

**LABORATORIOS VIRTUALES Y DUALES EN QUÍMICA ANALÍTICA. UN
EXPERIMENTO DIDÁCTICO HACIA LA RESIGNIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIO**

Gustavo Adolfo Mojica Peñaloza

Cod. 2015115030

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN
QUÍMICA**

Director:

Dr. Jaime Augusto Casas Mateus

Grupo Didáctica y sus Ciencias

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2021**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a la vida,
por darnos cada día la fuerza y la sabiduría que necesitamos.

A la Universidad Pedagógica Nacional
La cual abrió sus puertas para brindarnos una oportunidad

Al director de este trabajo por
estar como un incondicional guía en este camino,

Aportando siempre su sabiduría

Y a todos amigos, profesores, familiares y allegados

Que siempre me estuvieron brindando su apoyo y los mejores deseos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Pedagógica Nacional por abrirme las puertas hacia el hermoso camino de la docencia, a cada persona que desde el inicio estuvieron ahí y creyeron en mí, que siempre estuvieron brindando su apoyo en cada momento. Al docente Jaime Casas que como director y profesor siempre estuvo. Y cuán importante a mi esfuerzo y mi constancia las cuales fueron los pilares fundamentales para andar por este largo y hermoso camino.

INDICE

1. INTRODUCCION

2. JUSTIFICACION

3. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

3.1 Componente didáctico

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

5.2 ESPECÍFICOS

6. MARCO TEORICO

6.1 Componente Disciplinar

6.1.1 Instrumentación en Absorción Atómica

6.2 Marco teórico didáctico

7. Metodología

7.1 Marco metodológico y enfoque

7.2 Población y muestra

7.3 INSTRUMENTOS

7.4 MATERIAL DESARROLLADO E IMPLEMENTADO PARA LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 Fases de implementación

8.1.1 Primera fase

8.1.2 Segunda fase.

8.1.3 Tercera fase

8.1.4 Cuarta fase.

**8.2 INSTRUMENTO DE ACTITUDES HACIA LOS FORMATOS DE AULA
INVERTIDA**

**8.3 EVALUACIÓN ESCRITA SOBRE LAS TEMÁTICAS: ATOMIZACIÓN EN LA
LLAMA, GENERACIÓN DE HIDRUROS/VAPOR FRIO Y ADICIÓN ESTÁNDAR
EN ESPECTROSCOPIAS ATÓMICAS.**

9. CONCLUSIONES

REFERENCIAS

1. INTRODUCCION

El presente trabajo de grado se formuló en primera instancia para responder a la necesidad de modificar los formatos tradicionales de laboratorio, pensados para laboratorios presenciales en tiempo de no pandemia a formatos que empleen las ventajas que ofrecen los escenarios virtuales de las tecnologías de información y comunicación, TIC's para estructurar practicas experimentales en situación de pandemia y bajo acceso remoto.

En concordancia con lo anterior, y debido a nuevas características en los escenarios académicos en la enseñanza de la química, especialmente lo referente a la necesidad de formular propuestas para un adecuado y pertinente abordaje de las prácticas de laboratorio, se presenta el presente trabajo de grado, que pretende dar respuesta a algunas preguntas de la línea de investigación "interdisciplinariedad en contexto" dirigida por el profesor Jaime Casas, adscrita al grupo de investigación Didáctica y sus Ciencias, de la Universidad Pedagógica Nacional. En tal sentido, dicha propuesta se estructura, desde la necesidad de plantear estrategias didácticas que permitan una efectiva alternativa frente al desarrollo de las prácticas de laboratorio en Química Analítica, en temáticas relacionadas con los métodos ópticos de análisis (absorción y emisión atómica, curva de calibración y curva de adición estándar.), las cuales presentan un cierto grado de complejidad en su abordaje en el escenario formativo universitario.

Por lo anterior, es de una alta pertinencia realizar una propuesta con el fin de formular y evaluar un escenario alternativo, pensado para ofrecer prácticas de laboratorio enmarcadas en espacios virtuales y duales, como una herramienta que ayude de manera efectiva, en los planos didáctico y disciplinar, en la enseñanza de las ciencias y específicamente en el ámbito de la formación de profesores.

Dicha propuesta fue planeada para ser desarrollada en la implementación de laboratorios en escenario de contingencia, que fueran propuestos, bien sea de manera virtual o bajo la modalidad dual, con el fin de que el docente tuviera una estrategia que cumpla con los requerimientos del pensum académico, buscando así reorientar las prácticas de laboratorio en pro de una resignificación del potencial didáctico de formatos digitales o de video para el trabajo experimental.

Para alcanzar lo anterior, se trazó una ruta metodológica, la cual comprendió un escenario de tipo formativo, en el que se identificaron las problemáticas a la hora de implementar las respectivas prácticas de laboratorio, buscando en la medida de lo posible, que el docente en formación relacionara la teoría trabajada en el espacio académico con la realización de sesiones virtuales y duales dirigidas a temáticas de absorción y emisión atómica.

La anterior propuesta fue dirigida y desarrollada en el espacio académico de Métodos de Análisis Químico II, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en el segundo semestre de 2021.

Adicional a lo anterior, la importancia de las prácticas de laboratorio recae en que son estrategias didácticas que desde el paradigma constructivista promueven la construcción de conocimiento científico; en esta dirección, autores como Lacueva (2000), citado por López (2013) afirman que las causas del desinterés que tienen los estudiantes hacia la química son atribuidas al uso de metodologías planas de enseñanza, es decir clases expositivas y repetitivas, que no les dan la oportunidad de tener un verdadero pensamiento científico, causándoles dificultad en la comprensión del contenido.

Por su parte, Machado (2006) citado por López (2013), se refiere al rechazo que presentan los estudiantes hacia las abstracciones teóricas, que implican imaginar el mundo submicroscópico de la química para poder entenderlo, lo que a su vez conlleva a entender que se necesitan estrategias didácticas como las prácticas de laboratorio para poder fortalecer el aprendizaje de la química. En este sentido, el

presente trabajo de grado quiso reconocer la importancia de las prácticas de laboratorio y fortalecerlas con ayuda de herramientas digitales como las TIC.

Además de lo recién presentado, es importante señalar que la importancia de las prácticas de laboratorio obedece a la gran aceptación que ellas presentan en los estudiantes universitarios, como lo afirma Aguilera (2020), las prácticas de laboratorio permiten que el alumnado pueda transformar las diferentes realidades, más allá de los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas de manera magistral, en tal dirección, las practicas permiten la construcción del conocimiento más puntual a lo que el estudiante encontrará en la realidad, es decir, en su vida como profesional de la docencia, para integrarla y dar así paso al desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes de forma significativa

2. JUSTIFICACION

Cuando se implementan prácticas de laboratorio en química, se busca relacionar los procesos enseñanza-aprendizaje, en la medida en que las prácticas de laboratorio deben estar mediadas por los docentes, quienes a su vez deben organizar los ambientes educativos, tanto espacial como temporalmente, para que en dichas prácticas, los estudiantes puedan relacionar diversas actividades desarrolladas en los escenarios prácticos en donde se interactúe con la información, los equipos y demás herramientas interdisciplinarias, tal como lo sostienen Ríos y López (2016).

En la actualidad y aún más en tiempos de contingencia como el actual, se hace de radical importancia proponer e implementar nuevas metodologías y herramientas que permitan, tanto a docentes en formación, como al docente titular en una institución universitaria, establecer metodologías para la sistematización y abordaje de propuestas didácticas en diferentes espacios académicos, que pueden abarcar las aulas de clase y las prácticas de laboratorio. Pues es precisamente en estos escenarios direccionados a temáticas específicas, donde se observa que no se implementan nuevas estrategias, que permitan una potencialización de los conceptos y en especial nuevas alternativas que apunten a nuevas estrategias en lo que concierne a las prácticas de laboratorio.

En tal sentido, la importancia estaría relacionada con las dificultades de realización de prácticas de química instrumental bajo restricciones de bioseguridad, de espacios, de tiempos, así como de planificación de actividades previas y posteriores al laboratorio, articulada con las posibilidades de trabajo sincrónico y asincrónico aunada a las opciones de aulas invertidas como alternativas viables de aproximación a conceptos, equipos y técnicas analíticas asociadas con las espectroscopías atómicas.

La presente propuesta busca establecer la pertinencia de una alternativa didáctica en la cual se pretende la incorporación en espacios virtuales, duales y demás ambientes de las TIC's a las prácticas de laboratorio, orientadas a la química analítica en temáticas específicas, como lo son los métodos ópticos de análisis (particularmente los relacionados con absorción y emisión atómica y temáticas como curva de calibración y curva de adición estándar), buscando de esta manera que dichas actividades de laboratorio no se vean eliminadas de las acciones propuestas en los diferentes espacios académicos en los que se encuentran incluidos, debido a las diferentes situaciones que se puedan presentar sobre un calendario académico.

Por otra parte, también se pretende que dichas prácticas de laboratorio virtuales y duales sirvan como herramienta a docentes y estudiantes para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las temáticas a ser abordadas en cada caso.

En concordancia con lo recién descrito, los laboratorios virtuales resultan muy útiles, puesto que pueden utilizarse como una herramienta de refuerzo para que los estudiantes puedan potenciar sus conocimientos por sí solos, lo que a su vez puede ser usado como un elemento didáctico en las clases expositivas para fomentar un entorno participativo y constructivista (Jiménez, 2014), al mismo tiempo se busca resaltar el desarrollo de habilidades, tales como la de pensamiento crítico, sobre los ejes temáticos a desarrollar.

Partiendo de lo anterior, es importante resaltar que, en términos de herramientas digitales en el campo de las ciencias, los laboratorios virtuales tienen un puesto importante ya que en prestigiosas universidades como Massachusetts Institute of Technology (MIT) o las universidades de Cambridge y Leipzig los han implementado con éxito (Selmer, 2007, citado por Jiménez, 2014).

Con base en los antecedentes mencionados, se debe destacar que este tipo de alternativas como los laboratorios duales y virtuales, comprenden un sinnúmero de

beneficios al ser implementados, en el entendido de que para acceder se debe contar con un ordenador básico y conexión a internet, los cuales permiten al estudiante aproximarse a los procesos reales en video, logrando poder desarrollar a distancia una práctica de laboratorio, lo que en buena medida significa un avance en términos de bondades económicas, sociales y ambientales, cuando la práctica se desarrolla y se transmite por vía digital.

Este trabajo fue planteado, diseñado y ejecutado en la Universidad Pedagógica Nacional en la carrera de Licenciatura en Química, en el marco de la asignatura Métodos de Análisis Químico II, buscando resignificar y evitar la suspensión o aplazamiento de prácticas de laboratorio en circunstancias de contingencia, basados en la situación de pandemia 2020 – 2021; por otro lado también se buscaba la relación de los estudiantes con los instrumentos y equipos robustos, de una amplia utilidad en el marco del análisis químico.

Para la ejecución de este trabajo se utilizaron equipos de absorción atómica como el AA 7000 el cual es un equipo confiable, en la medida que cuenta con una excelente tecnología, una alta sensibilidad y precisión, ofreciendo datos y resultados para proceder finalmente a la interpretación y tratamiento. Como ventaja adicional, el equipo ya está habilitado para el trabajo experimental en las instalaciones del cuarto piso del edificio B de la sede de la calle 72 de la Universidad Pedagógica Nacional.

Además de lo anterior, cabe señalar que la realización de aulas virtuales fue orientada desde dispositivos de video Nexi go y Apeman A 100, de alta resolución y amplia versatilidad, además de accesorios para las sesiones experimentales, que permitieron una captación en audio y video de las prácticas realizadas.

3. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

En este apartado se abordarán dos componentes fundamentales en el desarrollo de la propuesta, los cuales están comprendidos en antecedentes orientados en los ejes didácticos y disciplinares, que a su vez estarán direccionados hacia las temáticas: métodos ópticos analíticos, espectroscopías atómicas (absorción atómica y emisión atómica), curva de calibración y curva de adición estándar.

3.1 Componente didáctico

Es bien sabido que la sola herramienta didáctica resulta insuficiente cuando se trata de construir competencias, por lo que se hace pertinente y también necesaria una metodología adecuada para direccionar las actividades hacia el logro de los objetivos propuestos. En este sentido, la preparación del docente para incorporar de manera efectiva las tecnologías de información y comunicación, TIC's, a su programa particular es uno de los desafíos identificados, al estudiar la forma en que los profesores han utilizado estas tecnologías para diseñar sus estrategias particulares de enseñanza.

En palabras de Martinovic y Zhang (2012). *“Lo recién explicado involucra varios aspectos de singular relevancia, tales como la escasez de modelos para el uso pedagógico de las TIC, el acceso limitado, algunas veces por barreras del idioma y conceptos erróneos e incomodidad de los profesores al utilizar la tecnología”*. Es desde allí que la presente investigación responde a la necesidad del desarrollo de herramientas didácticas enmarcadas en las nuevas tecnologías de la comunicación, las cuales permitan potenciar el aprendizaje y lo que es aún más importante, generar canales de comunicación e interacción cuando espacios como las prácticas de laboratorio se ven afectadas por algunas circunstancias de diversa génesis, en forma tal que resultan siendo remplazadas por actividades poco adecuadas para el desarrollo de los contenidos.

Según el *informe de la reunión de expertos en laboratorios virtuales* (2000), se propone la siguiente definición de laboratorios virtuales, describiéndolos como espacios electrónicos de trabajo centralizado en la colaboración y la experimentación a distancia, que tienen como objetivo final el investigar o realizar otras actividades direccionadas a lo creativo, buscando elaborar y difundir resultados mediante tecnologías actuales de la información y comunicación. En tal sentido, un laboratorio virtual sostiene y enmarca varias diferencias con los “laboratorios presenciales” o con un “laboratorio tradicional”, de manera que aquí cabe resaltar que los laboratorios virtuales o duales (que en adelante harán referencia a una mezcla con proporciones diferentes de laboratorios virtuales y presenciales) nunca sustituirán a los espacios físicos, en el entendido que se pretende que el empleo y desarrollo de herramientas virtuales, potencialmente pedagógicas, que sirvan de apoyo pedagógico y a su vez permitan el desarrollo de temáticas en el área de la química analítica en casos excepcionales o sirvan de apoyo o complemento en condiciones de ‘normalidad académica’.

Para la propuesta de laboratorios virtuales, se parte de los principios didácticos de Addine (2004, citado por Rodríguez, Molina, V, Martínez y Molina, J ,2014) y se toman a modo de soporte, el enfoque histórico-cultural de Vygotsky (1987), citado por (Rodríguez, et al., 2014), que dan origen a nuevas propuestas en el proceso de enseñanza aprendizaje, en la medida que se permite, tanto al docente como al estudiante, hacer la información más objetiva e ilustrativa, ayudando a la comprensión de las diferentes leyes y fenómenos relacionados con las transformaciones que ocurren en las sustancias. De igual manera, se estimula el estudio independiente, logrando así que los estudiantes logren profundizar en la preparación de las actividades que realizarán en el laboratorio real, con lo que al mismo tiempo busca disminuir la contaminación ambiental, aportar en términos de

disminuir el consumo de reactivos, así como garantizar mayor seguridad para los alumnos al realizar las respectivas prácticas de laboratorio. (Rodríguez et al, 2014).

De acuerdo con lo anterior, la resignificación pedagógica y didáctica de las prácticas de laboratorio deben estar orientadas hacia estudiantes y profesores, quienes serán los protagonistas a la hora de generar e implementar herramientas, tanto virtuales como duales, las cuales les permitan realizar el andamiaje para implementar estrategias que conlleven la transformación del concepto y a su vez de actividades que les facilite la comprensión de los diversos temas de química analítica, dichas herramientas deberán ser propuestas desde el momento histórico y social que esté atravesando la educación, para ejemplificar enmarcaremos la pandemia 2020 y 2021, la cual generó en buena medida, nuevas estrategias en diferentes ambientes académicos.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se hace pertinente en condición de contingencia y a manera de apoyo didáctico que el docente ensaye y evalúe herramientas virtuales y tecnológicas, las cuales pueden llegar a potenciar el abordaje de diferentes escenarios de aprendizaje, como los son las prácticas de laboratorio, en la medida que tales escenarios son difíciles de acondicionar de una manera efectiva y acorde con su finalidad, para este caso en especial relacionados con la química analítica, particularmente en lo tocante a los métodos ópticos de análisis (absorción y emisión atómica, curva de calibración y curva de adición estándar).

Respecto a lo anterior, la propuesta contenida en este trabajo de grado busca resignificar la practicas de laboratorio, implementando laboratorios duales y virtuales en absorción atómica, emisión atómica curvas de calibración y adiciones estándar.

Por otra parte, para dar cuenta de los objetivos planteados, y aprovechando la coyuntura de la Coordinación del espacio académico de Métodos de Análisis Químico II en el 2° semestre de 2021 por el profesor Jaime Casas, director del presente trabajo, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos debe tener una propuesta didáctica, enfocada en los laboratorios duales y virtuales, para resaltar su verdadero potencial para resignificar el escenario de laboratorio en química analítica?

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Evaluar la percepción sobre el trabajo experimental de laboratorio desde nuevas propuestas, que permitan aprovechar, tanto las condiciones de contingencia, como las posibilidades propias de alternativas digitales en el campo de la química analítica.

5.2 ESPECÍFICOS

- Planificar y estructurar una propuesta de enseñanza de tópicos de química analítica, desde la perspectiva de los laboratorios virtuales y duales.
- Sistematización de la experiencia de implementación de laboratorios duales y virtuales para profesores de química en formación inicial en el ámbito de la analítica instrumental
- Evaluar la propuesta en su conjunto, en términos de su potencial didáctico para redimensionar el escenario del laboratorio en este campo de conocimiento.

6 MARCO TEÓRICO

A continuación, en este apartado se abordarán los diferentes referentes teóricos, utilizados en el presente trabajo, basados en los componentes didáctico y disciplinar, los cuales se constituyeron en el eje central en las temáticas trabajadas en la propuesta.

6.1 Componente Disciplinar

En el siguiente espacio se abordarán los conceptos necesarios para implementar y realizar prácticas de laboratorio, orientadas a los métodos ópticos de análisis de espectroscopías atómicas (Absorción y Emisión Atómica, Curva de calibración y Curva de adición estándar).

A modo de introducción, se podría afirmar que los métodos ópticos son métodos instrumentales los cuales permiten analizar y determinar de manera cualitativa y cuantitativa diferentes compuestos; tal tipo de metodología analítica está fundamentada en una primer instancia en la caracterización de las sustancias y en una segunda instancia en la medición de la capacidad de absorber energía de estas mismas sustancias, lo que implica el empleo de luz monocromática, que puede producir transiciones electrónicas que finalmente generan alteraciones energéticas, dando como resultado algún tipo de respuesta, que a su vez servirá para analizar los diferentes comportamientos.

Una de las teorías atómicas muestra que el átomo está formado por un núcleo rodeado de partículas llamadas electrones, de manera que cada uno de los

elementos que se encuentran en la tabla periódica tiene un número específico de electrones, en la que dichos electrones están asociados al núcleo atómico en una estructura orbital que es única para cada elemento. Desde la anterior premisa, los electrones de cada átomo ocupan posiciones en los diferentes orbitales de manera ordenada, teniendo así que la configuración electrónica más estable de un átomo que además es la de menor energía, se define como “estado basal o fundamental”.

Con base en lo enunciado, al aplicar cierta energía con una determinada longitud de onda (representada generalmente con la letra griega λ) a un átomo en estado fundamental, esta energía suministrada será absorbida por el átomo y un electrón se traslada a un orbital de mayor energía, teniendo como consecuencia que el átomo alcance una configuración menos estable (conocida como estado excitado); este proceso es llamado como absorción atómica. En síntesis, basándose en la capacidad de un átomo para absorber luz a longitudes de onda específicas, se desarrolla la técnica analítica instrumental llamada Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA).



Figura 1. Imagen tomada de Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) (pág. 3))

Para la implementación y toma de medidas con esta técnica, el “analito” (muestra a tratar) debe ser transformado a un estado gaseoso aplicando calor a la muestra, en forma tal que estos átomos en estado gaseoso absorben la radiación electromagnética a una longitud de onda específica para cada elemento, produciendo una señal que suele ser medible.

6.1.1 Instrumentación en Absorción Atómica

Los instrumentos utilizados para absorción atómica requieren tres componentes principales: fuente de energía (radiación), celda para la muestra y equipo de medida de la energía.

De esta manera, los componentes esenciales en un espectrómetro de Absorción Atómica de Llama y de Horno de Grafito son: la fuente de energía radiante que emite la longitud de onda del elemento de interés, el sistema de atomización que suministra la energía calórica requerida para la disociación del analito y la formación de átomos libres, el monocromador para aislar las radiaciones a la longitud de onda medida, y finalmente, el detector, que debe estar acoplado con un sistema de registro de los datos obtenidos.

La diferencia principal de los dos tipos de equipos se encuentra en la fase de atomización de la muestra. En el caso de Absorción Atómica de Llama, este proceso se realiza en una llama, que utiliza como combustible la mezcla de los gases óxido de nitrógeno/acetileno o aire/acetileno en función de la temperatura necesaria para cada determinación. En la técnica de Absorción Atómica en Horno de Grafito, la atomización se produce en un horno que consiste en un tubo de grafito y el calentamiento se produce por una corriente eléctrica.

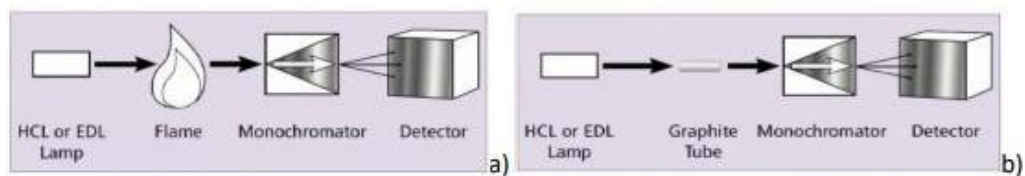


Figura 2. Imagen tomada de (Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) (pag. 5)

Esquema simplificado del funcionamiento de un sistema de a) Absorción Atómica de Llama y b) Absorción Atómica en Horno de Grafito.

Cuando se realizan los trabajos en absorción atómica de llama, para poder obtener los átomos libres que luego puedan ser excitados por la fuente de radiación, el

analito debe pasar por una serie de etapas, empezando desde la disolución inicial hasta llegar a convertirse en vapor atómico.

Parte analítica de la absorción atómica.

Para la caracterización de la absorción de energía en espectrofotometría de absorción se utiliza un parámetro que es la absorbancia. Este parámetro sigue una correlación lineal con la concentración, siguiendo la ley de Lambert-Beer .



Figura 3. Imagen tomada de (Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) (pag 7).

Para la determinación de las concentraciones de analito en una muestra, como primera medida deben determinarse las absorbancias de disoluciones estándar o patrones de concentraciones de analito sabidas, posteriormente, se graficarán sus absorbancias frente a las respectivas concentraciones, como se ilustra en la siguiente figura, teniendo como resultado la “curva de calibración”. Por lo general las absorbancias de los estándares reflejan una relación lineal con las respectivas concentraciones.

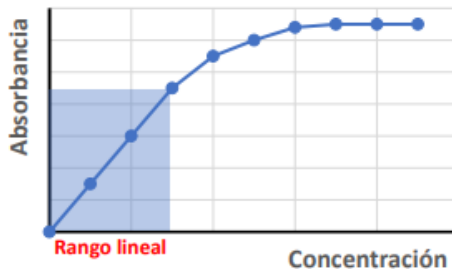


Figura 4 Imagen tomada de (Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) (pag. 7)

Una vez establecida la recta de calibración se determina la Absorbancia de la muestra y aplicando la relación Absorbancia/concentración de la recta de calibrado, se puede obtener la concentración del analito, tal y como queda indicado en la Figura 5.

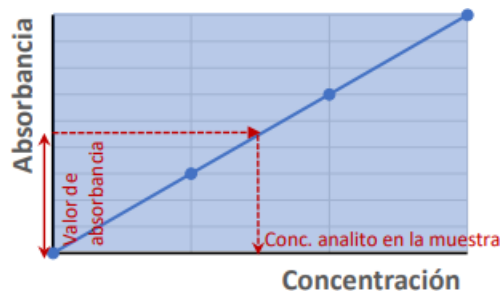


Figura 5. Imagen tomada de (Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) (pag. 7)

Las curvas de calibración son una representación gráfica de una señal que es medida en función de la concentración de un analito, para la calibración se debe incluir la selección de un modelo para determinar los parámetros de la linealidad de esa curva y en consecuencia, la capacidad que tiene un método analítico para obtener resultados que sean directamente proporcionales a la concentración de un

compuesto en una muestra, para determinado intervalo, en la que la determinación del analito en la muestra se hace desde la interpolación en la curva de calibración.

Para realizar la anterior comparación se requieren utilizar métodos y equipos apropiados para la resolución del problema de acuerdo al analito que se desee determinar. *“La etapa de calibración analítica se realiza mediante un modelo de línea recta que consiste en encontrar la recta de calibrado que mejor ajuste a una serie de “n” puntos experimentales, donde cada punto se encuentra definido por una variable “x” (variable independiente, generalmente concentración del analito de interés) y una variable “y” (variable dependiente, generalmente respuesta instrumental). La recta de calibrado se encuentra definida por una ordenada al origen (b) y una pendiente (m), mediante la ecuación $y = mx + b$. A partir de la curva de calibración (conjunto de concentraciones que describen el intervalo en el cual se deberá cuantificar el compuesto por analizar) y a fin de asegurar que la recta encontrada con los puntos experimentales se ajuste correctamente al modelo matemático de la ecuación se calculan los valores de la ordenada al origen, la pendiente y el coeficiente de determinación (r^2). Por tener una buena exactitud y confiabilidad estadística, el método más empleado para encontrar los parámetros de la curva de calibrado es el método de los mínimos cuadrados”.* (Dosal y Villanueva, 2008)

Este método tiene como finalidad el buscar la recta de la calibración que haga que la adición de los cuadrados de las distancias verticales entre cada punto experimental y la recta de calibración sea reducida o tienda a cero a esta distancia vertical descrita líneas atrás, entre cada punto experimental y la recta de calibración se le conoce como residual.

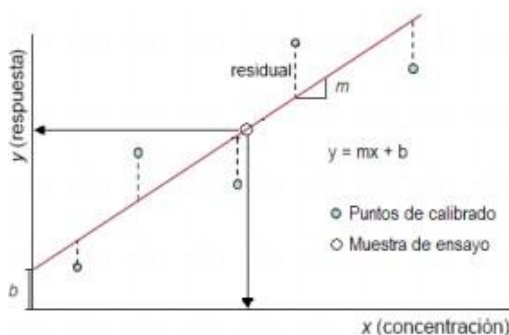


Figura 6. Imagen tomada de: Curvas de calibración y métodos analíticos (pag.1)

Para la construcción de la curva de calibración se deben utilizar disoluciones que contengan concentraciones conocidas de analito (estándares) para la construcción de la recta de calibrado, que deben ser preparadas de manera independiente, a partir de una o varias soluciones madre; por otra parte, el número de puntos a escoger dependerá del uso que se le asigne a la recta de calibrado, pues aunque se sabe que bastan dos puntos para poder construir una recta, estadísticamente se requieren por los menos tres para que la recta de cuenta de una tendencia lineal confiable.

Por otra parte, si el método atraviesa una etapa de desarrollo, se requiere como mínimo cinco o seis puntos para que la variabilidad sea mínima y el intervalo lineal sea suficiente, considerando que al aumentar el número de puntos experimentales se tendrá mayor confiabilidad en la recta de calibrado, para realizar la verificación del comportamiento de un analito mediante una curva de calibración se necesitara un mínimo de cinco puntos en la gráfica para un intervalo de confianza del 95 % y al obtener ocho puntos se tendrá una confianza del 99 %.

Es importante resaltar que en la práctica es de mayor relevancia realizar la medida del “blanco”, se conocen como disoluciones blanco a las disoluciones que contienen todos los reactivos y disolventes usados en el análisis, pero este no contiene al analito, estos son los encargados de medir la respuesta del procedimiento analítico

a las impurezas o especies que interfieren en los reactivos. La medida de la señal del blanco puede realizarse:

- a) Registrando directamente la señal del blanco e incluyendo dicho punto experimental en la recta de calibrado con $x=0$.
- b) También se puede restar a la señal medida con el analito, la señal media de varias lecturas del blanco.

(Tomado de 'Curvas de calibración en los métodos analíticos (Dosal y Villanueva (2008)).

En muchas ocasiones, la matriz de la muestra es compleja o no conocida. *“Por ejemplo, una muestra de sangre contiene muchos constituyentes que no pueden ser incorporados a los estándares en las disoluciones de los utilizados para la curva de calibración; en este caso lo que se recomienda es añadir a la muestra pequeños volúmenes de una disolución de un estándar concentrado; de esta manera la matriz que contiene el estándar no difiere mucho de la propia muestra”*. (Dosal y Villanueva, 2008, pág. 19)

Enmarcando lo anterior podemos tomar el siguiente ejemplo. *“una muestra de un analito X en concentración inicial desconocida C_x da una señal M_x proporcional a dicha concentración; cuando a esta muestra se le añade un pequeño volumen de un estándar C_{x+es} del mismo analito, se obtendrá una señal M_{x+es} y cómo la señal es proporcional a la concentración del analito y como la matriz es la misma, es posible escribir:*

$$M_x = kC_x \quad \text{y} \quad M_{x+es} = k(C_x + C_{x+es})$$

y, por tanto: **en una curva de calibración**

$$\frac{C_x}{C_{x+es}} = \frac{M_x}{M_{x+es}}$$

Es evidente que, cuando el estándar se añade en disolución, tanto la concentración C_x del analito como la concentración C_{x+es} del estándar se verán afectadas por el

efecto de la dilución y que este efecto deberá ser corregido.” (Dosal y Villanueva, 2008, pág. 20), Cuando se realiza la preparación de soluciones estándares que contienen la muestra y se realiza la gráfica de la señal obtenida en el equipo vs. la concentración de los estándares, se obtendrá la curva de calibración, en la cual el intercepto de x se emplea para calcular la concentración desconocida.

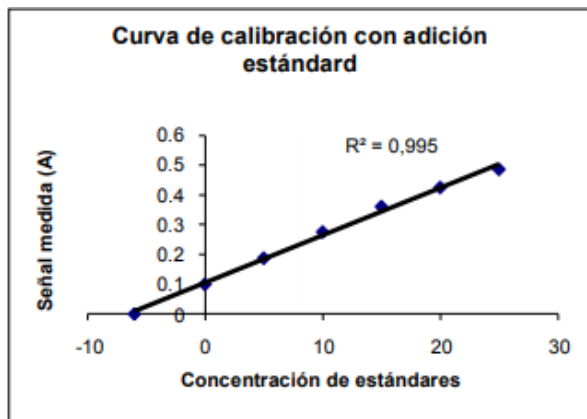


Figura 7. Tomado de 'Curvas de calibración en los métodos analíticos (Dosal y Villanueva, 2008)

6.2 Marco Teórico Didáctico

- El papel de las prácticas de laboratorio.

Los procesos experimentales tienen un papel fundamental en el proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias, en particular en el campo de la Química, en el entendido que permite a los alumnos explorar, sintetizar, explicar y reflexionar sobre las mismas y pensar desde modelos, buscando así la comparación de sus ideas con las experiencias adquiridas, teniendo como finalidad la generación de conclusiones basadas en las mismas. (Rocha y Bertelle, 2007)

Las prácticas de laboratorio poseen un fuerte sustento académico en cuanto a su capacidad para potenciar objetivos relacionados con el conocimiento conceptual y procedimental, en articulación con el método científico, el avance al razonamiento, la potenciación del pensamiento crítico (Hodson, 1994, citado por Rua y Alzate, 2012)

Partiendo de lo recién argumentado, se hace conveniente vislumbrar las prácticas de laboratorio como desarrolladoras de diferentes capacidades de pensamiento, y particularmente del pensamiento crítico, debido a que las actividades de laboratorio llevan al estudiante a Prever-Observar-Explicar-Reflexionar (P-O-E-R), apuntando hacia los formatos de carácter investigativo, de manera que el desarrollo de dicho pensamiento en las prácticas de laboratorio estaría estrechamente articulado con la manera de abordar situaciones que requieren observación, evaluación y contrastación de lo adquirido en la práctica con los pensamientos o supuestos que se tenían desde la teoría, lo que haría que el estudiante pudiera generar explicaciones sobre lo acontecido en la práctica haciendo uso del pensamiento crítico (López, 2006).

- Laboratorios virtuales

De manera sucinta se puede afirmar que los laboratorios virtuales comprenden un espacio digital que tiene como finalidad, permitir la interacción, desde su fundamentación en programas computacionales simples, que poseen como características, incorporar un software basado en modelos matemáticos de carácter complejo, los cuales articular diversos ejes centrales: aspectos tecnológicos, pedagógicos y humanos, todo esto con el fin de que el estudiante realice actividades teórico-prácticas, diseñadas hacia el docente, el alumno y el aula en general, todo ello reunido en un ambiente virtual de aprendizaje (Informática educativa - Pedagogía en Química y Biología - 2012).

- Apropiación sociocultural y TIC

Los estudios de los usos de las TIC en los escenarios educativos según se puede colegir, pueden estar relacionados con el direccionamiento hacia la adopción de un marco teórico, buscando así conceptualizar las prácticas educativas basadas en una línea constructivista de orientación sociocultural. Por su parte, conviene resaltar que la idea de que las TIC son un constituyente de herramientas o instrumentos con un papel fundamental como mediador de la actividad mental constructiva del estudiante y de los diferentes procesos de enseñanza aprendizaje en los escenarios educativos, lleva a poder plantear el cuestionamiento de cuáles y de qué forma son los usos más pertinentes de esas herramientas o instrumentos. Por otro lado, indagar en tal perspectiva, permite proponer espacios en el que el uso de dichas herramientas puede buscar e identificar la actividad conjunta que lleva el docente y el estudiante alrededor de las diferentes actividades, tareas y contenidos, que articulan el trabajo en el aula, en la enseñanza, así como en el aprendizaje para el escenario formativo (Coll, Majós y Goñi, 2008).

Además de lo anterior, entender que la mente humana en alguna medida está también mediada por diversos instrumentos, es una de las tesis basada y argumentada desde la perspectiva sociocultural. En esta dirección y basados en las ideas de Vygotsky, los procesos psicológicos superiores de las personas están caracterizados, por el uso de instrumentos, que a su vez tienen origen cultural,

aunque ellos sean desarrollados socialmente, lo que conlleva a obtener instrumentos simbólicos, tales como el lenguaje o cualquier otro tipo de instrumento que permita representaciones.

Desde lo anterior, se entiende que el uso de tales instrumentos presupone desarrollar la adaptación activa hacia el medio, y por otro lado logra conscientemente la realización y el control, que en buena medida caracterizan los procesos psicológicos superiores. Basados en ello, las TIC se podrían considerar como un medio de representación y comunicación moderno y actual, que al ser empleadas adecuadamente, logran introducir modificaciones y variaciones que pueden llegar a tener un carácter trascendente en determinados aspectos de la conducta psicológica de las personas.

Por su parte, si bien las TIC no generan un nuevo sistema semiótico, como el lenguaje oral y escrito, la imagen audiovisual, las representaciones gráficas, entre otras, si pueden generar nuevas transmisiones, nuevos accesos y diversas formas de manejo de la información. En tal sentido es que se ha llegado a considerar a las TIC como “herramientas cognitivas” o mindtools (Jonassen y Carr, 1998; Jonassen 2006; Lajoie, 2000); o también que ellas median como instrumentos que permiten a cada persona y en especial a los estudiantes representar, explicar y sintetizar el conocimiento adquirido en diferentes escenarios (Coll et al, 2008).

7. METODOLOGÍA

7.1 Marco metodológico y enfoque

El tipo de investigación que se realizó en el presente trabajo de grado es de corte mixto, en el sentido de la aproximación cualitativa que permite la interpretación de resultados obtenidos con el grupo objetivo, en función de sus respuestas, con base en su potencial en la adecuada interpretación de resultados y el diseño de curvas de calibración y de adición estándar, basados en una encuesta de percepción. Por otra parte, el componente cuantitativo tiene que ver con el empleo de herramientas estadísticas, como promedios y proporciones, que dieron cuenta de los avances en términos cuantitativos del grupo intervenido.

Además, se empleó un enfoque investigación-acción, que permitió a los estudiantes interactuar de forma activa, por medio de la estrategia de acceso remoto, que a su vez favoreció la interacción fuera de clase con el docente y además propendió por autonomía en el estudiante, desde el real potencial didáctico de la combinación de dos modalidades de trabajo experimental.

Basados en la metodología mencionada, se trazó como ruta la preparación de diversos materiales tales como: videos (aulas invertidas con temas específicos), presentaciones en diapositivas, videos de las partes y funcionamiento de equipos, tal como el espectrofotómetro de absorción atómica (AA7000), los cuales fueron debidamente socializados y argumentados por el docente titular y el tesista, que junto con los instrumentos de recolección de información sirvieron para efectuar el respectivo análisis de resultados .

7.2 Población y muestra

La propuesta de esta investigación se desarrolló con estudiantes de Licenciatura en Química, de la Universidad Pedagógica Nacional, particularmente con 15 estudiantes del espacio académico Métodos de Análisis Químico II, en primera medida, debido a que las temáticas de Absorción Atómica, AA y Emisión Atómica EA, pertenecen a los núcleos problema del syllabus correspondiente. Conviene aquí explicar que se contó con el apoyo de personal del laboratorio del Departamento de Química, en lo referente a la capacitación del equipo de espectrofotometría de absorción atómica AA7000, de la que se efectuó un video que recoge además una determinación de mercurio con el dispositivo de generación de hidruros, sin editar, hasta el momento.

Se contó con la participación los estudiantes que en el segundo semestre de 2021 estaban cursando el espacio de métodos II, quienes respondieron una encuesta de percepción actitudinal relacionada con la propuesta y además vieron dos aulas invertidas, una sobre AA y otra sobre vapor frío y generación de hidruros, además de responder una prueba sobre la temática en cuestión, distribuida en dos apartados, uno referente a elementos de índole conceptual y otra sobre cálculos, empleando la metodología de adición estándar.

7.3 INSTRUMENTOS

Dado que el enfoque de investigación de este trabajo de grado es cualitativo, se emplearon los siguientes instrumentos de recolección de información:

- Encuesta tipo cuestionario, tipo con 8 preguntas con una única respuesta, para una escala tipo Likert, denominada: *Instrumento de reconocimiento y de valoración de actitudes relacionadas con el aprendizaje desde flipped*

Classroom, que pretendía explorar algunas de las tendencias en el grupo objetivo, en términos de sus actitudes frente al modelo Flipped Classroom (Aula Invertida) en complemento con laboratorios presenciales, que fue enviada por Google Forms y diligenciada en un tiempo de tres días la cual se muestra en el anexo 2 .

- EVALUACIÓN ESCRITA SOBRE LAS TEMÁTICAS: ATOMIZACIÓN EN LA LLAMA, GENERACIÓN DE HIDRUROS/VAPOR FRIO Y ADICIÓN ESTÁNDAR EN ESPECTROSCOPIAS ATÓMICAS.

Esta prueba, que se muestra en el anexo 1 permitió evidenciar los avances relacionados con los procesos que ocurren en la llama, que a su vez dan lugar a la excitación de los átomos en estado de vapor y los consecuentes procesos de absorción y emisión atómica, que se consideran centrales para comprender los fenómenos que ocurren al interior de un equipo de Absorción atómica.

También se indagó respecto de las particularidades metodológicas de la variante de vapor frío y de generación de hidruros, que puede explicar la denominada 'especiación atómica', que fue calificada porque se dedicó una buena parte de las sesiones a tratar y explicar esta alternativa en la determinación de algunos metaloides que incluyen: Hg, Ar, Sb, Ge, Pb y Se, entre otros, especies que pueden formar hidruros volátiles por la acción de un poderoso reductor como lo es el borohidruro de sodio, NaBH_4 .

Una segunda razón o justificación para incluir la pregunta relacionada con la variante de generación de hidruros tuvo que ver con el hecho de que el Departamento de Química cuenta actualmente con un espectrofotómetro de absorción atómica de última generación, el AA7000, que fue referencia

intencional obligada para extender las explicaciones referidas a las espectroscopías atómicas.

Otra justificación de las temáticas, tanto de atomización en llama, como de la variante de vapor frío/generación de hidruros, tiene que ver con la posibilidad de utilización de las sesiones de aula invertida, que apuntaban a consolidar la información, utilizando imágenes y esquemas o diagramas de bloques.

Por otra parte, en un tercer momento, se evaluaron los conocimientos referidos al efecto de matriz, que direcciona los cálculos a aquellos obtenidos desde la denominada curva de adición, que complementa con la necesaria aproximación cuantitativa en la determinación de los metaloides mencionados, empujando la técnica trabajada.

7.4 MATERIAL DESARROLLADO E IMPLEMENTADO PARA LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El material planificado para el ejercicio de intervención, incluyó una serie de insumos y de actividades que promovieron la adecuación de escenarios para el desarrollo de la propuesta, que incluyeron:

- Presentaciones sobre las temáticas de Espectroscopías atómicas y variante de vapor frío/generación de hidruros.
- Filmación de la capacitación del equipo de absorción atómica, AA7000, que no alcanzó a ser editado y presentado, debido a la situación de orden público en la universidad en la oportunidad en la que estaba desarrollando la temática, pero que a futuro servirá de insumo para la preparación de los estudiantes en el manejo adecuado de equipos robustos.

- Presentación a los estudiantes del manejo del espectrofotómetro de absorción atómica antiguo, para ilustrar las etapas de la realización de una experiencia de la determinación de metales de la tabla periódica.
- Diseño y ajuste de los instrumentos de recolección de información detallados líneas atrás, junto con sus respectivos ajustes a la página de Google Forms.
- Aulas invertidas sobre las temáticas trabajadas.
- Evaluación final escrita, con categorización desde los núcleos temáticos abordados.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En una primera instancia se presentan con algún nivel de detalle, las fases realmente implementadas durante el ejercicio de intervención, que responden a la secuencia desarrollada con el grupo de Métodos de Análisis II, que en el segundo semestre de 2021 fue orientada por el profesor Casas.

8.1 Fases de la implementación

8.1.1 Primera fase

Se construyeron las aulas invertidas con las temáticas de absorción atómica, las cuales estaban constituidas por un video, el cual es narrado por el docente titular, también se diseñaron presentaciones de power point, que resumía cada temática en particular y que fueron orientadas a modo de material de refuerzo, en los que estos materiales fueron enviados días antes a la sesión de clase.

8.1.2 Segunda fase.

Se participa en la clase del grupo de Métodos II, en el que se interviene, por parte del tesista explicando los detalles y dando solución a las dudas que realizaban los participantes, luego de haber visto en casa los respectivos videos, con el

acompañamiento del docente titular, durante la sesión de clase 'sincrónica' por el canal general de la plataforma TEAMS.

También se presenta a los estudiantes un video que da cuenta del manejo y especificaciones de los componentes del equipo antiguo de absorción atómica, que actualmente no se encuentra en uso.

8.1.3 Tercera fase

Se realizó una prueba escrita, para la que se tuvo un tiempo prudencial en que se consolidaron todos los conceptos, de manera que en varias de las sesiones sincrónicas se indagaba a varios estudiantes a quienes se les motivaba a hacer resúmenes de las clases previas o de las aulas invertidas varias veces trabajadas o vistas en variadas repeticiones de manera asincrónica, por los mismos estudiantes.

Se presentó a los estudiantes un video sobre el manejo, partes y funcionamiento del equipo antiguo de absorción atómica, que se empleaba con anterioridad a la contingencia de la pandemia.

8.1.4. Cuarta fase.

Se solicitó al grupo objetivo el diligenciamiento del instrumento de actitudes hacia la modalidad de aula invertida, en una encuesta con formato Likert a ser llenada por los estudiantes desde Google Forms, y validada por juicio de expertos por el docente titular.

Para completar los resultados, en un segundo bloque, se mostrarán los resultados discriminados por los diferentes tipos de instrumentos de recolección de información, utilizados durante la implementación del presente trabajo de grado, en tres vías: la actitudinal, la conceptual y la de presentaciones de las temáticas y de las prácticas de laboratorio o aulas invertidas, siendo aquí necesario hacer claridad en que debido a situaciones anómalas en la universidad que no permitieron en su momento, la realización de las prácticas, por lo que en las pruebas se procuró

efectuar aproximaciones al trabajo experimental de laboratorio y por otra parte, la oportunidad para realizar las prácticas sobre espectroscopías atómicas es aquella que coincide con el desarrollo teórico del núcleo problema correspondiente y no posterior a este, sino más bien en paralelo.

SE presenta a continuación un cuadro que resume las sesiones, temáticas

Cuadro sesiones trabajadas

<u>Sesión 1</u>	<u>Duración 3 horas</u>	<u>Recursos</u>
Temática: partes y equipos absorción atómica (equipo de llama)	<i>Actividades:</i> se inicia la clase proyectando la presentación de las diapositivas que habían sido previamente enviadas junto con el video de aula invertida, las cuales abordaban la temática de absorción atómica, emisión atómica y fluorescencia atómica	Envío previo de clase sobre absorción y emisión atómica, bajo el formato de aula invertida. Plataforma TEAMS para la solución de dudas, respecto a la temática, el empleo del equipo e interferentes en la metódica.
<u>Sesión 2</u>	<u>Duración 3 horas</u>	
Temática: variante de generación de hidruros en absorción atómica	<i>Actividades:</i> se inicia la clase proyectando la presentación de las diapositivas que habían sido previamente enviadas junto con el video de aula invertida, las cuales abordaban las temáticas de generación de hidruros y la técnica vapor frío para mercurio.	Clase sobre vapor frío y generación de hidruros, bajo el formato de aula invertida. Diapositivas sobre vapor frío y generación de hidruros. Plataforma TEAMS para la solución de dudas, respecto a la posibilidad de especiación atómica, para el caso de As (III) y Sb (III).
<u>Sesión 3</u>	<u>Duración 2 horas</u>	
Evaluación absorción y emisión atómica	<i>Actividades:</i> Se realiza la entrega de la prueba vía correo electrónico la cual al	Evaluación parcial sincrónica en los canales privados de TEAMS. Envío de encuesta de percepción sobre

	final de la sesión fue recolectada para su posterior análisis	laboratorios presenciales y alternativas digitales, como aula invertida y videos del manejo de los equipos.
--	---------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8.2 INSTRUMENTO DE ACTITUDES HACIA LOS FORMATOS DE AULA INVERTIDA

Instrumento de reconocimiento y de valoración de actitudes relacionadas con el aprendizaje desde flipped Classroom

Con el objetivo de sistematizar las tendencias relacionadas con las actitudes, particularmente para el trabajo de laboratorio, se diseñó un instrumento con 8 preguntas para respuestas en escala Likert (Total desacuerdo, TD, Mediano desacuerdo, MD, Desacuerdo, D, Acuerdo, A, Mediano Acuerdo, MA y Total Acuerdo, TA). Para puntuar en escala ordinal se asumió el siguiente Baremo:

TD	1
MD	2
MA	3
A	4
TA	5

Tabla 1. Baremo Instrumento de actitudes. Elaboración propia.

Con los cuestionarios diligenciados, se procedió a realizar una categorización para poder realizar un análisis sobre las tendencias del grupo hacia aceptar modificaciones o variaciones significativas de los formatos tradicionales o clásicos

en el laboratorio de análisis químico, con base en las siguientes cuatro categorías deductivas.

- A. SATISFACCIÓN CON RESULTADOS EN FUNDAMENTACIÓN Y PRÁCTICA BAJO EL MODELO TRADICIONAL.
- B. EXPECTATIVAS FRENTE A ALTERNATIVAS METODOLÓGICAS EN EL LABORATORIO, ORIENTADAS DESDE FLIPPED CLASSROOM.
- C. PERCEPCIÓN FAVORABLE HACIA LA PERTINENCIA Y NECESIDAD DE PRACTICAS EXPERIMENTALES.
- D. POSIBILIDAD DE APOYO DESDE LOS FORMATOS DIGITALES A LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL TRABAJO DE GRADO.

A continuación, en la siguiente tabla, se presentan los reactivos para cada una de las categorías iniciales:

CATEGORÍA	REACTIVOS
A	1, 2 y menos 3
B	5, 6 y 8
C	4
D	7

Tabla 2. Categorías y reactivos. Elaboración propia.

A modo de explicación, el reactivo 3 del cuestionario fue invertido en su baremo, debido a que la categoría hace referencia a la satisfacción, mientras que el reactivo 3 está más bien relacionado con una falencia (insatisfacción) del modelo tradicional de laboratorio; por tal razón aparece en la tabla reactivo *menos 3*.

Basados en la categorización y en el baremo acordado, se procedió a documentar una pequeña base de datos, que establecía puntajes asociados a cada reactivo y a cada categoría, como se ilustra en las siguientes tablas:

Tabla 3. Ejemplificación de respuestas para cada reactivo y categoría.
Elaboración propia.

PUNTAJES Y PROMEDIOS POR REACTIVO Y POR CATEGORÍA									
UNO	DOS	MENOS TRES	PRO CAT 1	CINCO	SEIS	OCHO	PRO CAT 2	CUATRO	SIETE
4	3	3	3,3	3	4	3	3,3	5,0	4,0
3	2	3	2,7	3	4	2	3,0	4,0	4,0
2	3	2	2,3	3	4	3	3,3	5,0	3,0
3	1	2	2,0	3	5	5	4,3	5,0	5,0
5	2	2	3,0	5	2	4	3,7	3,0	4,0
4	4	1	3,0	5	5	4	4,7	5,0	5,0
1	1	5	2,3	1	1	1	1,0	1,0	1,0
3	2	3	2,7	2	2	3	2,3	2,0	3,0
3,1	2,3	2,6	2,7	3,1	3,4	3,1	3,2	3,8	3,6

Tabla 4. Puntajes y promedios, tanto por reactivo, como por categorías.
Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestran los promedios ponderados por categorías, que resumen todos los datos de la encuesta, tipo cuestionario:

CATEGORÍA	A	B	C	D
PROM AJUSTADO	2,7	3,2	3,8	3,6

Tabla 5. Promedios ajustados por categorías. Elaboración propia.

A modo de resumen de los datos empíricos y de sus transformaciones a valores numéricos, se presenta la siguiente figura, que amerita la construcción de una categoría emergente o inductiva, que subyace a percepciones bipolares: una de ellas, relacionada con la insatisfacción con los formatos tradicionales, muy seguramente asociado a la crítica a los laboratorios tipo ‘receta de cocina’, tal como lo afirman Guzmán (2016) y Gil (1999, citado por Rua y Alzate (2012), que dan al traste con la posibilidad de resolver problemas en el escenario de laboratorio y que se limitan a comprobar leyes o teorías o a demostrar rutinas propias de los experimentos realizados.

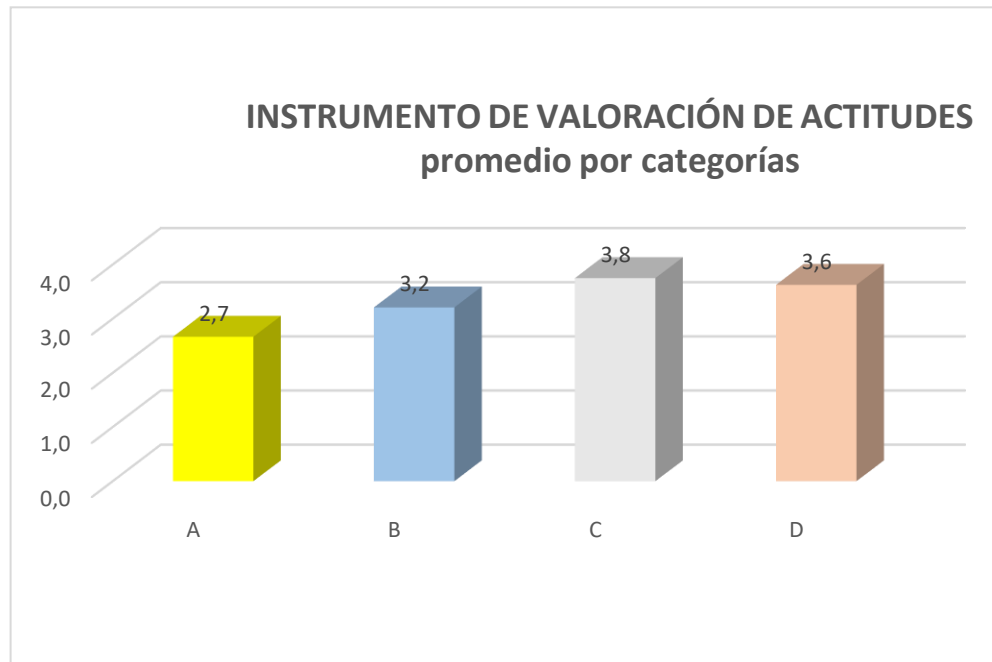


Figura 8. Promedio por categorías del Instrumento de actitudes. Elaboración propia.

Una vez colectada toda la información, se procede a hacer un análisis puntual, reactivo por reactivo de cada una de las categorías deductivas, como se ilustra en las siguientes tablas, que están organizadas por categorías:

- Categoría **SATISFACCIÓN CON RESULTADOS EN FUNDAMENTACIÓN Y PRÁCTICA BAJO EL MODELO TRADICIONAL.**

Según la gráfica, podemos observar que los estudiantes del curso se encuentran en desacuerdo con esta categoría, ya que su análisis estadístico en su promedio es bajo.

Preguntas de la categoría	Análisis
<p>Pregunta uno</p> <p>Considero que las habilidades adquiridas en prácticas demostrativas de cursos anteriores han satisfecho mis expectativas, en términos de consolidar conocimiento en la técnica o metodología trabajada.</p>	<p>En esta pregunta, se analiza que la forma de abordar las temáticas y las actividades demostrativas de química analítica, siguen estando ligadas a procesos tradicionales y no permitiendo abrir paso a la innovación e implementación de nuevos escenarios y alternativas académicas, generando así un desinterés y poca afinidad entre el estudiante y los conocimientos propuestos en el aula.</p>
<p>Pregunta dos</p> <p>A mi juicio, el papel que juega el instructor o profesor en las practicas convencionales es excesivamente elevado y debiera minimizarse al máximo, dándole más relevancia al estudiante, pero sin cambiar la estrategia de guías y del formato tipo 'receta de cocina'</p>	<p>Se puede inferir, según las respuestas de los estudiantes, que ellos resaltan la importancia del maestro como guía en lo que se refiere a las prácticas de laboratorio, puesto que esta pregunta tuvo un bajo puntaje, dejando en evidencia que simpatizan con las practicas de laboratorio asistidas por el docente.</p>
<p>Pregunta 3</p> <p>Para mi concepto, la principal objeción a las prácticas de corte convencional en química instrumental radicaría en el hecho de que, en ellas, el estudiante se preocuparía más por entregar el informe con resultados favorables, que, por aprender la técnica, el procedimiento o el funcionamiento del equipo.</p>	<p>Esta pregunta fue tomada como una negación por la forma en la que esta construida y redactada, en ella se puede analizar que los estudiantes al enfrentarse a los informes de laboratorio, le dan más importancia a obtener los cálculos esperados, que a la comprensión de los fenómenos y cambios observados durante la practica misma de laboratorio; por otro lado, este mismo matiz muestra que los estudiantes no interiorizan el manejo de</p>

	los equipos por enfocarse en entregar los informes de laboratorio.
--	--------------------------------------------------------------------

Tabla 6. Análisis de los reactivos de la categoría A. Elaboración propia.

- **Categoría EXPECTATIVAS FRENTE A ALTERNATIVAS METODOLÓGICAS EN EL LABORATORIO, ORIENTADAS DESDE FLIPPED CLASSROOM**

Esta categoría recoge las preguntas que tienen que ver con las nuevas alternativas que se proponen para abordar tanto las clases y temáticas en el aula como las practicas experimentales (prácticas de laboratorio) para este caso podemos observar que los estudiantes están parcialmente de acuerdo con esta categoría no de una manera muy alta, según la gráfica de promedios.

Preguntas de categoría.	Análisis.
<p>Pregunta cinco</p> <p>Considero que el desarrollo de prácticas de química instrumental enfocadas desde la combinación de modalidades de aula invertida y laboratorio presencial, me ayudaría a manejar equipos robustos, con o sin la ayuda de un instructor o profesor.</p>	<p>En esta pregunta, se puede inferir que el estudiante está dispuesto a recibir nuevas propuestas e implementar nuevos escenarios combinados con nuevas herramientas las cuales le permitan autonomía frente a las prácticas de laboratorio y el manejo de equipos.</p>
<p>Pregunta seis</p> <p>Según lo aprendido en los videos en el espacio académico de Métodos de Análisis II, considero que es muy probable que mis habilidades comunicativas y de trabajo en equipo se vean fortalecidas una vez culminado el seminario.</p>	<p>En esta pregunta la gran mayoría recibieron con favorabilidad la implementación de videos y materiales enviados antes de cada sesión, puesto que permite el desarrollo de autonomía y otras habilidades, como también permite conocer las temáticas antes de llegar al aula, lo cual facilitaría la resolución de dudas o inquietudes frente a la temática o el material.</p>
<p>Pregunta 8</p> <p>Para las temáticas de química instrumental, los videos me pueden ayudar a tener un contacto más cercano al real manejo y funcionamiento de un equipo robusto.</p>	<p>se infiere que para la mayoría de estudiantes es de apoyo este tipo de materiales, que permiten un acercamiento a los instrumentos y equipos antes de ir a las prácticas de laboratorio, pues llegan con un barrido</p>

	de reconocimiento frente a lo que se va trabajar.
--	---------------------------------------------------

Tabla 7. Análisis de los reactivos de la categoría B. Elaboración propia.

- **Categoría PERCEPCIÓN FAVORABLE HACIA LA PERTINENCIA Y NECESIDAD DE PRACTICAS EXPERIMENTALES**

Esta categoría tuvo muy buena acogida por su alto promedio en las respuestas, muy en concordancia con los consensos relacionados con la importancia de la práctica experimental en la enseñanza de las ciencias.

Pregunta de categoría	Análisis
<p>Pregunta cuatro</p> <p>Me gustaría ir al laboratorio de química instrumental, así sea para el desarrollo de prácticas bajo el formato tradicional.</p>	<p>Se confirma de la importancia para el estudiante que tiene la práctica de laboratorio, pues para este ese escenario representa su materialización de los conocimientos adquiridos durante la teoría.</p>

Tabla 8. Análisis de los reactivos de la categoría C. Elaboración propia.

- **Categoría POSIBILIDAD DE APOYO DESDE LOS FORMATOS DIGITALES A LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL TRABAJO DE GRADO.**

Pregunta de la categoría	Análisis.
<p>Pregunta siete.</p> <p>Es muy factible que el ensayo didáctico, con la revisión permanente de imágenes y videos, aplicado en el</p>	<p>Este tipo de alternativa generaría un nuevo panorama para la educación, si es bien sabido que no se busca reemplazar el aula o el laboratorio, si se busca interactuar con nuevas</p>

espacio académico de Métodos II sea de utilidad en la formulación, construcción y realización de mi trabajo de grado.	alternativas que agreguen componentes didácticos a labor docente dejando una carta abierta para futuros proyectos o trabajos académicos.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 9. Análisis de los reactivos de la categoría D. Elaboración propia.

Con base en los resultados de las tendencias relacionadas con las actitudes hacia formatos tradicionales y hacia formatos de aula invertida, se decide generar una categoría emergente denominada:

FAVORABILIDAD PERCEPTUAL Y POSIBLE UTILIDAD DEL EMPLEO SOLO O COMBINADO DE LABORATORIOS VIRTUALES CON LABORATORIOS PRESENCIALES

La categoría emergente recoge tres de las categorías deductivas, en virtud a la aceptación y complacencia del grupo a empear modalidades diferentes a las ya trilladas practicas demostrativas presenciales, para permitir la inclusión de aproximaciones digitales que interpretan como muy valioso el tiempo de clase y ofrecen la posibilidad de consolidar o cuestionar conocimiento adquirido o construido con anterioridad

En esta super categoría se incluyeron las categorías 2, 3 y 4 por que tienen como eje fundamental la importancia de las prácticas de laboratorio en el desarrollo de la enseñanza aprendizaje, en las que también se resalta la posibilidad de combinar los laboratorios presenciales con los virtuales, buscando así nuevas alternativas frente a este tipo de escenarios en algún caso de contingencia u dificultad no salvable.

8.3 EVALUACIÓN ESCRITA SOBRE LAS TEMÁTICAS: ATOMIZACIÓN EN LA LLAMA, GENERACIÓN DE HIDRUROS/VAPOR FRIO Y ADICIÓN ESTÁNDAR EN ESPECTROSCOPIAS ATÓMICAS.

Para presentar los resultados de la evaluación escrita de una manera más estructurada y sistemática se acudió a dividir los resultados con base en las temáticas indagadas, que se detallaron en el marco metodológico.

Con base en lo anterior, se detallan en la siguiente tabla, las preguntas que correspondieron a cada una de las temáticas, así como los pesos ponderados de cada núcleo temáticos.

NÚCLEO TEMÁTICO	PREGUNTAS	PONDERACIÓN SOBRE 5,0
ATOMIZACIÓN EN LLAMA	1a, 1b y 1c	1,5
GENERACIÓN DE HIDRUROS	1d	0,5
ADICIÓN ESTÁNDAR	3a, 3b y 3c	3,0

Tabla 10. Número de la pregunta y ponderaciones respectivas por cada núcleo temático. Elaboración propia.

Posterior a este trabajo, se evaluaron todas las pruebas, para tener una mirada de panorama a las puntuaciones, que se presentan en la siguiente tabla (en la que se coloca un color azul para los casos en los que la respuesta fue acertada, relacionada con las temáticas vapor frío/generación de hidruros, además de los porcentajes de acierto en cada caso.

ATOM	GEN DE HIDRUROS	AD. EST.
NOTA		NOTA
3,3		3,8
3,3		3,7
5,0		2,8
1,7		1,5
1,7		2,3
3,3		3,7
3,3		2,2
1,7		5,0
3,3		1,2
3,3		2,8
3,3		2,8
1,7		3,8
3,3		2,5
3,3		2,2
71,4	43	57,1
10 DE 14	6 DE 14	8 DE 14

Tabla 11. Puntuaciones y proporciones de aciertos para las temáticas evaluadas.
Elaboración propia.

Para mayor nivel de detalle, en las siguientes figuras, se visualizan los resultados por cada uno de los estudiantes participantes del ejercicio de intervención, en los que se asume como aprobado una puntuación entre 2,8 y 5,0, además de resaltar los mejores puntajes en los casos de Atomización en la llama y Adición Estándar.

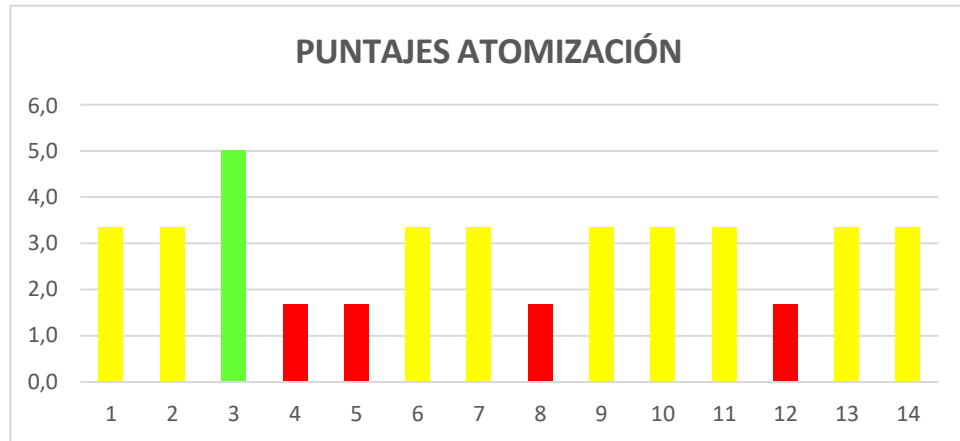


Figura 9. Puntuaciones para la temática de atomización en llama, con los códigos de color. Elaboración propia.

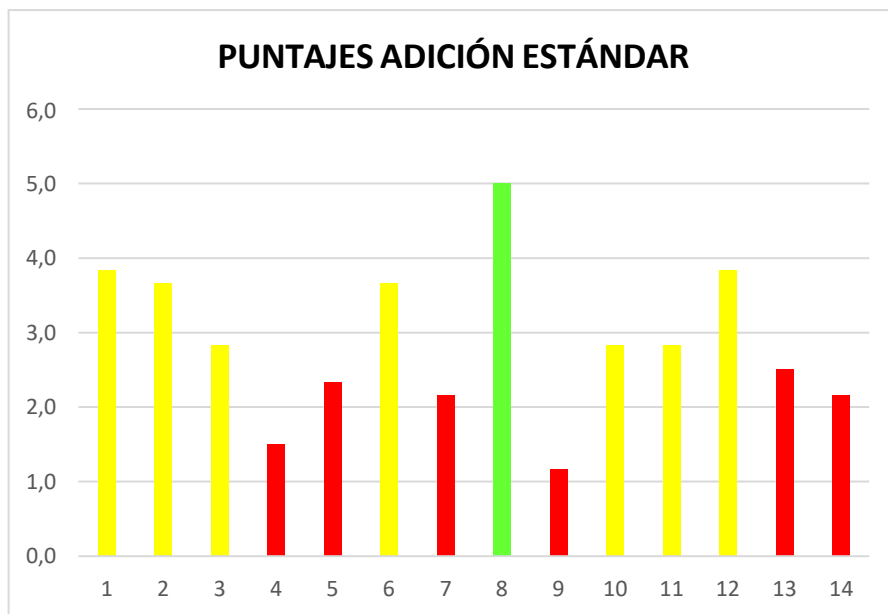


Figura 10. Puntuaciones para la temática de atomización en llama, con los códigos de color. Elaboración propia.

En lo referente a atomización el porcentaje de aprobación fue del 71,4 % lo que hace referencia a una adecuada apropiación conceptual de las temáticas, muy relacionadas con el análisis cuantitativo y con los principios básicos de la metodología trabajada.

Por otra parte, en lo tocante a la variante de vapor frío y de generación de hidruros, el porcentaje de aprobación fue del 57,1 % lo que indica que, en términos generales (incluyendo las notas de 2,8 que fueron consideradas como aprobación) la comprensión sobre esta temática fue un poco más baja de lo esperado, en la medida que ella implica reacciones más especializadas y un manejo de patrones y problemas un tanto diferente, lo que desvía de la real utilización de la metódica para la cuantificación de algunos metaloides, tales como As y Sb.

En las tablas y figuras que dan cuenta del consolidado de puntuaciones y de porcentajes en el grupo objetivo, es evidente un porcentaje de aciertos muy significativo en la temática de atomización en llama, que es un muy sensible indicador del conocimiento en los estudiantes de los procesos y procedimientos propios de la técnica, y al que se dedicó una buena cantidad de tiempo, así como de insumos, relacionados con las aulas virtuales, que en buena medida complementan los temas y dieron la oportunidad de revisar los conceptos e 'invertir' el tiempo de clase de manera más eficaz, para resolver dudas y para corregir comprensiones erradas o desviadas de lo que constituye una determinación analítica de un metal o un metaloide, como los que se abordaron en las explicaciones.

Los resultados son muy coherentes con las afirmaciones de Ríos, Jaramillo, Gómez y Mesa, 2005, citados por Tejada, Chicangana y Villabona (2013), que exploran y reafirman la necesidad de enfrentar problemas, tanto de orden pedagógico, como didáctico, complementando la teoría con las didácticas más pertinentes a los temas tratados.

En la temática de adición estándar parece ser evidente la confusión que existía en el análisis realizado bajo la óptica de una curva de calibrado, frente a la curva de adición, que requiere un abordaje matemático diferente, lo que implicaba que el estudiante debía efectuar la deducción matemática, para poder resolver el problema de la cuantificación en una muestra de vino, que forzaba el análisis de adición estándar como estrategia para eludir el problema de la interferencia de la matriz compleja.

Por otra parte, en la calificación del interrogante de generación de hidruros, la nota promedio obtenida y los porcentajes no muy altos de acierto, se podrían justificar en el hecho de que el tiempo de dedicación, tanto para la temática, como para la ejecución de la prueba, resultaron parcialmente insuficientes.

9. CONCLUSIONES

Se logró realizar una propuesta didáctica, direccionada a la implementación de nuevas maneras de entender el escenario del laboratorio, desde aproximaciones virtuales, que proveen diferentes alternativas para el abordaje, tanto de constructos y objetos de conocimiento, como de procedimientos y de contextos, particularmente en el campo del análisis químico instrumental.

En términos generales, debido a situaciones y condiciones de fuerza mayor, relacionadas con restricciones para el trabajo de laboratorio en la Universidad Pedagógica Nacional, no fue posible la realización y ejecución de prácticas de laboratorio presenciales para ajuste a laboratorios duales, relacionadas con el empleo del equipo de absorción atómica AA7000 (debido a que el equipo antiguo fue desmantelado para dar ingreso al equipo robusto moderno), que se pudo emplear únicamente después de la capacitación dada por la casa PAF, Purificación y Análisis de Fluidos, la que a su vez permitió la grabación en video de la práctica hacia finales del mes de octubre del presente año. No obstante, lo anterior, las aulas invertidas y la presentación de videos, junto con todo el ejercicio de intervención si se pudo aplicar con éxito, además queda un material por editar, a manera de insumo para aplicaciones posteriores de esta misma propuesta.

Se estructuró e implementó la propuesta formulada, exceptuando la implementación del trabajo de laboratorio con el equipo nuevo adquirido por el Departamento de Química, que incluyó una serie de insumos e instrumentos de recolección de

información que apuntaban a tres planos: *materiales, instrumentos y evidencias de avance conceptual*, con base en una serie de actividades y secuencias didácticas.

La potencialidad de la propuesta en su conjunto en términos *conceptuales* apunta a una mejoría significativa en lo concerniente a procedimientos y metodologías, como atomización con la llama, particularmente; por su parte, en términos *actitudinales* hace evidente una tendencia en los estudiantes a buscar alternativas no convencionales o combinar estas con laboratorios presenciales, para complementar el trabajo de laboratorio y consolidar conocimiento en las temáticas y procesos propios de la química instrumental.

La pertinencia de trabajos de grado, que apunten hacia nuevas propuestas en el escenario formativo de la educación superior y para este caso los de métodos de análisis químico II, causa un gran impacto en los grupos intervenidos, pues se puede observar que se genera un fuerte interés por la implementación de pertinentes herramientas tecnológicas, con el fin de fortalecer y potenciar los escenarios formativos, tanto en el aula como en los espacios de práctica de laboratorio.

Aunque el estudio no efectuó abordajes duales en términos de las prácticas de laboratorio, la investigación mostró en términos perceptuales, una marcada bipolaridad, que por un lado evidencia una tendencia a considerar insuficientes los laboratorios presenciales bajo formatos tradicionales y por otro lado, la conveniencia de combinar laboratorios reales con aproximaciones desde formatos digitales, que consolidan una mirada articulada y flexible del escenario de laboratorio en química instrumental universitaria.

Referencias

Aguilera, E. A. R. (2020). Prácticas de laboratorio: la antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), 61-66.

Arias, F. (2015). El proyecto de investigación. Guía para su elaboración.

Coll, C., Mauri Majós, M. T., & Onrubia Goñi, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación socio-cultural. *Revista electrónica de investigación educativa*, 10(1), 1-18.

Dosal, M. A., & Villanueva, M. (2008). Introducción a la metrología química: Curvas de calibración en los métodos analíticos. *Antología De Química Analítica Experimental*, 18-25.

Guzmán Victoria, N. (2016) *“La utilidad del laboratorio de ciencias como un ambiente de aprendizaje en un contexto de resolución de problemas” Un estudio particular sobre la concentración y temperatura que afectan la velocidad de una reacción química en la educación básica* (Tesis doctoral).

Infante Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa*, 19(62), 917-937.

López, E. R. (2013). El aprendizaje de la química de la vida cotidiana en la educación básica. *Revista de postgrado FACE-UC*, 7(12).

Martinovic, D., & Zhang, Z. (2008). ICT in teacher education: Examining needs, expectations and attitudes

Martinez, M.MR. 2016. Universitat Politecnica de valencia materiales de clase.

Rocha, A., & Bertelle, A. (2007). El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Rodríguez, Y., Molina, V., Martínez, M., y Molina, J. (2014). El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 67-79.

Rua, A. M. L., & Alzate, Ó. E. T. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.

Tenreiro-Vieira, C., & Marques-Vieira, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(3), 452-466.

Tovar, C. T., Collazos, C. C., & Ortiz, Á. V. (2013). Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia). *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (38), 143-157.

Vary, J. (2000). Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales. Instituto Internacional de Física Teórica y Aplicada (IITAP), Ames, Iowa–UNESCO, París.

ANEXOS.

ANEXO 1

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO II
Evaluación Parcial Sumativa. <Absorción y Emisión Atómica>

Nombre: _____ Nota: _____

1. (v/r 2,0) Indique con una V o con una F, según si la frase es verdadera o falsa:

- a) En absorción atómica, en emisión atómica y en fluorescencia atómica, si los otros parámetros se mantienen constantes (velocidad de aspiración, altura del quemador, longitud de onda, slit, mezcla combustible), a mayor viscosidad de la muestra, menor absorbancia ().
- b) En la formación de una llama, para la fotometría de llama, se requiere de un oxidante y un reductor ().
- c) La principal objeción de no permitir el contacto de las gotas más gruesas con la llama en absorción atómica tiene que ver con el hecho de que la lectura de absorbancia sería sensiblemente afectada, lo que originaría significativos problemas en la curva de calibración ().
- d) Para la determinación de Sb (V) en una muestra que contiene Sb (III) y Sb (V), empleando la variante de generación de hidruros, se debe hacer una única determinación, efectuando una pre-reducción con yoduro de potasio y cuantificando el arsénico total ().

2. (v/r 3,0) la aspiración directa en el atomizador de llama de una muestra de agua potable de la que quiere conocerse su concentración en cobre proporcionó una lectura de absorbancia de 0,145 unidades. Se preparan diferentes soluciones patrón, tomando de una disolución de 50 ppm de Cu, los volúmenes mostrados en la tabla y diluyendo en todos los casos hasta 25,0 mL. La tabla muestra asimismo las lecturas de absorbancia obtenidas para cada una de las disoluciones patrón. Se desea conocer la concentración de cobre en un vino mediante la aspiración directa de la muestra problema aportó una absorbancia de 0,100 unidades.

Volumen tomado de la disolución de 50,0 ppm, mL	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Absorbancia	0,003	0,080	0,165	0,238	0,325	0,410

- a) Calcule su concentración haciendo uso de la recta de regresión obtenida en el ejercicio.
- b) Previendo la posibilidad de efecto matriz para esta muestra a 6 alícuotas de 10,0 ml de vino se añadieron volúmenes de 0,00; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 y 1,00 mL de una disolución patrón de 1000 ppm en Cu. Enrasándose todas las soluciones a 25,0 ml con agua. Las absorbancias obtenidas para dichas disoluciones fueron 0,100; 0,160; 0,220; 0,276; 0,330 y 0,389, respectivamente. Calcule la concentración del metal mediante el método de adiciones estándar.
- c) ¿Cuál es el resultado correcto?

Prof. J. Casas

ANEXO 2

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
ESPACIO ACADÉMICO: MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO II.
ENSEÑANZA DE ESPECTROSCOPIAS ATÓMICAS.
INSTRUMENTO DE RECONOCIMIENTO Y DE VALORACIÓN DE ACTITUDES RELACIONADAS CON EL
APRENDIZAJE DESDE FLIPPED CLASSROOM

La siguiente encuesta está diseñada para explorar algunas de sus actitudes frente al modelo Flipped Classroom (Aula Invertida) en complemento con laboratorios presenciales. Apreciamos su tiempo.

Complete los siguientes datos:

Nombre: _____ Fecha: _____

Por favor lea atentamente e indique su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones escogiendo una de las cinco opciones que se presentan a continuación, marcando con una **X** el espacio contiguo a la opción más adecuada para usted según los siguientes criterios: **TA (total acuerdo), A (acuerdo), MA (mediano acuerdo), MD (mediano desacuerdo), TD (total desacuerdo).**

1. Considero que las habilidades adquiridas en prácticas demostrativas de cursos anteriores han satisfecho mis expectativas, en términos de consolidar conocimiento en la técnica o metodología trabajada.

TD___ MD___ MA___ A___ TA___

2. A mi juicio, el papel que juega el instructor o profesor en las practicas convencionales es excesivamente elevado y debiera minimizarse al máximo, dándole más relevancia al estudiante, pero sin cambiar la estrategia de guías y del formato tipo 'receta de cocina'.

TD___ MD___ MA___ A___ TA___

3. Para mi concepto, **la principal objeción** a las prácticas de corte convencional en química instrumental radicaría en el hecho de que en ellas, el estudiante se preocuparía más por entregar el informe con resultados favorables, que por aprender la técnica, el procedimiento o el funcionamiento del equipo.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___

4. Me gustaría ir al laboratorio de química instrumental, así sea para el desarrollo de prácticas bajo el formato tradicional.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___

5. Considero que el desarrollo de prácticas de química instrumental enfocadas desde la combinación de modalidades de aula invertida y laboratorio presencial, me ayudaría a manejar equipos robustos, con o sin la ayuda de un instructor o profesor.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___

6. Según lo aprendido en los videos en el espacio académico de Métodos de Análisis II, considero que es muy probable que mis habilidades comunicativas y de trabajo en equipo se vean fortalecidas una vez culminado el seminario.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___

7. Es muy factible que el ensayo didáctico, con la revisión permanente de imágenes y videos, aplicado en el espacio académico de Métodos II sea de utilidad en la formulación, construcción y realización de mi trabajo de grado.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___

8. Para las temáticas de química instrumental, los videos me pueden ayudar a tener un contacto más cercano al real manejo y funcionamiento de un equipo robusto.

TD___ **MD**___ **MA**___ **A**___ **TA**___


Tesista Gustavo Mojica y prof. Jaime Casas

ANEXO 3 imágenes capacitación equipo AA7000



ANEXO 4.

Evidencias de aulas invertidas:



**VARIANTE PARA
AA POR
GENERACIÓN DE
HIDRUROS**



ESPECTROSCOPIA ATÓMICA

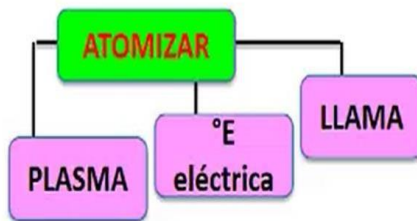
ESPECTROSCOPIA ATÓMICA

ABSORCIÓN ATÓMICA

EMISIÓN ATÓMICA

FLUORESCENCIA ATÓMICA

TRANSFORMAR LA MUESTRA EN **ÁTOMOS** EN ESTADO DE VAPOR Y MEDIR LA REM ABSORBIDA O EMITIDA POR DICHS ÁTOMOS



átomos en estado fundamental y en estado excitado

Ecuación de Boltzmann

$$\frac{N^*}{N^0} = A * e^{-\frac{\Delta E}{k*T}}$$

J. CASAS