flujo con el fin de organizar la información.</i>	100%	0,00%	

Tabla 22: procesos cognitivos de alto orden (Crear) del informe desarrollado de la práctica de laboratorio: determinación de metales por absorción y emisión atómica en Lutita de Macanal.

Mediante la revisión de los informes de laboratorio desarrollados por los estudiantes del curso de Métodos de Análisis Químico II (Ver tabla 22 y Gráfica 8) se pudo observar que los alumnos fueron capaces de diseñar los diagramas de flujo de la práctica realizada. En este criterio se pretendía observar mediante el nivel de abertura II de Herron (1971), si los estudiantes tenían un avance gradual en los procesos cognitivos de alto orden, puesto que los niveles de abertura de Herron (1971), menciona que para cada nivel se proveerá o no, herramientas tales como objetivos, material, el tipo de metodología a trabajar y el tipo de solución. Por lo tanto al no proveerles tantas herramientas en una guía de laboratorio a los estudiantes, ellos se vieron obligados a crear nuevas estrategias con el fin de promover mejores análisis, dejando a un lado las vías de pensamiento tradicionales las cuales se encuentran ligadas con los procesos cognitivos de bajo orden. La gráfica 8 ilustra que todos los estudiantes diseñaron los diagramas de flujo, puesto que ellos organizaron la información incluyendo tanto tablas como gráficas ya que dicha organización facilitaba en gran forma la realización de los cálculos, teniendo en cuenta un factor el cual era la planificación del tiempo puesto que el 47,2% de los estudiantes planificó el tiempo para la entrega de un informe adecuado con un análisis acertado. También en un grupo de laboratorio se destacó por dar algunas recomendaciones para mejorar el análisis del mineral, sugiriendo el cambio de lámparas del equipo, puesto que estas ya se encuentran desgastadas o

utilizar otra técnica instrumental que permitiera dar datos mucho más exactos.



Gráfica 8: Proceso cognitivo de alto orden de la categoría Crear

8. CONCLUSIONES

- Se desarrolló y realizó una metodología alternativa de trabajo en el laboratorio, desde los niveles de abertura (en este caso, niveles cero y dos) que dio cuenta de un favorable potencial didáctico en términos de la promoción de procesos cognitivos de alto orden en el grupo intervenido.
- La implementación de ejercicios de intervención didáctica como el que es presentado en el presente trabajo se constituye en una oportunidad de demostrar el significativo potencial didáctico del laboratorio, al ilustrar las posibilidades de acción de los equipos instrumentales del laboratorio de química, que para este trabajo, dio lugar a utilizar el equipo de 'absorción atómica' en el modo de emisión atómica, que no se había hecho previamente, en los años que lleva el equipo en funcionamiento.
- El escenario de laboratorio mostró su pertinencia para la enseñanza y el aprendizaje de la temática de espectrofotometría de absorción y emisión atómica, en el que el empleo de una problemática y una muestra real, aproxima al estudiante a la articulación entre los conceptos teóricos y los prácticos (que incluirían la adecuación de la muestra para el análisis y las modificaciones a protocolos y cálculos) y se constituye en un argumento para ahondar en su aplicación en la transformación de las prácticas de enseñanza en el dominio de la química analítica instrumental a nivel universitario en un contexto de formación de profesores.
- Se puede concluir que los estudiantes a medida que se les suministró una limitada información teórica en la guía de laboratorio, fueron capaces de investigar de otras fuentes de conceptos u otras ideas que se vieron involucradas para dar explicación de fenómenos, puesto que se observó mediante los informes de laboratorio, la adecuada redacción y asociación de los conceptos implicados para la práctica. Como se abordó solo una práctica de laboratorio (experimental, nivel dos de abertura), algunos estudiantes mostraron un buen dominio para realizar

los cálculos respectivos para el análisis de metales en la muestra (Lutita de Macanal), es de esperarse que si se hubiera hecho una segunda sesión, los resultados hubieran sido más significativos.

- Con respecto al quizz del video aplicando la metodología de “Aula Invertida”, el desarrollo de esta experiencia resultó ser muy significativa, pues el video y la resolución del quizz permitieron establecer un fundamento que permitió en las actividades siguientes, dar cuenta de un adecuado manejo de la muestra y del equipo instrumental, así como de las temáticas de Absorción y Emisión Atómica, lo que se aúna al hecho de que tal ejercicio fue aceptado de buena forma por parte de los estudiantes del curso de Métodos de Análisis Químico II.
- En esta medida, se propone atender a la necesidad de incluir material que emplee las TIC’s, para que los estudiantes mejoren las dimensiones de procesos cognitivos, ya que al combinarse con la modalidad de niveles de abertura, no solo se refuerzan conceptos, sino que también existe la posibilidad de que el estudiante mejore la parte argumentativa y sepa explicar de mejor manera los fenómenos que ocurrieron en un laboratorio.

9. SUGERENCIAS

- Δ Puesto que la modalidad de niveles de abertura en análisis instrumental no ha sido muy empleada, conviene revisar la conveniencia de este tipo de estrategias, en términos de la promoción de procesos cognitivos de alto orden.

- Δ Aplicar el modelo didáctico de Niveles de Abertura en diferentes instituciones de educación superior (universitario, tecnólogo y postgrado) en áreas de estudio cercanas a la Química.

- Δ Diseñar instrumentos para hacer un seguimiento adecuado a los niveles de abertura en las diferentes prácticas de laboratorio, eso con el fin de que los estudiantes desarrollen procesos cognitivos de alto orden, y por lo tanto los alumnos den cuenta de una mayor autonomía en un ambiente experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga Olivera, S. W. (2011). Taxonomía de bloom. *Universidad Cesar Vallejo*, 4, 3-10.
- Andrés, D. M., & Guerra, F. J. (2015). *Formación Profesional Básica-Ciencias aplicadas II*. Pozuelo de Alarcón (Madrid): Editex.
- Bisquerra Alzina, R. (2004). *Metodología de la Investigación Educativa*. Madrid : Editorial La Muralla.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy educational objectives: Handbook I, Cognitive Domain*. Nueva York: Ed. McKay.
- Bürgl, H. (1960). El Jurásico e infracretáceo del río Batá, Boyacá. *Boletín Geológico*, 6(1-3), 169-211.
- CiudadCiencia. (s.f). *Ciudad Ciencia*. Recuperado el 11 de 10 de 2019, de http://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCAS_CC.pdf
- Del Carmen, L. M. (2010). La experimentación como recurso en Educación Primaria. *Alambique*, 66, 19-27.
- Departamento de Medicina Legal, Tóxicología y Psiquiatría . (2007). *Apoyo Multimedia A La Enseñanza Práctica De La Toxicología*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~fgil/proyecto/llama/index.html>
- Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Escovar, R. (1979). Geología y Geoquímica de las minas de Esmeraldas de Gachalá. *Boletín Geológico*, Vol 22(Nº 3), p: 117-152.
- Espinosa Ríos, E. A., González López, K. D., & Hernández Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 266-281.
- Etayo , F. (1985). Paleontología estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. *Proyecto Cretácico, Contribuciones. XXIV (1-47). Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS*, 16.
- Fabre, A. (1983). Mapa Geológico de la Plancha 153 Chita. *Informe 1911 (Inédito)*. *Ingeominas, Bogotá*.
- Gaete, L., Arellano, M., & Merino, C. (2010). Niveles de abertura en las guías de laboratorio de química y su relacion con teorías de dominio en el aprendizaje de las disoluciones. *Formando sujetos competentes en ciencias para los desafíos de un mundo en transformación*, 1, 40-42.
- Hernán Losada, I., Lázaro Carrascosa, C. A., & Velázquez Iturbide, J. Á. (2005). Una aplicación educativa basada en la jerarquía de Bloom para el aprendizaje de la herencia de POO. *VII Simpósio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2005)*, 107-112.
- Herron, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 171-212.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Education Research*, 52(2), 201-217.

- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 16-42.
- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 59-70.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Editorial Laertes.
- López Rúa, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- Mayorga, M., & Vargas, M. (1995). Caracterización geoquímica y facial de las rocas potencialmente generadoras de hidrocarburos en las formaciones del Cretácico y Terciario Inferior de la Cordillera Oriental. (*Doctoral dissertation, B. Sc. thesis, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Bogotá*).
- Mendoza, M. E., Quintero, L., Santiesteban, F., & Wolfson, I. (2001). Química en Puebla durante el siglo XX: continuación de una tradición. *Revista de la Sociedad Química de México*, 45(3), 131-135.
- Merino, J. M., & Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648.
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica*. Pearson Educación.
- Moreno, G., Terraza, R., & Montoya, D. (2009). Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR). *Boletín de Geología*, 31(2), 51 - 67.
- Oñate Arresti, A. (2016). *La experimentación como recurso en Educación Primaria*. Logroño: Universidad de la Rioja.
- Pelayo Barbosa, D. A., Mondragón Páez, J. S., & Correal Pineda, P. D. (2011). Trabajos prácticos de laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en química analítica. *Tesis de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional*, 1-165.
- Petrucci, D., Ure, J., & Salomone, H. D. (2006). Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 19(1), 7-20.
- Pickering, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), pp. 874-875
- Pickering, M. (1993). The teaching laboratory through history. *Journal Chemical Education*, 70(9), 699 -700.
- Pimpirev, C., Patarroyo, P., & Sarmiento, G. (1992). Stratigraphy and facies analysis of the Caqueza Group, a sequence of Cogen Cretaceous Turbidites in the cordillera oriental of the Colombia Andes. *Journal of South American Earth sciences*, 5(374), 297-308.
- Rendón Rivera, W. A. (2004). Contribución a la determinación de Arsénico en orina por la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica, mediante el método de generación de hidruros . *Tesis de pregrado Universidad Nacional de Colombia* .

- Rocha, A., & Bertelle, A. (2007). *El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química*. Recuperado el 15 de 09 de 2018, de https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/arochoa/p5-0/index_archivos/BIBLIOGRAFIA/2007-ROLLABORATORIO-Bertelle.pdf
- Royo Y Gomez, J. (1945). Fosiles carboniferos e infracretacicos del oriente de Cundinamarca. *Compilacion de los Estudios geologicos oficiales en Colombia. Servicio Geologico Nacional, Bogotá*, 6, 193-246.
- Sanchez Paz, L. A. (1991). Quantitative chemical analysis of lead in canned chillis by spectrophotometric and nuclear techniques. *Tesis de pregrado Universidad Autónoma del Estado de México*.
- Schwab, J. J. (1962). *The teaching of Science as enquiry*. (J. y. Schwab, Ed.) Press, Cambridge: Harvard University.
- Shiland, T. W. (1989). Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.
- Silva Arias, A., Mantilla Figueroa, L. C., & Terraza Melo, R. (2010). Clasificación química y geotermometría de las cloritas de las Formaciones cretácicas Santa Rosa y Lutitas de Macanal, Cinturón Esmeraldífero Oriental, Cordillera Oriental, Colombia. *Boletín de Geología*, 32(2), 45-54.
- Tarback, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Madrid: Ecoe ediciones.
- Ulloa, C., & Rodríguez, E. (1979). Geología del cuadrángulo K-12, Guateque. Informe 1701. (Ingeominas, Ed.) *Boletín Geológico*, 22(1), 1-84.
- Ulloa, M., Arias T, A., & Solano S, F. (2000). Caracterización de Unidades Geológicas y Geomorfológicas de Colombia, Formación Lutitas de Macanal. *Ingeominas*, 1- 56.
- Vásquez, A. (2010). Competencias Cognitivas en la Educación Superior. *Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias*, II(6), 34-64.
- Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya. (s.f). *XTEC*. Recuperado el 5 de 11 de 2019, de http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d32817116-3_____AAS_final.html
- Zapata Ros, M. (2012). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo”. *Education in the Knowledge Society*, 16(1), 69-102.
- Zeichner, K. (2005). Educational Action Research. *Handbook of action research: Participative inquiry and practice*, p. 273-283.

ANEXOS

Anexo 1: Quiz Aula Invertida. Temática ABSORCIÓN ATÓMICA.
Título del Proyecto: TRABAJO DE LABORATORIO DESDE LA
IMPLEMENTACIÓN DE NIVELES DE ABERTURA: ALTERNATIVAS PARA LA
PROMOCIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN QUÍMICA
ANALÍTICA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO II.

1. Escriba en letras el número correspondiente a la respuesta. La región de trabajo de las espectroscopias atómicas es:
 - a. Visible y U.V.
 - b. U.V., Visible y Rayos X.
 - c. U.V. e I.R.
 - d. I.R., U.V. y Visible.
2. Escriba en letras el número correspondiente a la respuesta. Según la ecuación de Stefan Boltzmann, a mayor temperatura ...
 - a. Mayor número de átomos excitados.
 - b. Mayor número de átomos en el estado basal.
 - c. Mayor es el valor de la constante A.
 - d. a y c son verdaderas.
3. Escriba en letras el número correspondiente a la respuesta. En el esquema de la diapositiva 3, que ilustra los procesos en un espectrofotómetro de absorción/emisión atómica, las flechas verdes se refieren a procesos:
 - a. Rápidos
 - b. Lentos.
 - c. Deseables.
 - d. Indeseables.
4. Escriba en letras el número correspondiente a la respuesta. La modulación mecánica y modulación electrónica...
 - a. Implican generar un haz intermitente.
 - b. Se utiliza para “distinguir” la absorción atómica de la absorción de fondo en la matriz.
 - c. Se utilizan para que el detector ‘ignore’ las señales continuas de emisión por el analito, generadas desde la flama.
 - d. a y c son verdaderas.
5. Escriba en letras el número correspondiente a la respuesta. La interferencia debida a la presencia de silicato en la determinación de calcio implicaría el empleo de:
 - a. Un tampón de ionización.
 - b. Un agente protector, como el EDTA.
 - c. Empleo de llamas más calientes.
 - d. La adición de una sal de Lantano.

Anexo 2: Rubrica Medición De Procesos Cognitivos De Alto Orden

Título del Proyecto: TRABAJO DE LABORATORIO DESDE LA IMPLEMENTACIÓN DE NIVELES DE

ABERTURA: ALTERNATIVAS PARA LA PROMOCIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN

QUÍMICA ANALÍTICA

2. RUBRICA MEDICIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN¹

MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS EN EL LABORATORIO		<i>Consenso del Investigador</i>	
		<i>Valoración</i>	<i>Promedio</i>
Ítems	CATEGORÍA 1: ANALIZAR		
1	<i>Analizan y Procesan datos Químicos con herramientas computacionales adecuadas.</i>		
2	<i>Analizan y Contrastan Información desde diferentes principios Químicos.</i>		
3	<i>Saben distinguir que magnitudes o medidas son esenciales en el estudio realizado para evitar posibles fuentes de error.</i>		
4	<i>Dividen la información en partes agrupando ideas o elementos constitutivos.</i>		
5	<i>Infieren predicciones cuantitativas y cualitativas basadas en la observación de hechos experimentales.</i>		
CATEGORÍA 2: EVALUAR			
6	<i>Establecen criterios en la selección del procedimiento y técnica experimental adecuada en la resolución de un problema.</i>		
7	<i>Valoran los riesgos y métodos de trabajo apropiados para realizar distintos procedimientos experimentales con seguridad en el laboratorio.</i>		
8	<i>Argumentan de manera coherente los resultados obtenidos de un experimento.</i>		
9	<i>Predicen y controlan los fenómenos químicos por medio de la observación, experimentación y la aplicación.</i>		
10	<i>Establecen relaciones entre los conceptos o resultados para explicar o justificar planteamientos.</i>		
11	<i>Obtienen conclusiones a partir de las premisas o supuestos obtenidos desde los datos empíricos.</i>		
CATEGORÍA 3: CREAR			
12	<i>Desarrollan de manera Ordenada y coherente, los resultados de un experimento mediante la redacción de un informe del experimento.</i>		
13	<i>Diseñan de modo adecuado en forma de tabla o gráfica los resultados del experimento.</i>		
14	<i>Reordenan la Información proveniente de diferentes</i>		

	<i>fuentes.</i>		
15	<i>Modifican y corrigen el protocolo de la práctica de laboratorio acorde a las dificultades técnicas que se le presentaron.</i>		
16	<i>Identifican los elementos que se deben relacionar para obtener los resultados o generar nuevas construcciones.</i>		
17	<i>Plantean hipótesis provisionales y exploratorias que conllevan a conclusiones y posibles generalizaciones en el contexto de la práctica de laboratorio.</i>		

Bibliografía:

Pelayo Barbosa, D. A., Mondragón Páez, J. S., & Correal Pineda, P. D. (2011). Trabajos prácticos de laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en química analítica. *Tesis de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional*, 1-165.

1. *Se tomaron algunos ítems de la RUBRICA MEDICIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN de la tesis de pregrado titulada: Trabajos Prácticos de Laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en Química Analítica. (Pelayo.B; 2011)*

Anexo 3: Rubrica De Medición De Los Procesos Cognitivos De Alto Orden En Los Informes De Laboratorio

Título del Proyecto: TRABAJO DE LABORATORIO DESDE LA IMPLEMENTACIÓN DE NIVELES DE ABERTURA: ALTERNATIVAS PARA LA PROMOCIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN QUÍMICA ANALÍTICA

3. RUBRICA DE MEDICIÓN DE LOS PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN EN LOS INFORMES DE LABORATORIO ¹

<i>¿QUÉ SE EVALÚA?</i>			
<i>ITEM</i>	<i>TABULACIÓN</i>	<i>DESARROLLA PROCESO COGNITIVO</i>	<i>NO DESARROLLA PROCESO COGNITIVO</i>
<i>PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN</i>			
<i>ANALIZAR</i>			
<i>1</i>	<i>Establece condiciones para decidir cuándo un dato experimental debe ser despreciable o no.</i>		
<i>2</i>	<i>Establece el procedimiento necesario para predecir y evitar (evaluar) errores en los datos experimentales.</i>		
<i>3</i>	<i>Distinguir las técnicas posibles para abordar una práctica experimental.</i>		
<i>4</i>	<i>Distingue que magnitudes o medidas son claves en el estudio realizado para evitar posibles fuentes de error.</i>		
<i>5</i>	<i>Selecciona correctamente el material según corresponda la práctica de laboratorio.</i>		
<i>EVALUAR</i>			
<i>6</i>	<i>Contrasta las características de varios sistemas con el fin de predecir (evaluar) y evitar posibles fuentes de error.</i>		
<i>7</i>	<i>Establecen criterios para la modificación del protocolo y técnica experimental adecuada en la resolución del problema suministrado.</i>		
<i>8</i>	<i>Modifican el protocolo de la práctica de laboratorio en razón de las dificultades técnicas y/o fenómenos químicos que puedan ser presentados.</i>		
<i>CREAR</i>			
<i>9</i>	<i>Planificar el tiempo de trabajo.</i>		
<i>10</i>	<i>Diseñar diagramas de flujo con el fin de organizar la información.</i>		

Bibliografía:

Pelayo Barbosa, D. A., Mondragón Páez, J. S., & Correal Pineda, P. D. (2011). Trabajos prácticos de laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en química analítica. *Tesis de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional*, 1-165.

1. *Se tomaron algunos ítems de la RUBRICA MEDICIÓN DE PROCESOS COGNITIVOS DE ALTO ORDEN de la tesis de pregrado titulada: Trabajos Prácticos de Laboratorio desde los niveles de abertura: Una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en Química Analítica. (Pelayo.B; 2011)*

Anexo 4: Guía de Laboratorio para determinación de calcio y magnesio por emisión y sodio y potasio por absorción

DETERMINACIÓN DE METALES EN LUTITA DE MACANAL POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

OBJETIVOS

- Estandarizar el método de análisis espectrofotométrico por absorción atómica, para la determinación de calcio y magnesio para la determinación de calcio y magnesio, y por fotometría de llama para Na y K.
- Determinar los contenidos de los metales analizados en el mineral y reportar su contenido en ppm.

ELABORACIÓN DE PATRONES Y MATRICES PARA LA LECTURA

- ✓ Stock de Ca: $w = 20,1 \text{ mg CaCO}_3 (99,8 \%) + 6 \text{ gotas de HCl}$ ---- completar con agua desionizada --- 250,0 mL. Vi (mL): 1,6 mL, 3,2 mL, 4,8 mL y 6,4 mL.
- ✓ Stock de Mg: $w = 61,1 \text{ mg MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} (99,9 \%)$ ---- completar con agua desionizada --- 250,0 mL. P.I. de Mg: 10,0 mL de Stock de Mg ---- completar con agua desionizada --- 100,0 mL.
- ✓ Stock de K: $w = 15,5 \text{ mg KCl} (99,9 \%)$ ---- completar con agua desionizada --- 250,0 mL. Vi (mL): 1,6 mL, 3,2 mL, 4,8 mL y 6,4 mL.
- ✓ Stock de Na: $w = 25,6 \text{ mg NaCl} (99,9 \%)$ ---- completar con agua desionizada --- 250,0 mL. Vi (mL): 1,25 mL, 2,50 mL, 3,75 mL y 5,00 mL.

Ojo: En clase se dará la información referente a elaboración de patrones con y sin antiinterferente.

- ✓ Solución de La (antiinterferente x5) Ω : La 5 % m/v, preparada pesando __ , __ g LaCl_3 , para ser disueltos y completados con agua desionizada hasta 100,0 mL (aproximadamente).
- ✓ Mx: Ver protocolo del Instituto Geológico Colombiano (suministrado por el químico U.N.: Juan Fernando Jiménez).

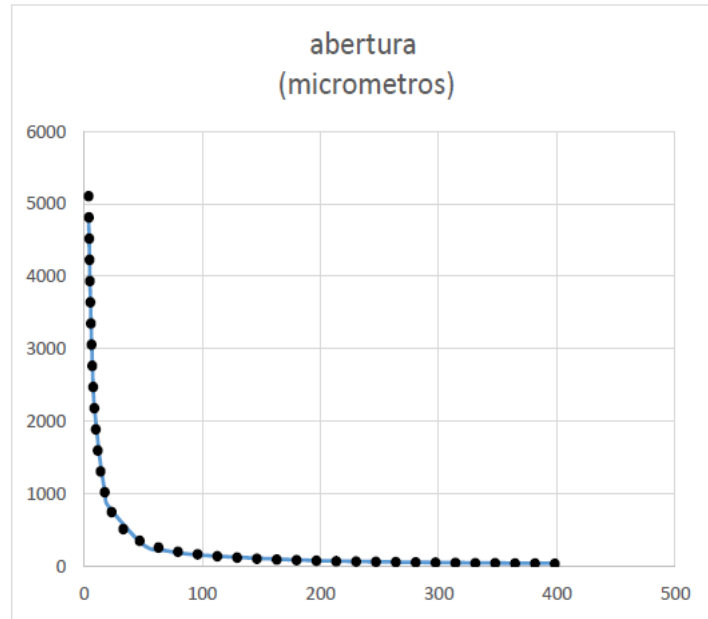
COMENTARIOS GENERALES:

Los principios de la espectrofotometría de absorción atómica y de emisión atómica (fotometría de llama) fueron explicados en clase; en esta ocasión se va a trabajar con un protocolo que implica el ataque de una masa de muestra (W_0 0,500 2 g), previamente pulverizada y tamizada, de un mineral metálico con 3 ácidos minerales: $\text{HCl}_{(c)}$, $\text{HNO}_{3(c)}$ y $\text{HClO}_{(c)}$.

En tal sentido, para evaluar la capacidad de retención de un tamiz, se emplea el término: 'número de malla' (o mesh), que se define como el número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro de un hilo de la malla; así, se habla de un tamiz de número de malla 200, lo que significa que tiene 200 orificios por pulgada lineal.

En la literatura se encuentran tablas para establecer las aberturas para los diferentes números de malla, como la siguiente:

N° de malla	abertura (micrometros)
4	4760
5	4000
6	3350
8	2380
10	2000
12	1680
14	1410
16	1190
18	1000
20	841
50	297
70	210
100	149
200	74
325	44
400	37



<Ejercicio: en la U.P.N. hay un tamiz de abertura 50 μm , cuál es su número de malla?>

Se muestra a continuación la imagen de tamices, de los empleados en análisis físico de suelos:



PROCEDIMIENTO Y CONSIDERACIONES:

- 1. Condiciones del análisis para absorción y emisión atómica:** Primeramente se seleccionan las condiciones de la metodología, que se pueden encontrar en el manual Perkin-Elmer®, y que consideran la longitud de onda analítica, el slit (nm), la proporción comburente/combustible, el tipo de llama, sugerencias para la elaboración de la solución stock, el rango lineal, un parámetro de referencia para los cálculos, que es la denominada Characteristic Concentration Check (mg/L), cual es la concentración del ion metálico que produce, al menos teóricamente, una absorbancia de 0,200 en el equipo que se va a trabajar, así como las posibles interferencias en la determinación.

- 2. Cálculos previos:** Para poder efectuar las lecturas de las soluciones patrón y de la muestra, conviene realizar los siguientes cálculos:

A partir de la Characteristic Concentration Check (mg/L) para cada metal (ver material adicional) y suponiendo que el patrón más concentrado generará una $A = 0,200$ (o la mayor emisión), además del hecho que la solución stock de cada metal será 80 veces más concentrada que el patrón más concentrado.

- 3. Procedimiento previo a las lecturas:** Para esta parte del procedimiento se consideran dos procesos: uno seguido a la cuantificación de Ca y Mg por absorción atómica (antiinterferente La 1 %) y otro para la determinación de Na y K por fotometría de llama. En esta dirección, conviene explicar que para la muestra se va a trabajar con diluciones 1/10 y 1/100, con y sin antiinterferente (Lantano al 1 %).
- 4. Procedimiento de lecturas:** Para esta segunda parte del procedimiento se ajusta el equipo con las condiciones sugeridas por la casa matriz Perkin-Elmer ® y se efectúan las lecturas de absorbancia o emisión, tanto de los patrones <con o sin antiinterferente>, como de las soluciones Mx <con o sin antiinterferente>.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEATY, R. y KERBER, J. 1993. Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrometry. Second Edition. The Perkin-Elmer Corporation.
2. BECCAGLIA, A.M. LLINARES, A. (No reporta). Instructivo de preparación, digestión y preservación de muestras (aguas, efluentes, alimentos y suelos) para análisis de metales por absorción atómica. Centro de Química Aplicada (Cequimap), Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba.
3. HILLEBRAND W.F. & LUNDELL, G.E.F. (1953). Applied Inorganic Analysis with Special Reference to the Analysis of Metals; Minerals and Rocks... second edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
4. INGEOMINAS. (1996) Manual de procedimientos y protocolos de análisis químico. Laboratorio de Química. Unidad operativa Cali. Santiago de Cali. 1999.
5. STANTON R.E., D.I.C., F.I.M.M., A.R.A.C.I. (1976). Analytical Methods for use in Geochemical Exploration. Edward Arnold (Publishers) limited. London.
6. VAN LOON, JON C (1980) Analytical Atomic Absorption Spectroscopy. Academic Press. .New York.

Standard Atomic Absorption Conditions for Ca

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
422.7	0.7	1.0	0.092	4.0	5.0
239.9	0.7	14.0	13.0	600.0	800.0

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a $N_2O-C_2H_2$ flame at 422.7 nm: 0.048 mg/L

Standard Flame Emission Conditions for Ca

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
422.7	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Stock Standard Solution

CALCIUM, 500 mg/L. To 1.249 g of calcium carbonate, $CaCO_3$, add 50 mL of deionized water. Dissolve by adding dropwise 10 mL of HCl. Dilute to 1 liter with deionized water.

Flame Adjustment

The absorption of calcium is dependent on the fuel/air ratio and the height of the light beam above the burner. Although maximum sensitivity is obtained with a reducing (fuel-rich) flame, an oxidizing (fuel-lean) flame is recommended for optimum precision.

Other Flames

Calcium determination appears to be free from chemical interferences in the nitrous oxide-acetylene flame. Ionization interferences should be controlled by the addition of alkali salt (0.1% or more K as KCl).

Interferences

Slight ionization occurs in the air-acetylene flame, and can be controlled by the addition of an alkali salt (0.1% or more potassium as chloride) to samples and standards. Calcium sensitivity is reduced in the presence of elements which give rise to stable oxy salts, including Al, Be, P, Si, Ti, V, and Zr. This effect is reduced by the addition of 0.1-1.0% La or Sr.

Mg (12)

Standard Atomic Absorption Conditions for Mg

Wavelength	Slit	Relative Noise	Characteristic Concentration	Characteristic Concentration Check	Linear Range
(nm)	(nm)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
285.2	0.7	1.0	0.0078	0.30	0.50
202.6	0.7	3.9	0.19	9.0	10.0

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a $N_2O-C_2H_2$ flame at 285.2 nm: 0.036 mg/L

Standard Flame Emission Conditions for Mg

Wavelength	Slit	Flame
(nm)	(nm)	
285.2	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Stock Standard Solution

MAGNESIUM, 1000 mg/L. CAUTIOUSLY dissolve 1.000 g of magnesium ribbon in a minimum volume of (1+1) HCl. Dilute to 1 liter with 1% (v/v) HCl.

Interferences

Aluminum, silicon, titanium, and phosphorus depress the magnesium signal. This effect can be controlled by the addition of lanthanum (0.1% as chloride) to samples and standards. The use of the nitrous oxide-acetylene flame will also overcome the effect, but ionization should be controlled by the addition of an alkali salt (0.1% or more potassium as chloride) to samples and standards.

Na (11)**Standard Atomic Absorption Conditions for Na**

Wavelength	Slit	Relative Noise	Characteristic Concentration	Characteristic Concentration Check	Linear Range
(nm)	(nm)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
589.0	0.2/0.4	1.0	0.012	0.50	1.0
330.2	0.7	0.63	1.7	80.0	---

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Data collected with an alkali salt (0.1% or more) added to control ionization.

Standard Flame Emission Conditions for Na

Wavelength	Slit	Flame
(nm)	(nm)	
589.0	0.2/0.4	Air-acetylene

Stock Standard Solution

SODIUM, 1000 mg/L. Dissolve 2.542 g of sodium chloride, NaCl, in deionized water and dilute to 1 liter with deionized water. **Preparation of uncontaminated standards for this element is difficult.**

Interferences

Ionization should be controlled by the addition of an alkali salt (0.1% or more potassium or cesium as chloride) to samples and standards. In the presence of high concentrations of mineral acids, the sodium signal is reduced.

Doublets

The 589.0 nm and the 303.2 nm sodium lines are actually doublets (589.0 nm/589.6 nm, 303.2 nm/303.3 nm).

K (19)

Standard Atomic Absorption Conditions for K

Wavelength	Slit	Relative Noise	Characteristic Concentration	Characteristic Concentration Check	Linear Range
(nm)	(nm)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
766.5	0.7/1.4	1.0	0.043	2.0	2.0
769.9	0.7/1.4	1.4	0.083	4.0	20.0
404.4	0.7	1.9	7.8	350.0	600.0

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Data collected with an alkali salt (0.1% or more) added to control ionization.
4. A red filter which absorbs radiation below 650 nm should be used.

Standard Flame Emission Conditions for K

Wavelength	Slit	Flame
(nm)	(nm)	
766.5	0.2/0.4	Air-acetylene

Stock Standard Solution

POTASSIUM, 1000 mg/L. Dissolve 1.907 g of potassium chloride, KCl, in deionized water and dilute to 1 liter with deionized water.

Interferences

Ionization can be controlled by the addition of an alkali salt (0.1% or more cesium or lanthanum as chloride) to samples and standards. Strong concentrations of mineral acids may cause the potassium signal to be depressed.

Doublets

The 404.4 nm potassium line is actually a doublet (404.41 nm/404.72 nm).

PROTOCOLO DEL IGC

