

**PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ABERTURA A
PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN AGUAS POR
MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO EN LA REGIÓN UV-VISIBLE**

NADVER ENRIQUE RESTREPO SALCEDO

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
2020**

**PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ABERTURA A
PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN AGUAS POR
MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO EN LA REGIÓN UV-VISIBLE**

NADVER ENRIQUE RESTREPO SALCEDO

Licenciado en Química

Trabajo de Grado para optar al título de
Magister en Docencia de la Química

Directora

Dora Luz Gómez Aguilar

Doctora en Desarrollo Sostenible

Grupo de Investigación Didáctica y sus Ciencias

Línea de Investigación Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de
Ciencias

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
2020**

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre Gladys Elena Salcedo por toda su paciencia, apoyo, amor y enseñanzas. Gracias por ser mi ejemplo para seguir.

También está dedicado a mi padre Jorge Rosemberg Restrepo por apoyar mi proceso y por ser la persona que puso en mí la semilla de amor a la ciencia y a la academia. Gracias por todas sus enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a la Universidad Pedagógica Nacional por todo el saber que ha aportado a mi vida profesional y personal, por ser mi *Alma Mater*, por haberme dado una formación de excelencia y por haberme abierto sus puertas para permitirme cumplir mi sueño

Agradezco a la profesora Dora Luz Gómez Aguilar por toda su paciencia, sus ideas, sus regaños, su apoyo, su conocimiento y todos los aportes que hizo para poder culminar con mi ciclo de formación como Magister y como Licenciado.

Un especial agradecimiento a Manuel Camilo Castro por ser un gran e incondicional amigo, quien ha estado conmigo en los momentos fáciles, pero también en los difíciles, y quien facilitó todos los datos experimentales para poder desarrollar mi propuesta. No habría sido posible sin su ayuda.

Agradezco a mis compañeros de Maestría, tanto de investigación como de profundización, por aportar sus conocimientos y hacer de la maestría una etapa inolvidable; en especial a Ana María Gómez y Maritza Angélica Murcia por estar apoyándonos cuando las dificultades se tornaron más oscuras, y acompañarme a salir de ellas de la mejor manera, por enseñarme y por brindar su apoyo y disposición en todo momento.

Agradezco a todos los miembros de mi familia Martha Salcedo, Elena Salcedo y Carlos Patiño que me han apoyado y me han acompañado en todo mi proceso, a mis hermanos Héctor, Diego y Gina, les agradezco por motivarme y tenderme su mano.

Agradezco a mi pareja Adriana Chilito, por brindarme y enseñarme parte de su felicidad, porque siempre creyó en mí y porque me ha ayudado a cumplir mis sueños.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1 Planteamiento del Problema	13
2.2 Pregunta Problema.....	14
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos Específicos	16
5. REFERENTES TEÓRICOS.....	17
5.1 Antecedentes.....	17
5.2 Referentes Didácticos.....	19
5.2.1 Trabajos Prácticos de Laboratorio.....	19
5.2.2 Estilos de Enseñanza del Laboratorio	20
5.2.3 Los Informes de Laboratorio.....	22
5.3 Referentes Disciplinarios.....	22
5.3.1 Espectro Electromagnético.....	22
5.3.1.1 Espectro Visible	23
5.3.1.2 Región Ultravioleta (UV)	24
5.3.1.3 Interacción Materia y Energía	25
5.3.1.4 Espectrofotometría de Absorción Molecular	25
5.3.2 Contaminación de Aguas Con Nitrógeno.....	28
5.3.3 Determinación Espectrofométrica de componentes nitrogenados en agua	31
5.3.4 Determinación volumétrica de nitrógeno en agua.....	33
6. METODOLOGÍA.....	34
6.1 Tipo de Estudio.....	34
6.2 Descripción de la Población.....	35
6.3 Características de la Investigación	35
6.4 Fases de la Investigación	36

6.4.1	Fase I Planteamiento del Problema y Diseño de Instrumentos:.....	36
6.4.2	Fase II Propuesta de Intervención en el Aula	39
6.4.3	Fase III Análisis de Resultados	40
7.	RESULTADOS	41
7.1	Cuantitativos.....	41
7.1.1	Muestra Problema	41
7.1.2	Descripción del Espectrofotómetro.....	41
7.1.3	Determinación Volumétrica de Nitrógeno Orgánico en agua	42
7.1.4	Determinación espectrofotométrica de amonio (NH ₄) ⁺ Método de Indofenol.....	45
7.1.5	Determinación Espectrofotométrica de Nitritos (NO ₂) ⁻	49
7.1.6	Determinación Espectrofotométrica de Nitratos (NO ₃) ⁻	53
7.2	Datos Cualitativos.....	56
7.2.1	Escalas Tipo Likert.....	56
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
8.1	Parámetros de Validación	58
8.1.1	Especificidad	58
8.1.2	Límite de Detección y Cuantificación.....	59
8.1.3	Linealidad.....	60
8.1.4	Precisión (repetibilidad) y Exactitud (sesgo)	61
8.1.5	Muestra Problema	62
8.2	Validación de Instrumentos.....	62
9.	CONCLUSIONES.....	64
10.	RECOMENDACIONES	66
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	67
12.	ANEXOS.....	71
12.1	Práctica de Laboratorio No. 1	71
12.2	Anexo No. 2 Práctica de Laboratorio No.....	75
12.3	Anexo No. 3 Práctica de Laboratorio 3	78
12.4	Anexo No. 4 Ficha de Validación Experto No. 1	80
12.5	Anexo No. 5 Ficha de Validación Experto No. 2	82

Lista de Tablas

Tabla 1 Límites permisibles de especies de nitrógeno. Art. 38 y 39 Decreto 1594 - 26 de junio de 1984 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1984)	14
Tabla 2. Número de trabajos de grado en el período 2014 -2019	17
Tabla 3 Descriptores de los estilos de enseñanza del laboratorio. (Domin, 1999)	20
Tabla 4 Niveles de Abertura Priestley (1997) Citado en Jiménez, Llobera y Llitjós (2006)	22
Tabla 5 Reacciones de Oxidación y Reducción del Nitrógeno en medio hídrico (tomado y modificado de Pacheco, Pat & Cabrera, 2002)	31
Tabla 6 Porcentaje de Nitrógeno tóxico con relación al pH y temperatura (Pinilla & Restrepo, 2018)	31
Tabla 7 Síntesis Trabajos Prácticos de Laboratorio	39
Tabla 8 Actividades de Intervención en el Aula	40
Tabla 9 Valoración de Estándar secundario	43
Tabla 10 Promedio y Desviación Estándar (s)	44
Tabla 11 Valores corregidos de la valoración del estándar secundario	44
Tabla 12 Datos Determinación de NH_4^+ en la muestra problema	45
Tabla 13 Datos Curva de Calibración	46
Tabla 14 Datos Medida de Blancos	47
Tabla 15 Mediciones Estándar 10 mg/L NH_4^+	47
Tabla 16 Límites de confianza	48
Tabla 17 Límites de confianza para la determinación de amonio	48
Tabla 18 Datos Curva de Calibración Nitritos (NO_2^-)	49
Tabla 19 Límites de Detección y Cuantificación Nitritos	50
Tabla 20 Datos determinación sesgo nitritos	51
Tabla 21 Límites de Confianza sesgo nitritos	51
Tabla 22 Datos conservados sesgo nitritos	52
Tabla 23 Límites de Confianza determinación de nitritos	53
Tabla 24 Datos Curva de Calibración Nitratos NO_3^-	53
Tabla 25 Determinación Límites de Detección y Cuantificación	54
Tabla 26 Datos determinación sesgo nitratos	55

Tabla 27 Datos Corregidos Determinación sesgo nitratos	55
Tabla 28 Datos replicas muestra problema.....	56
Tabla 29 Datos corregidos para la determinación de nitratos en muestra problema	56
Tabla 30 Resultados de validación por expertos.....	57
Tabla 31 Datos de Especificidad para los componentes presentes en la muestra problema	59
Tabla 32 Límites de Detección y Cuantificación.....	59
Tabla 33 Valores de Linealidad.....	61
Tabla 34 Precisión y Sesgo	61

Lista de Gráficas

Gráfica 1 Curva de Calibración NH_4^+	46
Gráfica 2 Curva de Calibración Nitritos	49
Gráfica 3 Curva de Calibración Nitratos NO_3^-	54

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Propagación de un haz de luz (Arenas & López, 2004)	23
Ilustración 2 Espectro Visible (Fernández, 2015)	24
Ilustración 3 Barrido de Absorbancia Vs. Longitud de Onda (elaboración propia)	26
Ilustración 4 Ley de Beer (elaboración propia)	26
Ilustración 5 Estructura de un espectrofotómetro (Arenas & López, 2004)	27
Ilustración 6 Ciclo del Nitrógeno (Pacheco, Pat & Cabrera, 2002)	29
Ilustración 7 4-((4-hidroxifenil)imino)ciclohexa-2,5-dien-1-ona	32
Ilustración 8 (E)-N-(5-(dietilamino)-2-((2,4-dinitrofenil)diacetil)fenil)acetamida	32
Ilustración 9 Espectrofotómetro GENESYS 10S UV - Vis	41
Ilustración 10 Estándar 10 mg/L NO ₂ ⁻	51
Ilustración 11 Muestra Problema para determinación de nitritos	52

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se presenta como una propuesta de intervención, cuyo objetivo principal es fortalecer los niveles de abertura a partir de la implementación de trabajo prácticos de laboratorio en la determinación de nitrógeno total en aguas. La propuesta busca enseñar tópicos de la química analítica instrumental a partir de identificar un fenómeno que produce una problemática de tipo ambiental.

Se considera que el nitrógeno se encuentra presente de forma natural, debido a su ciclo biogeoquímico, en los cuerpos de agua, ya que es un nutriente fundamental en el crecimiento de algas y protozoos, además, proviene de los residuos del metabolismo de las proteínas por parte de los peces y otros seres vivos. Sin embargo, los niveles normales de nitrógeno, en cualquiera de sus formas, ha aumentado por la interferencia del ser humano, conllevando a un fenómeno de eutrofización que afecta las condiciones fisicoquímicas del agua (Camargo & Alonso, 2007).

Dentro de la normativa para la disposición del recurso hídrico se señalan los niveles permisibles de las especies más dañinas de nitrógeno en agua, lo que hace necesario tener técnicas de análisis normalizadas para su cuantificación, como un total y cuantificar e identificar las especies de forma individual, por lo cual, se necesario que los futuros profesionales en el campo de la química conozcan y comprendan dichas técnicas, dicha comprensión permite articular el conocimiento declarativo con el procedimental (Martínez Díaz, 2018).

La propuesta retoma importancia en la medida que se atiende a un diseño que les permita a los futuros profesionales desarrollar prácticas experimentales que atienden a problemas de carácter científico, sumado que sean conscientes y reflexivos frente a todas las dificultades y problemas que puedan presentarse dentro del laboratorio y estén en capacidad de atender y resolverlas.

Para lo anterior se plantea una metodología con un diseño mixto, en enfoque de diseño anidado o incrustado concurrente al modelo dominante, ya que permite recolectar de forma simultánea datos cuantitativos, propios del desarrollo experimental) y cualitativos (propios del alcance de la propuesta), en donde hay predominancia del enfoque cuantitativo sobre el cualitativo (CUAN-cual).

La obtención de datos cuantitativos se realizó a partir de la corroboración de parámetros de validación de técnicas, volumétrica e instrumentales a partir de la espectrofotometría de UV - Vis, en la determinación de amonio (volumétrico e instrumental), nitritos y nitratos (instrumentales), obteniendo parámetros como el límite de detección (LD), límite de cuantificación (LC), sesgo, precisión (repetibilidad) e interferencias.

Para la recolección de datos cualitativos se diseñaron 3 guías de laboratorio que fueron validadas por dos expertos, un experto que evaluó la relación de las prácticas con el modelo de fortalecimiento de los niveles de abertura, y el segundo que evaluó la concordancia de las prácticas a lo establecido por las técnicas analíticas instrumentales. En general, se encuentran resultados favorables en ambos tipos de datos, lo que demuestra la pertinencia de implementar la propuesta en estudiantes de educación técnica, tecnológica y/o superior en el campo de la química.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del Problema

Naturalmente en el agua de los ecosistemas acuáticos es común encontrar especies iónicas del nitrógeno, como lo son el amonio (NH_4^+), los nitritos (NO_2^-) y los nitratos (NO_3^-), su proveniencia es multifactorial, pues existen bacterias nitrificantes, descomposición de materia orgánica, escorrentías entre otros, sin embargo, la actividad humana ha alterado de forma directa el ciclo natural del nitrógeno, aumentando la concentración natural de estos iones en el agua, generando de esta manera diferentes problemáticas ambientales (Camargo & Alonso, 2007; Van Opstal, y otros, 2018).

Una de estas problemáticas es la eutrofización, lo cual es un fenómeno en el que las algas toman nutrientes que eran para las plantas, sin embargo, por escorrentías y arrastre de nutrientes resultan en el agua. Aunque la eutrofización es el resultado de un proceso natural, lo cierto es que se ha visto afectada por la acción del ser humano, lo que acelera el proceso y disminuye la capacidad de adaptarse de los seres vivos, por otro lado, el crecimiento de nutrientes antropogénicos en el agua disminuye radicalmente la cantidad de oxígeno disponible para otras formas de vida (Moreno Franco , Quintero Manzano, & López Cuevas, 2010).

Otra problemática ambiental producto del aumento de los nutrientes en los cuerpos de agua es la proliferación de cianobacterias, las cuales dentro de sus productos de desecho metabólicos pueden llegar a producir sustancias tóxicas para los peces y otros animales invertebrados en el agua, pues disminuye la cantidad de especies cuya función es eliminar gases tóxicos como el dióxido de carbono CO_2 , el metano CH_4 , y el sulfuro de hidrógeno H_2S ; lo que también genera un olor desagradable en el agua (Peleato Sánchez, 2011), además, la proliferación de este tipo de organismos, así como el excesivo crecimiento de las algas en el agua opaca el cuerpo hídrico, como resultado, el paso de la luz se dificulta, generando así que las especies fotosintéticas que se encuentran en regiones más profundas no puedan llevar a cabo la producción de oxígeno para el medio (Camargo & Alonso, 2007).

Con el aumento de los agentes contaminantes en el agua es normal que algunas especies mueran, pues los parámetros fisicoquímicos varían de forma acelerada haciendo casi imposible que haya una adaptación de las especies que habitan el cuerpo hídrico, la descomposición de la materia orgánica de la especies que mueren pueden traer consigo la aparición y proliferación de vectores portadores de enfermedades, así como la aparición de plagas de que demandan el uso de diferentes plaguicidas (Jiménez Luna & Silva Moscoso, 2018).

Sumado a la presencia de estas especies tóxicas para la vida acuática, también se puede considerar que los iones de nitrito y nitrato están relacionados en el equilibrio químico de formación de ácido nitroso HNO_2 y ácido nítrico HNO_3 , lo cual, puede modificar drásticamente el pH de aguas cuya alcalinidad sea baja (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017).

Para poder identificar el índice de eutrofización en un cuerpo de agua es necesario cuantificar e identificar la presencia de especies de nitrógeno, en Colombia, la normativa para los valores permisibles de los contaminantes en aguas se resume a continuación:

Especie	Límites permisibles para consumo humano y doméstico (mg/L)
Nitritos (NO_2^-)	10.0
Nitratos (NO_3^-)	10.0
Amoniaco (NH_3)	0.1

Tabla 1 Límites permisibles de especies de nitrógeno. Art. 38 y 39 Decreto 1594 - 26 de junio de 1984 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1984)

Con lo anterior se puede establecer la necesidad de conocer técnicas adecuadas para cuantificar dichos componentes, sin embargo, las técnicas empleadas requieren de un conocimiento procedimental y declarativo que, en muchas ocasiones, son los estudiantes los encargados de la articulación de ambos conocimientos Martínez (2018). Sin embargo, la revisión bibliográfica permite identificar que no existen muchos autores que articulen la enseñanza de técnicas de análisis espectrofotométricas para fomentar la articulación de las dos formas de conocimiento.

2.2 Pregunta Problema

¿Cuál es la incidencia del fortalecimiento de los niveles de abertura a partir de la determinación espectrofotométrica de nitrógeno en agua como una estrategia didáctica en la enseñanza de tópicos de química analítica instrumental?

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

García (2002), citado en Vargas Neira (2014), propone una discusión en relación a la forma irreflexiva que el docente y el currículo acostumbra dar al trabajo práctico de laboratorio, ya que sólo se visualiza o emplea como la demostración de un cuerpo teórico que se la ha presentado previamente a los estudiantes, lo que limita la acción formadora a únicamente seguir instrucciones, y esto, a su vez, no propicia un ambiente de aprendizaje científico por parte del estudiante, quien no se cuestiona el por qué realiza la actividad, y tampoco se le da un espacio de reflexión para que el estudiante resuelva situaciones problema que pueden surgir en el desarrollo experimental.

El presente trabajo surge bajo la necesidad de diseñar e implementar estrategias que permitan la enseñanzas de tópicos fundamentales en el desarrollo de la química, considerando el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio en situaciones reales, como lo son la determinación de un elemento sumamente contaminante en los cuerpos hídricos, desde una teoría, que, acorde a la revisión bibliográfica de antecedentes, no es una metodología que se aborde comúnmente en la investigación educativa en ciencias.

De esta manera, se propende desarrollar una estrategia que involucre diversos factores de la química analítica relacionados al fenómeno de absorción molecular en las regiones UV-Visible como una estrategia innovadora en la enseñanza de la química instrumental.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Diseñar una propuesta enfocada en fortalecer los niveles de abertura a partir de la determinación espectrofotométrica UV-Visible de nitrógeno total en agua como estrategia didáctica en la enseñanza de análisis químico instrumental.

4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar actividades prácticas de laboratorio para la determinación espectrofotométrica de nitrógeno total en aguas, comparándolos con el método volumétrico convencional.
- Verificar parámetros de validación (LD, LC, Linealidad, Intervalo de Trabajo, Sesgo) para el método espectrofotométrico y volumétrico.
- Construir una propuesta que permita la enseñanza de análisis químico instrumental y confirmación de atributos de validación en métodos normalizados el método espectrofotométrico en la región UV-visible.

5. REFERENTES TEÓRICOS

5.1 Antecedentes

Para diseñar la propuesta se parte de la revisión bibliográfica a nivel local, nacional e internacional en los últimos cinco años, durante el período que comprende desde el 2014 hasta el 2020, tomando en consideración artículos de revistas especializadas en la enseñanza de las ciencias, trabajos de grado del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, así como tesis magistrales del programa de la Maestría en Docencia de la Química de la misma universidad, además de referentes bibliográficos de otras universidades, encontrando los siguientes resultados.

UNIVERSIDAD	NÚMERO DE TRABAJOS DE GRADO PREGRADO	NÚMERO DE TRABAJOS DE GRADO MAESTRÍA	TOTAL DE TRABAJOS REVISADOS	TOTAL DE TRABAJOS SELECCIONADOS
Universidad Pedagógica Nacional	3	1	4	3
Universidad Nacional de Colombia	0	1	1	1
Revistas de Divulgación Científicas y Educativas			2	1

Tabla 2. Número de trabajos de grado en el período 2014 -2019

Dentro de la revisión de antecedentes se encuentran múltiples situaciones, dentro de ellas la primera observación es que no referentes que involucren los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de la espectrofotometría, dado que este

es el tópico de importancia a nivel de profundización, se realiza limitar la búsqueda a antecedentes de enseñanza de espectrofotometría.

Según Martínez (2018) las situaciones problema enmarcadas en la enseñanza de la espectrofotometría resultan una estrategia favorable el aprendizaje de la espectrofotometría como método de análisis de componentes presentes en muestras de medicamentos, interpretando los datos y realizando los respectivos análisis de la cuantificación.

Por su parte Ortega, Míguez & Cerecetto (2012-2013) publican un artículo donde contrastan los programas de enseñanza de química analítica de diferentes universidades de Latinoamérica y España, resaltando que se limitan únicamente a un aprendizaje por recepción puesto que se centran en dar a los estudiantes aproximaciones e introducciones de lo que es la química instrumental.

En contraste Barbosa (2018) propone que los fenómenos de absorción pueden visualizarse en situaciones cotidianas como son la fotosíntesis, de esta manera propone una estrategia de enseñanza de la interacción materia y energía vista desde la absorción molecular. (Barbosa Vega, 2018).

Sumada a la revisión de antecedentes bibliográficos, se encuentra el Panel propuestas de intervención educativa relacionadas con la enseñanza de la espectroscopia de absorción y emisión molecular que fue organizado y orientado por los estudiantes de la modalidad de Profundización en Química Instrumental de la Maestría en Docencia de la Química, en conjunto con el Grupo Didáctica y sus Ciencias y que se llevó a cabo de forma virtual el pasado 10 de junio de 2020.

En dicho panel se presentaron cuatro diferentes propuestas que resultan de los espacios académicos cursados dentro del programa de maestría, en los cuales se abordan diferentes enfoques para abordar la enseñanza de la espectroscopia de absorción y emisión molecular.

Restrepo Sánchez & Pachón Peralta (2020) presentan una propuesta donde se busca la enseñanza del espectro de absorción y emisión molecular enfocados en la EPC – Enseñanza para la Comprensión, dentro de su trabajo realizan la construcción de un espectroscopio que le permita a los estudiantes comprender la relación de fenómenos cotidianos con el desarrollo científico, la propuesta se implementa con estudiantes de educación media, demostrando la adquisición de conceptos como dualidad y comprensión de fenómenos de la luz.

González Vargas & Murcia Hernández (2020) realizan una intervención desde el modelo del ABP, donde a partir del análisis de aguas residuales de la industria textil proponen la enseñanza de las transiciones electrónicas; con su propuesta generan

una promoción de pensamiento crítico en la resolución de problemas de carácter ambiental.

Otra de las propuestas presentadas dentro del panel, fue la elaborada por Arias Garzón & Gómez Prado (2020) quienes a partir de la coloración de los compuestos inorgánicos realizan una intervención para la enseñanza de la teoría del campo cristalino, dicha teoría se aborda desde las radiaciones UV – Vis que pueden ser cuantificadas desde la química analítica instrumental.

Las anteriores propuesta se centran principalmente en la enseñanza de algunos aspectos propios de espectrofotometría de absorción molecular en la región UV y visible, sin embargo, sólo uno se encuentra centrado específicamente dentro de los TPL y el análisis de nitrógeno en agua, como una problemática que genera eutrofización y contaminación de cuerpos hídricos, en su propuesta Restrepo Salcedo (2020) busca principalmente identificar los niveles de abertura de los estudiantes, así mismo, diseñar prácticas que permitan avanzar entre estos niveles de abertura a niveles donde los estudiantes sean más autónomos dentro del espacio de la práctica experimental.

5.2 Referentes Didácticos

5.2.1 Trabajos Prácticos de Laboratorio

Vargas Neira (2014) define los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) como una serie de actividades que son diseñadas para que los estudiantes resuelvan problemas de carácter científicos o tecnológicos. Propone, además, una serie de características que han de tener los TPL para poder ser desarrollados, entre las que se encuentran:

- Deben ser realizadas por los estudiantes, puesto que se establece que el estudiante debe tener un rol activo de su propio proceso de aprendizaje.
- Es necesario que impliquen procedimientos científicos, haciendo alusión al método científico, donde el estudiante realice observaciones, formule hipótesis, realice ensayos experimentales para validar las hipótesis y por último plantee conclusiones.
- Tienen un nivel de complejidad mayor a las actividades tradicionales del aula de clase, puesto que involucran, además de un apropiamiento teórico y lógico matemático, una serie de destrezas y habilidades propias del manejo instrumental, de equipos y en el caso de la química de reactivos químicos.
- Se realiza en espacios diferentes al aula de clase, sin embargo, el autor especifica que también se pueden desarrollar dentro del aula haciendo uso de laboratorios móviles.

5.2.2 Estilos de Enseñanza del Laboratorio

Durango Usuga (2015) establece que el trabajo experimental debe estar sustentado en la culminación de un objetivo, y que ese objetivo será el factor que definirá el estilo de enseñanza propio del laboratorio. De esta manera postula que cuando las actividades van encaminadas en función de un objetivo le ofrecen al estudiante la posibilidad de tomar decisiones en el diseño y realización del experimento. Domin (1999) sugiere una diferenciación del TPL desde tres perspectivas que son: el resultado, el enfoque y lo procedimental, sintetizando esta información en la Tabla No. 2.

Estilo	Descriptor		
	Resultado	Enfoque	Procedimiento
Expositivo	Predeterminado	Deductivo	Proporcionado
Investigativo	Indeterminado	Inductivo	Generado por el estudiante
Descubrimiento	Predeterminado	Inductivo	Proporcionado
Resolución de problemas	Predeterminado	Deductivo	Generado por el estudiante

Tabla 3 Descriptores de los estilos de enseñanza del laboratorio. (Domin, 1999)

De esta forma un laboratorio tendrá un resultado predeterminado en la medida que se espera el resultado y uno indeterminado cuando ni el docente ni el estudiante saben el resultado final, un enfoque deductivo cuando el estudiante hace uso de principios y teorías en la comprensión de fenómenos específicos, mientras que será inductivo en la medida en que a partir de un fenómeno particular se sustente un principio.

Lo anterior se liga en esencia con lo postulado por Herron (1971), citado en Jiménez, Llobera & Llitjós (2005), en cuanto los niveles de apertura, los cuales son una técnica pedagógica que busca un mayor esfuerzo cognitivo por parte de los estudiantes en la realización de prácticas experimentales. Shiland (1999) citado en Jiménez, Llobera y Llitjós (2006) propone que a medida que se desarrollan procesos cognitivos más complejos es necesario reducir la información que se le entrega al estudiante en el

protocolo experimental y de esta manera aumenta el nivel de abertura de la práctica experimental. Además, proponen que las prácticas que involucran los niveles más bajos son de carácter expositivo donde el docente orienta todos los procesos de la práctica experimental.

En la tabla número 4 se encuentran los niveles de abertura y el proceso cognitivo que se ve potenciado al momento de su realización:

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 datos	Conocimiento
2	Muy Cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos al estudiante. 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 y conclusiones abiertas	Comprensión y aplicación
5	Ligeramente abierto	Se proporcionan la mayoría de los 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 mismo proponen). Los estudiantes desarrollan el procedimiento y sacan sus propias conclusiones.	Síntesis y evaluación

Tabla 4 Niveles de Abertura Priestley (1997) Citado en Jiménez, Llobera y Llitjós (2006)

5.2.3 Los Informes de Laboratorio

Los informes de laboratorio son el “producto final” de la práctica experimental, en ellos se busca sintetizar los referentes teóricos y procedimentales que desarrollo el estudiante en la realización del TPL, según López Rua & Tamayo Alzate (2012) se deben erradicar los informes tipo receta de cocina, ya que imposibilita las capacidades imaginativas y analíticas de los estudiantes. Para los autores, el informe debe brindar especificaciones claras del problema, la hipótesis, las variables, resultados y conclusiones, además de una evaluación que permita validar el aprendizaje científico adquirido.

Aquellas especificaciones deben ser planteadas en su totalidad por el estudiante, de modo que el rol que asume el docente es el de plantear un enunciado abierto, para que el estudiante realice todo un diseño de resolución de problemas de carácter científico, sin verse limitado por los enunciados cerrados que conlleven únicamente a una validación de un cuerpo teórico.

5.3 Referentes Disciplinarios

5.3.1 Espectro Electromagnético

Se le denomina espectro electromagnético al flujo de energía saliente de una fuente en forma de onda que pueden provenir de distintos tipos de fuentes naturales y artificiales (Luque Ordóñez, 2017).

La luz se concibe como un conjunto de múltiples radiaciones que se mueven por el espacio, puede tener un comportamiento ondulatorio, pero también puede ser descrita como una partícula. Se sabe que el comportamiento ondulatorio radica principalmente en la formación de campos eléctrico y magnético que oscilan de forma perpendicular a la dirección de traslación por el espacio, como se muestra en la ilustración 1.

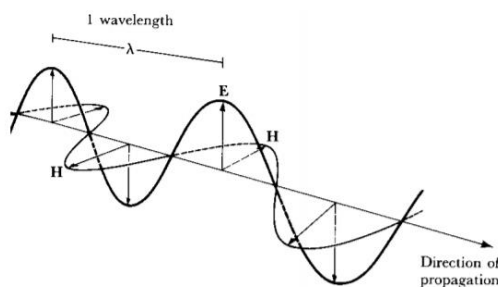


Ilustración 1 Propagación de un haz de luz (Arenas & López, 2004)

Donde λ hace referencia a la longitud de onda, es decir, la distancia en que hay entre dos crestas de la onda, y que es de vital importancia en el estudio de la espectroscopía de absorción molecular (Arenas Sosa & López Sánchez, 2004).

El espectro electromagnético se divide en diferentes regiones con el fin de poder estudiar a fondo las características y propiedades de interés, sin embargo, dentro del presente escrito sólo se abordará la región visible del espectro y la región ultravioleta.

5.3.1.1 *Espectro Visible*

Es una pequeña porción del espectro electromagnético, que comprende desde 380 nm hasta los 760 nm y en la cual cualquier energía que se produzca en este ancho de banda genera la sensación de color perceptible para el ojo humano. Se ubica posterior al ultravioleta *UV* y antes de la región del infrarrojo *IR*.

Cada sección o banda del espectro visible produce una sensación de color, y esta no es una capa fina, sino que por el contrario es una transición de un color a otro (Fontal, 2005) como se muestra en la ilustración 2.

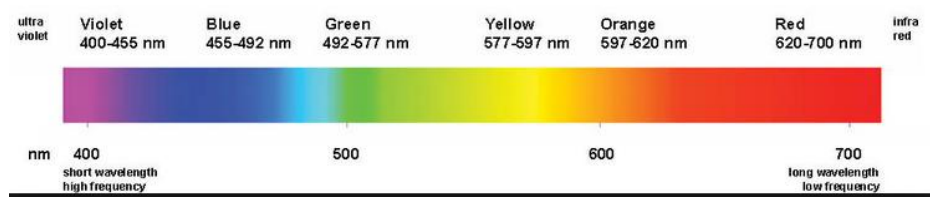


Ilustración 2 Espectro Visible (Fernández, 2015)

5.3.1.2 Región Ultravioleta (UV)

La región UV comprende desde los 10 nm hasta los 370 nm, se encuentra con una λ menor que el espectro visible pero mayor a los rayos X, se puede dividir de dos formas, atendiendo a su longitud de onda o atendiendo al impacto sobre la salud; en primera instancia, por su λ , se puede clasificar como UV-Lejano (10nm-200nm) y UV-Cercano (200nm-370nm) (Fontal, 2005).

Por el impacto sobre la salud se clasifica como:

- **UV-A:** forma de radiación UV que en dosis moderada beneficia los procesos biológicos en la tierra, es la que llega al planeta en mayor cantidad, debido a que la UV-B y la UV-C son absorbidas casi en su totalidad por los gases que se encuentran en la capa de ozono (O_3 , CO_2 , H_2O , O_2). Aunque representan un menor peligro que los otros tipos de radiación UV, los rayos de radiación UV-A en altas concentraciones o elevada exposición pueden desatar reacciones fototóxicas y fotoalérgicas en la piel, sumando la aparición de radicales libres que pueden afectar las células dérmicas.
- **UV-B:** llega en cantidades muy bajas, cerca del 5% total emitido por el sol, sin embargo, es potencialmente dañina, afecta los procesos biológicos de crecimiento de las plantas, y genera múltiples daños a la salud humana, entre ellos están los daños en la piel, que van desde una quemadura hasta alteraciones en el material genético que pueden derivar en melanomas; altera la eficiencia del sistema inmunológico, genera cataratas y pterigios.
- **UV-C:** Es altamente dañino para los organismos vivos, sin embargo, no llega a la tierra debido a la absorción por parte del oxígeno en la estratosfera. (Benavides Ballesteros, 2010)

5.3.1.3 Interacción Materia y Energía

Según Clavijo (2002), la radiación electromagnética interactúa de diferentes formas con la materia.

- **Absorción:** Ocurre cuando la interacción resulta en la transferencia de energía de la radiación a la materia. Para explicar la absorción se pretende abordar la naturaleza particular de la luz, esbozada por la ecuación de Planck, donde la energía de un fotón esta “cuantizada”, en esta teoría, cuando un fotón colisiona con un receptor existe una probabilidad, finita, que su energía se transfiera en un proceso discontinuo:

$$E = \frac{h}{\nu} \xrightarrow{\text{Entonces}} M + h\nu \rightarrow M^*$$

Donde M^* es el receptor excitado o cargado con la energía del fotón. Sin embargo, la energía de excitación también está cuantizada, es decir, sólo habrá una “promoción” de un estado basal o inicial a un estado excitado siempre que el fotón transfiera la energía específica para que el electrón sea transferido al siguiente nivel de energía.

- **Emisión:** Es el caso contrario a la absorción, en este fenómeno la radiación puede ser absorbida y luego dispersada, reflejada o reemitida a la misma o diferente longitud de onda. En la emisión se pasa de un estado excitado a un estado basal emitiendo un fotón.

5.3.1.4 Espectrofotometría de Absorción Molecular

La espectroscopía es una técnica de análisis químico que se emplea en la determinación y cuantificación de un analito presente en una muestra problema o de interés, se basa en la interacción entre un compuesto en solución de color y la absorción de luz acorde a la concentración de este.

En la espectrofotometría de absorción es necesario conocer cuál es la energía correspondiente a la excitación que absorbe la muestra, para pasar de un estado basal a uno excitado, en un proceso que se denomina *barrido* donde se varía la longitud de onda hasta encontrar una de máxima absorción para la muestra, gráficamente se conoce como espectro de absorción (ilustración 3) y es uno de los pilares para realizar el proceso experimental.

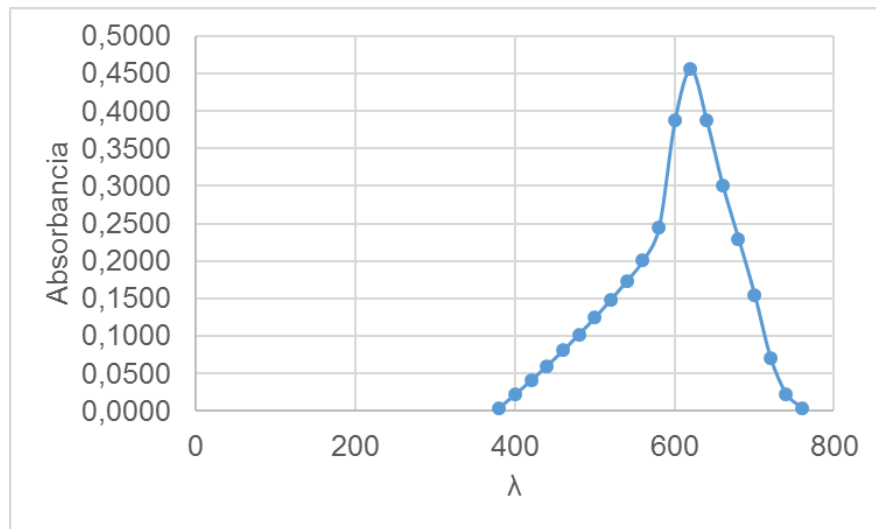


Ilustración 3 Barrido de Absorbancia Vs. Longitud de Onda (elaboración propia)

Según Skoog (2008) la espectroscopía de absorción molecular se fundamenta en la medición de transmitancia T o de la absorbancia A , que se relacionan linealmente con la concentración del mensurando según la Ley de Beer:

$$A = -\text{Log}T = \frac{P}{P_0} = a * b * C$$

Donde a es la absorptividad específica, puede ser reemplazada por ϵ , que de igual forma representa la absorptividad, pero para una concentración molar, es un valor constante para cada componente a determinada longitud de onda, generalmente la de máxima absorción, b es la longitud de la celda donde se localiza la solución que contiene la muestra y C es la concentración del analito en partes por millón (mg/L), en la ilustración 4 se puede observar como la potencia de la luz disminuye cuando pasa por una muestra de concentración C en una celda de longitud b (Clavijo Díaz, 2002).

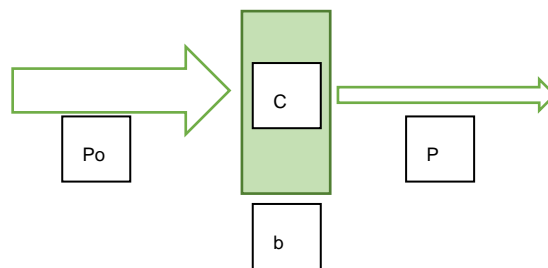


Ilustración 4 Ley de Beer (elaboración propia)

5.3.1.5 Instrumentación:

Para la realización de la técnica de espectroscopía visible es necesario un instrumento denominado espectrofotómetro, el cual es capaz de producir un haz de luz a diferentes longitudes de onda, está equipado con un detector que permite establecer la diferencia de potencia del haz antes y después de pasar por la muestra, de esta manera se determina la cantidad de luz absorbida por la muestra. Consta de los siguientes componentes que se organizan de acuerdo con la ilustración 5:

- **Fuente de Luz:** Generalmente se usan fuentes de wolframio ya que son fuentes de radiación visible continua, que emite en un intervalo útil desde 320 hasta 2500 nm (Harris, 2007)
- **Monocromador:** Se encarga de filtrar la luz de la fuente para que la longitud de onda que se emita sea la misma a la que la muestra absorba, funciona básicamente dispersando la luz y haciendo que esta pase por una abertura fija con dirección a la muestra.
- **Porta Muestra:** Es un compartimento donde se acomoda la celda que contiene a la muestra o varias muestras, se sitúa en una posición de referencia a la luz emitida.
- **Detector:** Es uno de los componentes más importantes, ya que es el encargado de captar los fotones que han pasado por la muestra, y a partir de allí se determina la diferencia de potencial de la longitud de onda.

Para cargar la muestra al espectrofotómetro se emplean celdas, que son recipientes de diferentes tamaños y materiales acordes al tipo de espectroscopía que se realiza, los materiales más comunes son vidrio, cuarzo y sílice o plásticos, sin embargo, se emplea cuarzo o sílice para el caso del visible, ya que los demás materiales pueden absorber significativamente luz, interfiriendo con la medida del equipo y aumentando el error del método (Arenas Sosa & López Sánchez, 2004).

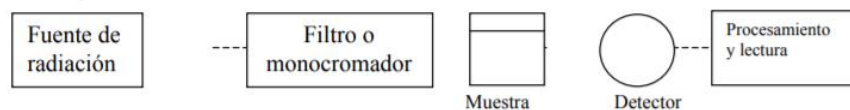


Ilustración 5 Estructura de un espectrofotómetro (Arenas & López, 2004)

5.3.2 Contaminación de Aguas Con Nitrógeno

Dentro del agua se encuentran diferentes componentes químicos, tanto orgánicos como inorgánicos que pueden aparecer de distintas fuentes, los que más abundan son componentes iónicos inorgánicos como calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}), que confieren la dureza y alcalinidad del agua, sodio (Na^{+}), potasio (K^{+}), cloruro (Cl^{-}), sulfato (SO_4^{-2}), carbonato (CO_3^{-}) y bicarbonato (HCO_3^{-}), sin embargo, también abundan iones secundarios denominados nutrientes, puesto que son empleados por las alga y otras especies para su actividad biológica, y estos son fosfato (PO_4^{-3}), nitrato (NO_3^{-}), nitrito (NO_2^{-}) y amonio (NH_4^{+}) (Margalef ,1982, citado en INVEMAR, 2013).

Si bien los nutrientes son esenciales para el desarrollo de la vida y organismos vivos, el exceso de estos altera la armonía natural de los ecosistemas. En el caso de los ecosistemas acuáticos se le denomina eutrofización al exceso de nutrientes presente en el medio, sus consecuencias, principalmente, consisten en mal olor, aumento de turbidez, sedimentos de coloración oscura, sobrepoblación de algas y especies vegetales, además de la descomposición de materia orgánica que afecta paulatinamente las condiciones fisicoquímicas del agua (Chapa & Guerrero, s.f).

5.3.2.1 Fuentes de Contaminación No puntuales

Se denomina fuente de contaminación no puntual a aquella que por su origen disperso y variaciones por condiciones climatológicas no puede ser medida con regularidad, pero que sí tienen una incidencia sobre los parámetros medibles del agua.

El nitrógeno que llega al agua puede provenir de diferentes fuentes y en distintas formas iónicas, como se indicó anteriormente, las principales fuentes de contaminación no puntual de nitrógeno en agua según Carpenter *et al* (1998) son:

- Escorrentías en zonas agropecuarias que transportan material fecal o de desecho alimenticio cargado de proteínas
- Escorrentías desde zonas de pastoreo
- Escorrentías urbanas en zonas sin desagüe
- Lavado y escorrentía de sistemas sépticos

Además de las fases de ciclo de nitrógeno que pueden ocurrir dentro del agua.

5.3.2.2 Ciclo del Nitrógeno

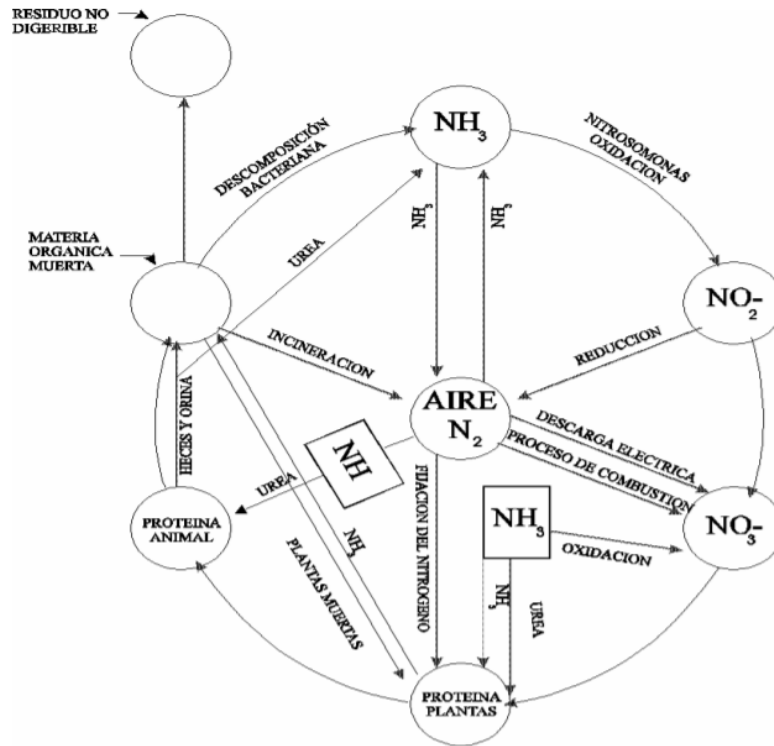


Ilustración 6 Ciclo del Nitrógeno (Pacheco, Pat & Cabrera, 2002)

En la ilustración 6, se puede observar algunas de las interacciones que tiene en el ambiente el nitrógeno, cuya principal fuente es la misma atmosfera, y que por acción microbiana o de descargar eléctricas llega a los suelos, tejidos animales, y cuerpos hídricos.

Dentro de los cuerpos hídricos se encuentra en forma de ion nitrato por su alta estabilidad, sin embargo, se puede encontrar como amonio y nitrito.

Las reacciones que sufre el nitrógeno dentro de un cuerpo hídrico se resumen en la tabla 5. De esta manera se observa como gran parte de las reacciones involucran el consumo de oxígeno, disminuyendo la concentración de este en el medio (Pacheco Avila, Pat Canul, & Cabrera Sansores, 2002), y como se ha mencionado con anterioridad, aporta nutrientes a las algas para que crezcan y en los excesos obstaculizan e impiden que el oxígeno se solubilice disminuyendo aún más su concentración.

Reacción Oxidante		Reacción Reductora	
$2\text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	Oxidación del amonio hasta ion nitrito por acción de organismos autótrofos (bacterias, hongos, etc.)	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$	Proceso de desnitrificación bacteriana. Se realiza por bacterias <i>Pseudomonas</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Bacillus</i> y <i>Micrococcus</i> que usan la nitrógeno reductasa (empleando como cofactor el hierro y el molibdeno)
$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_2$	Oxidación del amonio hasta ácido nitroso, pasando por hidroxilamina y oxima pirúvica. La realizan principalmente bacterias nitrosomas (<i>Nitrosobacteriaceae</i>)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{NO}_3^- \rightarrow 12\text{NO}_2^- + 6\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Reacción de reducción de nitrato y oxidación de la glucosa
$2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$	Oxidación del nitrito hasta nitrato, realizado por bacterias mesófitas en pH próximo a 7	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 8\text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{CO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O}$	Reacción de reducción de nitrito hasta nitrógeno molecular y oxidación de glucosa

$\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	Oxidación de amonio hasta ion nitrito realizado por bacterias <i>Nitrobacter</i>		
---------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	--	--

Tabla 5 Reacciones de Oxidación y Reducción del Nitrógeno en medio hídrico (tomado y modificado de Pacheco, Pat & Cabrera, 2002)

Según el pH y la temperatura al que se encuentre el sistema, el nitrógeno tendrá mayores porcentajes de toxicidad, como se puede observar en la tabla 5.

pH	Temperatura °C									
	16,1	17,7	20,0	22,2	23,8	26,1	27,7	30,0	32,2	
7,0	0,30	0,31	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95	
7,2	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,95	1,10	1,27	1,50	
7,4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,3	1,50	1,73	2,00	2,36	
7,6	1,17	1,35	1,56	1,79	2,05	2,35	2,72	3,13	3,69	
7,8	1,84	2,12	2,45	2,8	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72	
8,0	2,88	3,32	3,83	4,37	4,99	5,71	6,55	7,52	8,77	
8,2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,75	10,00	11,41	13,22	
8,4	6,93	7,94	9,09	10,30	11,65	13,20	14,98	16,96	19,46	
8,6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68	
8,8	15,76	17,82	20,08	22,38	24,88	27,64	30,68	33,90	37,76	
9,0	22,87	25,57	28,47	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02	

Tabla 6 Porcentaje de Nitrógeno tóxico con relación al pH y temperatura (Pinilla & Restrepo, 2018)

5.3.3 Determinación Espectrofotométrica de componentes nitrogenados en agua

5.3.3.1 Determinación espectrofotométrica de amonio en agua (método de Indofenol)

El ion amonio (NH_4^+) reacciona con hipoclorito de sodio (NaClO) en un medio citrato alcalino para formar la monocloroamina ($\text{H}_2\text{N}-\text{Cl}$), la cual en presencia de fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) y Nitroprusiato de sodio (catalizador) forma un complejo colorado llamado azul de indofenol, además, por la acción del citrato se acomplejan los iones de calcio y magnesio eliminando las interferencias que puedan generar (INVEMAR, 2003). El azul de indofenol se lee en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm (región visible).

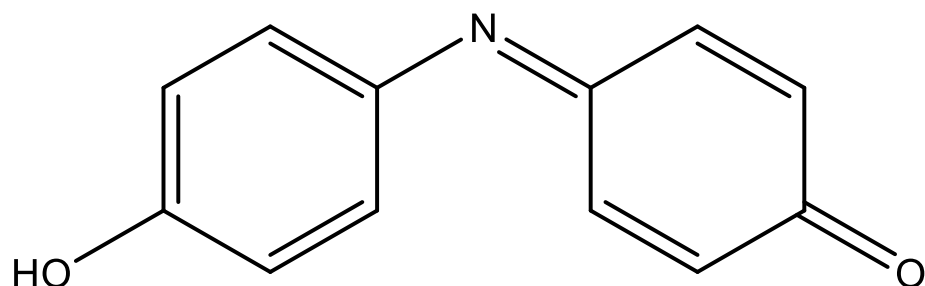


Ilustración 7 4-((4-hidroxifenil)imino)ciclohexa-2,5-dien-1-ona

5.3.3.2 Determinación espectrofotométrica de nitritos en agua

Para la determinación de nitritos, que son componentes intermedios en el ciclo del nitrógeno, se hacían múltiples reacciones que desencadenaban en la producción de ácido nitroso en un componente que teñía fuertemente y permitía su lectura en el espectrofotómetro, sin embargo, se empleaban componentes cancerígenos y altamente contaminantes, por lo cual se empleará una adaptación al método propuesta por Shin (1952) citado en INVEMAR, 2003; que consta de la producción de un compuesto azo rojo, el cual se forma tamponando la muestra a un pH que oscile entre 2,0 y 2,5 de allí con ayuda de sulfanilamida y N-(1-naftil)etilendiamina dicloruro (NED dicloruro) se lee a una longitud de onda de 543 nm.

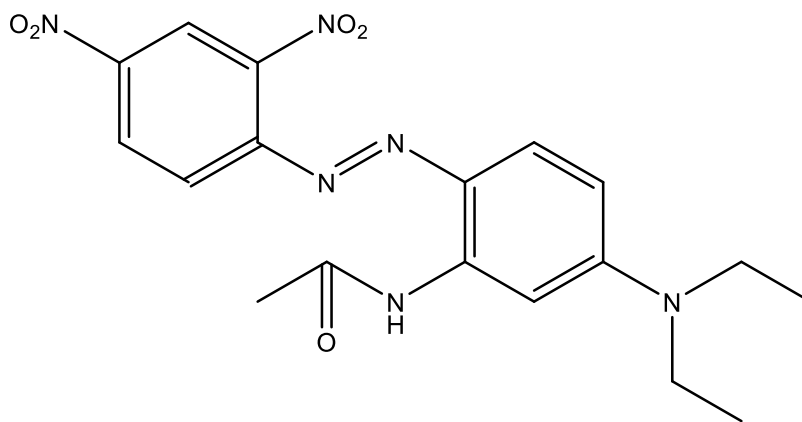


Ilustración 8 (E)-N-(5-(diethylamino)-2-((2,4-dinitrofenil)diacenil)fenil)acetamida

El compuesto resultante presenta la estructura de un cromóforo azo, $R_1-N=N-R_2$ donde el grupo R_1 presenta aceptores de electrones, en este

caso se puede considerar la presencia de los nitritos, mientras que en el R₂ habrá presencia de donadores de electrones, generalmente se trata de hidroxilo o amino. Los grupos generan una absorción en la región visible, específicamente a 543 nm (Algaba Joaquín , 2005).

5.3.3.3 *Determinación espectrofotométrica de nitratos*

En la determinación de iones nitrato, los más abundantes por estabilidad, se realiza un análisis que involucra dos lecturas, se debe principalmente a que el ion (NO₃)⁻ absorbe en la región UV a 220 nm, sin embargo, en esa misma longitud de onda también hay absorción de materia orgánica (MO), por lo cual se realiza una segunda medida a 275 nm, con aras a corregir la interferencia causada por la MO. La técnica no se recomienda para monitores de agua cuya MO está en constante cambio y es necesaria la adición de ácido clorhídrico 1N para eliminar la interferencia de carbonato de calcio presente en más de 1000 mg/L. (INVEMAR, 2003).

Una vez realizadas las medidas de absorbancia se aplica la fórmula de corrección de absorbancia:

$$A_{COR} = A_{222} - 2A_{275}$$

5.3.4 *Determinación volumétrica de nitrógeno en agua*

Como parte de la investigación consiste en identificar qué metodología resulta más lineal y con un mejor optimo rango de trabajo, se procede a describir el método de determinación de nitrógeno total (prueba Kjeldahl).

El proceso consiste en la digestión de la muestra para transformar todo el nitrógeno (orgánico e inorgánico) hasta ion amonio, el cual se recolecta en una solución de ácido fuerte, cuyo volumen y concentración son conocidos, para una posterior valoración del exceso del ácido con una base fuerte, de esta manera se determina indirectamente la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra (Clavijo Díaz, 2002).

6. METODOLOGÍA

6.1 Tipo de Estudio

Considerando los alcances de la profundización, el presente trabajo se presenta como una monografía investigativa, con un enfoque mixto (CUAN-cual), con un diseño anidado o incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC), definido por Sampieri (2006) como un diseño dentro del cual se colectan simultáneamente datos cuantitativos y cualitativos.

En este diseño existe un orden de prioridad, siendo el de mayor prioridad el central el cual responde a más preguntas relativas a la investigación, para el caso propio de la investigación será de mayor prioridad el enfoque cuantitativo, que permita contrastar las técnicas analíticas instrumentales con la volumétrica que se emplea convencionalmente. El método de menor prioridad se considera secundario y se emplea específicamente para atender a dudas que pueden surgir a partir del método central; el método de menor prioridad será el cualitativo, puesto que sólo se evaluarán los alcances de la propuesta, y la jerarquía de las actividades para ubicar a los estudiantes en los niveles de abertura superiores.

Ambas bases de datos proporcionan visiones del mismo problema desde diferentes perspectivas. Para la presente investigación prima el enfoque cuantitativo, puesto que se obtendrán resultados empíricos de la actividad experimental; el diseño incrustado será el cuantitativo, puesto que se obtienen resultados del nivel de abertura que se alcanza por medio de la propuesta.

Dentro del enfoque cuantitativo se resalta la importancia de la medición, pues una de las características es la necesidad de estimar valores dentro de un fenómeno, los mismos valores deben tener un tratamiento estadístico con el fin de analizar a profundidad las mediciones realizadas. Se trata de un enfoque meramente objetivo, donde no debe existir manipulación por parte del investigador, por lo cual, es válido tener un sustento teórico que aproxime al investigador a los resultados, de tal forma que haya una verificación de parámetros.

El enfoque cualitativo se considera ya que según Hernández Sampieri (2006) una de las características de la investigación cualitativa es la convergencia de realidad, es decir, que cada sujeto asimila e interpreta la realidad acorde a su experiencia y la información que ha sido transmitida por otros, por

consecuente, es necesario comprender que la realidad de cada lo ubica en un nivel de abertura diferente, dentro del mismo enfoque Hernández también postula que esa realidad puede ir modificándose a medida que se avanza en el proceso investigativo.

Por lo anterior, se comprende que a medida que se va desarrollando la propuesta los estudiantes irán evolucionando en los niveles de abertura, en un proceso que es continuo y cuya organización tiene como fin ese avance, de tal manera que el alcance de la propuesta es lograr el desarrollo de los niveles de abertura de acuerdo con una serie de procesos y no de una forma inmediata.

6.2 Descripción de la Población

Es menester aclarar que el presente trabajo está esbozado como una propuesta de intervención en el aula, por lo cual, no se ha implementado la estrategia de enseñanza, concorde a lo anterior no se describe una población sobre la que se haya realizado intervención; sin embargo, dada la complejidad conceptual que envuelve el desarrollo de la espectrofotometría como técnica de la química instrumental, se señala que la población objetivo se centra en niveles de educación técnica, tecnológica y/o superior en el campo de la química.

Lo anterior es corroborable analizando los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de la educación básica y media en ciencias naturales. Por otro lado, dentro de los planes de estudio de instituciones de educación superior, técnica o tecnológica en el área de química, sí se pueden apreciar campos disciplinares que involucran la química analítica instrumental.

6.3 Características de la Investigación

El presente trabajo de grado se presenta dentro del grupo de investigación de La Didáctica y sus Ciencias, específicamente se encuentra en la línea de investigación Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias, cuyo objetivo central es la producción de conocimiento científico a partir de la investigación de la docencia en el aula.

En contraste, la presente investigación busca contribuir con una estrategia que permita la resolución de problemas de carácter científico desde el diseño e implementación de trabajos prácticos de laboratorio que buscan la identificación y cuantificación de un metabolito de carácter inorgánico que, aunque se encuentre de forma natural en el ecosistema, se ha visto afectado por las prácticas de los seres humanos y ha generado una problemática de carácter ambiental.

6.4 Fases de la Investigación

Para lograr alcanzar los objetivos propuestos, la investigación se plantea desde el desarrollo de las siguientes fases:

6.4.1 Fase I Planteamiento del Problema y Diseño de Instrumentos:

Dentro de esta fase es necesaria la búsqueda de información para la construcción de un marco de referencia que permita examinar con más detalle los resultados obtenidos, a partir de la construcción del marco teórico, se propone plantear la situación problema que se busca atender, ya que los resultados obtenidos en investigaciones previas son las que proporcionan una primera mirada a la viabilidad de realizar el proyecto.

Dicho marco se divide en dos tipos de referentes teóricos: Los didácticos y los Disciplinarios. Se resalta el hecho de no encontrar antecedentes que vinculen la enseñanza de la química analítica instrumental con la realización de Trabajos Prácticos de Laboratorio, en un período de 5 años.

Por otro lado, se construyen los instrumentos que constan de:

- **Trabajos Prácticos de Laboratorio:** Se desarrollarán 4 prácticas de laboratorio que permitirán determinar y avanzar en los niveles de abertura en los que se encuentran los estudiantes.

Primera Práctica

Se realizará con un diseño de nivel de abertura herméticamente cerrado, es decir, dando al estudiante una situación problema, protocolo de resolución, materiales específicos, reactivos y procedimientos de preparación de reactivos, objetivo, tablas para que escriban los resultados obtenidos, además, se darán las formulaciones matemáticas que permiten calcular la concentración del analito de interés, de tal manera que el estudiante sólo deberá emplear las fórmulas matemáticas que los lleven a las conclusiones, en esta práctica se realizará el análisis volumétrico de nitrógeno total en aguas por método Kjeldahl.

Segunda Práctica

La segunda práctica se propone en un nivel de abertura cerrado, puesto que realizará la determinación amonio por método de indofenol. La estructura de la práctica difiere a la herméticamente cerrada en la medida que disminuye la información específica del material, así mismo, no se propone el desarrollo matemático que

seguirán los estudiantes para cuantificar el analito de interés. Se mantiene la información teórica, información de preparación de reactivos, sin embargo, no se especifican concentraciones.

Se mantiene el uso de tablas con las concentraciones de los patrones de calibración para que los estudiantes hagan sus anotaciones, no se puntualiza que las mediciones se realizan por triplicado.

Tercera Práctica

En la tercera práctica se busca cuantificar nitritos por método espectrofotométrico; se diseña con un nivel de abertura ligeramente abierto, donde se darán algunos de los procedimientos que debe llevar a cabo, la información de materiales no es específica y en cuanto a reactivos, sólo se entregan las concentraciones, de esta manera el estudiante deberá realizar los cálculos para determinar las cantidades de reactivos necesarias para la preparación.

Nuevamente se dispone de tablas, sin embargo, sólo se señala el volumen de stock tomado, mismo descrito en el procedimiento, de tal manera que los estudiantes deban calcular la concentración de cada patrón.

Cuarta Práctica

Dentro de esta práctica se deja la libertad que el estudiante considere y proponga la situación problema a analizar. En el desarrollo de esta práctica se espera cuantificar los iones de nitrato en agua por método espectrofotométrico.

La última práctica se enfoca en un nivel de abertura muy abierto, aquí sólo se le limita al estudiante que deberá determinar la concentración iones nitrato por un método espectrofotométrico y comparar los resultados con la determinación volumétrica. El estudiante deberá plantear entonces, una situación problema, protocolo de resolución, objetivos, marco referencial análisis de resultados, materiales y conclusiones propias.

Se resalta que en todas las prácticas los estudiantes cuentan con dos muestras, una muestra falseada que contiene los 3 iones en concentraciones desconocidas para los estudiantes, pero conocidas para el investigador, y una muestra tomada de un cuerpo hídrico que contenga especies nitrificantes (acuario), donde

las concentraciones son desconocidas, tanto para estudiantes como para el investigador.

Práctica	Nivel de Abertura	Información dada a los estudiantes	Muestra
Determinación de nitrógeno por método Kjeldahl.	Herméticamente Cerrado.	Situación problema, marco teórico, protocolo de resolución, materiales, reactivos con los procedimientos de preparación, objetivos, tablas.	Muestra problema a 10 mg/L de $(\text{NH}_4)^+$, 10 mg/L de NO_3^- y 1 mg/L de $(\text{NO}_2)^-$.
Determinación de amonio por método de indofenol.	Cerrado.	Situación problema, marco teórico, materiales, procedimiento de preparación de reactivos (sin concentraciones), tablas.	Además de una muestra de agua obtenida de un cuerpo hídrico.
Determinación de nitritos por método espectrofotométrico	Ligeramente Abierto.	Situación problema, algunos procedimientos, materiales, concentración de reactivos (sin especificación de preparación), tablas con menos información	
Determinación de nitratos por método espectrofotométrico	Abierto.	Lo único que se le da al estudiante es la limitante de cuantificar los iones nitrato en las muestras problema por método espectrofotométrico, será el estudiante quien produzca o indague la demás información.	

Tabla 7 Síntesis Trabajos Prácticos de Laboratorio

Para la validación de los instrumentos se empleó la validación por juicio de expertos, de acuerdo con Robles Garrote & Rojas (2015) la validación por este método resulta útil, pues se toma en consideración la opinión informada de personas que tienen una trayectoria en el campo investigativo, los expertos consultados son un Licenciado en Química, quien ha elaborado investigación en TPL, por lo cual, presenta conocimientos en cuanto a la elaboración de instrumentos que midan niveles de abertura.

Por otro lado, se cuenta con un candidato a Magister en Ciencias Químicas quien, evaluó la pertinencia de las técnicas de análisis químico, tanto volumétrico como instrumental.

6.4.2 Fase II Propuesta de Intervención en el Aula

Con el fin de alcanzar los objetivos se ha diseñado la siguiente propuesta de intervención resumida en la tabla 8. No se han señalado espacios temporales pues, al ser una propuesta de intervención abierta a la implementación en niveles educativos superiores, no se puede tener un cronograma específico de intervención. Sólo se resaltan las actividades de mayor importancia.

Actividad	Objetivo	Descripción
Introducción a la espectrofotometría de absorción molecular.	Abordar los conceptos propios de la espectrofotometría.	Con ayuda presentaciones abordar la temática de espectrofotometría, espectro electromagnético, interacción de la materia y la energía, fenómenos de absorción y emisión, y para finalizar la Ley de Beer-Lambert
Capacitación en manejo del equipo	Capacitar a los estudiantes en el manejo del espectrofotómetro, sus partes y funciones.	Se pretende que los estudiantes conozcan el equipo, sus partes, su evolución, cómo realizar un barrido espectral, cómo realizar las respectivas medidas de su muestra, analizar valores de absorbancia para tomar decisiones del curso de la práctica.

Desarrollo Experimental	Desarrollar los TPL en la que el estudiante pueda realizar las respectivas determinaciones.	Se desarrollan los tres TPL descritos en la Fase I
Recepción de Informes de Laboratorio	Categorizar los diferentes ítems que se presenten en los informes de laboratorio	Se reciben los informes de laboratorio de cada una de las prácticas, los mismos deberán ser entregados en forma de artículo científica.

Tabla 8 Actividades de Intervención en el Aula

6.4.3 Fase III Análisis de Resultados

Dentro de la última fase se realizará un exhaustivo análisis de los resultados aportados por los estudiantes, así como también de los resultados de las técnicas de análisis químico empleadas.

A cada instrumento corresponde un análisis, sin embargo, se señala la importancia del informe de laboratorio que entreguen los estudiantes tras cada práctica puesto que se busca que haya un apropiamiento del conocimiento científico, dicho aprendizaje no puede limitarse a realizar trabajo experimental, sino que también debe involucrar el cómo se entrega, así pues, la propuesta busca que haya una articulación entre las publicaciones realizadas por comunidades científicas y los informes de laboratorio, con aras a que ambas vayan en la misma dirección, dándole al estudiante la capacidad de elaborar textos de carácter científico con potencial valor de publicación, mejorando de tal forma su práctica profesional.

7. RESULTADOS

7.1 Cuantitativos

Para la obtención de resultados cuantitativos se desarrollaron prácticas de laboratorio con el fin de cuantificar las especies de nitrógeno en una matriz. Las determinaciones que se llevaron a cabo fueron de corte instrumental y volumétricos.

Se resalta que no es posible tener un amplio registro fotográfico de la muestra problema ni curvas de calibración, debido a que, como protocolo frente a la emergencia sanitaria, no es posible portar teléfonos celulares o cámaras dentro de los laboratorios.

7.1.1 Muestra Problema

Debido a la emergencia sanitaria a causa del SARS CoV-2, no se dispuso de una muestra extraída de un cuerpo hídrico, para realizar los análisis correspondientes se preparó una muestra problema que contenía 10 mg/L de $(\text{NH}_4)^+$, 10 mg/L de $(\text{NO}_3)^-$ y 1 mg/L de $(\text{NO}_2)^-$.

7.1.2 Descripción del Espectrofotómetro

Para la determinación espectrofotométrica de las especies nitrogenadas en agua se empleó un equipo con la capacidad de medir en la región ultravioleta y visible *GENESYS 10S UV – Vis* certificado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) el 31 de julio del 2020. Se trata de un equipo de doble haz con un monocromador fuera de plano (patentado), cuenta con una lámpara flash de Xenón.



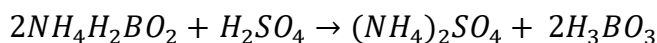
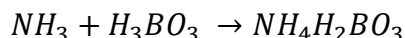
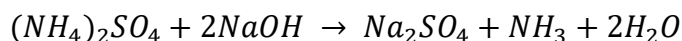
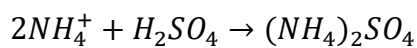
Ilustración 9 Espectrofotómetro GENESYS 10S UV - Vis

7.1.3 Determinación Volumétrica de Nitrógeno Orgánico en agua

Para realizar la destilación se empleó un destilador Kjeldahl de referencia "Velp Scientifica" Udk – 132, el cuál es semi automático y permite cuantificar nitrógeno amoniacal y proteico. Tiene una reproducibilidad de $\pm 1\%$ y tasa de recuperación de 99,5%.

La determinación de nitrógeno por método Kjeldahl es una técnica de análisis que se fundamenta en la reducción de nitrógeno orgánico o inorgánico en el ion de amonio. La reducción se logra gracias a la presencia de diferentes sales y elementos metálicos libres de nitrógeno.

El ion amonio reacciona en presencia de ácido sulfúrico para formar el sulfato de amonio, el cual en presencia del mercurio forma un complejo que se descompone por la presencia del tiosulfato de sodio. El amoniaco producido se destila en un medio alcalino y se recoge sobre ácido bórico para ser valorado con ácido sulfúrico (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1989). Las reacciones más importantes que tienen lugar son (Bernal de Ramírez, 1998):



En este método de análisis se cuantifica únicamente el nitrógeno trinegativo, las demás especies no son consideradas.

Para determinar el nitrógeno se empleó la técnica de determinación volumétrica siguiendo el protocolo establecido en American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (1989).

7.1.3.1 Preparación del Estándar NH_4^+

Para preparar la solución estándar de amonio se masaron 3.819 g de la sal de cloruro de amonio, grado analítico.

$$\frac{3.819 \text{ g } NH_4Cl * \frac{1 \text{ mol } NH_4Cl}{53.49 \text{ g } NH_4Cl} * \frac{1 \text{ mol } N}{1 \text{ mol } NH_4Cl} * \frac{18.04 \text{ g } N}{1 \text{ mol } N} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}{1 \text{ L}} = 999.55 \text{ mg/L } N - NH_4^+$$

7.1.3.2 Estándar Secundario NH₄⁺

Para la preparación se realiza una dilución del estándar anterior, de tal manera que su concentración resultante sea 100 mg/L N- NH₄⁺

$$999.55 \text{ mg/L N - NH}_4^+ * \frac{10 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 99.955 \text{ mg/L N - NH}_4^+$$

7.1.3.3 Determinación de Sesgo y precisión

Con el fin de determinar el sesgo en la medición, se realizan diez valoraciones con una solución stock de 10 mg/L N - NH₄⁺ con ácido sulfúrico estandarizado 0.01994 N obteniéndose los siguientes resultados.

No. Estándar	mL Muestra	Vol. (mL) H ₂ SO ₄ Blanco	Vol. (mL) H ₂ SO ₄ Muestra	mg/L (N- NH ₄ ⁺)
1	200	0	6,8	11,5253
2	200	0	7,2	10,0498
3	200	0	7,3	10,1893
4	200	0	7,25	10,1196
5	200	0	7,55	10,5383
6	200	0	7,15	9,9800
7	200	0	7,2	10,0498
8	200	0	7,15	9,9800
9	200	0	7,25	10,1196
10	200	0	7,45	10,3987

Tabla 9 Valoración de Estándar secundario

Con los volúmenes gastados de ácido se realiza la determinación de los límites de confianza para descartar datos.

$$\text{Límite de Confianza} = \bar{x} \pm \frac{t * S}{\sqrt{n}}$$

Promedio	7,23
s	0,198

t	1,372
---	-------

Tabla 10 Promedio y Desviación Estándar (s)

Límite de confianza inferior:

$$7.23 - \frac{1,372 * 0,198}{\sqrt{10}} = 7,14 \text{ mL}$$

Límite de confianza superior:

$$7.23 + \frac{1,372 * 0,198}{\sqrt{10}} = 7,32 \text{ mL}$$

De acuerdo con los límites anteriores se pueden descartar, con un 90% de confianza los datos de los estándares 1, 5 y 10, por lo cual la tabla corregida se muestra a continuación:

Vol. (mL) H ₂ SO ₄ Muestra	mg/L (N-NH ₄ ⁺)
7,2	10,0498
7,3	10,1893
7,25	10,1196
7,15	9,9800
7,2	10,0498
7,15	9,9800
7,25	10,1196
Promedio	10,0697
s	0,078

Tabla 11 Valores corregidos de la valoración del estándar secundario

$$\text{Sesgo} = \bar{x} - \text{MRC}$$

El promedio de los datos es de 10,0697 con lo cual se puede establecer que el sesgo es de 0,0697.

7.1.3.4 Determinación de N-NH₄⁺ en la muestra problema

No. Réplica	mL Muestra	Vol. (mL) H ₂ SO ₄ Blanco	Vol. (mL) H ₂ SO ₄ Muestra	(mg/L) N-NH ₄ ⁺
1	200	0	9,45	13,190
2	200	0	9,25	12,911
3	200	0	9,35	13,051
Promedio		9,35		13,051
s		0,1		0,14
t		1,64		

Tabla 12 Datos Determinación de NH₄⁺ en la muestra problema

Límite de confianza inferior:

$$9,35 - \frac{1,64 * 0,1}{\sqrt{3}} = 9,25 \text{ mL}$$

Límite de confianza superior:

$$9,35 + \frac{1,64 * 0,1}{\sqrt{3}} = 9,45 \text{ mL}$$

Con los límites de confianza se establece, con un 90% de confianza que no se descarta ningún dato.

$$\frac{9,35 \text{ mL } H_2SO_4 * 0,01994 \text{ N } H_2SO_4 * \frac{1 \text{ meq} - g \text{ NH}_4^+}{1 \text{ meq} - g \text{ H}_2\text{SO}_4} * \frac{18 \text{ mg } NH_4^+}{1 \text{ eq} - g \text{ NH}_4^+} * \frac{14 \text{ mg } N}{18 \text{ mg } NH_4^+}}{0,2 \text{ L}}$$

$$= 13.051 \pm 0.14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ N} - \text{NH}_4^+$$

7.1.4 Determinación espectrofotométrica de amonio (NH₄)⁺ Método de Indofenol.

La determinación de amonio por método de Indofenol se realiza el procedimiento establecido dentro de los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, en primera instancia se prepara un patrón de 10000 mg/L de (NH₄)⁺, a partir del cual se prepara un patrón secundario de 100 mg/L aplicando un factor de dilución 1:100, con el patrón secundario se realiza la curva de calibración.

7.1.4.1 Elaboración Curva de Calibración Amonio

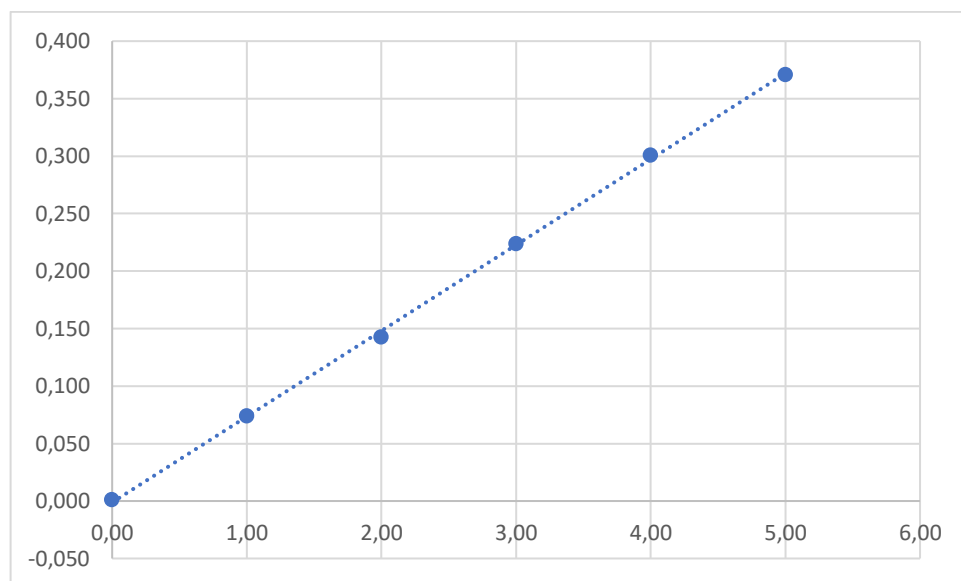
Se construye la curva de calibración a partir de la lectura de seis patrones de diferentes concentraciones conocidas.

Curva de Calibración $\lambda=630\text{nm}$						
Vol. (mL) Alícuota	NH_4^+ (mg/L)	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia			Promedio
0,00	0,00	25,0	0,002	0,000	0,001	0,001
0,25	1,00	25,0	0,074	0,075	0,074	0,074
0,50	2,00	25,0	0,144	0,142	0,143	0,143
0,75	3,00	25,0	0,225	0,224	0,224	0,224
1,00	4,00	25,0	0,300	0,302	0,301	0,301
1,25	5,00	25,0	0,372	0,371	0,370	0,371

Tabla 13 Datos Curva de Calibración

Con los datos se obtiene una línea recta con un coeficiente de correlación $R^2=0,9994$, lo que señala cierta medida de linealidad en el método, además, la línea que se obtiene atiende a la ecuación:

$$y = 0,0743x - 0,0005$$



Gráfica 1 Curva de Calibración NH_4^+

7.1.4.2 Determinación Límite de Detección y Cuantificación Amonio

En la determinación del límite de detección y cuantificación se realizó la medición de absorbancia de 5 blancos, los resultados se describen a continuación

Blanco	Absorbancia	mg/L NH_4^+
1	0,002	0,03365

2	0,001	0,02019
3	0,001	0,02019
4	0,000	0,00673
5	0,001	0,02019
	Promedio	0,02019
	s	0,00952

Tabla 14 Datos Medida de Blancos

Con los datos de la tabla 13, y con las siguientes ecuaciones se determina que los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) son 0,0488 y 0,1154 mg/L respectivamente.

$$LD = \bar{x} + 3s$$

$$LD = 0,02019 + 3(0,00952) = 0,0488 \text{ mg/L}$$

$$LC = \bar{x} + 10s$$

$$LC = 0,02019 + 10(0,00952) = 0,1154 \text{ mg/L}$$

7.1.4.3 Determinación de Sesgo Amonio

A partir del stock secundario (100 mg/L NH₄⁺) se realiza una dilución 1:10 para obtener 5 patrones de 10 mg/L, cada uno se leyó a una longitud de onda de 630 nm y se encuentran los siguientes resultados.

	Estándar			
	Vol. (mL) alícuota)	Vol. (mL) aforo	Absorbancia	NH ₄ ⁺ (mg/L)
1	2	20	0,076	10,2961
2	2	20	0,074	10,0269
3	2	20	0,076	10,2961
4	2	20	0,075	10,1615
5	2	20	0,074	10,0269
			Promedio	10,1615
			s	0,1346

Tabla 15 Mediciones Estándar 10 mg/L NH₄⁺

Con los datos de la tabla 14 se determinan los límites de confianza descritos en la tabla 15, los valores permiten establecer, con un 90% de confianza que no debe descartarse ningún dato de absorbancia.

Límite de confianza inferior	0,074
Límite de confianza superior	0,076
t	1,48

Tabla 16 Límites de confianza

El sesgo se determina como:

$$Sesgo = \bar{x} - MRC$$

$$Sesgo = 10,1615 - 10 = 0,1615$$

7.1.4.4 Determinación de Amonio en la muestra problema

En la determinación de amonio en la muestra se realiza un triplicado, al igual que en los demás análisis se establecen los límites de confianza, se encuentra que con un 90% de confianza no hay descarte de datos.

Alícuota (mL)	Aforo (mL)	Absorbancia	NH ₄ ⁺ (mg/L)
10	100	0,076	10,2961
10	100	0,078	10,5653
10	100	0,077	10,4307
	Promedio	0,077	10,4307
	s	0,001	0,1346
	Límite de confianza inferior	0,076	
	Límite de confianza superior	0,078	
	t	1,64	

Tabla 17 Límites de confianza para la determinación de amonio

Con el promedio de los datos de absorbancia y la ecuación de la recta obtenida en la curva de calibración se determina que la concentración de amonio en la muestra es de $10,2960 \pm 0,1346$ mg/L NH₄⁺

$$mg/L NH_4^+ = \frac{0,076 - (-0,0005)}{0,0743} * \frac{100 mL}{10 mL} = 10,2960 \pm 0,1346 mg/L NH_4^+$$

7.1.5 Determinación Espectrofotométrica de Nitritos (NO₂⁻)

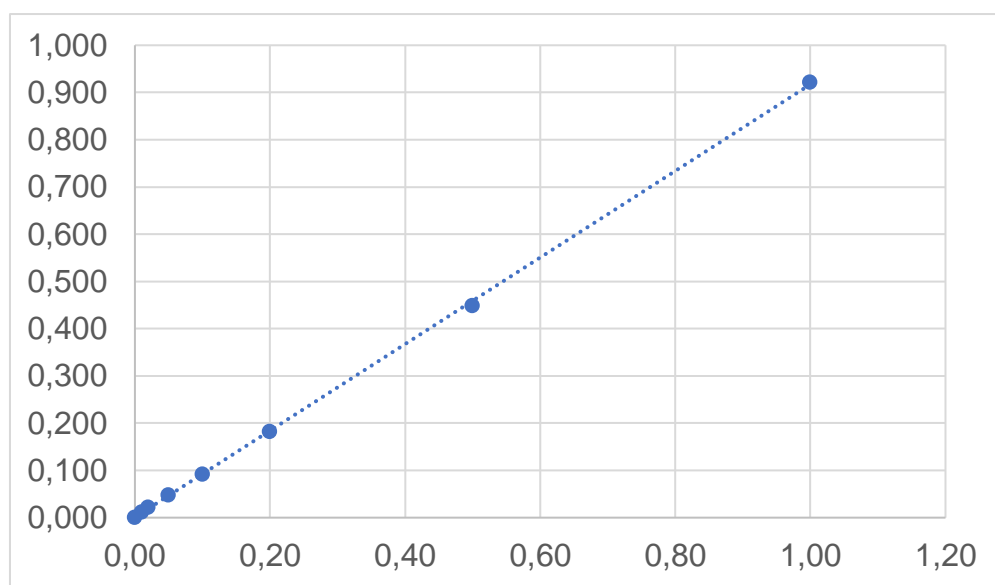
Para cuantificar los nitritos de forma espectrofotométrica se sigue el procedimiento descrito en el Manual de Métodos Estandarizados; para determinar la linealidad se realiza la curva de calibración.

7.1.5.1 Construcción Curva de Calibración Nitritos

Los datos para la construcción de la curva de calibración se encuentran en la tabla 17

Curva de Calibración λ=543nm						
Vol. (mL) Alícuota	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia			Promedio
0,000	0,00	25,0	0,002	0,000	0,001	0,001
0,003	0,01	25,0	0,011	0,013	0,013	0,012
0,005	0,02	25,0	0,021	0,022	0,024	0,022
0,013	0,05	25,0	0,048	0,048	0,048	0,048
0,025	0,10	25,0	0,094	0,091	0,091	0,092
0,050	0,20	25,0	0,183	0,183	0,183	0,183
0,125	0,50	25,0	0,450	0,448	0,449	0,449
0,250	1,00	25,0	0,923	0,922	0,922	0,922

Tabla 18 Datos Curva de Calibración Nitritos (NO₂⁻)



Gráfica 2 Curva de Calibración Nitritos

La curva de calibración presentada en la gráfica 2, presenta un factor de correlación R^2 de 0,9998; lo que demuestra un valor aceptable en términos de linealidad, por otro lado, la recta corresponde a la ecuación:

$$y = 0,9162x + 0,0009$$

7.1.5.2 *Determinación Límites de Detección y Cuantificación Nitritos*

Se determinan los límites de detección (LD) y de cuantificación (LC) empleando el mismo procedimiento realizado en la determinación de amonio, es decir, con la lectura de absorbancia de blancos, los resultados se resumen en la tabla 18.

Blancos	Absorbancia	mg/L NO ₂ ⁻
1	0,002	0,00120
2	0,000	-0,0001
3	0,001	0,00011
4	0,001	0,00011
5	0,002	0,00120
Promedio	0,001	0,00033
s	0,001	0,00091
LD		0,00307
LC		0,00946

Tabla 19 Límites de Detección y Cuantificación Nitritos

7.1.5.3 *Determinación de Sesgo Nitritos*

En la determinación del sesgo se valoraron 7 estándares de 3,5 mg/L de NO₂⁻ para lo cual se tomaron alícuotas de 7 mL de un stock 10 mg/L de la especie y se aforaron hasta completar 20 mL.

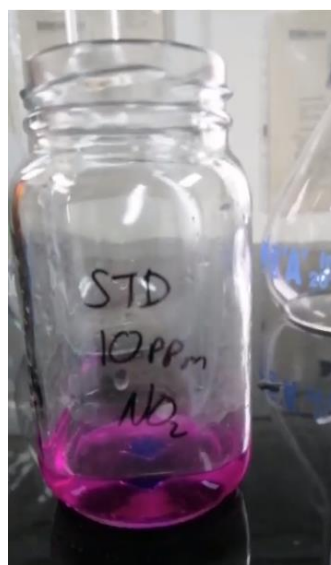


Ilustración 10 Estándar 10 mg/L NO_2^-

Estándar				
No. Estándar	Vol. (mL) Alícuota	Absorbancia	Vol. (mL) Aforo	NO_2^- (mg/L)
1	7	0,195	20	3,8804
2	7	0,149	20	2,9604
3	7	0,165	20	3,2804
4	7	0,175	20	3,4804
5	7	0,175	20	3,4804
6	7	0,159	20	3,1604
7	7	0,159	20	3,1604

Tabla 20 Datos determinación sesgo nitritos

De acuerdo con los límites de confianza obtenidos sólo se conservan los datos de los estándares 3, 4 y 5.

Límite de confianza inferior	0,160
Límite de confianza superior	0,176
t	1,415

Tabla 21 Límites de Confianza sesgo nitritos

Estándar		
Absorbancia	Aforo	NO ₂ ⁻ (mg/L)
0,165	20	3,2804
0,175	20	3,4804
0,175	20	3,4804
	Promedio	3,4137
	s	0,1155

Tabla 22 Datos conservados sesgo nitritos

Para calcular el sesgo se considera:

$$\text{Sesgo} = 3,4137 - 3,5 = -0,0863$$

7.1.5.4 Determinación de Nitritos en muestra problema

En la determinación de nitritos se realiza la lectura por triplicado, los valores se presentan en la tabla 22.



Ilustración 11 Muestra Problema para determinación de nitritos

Réplica	Absorbancia	NO ₂ ⁻ (mg/L)
1	0,108	1,0835
2	0,111	1,1002
3	0,109	1,0802
Promedio	0,1093	1,0880
s	0,0015	0,0107
Límite de confianza inferior	0,108	

Límite de confianza superior	0,111	
t	1,64	

Tabla 23 Límites de Confianza determinación de nitritos

Considerando que no hay un descarte de datos, se puede determinar que la concentración de nitrito en la muestra es de $1,0835 \pm 0,1155$ mg/L NO_2^- .

$$\text{mg/L NO}_2^- = \frac{0,1093 - 0,0009}{0,9162} * \frac{100 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 1,0835 \pm 0,0107 \text{ mg/L NO}_2^-$$

7.1.6 Determinación Espectrofotométrica de Nitratos (NO_3^-)

El método se realiza siguiendo las pautas de los Métodos Normalizados, a diferencia de las determinaciones de nitritos y amonio, aquí se debe considerar que en la longitud de onda de absorción del nitrito (220 nm) también hay absorción de materia orgánica, por lo cual, se debe hacer una corrección en la absorbancia medida realizando una nueva medición con una longitud de onda de 275 nm, con los datos aplicados a la ecuación se puede realizar la determinación.

$$Abs_{\text{corregida}} = Abs_{220\text{nm}} - 2Abs_{275\text{nm}}$$

7.1.6.1 Curva de Calibración Nitratos

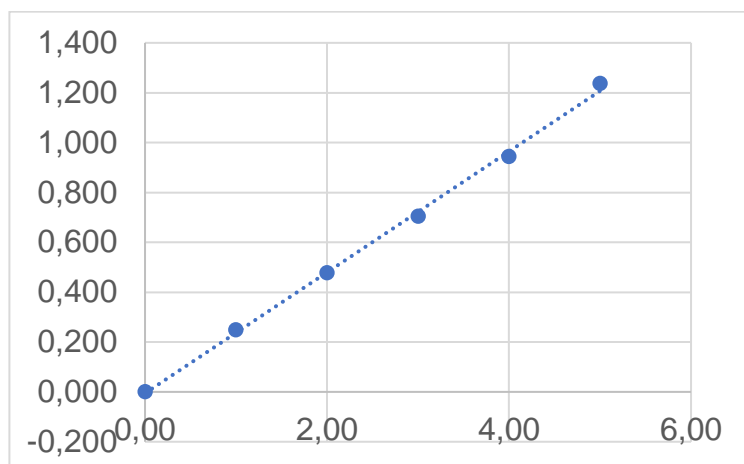
Se preparan los patrones a partir del Stock de 100 mg/L NO_3^- , los valores obtenidos se describen a continuación:

Curva de Calibración						
Vol. (mL) Alícuota	NO_3^- (mg/L)	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia 220 nm		Absorbancia 275 nm	Δ Absorbancias
0,00	0,00	25,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	1,00	25,0	0,247	0,247	0,000	0,247
0,50	2,00	25,0	0,479	0,475	0,000	0,477
0,75	3,00	25,0	0,705	0,701	0,000	0,703
1,00	4,00	25,0	0,942	0,943	0,000	0,943
1,25	5,00	25,0	1,235	1,235	0,000	1,235

Tabla 24 Datos Curva de Calibración Nitratos NO_3^-

Se obtuvo una línea recta con un factor de correlación $R^2 = 0,9983$, y cuya ecuación es:

$$y = 0,2425x - 0,0055$$



Gráfica 3 Curva de Calibración Nitratos NO_3^-

7.1.6.2 Determinación de Límites de Detección y Cuantificación

Como en casos anteriores, se determina por medio de la lectura de 5 blancos, los valores de LD y LC son respectivamente 0,04034 y 0,06616 mg/L NO_3^-

Blanco	Absorbancia 220 nm	Absorbancia 275 nm	Δ Absorbancias	mg/L NO_3^-
1	0,003	0	0,003	0,03505
2	0,001	0	0,001	0,02680
3	0,001	0	0,001	0,02680
4	0,002	0	0,002	0,03093
5	0,001	0	0,001	0,02680
		Promedio	0,0016	0,02928
		s	0,00089	0,00369
		LD		0,04034
		LC		0,06616

Tabla 25 Determinación Límites de Detección y Cuantificación

7.1.6.3 Determinación de sesgo Nitratos

Para hallar el valor del sesgo de las mediciones, se prepara un patrón 3,5 mg/L NO_3^- y con cuatro réplicas se determinan los valores de absorbancia.

NO ₃ ⁻					mg N- NO ₃ ⁻ /L
Vol. (mL) Alícuota	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia 220nm	Absorbancia 275nm	Absorbancia corregida	
10	100	0,251	0,001	0,249	10,4948
10	100	0,241	0,005	0,231	9,7526
10	100	0,253	0,003	0,247	10,4124
10	100	0,249	0,006	0,237	10,0000

Tabla 26 Datos determinación sesgo nitratos

Con el tratamiento estadístico se descartan los datos de las replicas 1 y 2, con lo cual, los datos corregidos son:

NO ₃ ⁻					mg/L NO ₃ ⁻
Vol. (mL) Alícuota	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia 220nm	Absorbancia 275nm	Absorbancia corregida	
10	100	0,253	0,003	0,247	10,4124
10	100	0,249	0,006	0,237	10,0000
				Promedio	10,2062
				s	0,2916

Tabla 27 Datos Corregidos Determinación sesgo nitratos

El valor del sesgo se estima como

$$\text{Sesgo} = 10,2062 - 10 = 0,2062$$

7.1.6.4 Determinación de Nitrato en Muestra Problema

La cuantificación se realizó por triplicado, en la cual se obtienen los siguientes resultados.

NO ₃ ⁻					
Replica	Vol. (mL) Alícuota	Absorbancia 220nm	Absorbancia 275nm	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia corregida
1	10	0,277	0,0010	100	0,275
2	10	0,263	0,0050	100	0,253

3	10	0,272	0,003	100	0,266
---	----	-------	-------	-----	-------

Tabla 28 Datos replicas muestra problema

Considerando que los límites de confianza establecen que el valor mínimo de absorbancia es de 0,254 y el máximo es de 0,275 se descartan, con un 90% de confianza los datos de absorbancia corregida de la réplica 2.

NO ₃ ⁻					
Replica	Absorbancia 220nm	Absorbancia 275nm	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia corregida	mg/L NO ₃ ⁻
2	0,277	0,0010	100	0,275	11,4372
3	0,263	0,0050	100	0,253	10,4848
			Promedio	0,264	10,9610
			s		0,6734

Tabla 29 Datos corregidos para la determinación de nitratos en muestra problema

De acuerdo con los datos anteriores, y la ecuación de la recta, se puede calcular la concentración de nitratos como

$$mg/L NO_3^- = \frac{0,264 - (-0,0055)}{0,2425} * \frac{100 mL}{10 mL} = 11,1134 \pm 0,6734 mg/L NO_3^-$$

7.2 Datos Cualitativos

Para realizar el juicio por expertos se comparte una ficha de validación con una escala tipo Likert, la cual busca identificar la reacción del sujeto que valida. Las afirmaciones buscan explorar la percepción del experto en cuanto a la congruencia de implementar las prácticas de laboratorio en una secuencia tal que logre alcanzar los niveles de abertura superiores partiendo desde los niveles más cerrados.

Como se hizo mención previa, los instrumentos fueron validados por un profesional con experiencia en el campo de la investigación relacionada a los niveles de abertura en química (experto 1), mientras que el otro profesional fue seleccionado por su perfil y experiencia en el análisis de muestras por técnicas instrumentales (experto 2).

7.2.1 Escalas Tipo Likert

Las reacciones que se buscaron en la escala tipo Likert tienen que ver con nivel de concordancia en el que se encuentran los expertos frente a las afirmaciones relacionadas a niveles de abertura y pertinencia de las prácticas

experimentales. Además, presentan algunas observaciones que enriquecen la propuesta, las fichas diligenciadas se presentan como anexos.

Los parámetros de concordancia son: TD: totalmente en desacuerdo, D: desacuerdo, NDNA: Ni en desacuerdo ni de acuerdo, A: De acuerdo, TA: Totalmente de acuerdo

	Experto 1	Experto 2
La secuencia en que se presentan las prácticas de laboratorio ubica a los estudiantes en niveles de abertura superiores.	A	TA
El uso de las prácticas experimentales da una mirada reflexiva al trabajo en el laboratorio.	TA	TA
Las técnicas empleadas permiten cuantificar las especies nitrogenadas.	TA	TA
La forma en la que se presenta la información es clara y tiene coherencia con los objetivos de la investigación.	TA	TA
La información que se presenta en las prácticas es relevante para la resolución de problemas que se puedan presentar en el desarrollo de la práctica experimental.	TA	TA

Tabla 30 Resultados de validación por expertos

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 Parámetros de Validación

Para determinar experimentalmente algunos parámetros de validación se llevaron a cabo los procedimientos realizados dentro del apartado 7.1 del presente trabajo de investigación.

Considerado lo establecido en Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17025 (2017) el método se debe validar cuando no se trata de un método no normalizado, método desarrollado por el laboratorio o el método normalizado se aplica fuera de su alcance previsto, sin embargo, los métodos empleados para la cuantificación de especies de nitrógeno fueron tomados del Manual de Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, por lo cual no se realizó una validación sino una comprobación experimental de dichos parámetros.

Los valores parámetros de validación que se buscó comprobar fueron:

8.1.1 Especificidad

Hace referencia al grado de interferencia que tienen otras sustancias para determinar la cantidad de analito presente en una muestra. Se considera que para determinar la especificidad se deben tener en cuenta añadir otras sustancias que se pueden tener presentes en la muestra (Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la Oficina de las Naciones Unidas (UNDOC), 2010), de acuerdo con los Métodos Estandarizados los nitritos, nitratos y amoníaco coexisten químicamente en un sistema, ya que pueden ser interconvertibles entre ellos, por lo cual para evaluar la especificidad se considera una muestra problema que contiene las tres especies del nitrógeno.

Técnica de análisis	Interferentes	s experimental	s teórico
Kjeldahl	1 mg/L NO ₂ ⁻ , 10 mg/L NO ₃ ⁻ .	0,14	0,038
Espectrofotométrico para amonio	1 mg/L NO ₂ ⁻ , 10 mg/L NO ₃ ⁻ .	0,1346	0,005

Espectrofotométrico para nitrito	10 mg/L NH ₄ ⁺ , 10 mg/L NO ₃ ⁻ .	0,0107	0,01
Espectrofotométrico para nitrato	10 mg/L NH ₄ ⁺ , 1 mg/L NO ₂ ⁻ .	0,6734	-

Tabla 31 Datos de Especificidad para los componentes presentes en la muestra problema

De acuerdo con los valores de desviación estándar experimentales, se puede establecer que los métodos empleados son bastante selectivos y específicos frente al analito que desea medirse, puesto que, aunque existe la interferencia entre las especies que pueden presentarse el método mide justamente el analito de interés. En el caso del método para nitrato se presenta una desviación estándar mayor que en casos anteriores, pero se asocia principalmente la presencia del nitrito, ya que ambos presentan un comportamiento similar.

8.1.2 Límite de Detección y Cuantificación

El límite de detección se define como la cantidad mínima que se detecta o se distingue a concentración más baja de forma clara (cociente señal/ruido), mientras que el límite de cuantificación se define como la cantidad más pequeña de analito que se puede medir de forma confiable (Quino, Ramos, & Guisbert, 2007). Ambos parámetros se determinan de forma experimental, ya que varían entre equipos.

	Límite de Detección (LD) (mg/L)	Límite de Cuantificación (LC) (mg/L)
Kjeldahl	No aplica	No aplica
Espectrofotométrico para amonio	0,0488	0,1154
Espectrofotométrico para nitrito	0,00307	0,00946
Espectrofotométrico para nitrato	0,04034	0,06616

Tabla 32 Límites de Detección y Cuantificación

Según los valores de LD y LC se puede establecer que el equipo tiene la capacidad de medir con cierto grado de certidumbre cantidades mínimas del analito de interés. La prueba se realiza con el fin de establecer condiciones del equipo principalmente, ya que hay ciertos factores que interfieren sobre los valores, como lo son la temperatura, el grado de humedad, impurezas, entre otro.

Por su parte, el método volumétrico no presenta límites de detección y cuantificación, habitualmente estos parámetros aplican principalmente a técnicas instrumentales, puesto que, las volumétricas dependen en cierta medida de la agudeza visual del analista, por otro lado, cuando se intenta hacer la medición de volumen del ácido sobre el blanco el indicador vira con la adición de una gota, con lo cual, no hay un valor exacto que estime el volumen de una gota.

8.1.3 *Linealidad*

La linealidad se considera como un parámetro que relaciona la respuesta obtenida que ha sido emitida por el equipo y la concentración del analito presente en un estándar de concentración conocida. Habitualmente se considera que el método es lineal cuando un coeficiente de correlación R^2 igual o superior a 0.99, sin embargo, se debe considerar que hay métodos que permiten cuantificar un analito con un buen margen de error pero que no represente un valor de correlación tan alto (Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la Oficina de las Naciones Unidas (UNDOC), 2010).

Para determinar la linealidad se preparan una serie de estándares de concentración ascendente y se realiza la medición, con los datos se realiza una regresión lineal que permite determinar el valor de R^2 .

Otro objetivo de determinar linealidad es establecer un valor o rango de trabajo, que permiten establecer si debe realizarse un tratamiento de dilución a la muestra para ubicarla dentro de la recta obtenida.

Dentro de la tabla 33 se encuentran los valores de linealidad para cada método, se puede apreciar que todos presentan un valor superior a 0.99 de R^2 con lo cual se puede establecer que, para el caso, los métodos presentan una relación lineal. Aunque se puede realizar la determinación de linealidad para los métodos volumétricos, no se recomienda, ya que la interferencia del analista puede generar error en la determinación de la respuesta analítica, para el caso de Kjeldahl se requiere de mucho material que además genera una descarga contaminante. Por otro lado, la calibración no está contemplada dentro de los métodos normalizados.

	Linealidad
Kjeldahl	-
Espectrofotométrico para amonio	0,9994
Espectrofotométrico para nitrito	0,9998
Espectrofotométrico para nitrato	0,9983

Tabla 33 Valores de Linealidad

8.1.4 Precisión (repetibilidad) y Exactitud (sesgo)

Se tienen en cuenta las medidas de precisión como un factor de repetibilidad, puesto que las muestras fueron analizadas por un único analista, en un mismo día y con un mismo equipo, aquí se busca determinar los errores aleatorios que se pueden cometer cuando se implementa un método normalizado.

Para hallarlo se prepararon patrones de las especies a cuantificar y se midieron las respuestas analíticas

	Precisión (s estándar)	Sesgo ($\bar{x} - MRC$)
Kjeldahl (STD 10 m/L N- NH ₄ ⁺)	0,078	0,0697
Espectrofotométrico para amonio (STD 10 m/L NH ₄ ⁺)	0,1346	0,1615
Espectrofotométrico para nitrito (STD 3,5 m/L NO ₂ ⁻)	0,1155	-0,0863
Espectrofotométrico para nitrato (STD 10 m/L NO ₃ ⁻)	0,2916	0,2062

Tabla 34 Precisión y Sesgo

En ambos casos se muestra que los métodos presentan una buena precisión ya que las desviaciones típicas toman valores menores que 1, además, en cuanto al sesgo, se puede estimar que también se trata de

métodos exactos, pues la variación entre el MRC y la media de las mediciones realizadas con el equipo no exceden un intervalo entre -1 y 1.

8.1.5 Muestra Problema

En general, los métodos que se implementaron dentro de la cuantificación de los analitos presentes en la muestra problema arrojan resultados favorables, de esta forma se puede aseverar la importancia del uso de métodos normalizados dentro de los análisis químicos.

Una vez se conocen los parámetros de validación se puede asegurar que los resultados obtenidos dentro de la determinación son valores confiables, y esto, es justamente un atributo que permite considerar la transformación de especies de nitrógeno en la muestra problema con un tratamiento volumétrico.

La muestra problema contenía 10 mg/L de N-NH_4^+ , sin embargo, en la determinación de nitrógeno por método Kjeldahl el valor obtenido excede en 3,051 mg/L el valor estándar, lo cual se atribuye a que, como lo indican en American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (1989) el amonio, nitrito y nitrato coexisten y se pueden transformar químicamente entre ellas, lo cual genera un aumento en la medición de la muestra problema, y pasa a ser considerado un interferente en la medición.

8.2 Validación de Instrumentos

Tal como se presenta dentro de la tabla 29, ambos expertos consideran que la implementación de la propuesta genera un fortalecimiento dentro de los niveles de apertura.

“Los instrumentos son conformes, muestra de forma clara la secuencia a seguir de la temática. En este sentido, aproxima al estudiante en sí 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). A medida que aumenta la cantidad de guías de laboratorio, se limita la información teórica, puesto que este es un factor esencial, ya que el estudiante por su cuenta tiene que aprender a investigar de otras fuentes ya sea conceptos u otros temas de interés, logrando en los estudiantes una mejor argumentación, entendiendo el porqué de las cosas en las prácticas de laboratorio y dejando a un lado la monotonía de las “prácticas de receta” es decir, seguir instrucciones sin que el estudiante sea capaz de comprender el fenómeno ocurrido en la práctica. Si se deja la monotonía de las prácticas, los estudiantes podrán lograr procesos cognitivos de alto orden.” Experto 1.

En el caso del primer experto, se encuentra la articulación entre la cantidad de información que reciben los estudiantes, y como gradualmente la misma va disminuyendo, y los procesos cognitivos de alto orden, en este caso, localizar a los estudiantes en niveles de abertura superiores.

De acuerdo con Jiménez Valverde, Llobera Jiménez, & Llitjós Viza (2006) los niveles de abertura superior contribuyen al desarrollo de la autonomía por parte de los estudiantes, de esta manera el estudiante se convierte en un ser reflexivo que interpreta y analiza la práctica experimental más allá del cuerpo teórico.

Se podría esperar como un resultado de la implementación de la propuesta que los estudiantes consigan mejores bases para la realización de procesos investigativos y resolución de problemas, pues, de acuerdo a lo planteado por Domin (1999) la propuesta ubica simultáneamente a los estudiante en un estilo de enseñanza Investigativo y de Resolución de Problemas, lo que resulta importante es que los problemas a resolver serán de carácter científico, sumado a que serán problemas planteados por los mismos estudiantes, así se alcanza el fortalecimiento a nivel investigativo.

“Las prácticas de laboratorio son coherentes con lo establecido en los métodos normalizados de análisis de aguas, son también las técnicas que se emplean en el laboratorio donde me desempeño. Por otro lado, el diseño de la propuesta en sí abarca los niveles de abertura de una forma práctica, en la que se puede avanzar dentro de los mismos.” Experto 2

Dentro de la observación que hace el segundo experto, se puede apreciar que, en efecto, las prácticas se centran en lo establecido como método normalizado para la determinación de los analitos de interés, sumado al fortalecimiento que genera dentro de los niveles de abertura de los estudiantes.

9. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de la investigación se pueden plantear las siguientes conclusiones relacionadas a la pregunta problema y el desarrollo de los objetivos de investigación.

1. En cuanto a la pregunta problema es válido afirmar que el desarrollo de prácticas experimentales influye considerablemente en la construcción activa de conocimiento por parte de los estudiantes, pues están enfocadas a la evolución y fortalecimiento de los niveles inferiores hasta lograr habilidades de orden superior, que les faciliten a los estudiantes la resolución de problemas científicos sin limitarse al seguimiento de instrucciones.

Por otra parte, de acuerdo con Espinosa Ríos, González López, & Hernández Ramírez (2016) el desarrollo de las prácticas en los niveles superiores debe estar enfocado en el nivel cognitivo de los estudiantes, puesto que existen algunas dificultades en el desarrollo de procedimientos dentro de los niveles de abertura superiores, lo cual corresponde justamente con la población objetivo de la propuesta, pues se centra en estudiantes en el área de la química que cursen niveles técnicos, tecnólogos y/o superiores.

2. Atendiendo a los objetivos de la investigación, el objetivo general se cumple en la medida que se construye una propuesta que fortalecerá los niveles de abertura en estudiantes de educación técnica, tecnológica o profesional en el campo de la química, esto a partir de la implementación de técnicas de análisis químico instrumental y volumétrico, el desarrollo de dichas prácticas permite cuantificar un analito que tiene una serie de implicaciones en fenómenos naturales como el ciclo del nitrógeno y la eutrofización, así como un analito cuyos valores permisibles se encuentra en la normatividad vigente del recurso hídrico.

Con lo anterior se puede afirmar la importancia de desarrollar técnicas validadas y normalizadas en la cuantificación de agentes contaminantes que influyen sobre los ciclos naturales de los productos químicos.

3. De los objetivos específicos, especialmente en los dos primeros, se puede afirmar que fue posible corroborar experimentalmente algunos parámetros de validación mediante técnicas instrumentales y volumétricas. Sin embargo, se destaca que las técnicas instrumentales presentan un menor error que las volumétricas, ya que la señal analítica es detectada y entregada directamente por el equipo, sin la necesidad de atender a errores cometidos por el analista, evidentemente, los errores se refieren a errores crasos,

diferentes a los errores aleatorios que se intentan reducir mediante la determinación de los parámetros estadísticos.

Lo anterior se puede verificar con el análisis volumétrico e instrumental de la muestra problema, puesto que dentro del análisis volumétrico se comprende la transformación de parte de los interferentes en amonio, lo que resulta en encontrar valores más elevados de este dentro de la matriz, por su parte en el análisis instrumental no ocurre dicha transformación, ya que se forma directamente un complejo con el amonio presente.

Así pues, las prácticas empleadas corresponden a métodos normalizados que permiten no sólo la cuantificación del analito, sino también fortalecer los niveles de abertura por el orden y nivel de complejidad que representan en el campo del análisis químico.

4. Para finalizar se entrega una propuesta construída que permite enseñar tópicos del análisis químico de una forma práctica, donde se busca el crecimiento y fortalecimiento de los niveles de abertura, que permite además el estudio de los parámetros de validación de los métodos normalizados, por lo cual, la práctica no se limita al seguimiento de instrucciones, sino que posibilita abordar un tópico del análisis como es la validación, sumado a que los estudiantes se enfrentan a un fenómeno natural como situación problema, con lo cual, se descarta la práctica como la demostración de un cuerpo teórico, sino que se convierte en una experiencia más significativa para los estudiantes.

10.RECOMENDACIONES

Considerando todo el proceso investigativo y las vicisitudes que se pueden presentar, no sólo en el diseño sino en la implementación de las prácticas experimentales, se formulan las siguientes recomendaciones para quien desee llevar la propuesta a la implementación en el aula:

1. Se debe tener en cuenta que parte de la investigación se vio truncada a causa de la emergencia sanitaria que se presentó a nivel mundial por efectos de la COVID – 19, sin embargo, fue una oportunidad para desarrollar e implementar simuladores virtuales que, aunque no corresponden necesariamente a los diseños experimentales planteados en la propuesta, sí permiten tener un acercamiento con los equipos, de modo que los estudiantes adquieren autonomía en el desarrollo experimental, esa autonomía genera confianza a la hora de enfrentarse nuevamente a los equipos de forma presencial (Argel, Carasi, Manassero, & Quiroga, 2020).
2. Nuevamente enfocados en los simuladores virtuales es recomendable diseñar experiencias que permitan la demostración de leyes como la de Beer-Lambert, asimismo la elaboración de prácticas para la validación de los métodos propuestos dentro del simulador, debido a que se desconoce si se trata de métodos normalizados.
3. En lo que respecta a la recolección de datos cuantitativos se recomienda la preparación de una matriz con todos los interferentes reportados en los métodos normalizados, con el fin de tener un resultado que se acerque más al bibliográfico y en contraste se puedan comparar con mayor precisión los parámetros de validación.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Algaba Joaquín , I. M. (2005). Estudio de la influencia del color en el factor de protección a la radiación UV. En I. M. Algaba Joaquín, *Protección ultravioleta proporcionada por los textiles: estudio de la influencia de las variables más significativas y aplicación de productos específicos para su mejora* (págs. 186-251). Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6493/06IMaj06de11.pdf?sequence=6&isAllowed=y#:~:text=El%20crom%C3%B3foro%20azo%20es%20uno,como%20nitro%2C%20ciano%2C%20etc.>
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. (1989). «*Standard Methods*» *For the Examination of Water and Wastewater* (Vol. 17). Madrid: Díaz de Santos, S. A.
- Arenas Sosa, I., & López Sánchez, J. L. (2004). *Espectrofotometría de Absorción*. Cuernavaca: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Argel, N., Carasi, P., Manassero, C., & Quiroga, A. (2020). *El trabajo experimental en tiempos de pandemia, desafíos y alternativas virtuales*. La Plata : Proyecto Político de la educación superior en el contexto nacional y regional.
- Barbosa Vega, M. (2018). *La Relación fotón - molécula de clorofila: la interacción radiación materia en el inicio del proceso de la fotosíntesis*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Benavides Ballesteros, H. O. (2010). *INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, EL INDICE UV Y SU PRONOSTICO*. Bogotá D. C.: IDEAM.
- Bernal de Ramírez, I. (1998). *Análisis de Alimentos* (Vol. 3). Academia Colombiana de Ciencias Exactas Física y Química.
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 15-27. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Camargo, J. A., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *ECOSISTEMAS Revista*

Científica de Ecología y Medio Ambiente, 1-13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54016211.pdf>

Carpenter, S. R., Correll, D. L., Caraco, N. F., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). NONPOINT POLLUTION OF SURFACE WATERS WITH PHOSPHORUS AND NITROGEN. *The Ecological Society of America*.

Chapa Balcorta, C., & Guerrero Arenas, R. (s.f.). *Eutrofización: Abundancia que mata*. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://bibliotecas.umar.mx/publicaciones/eutrofizacion.pdf>

Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de Química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*. (U. N. Colombia, Productor)

Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de Química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 543-547.

Durango Usuga, P. A. (2015). *LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMO UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA ALTERNATIVA PARA DEASARROLLAR LAS COMPETENCIAS BÁSICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

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*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2654/265447025017/html/index.html>

Fontal, B. (2005). *El espectro electromagnético y sus aplicaciones*. Merida: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.

Harris, D. (2007). *Análisis Químico Cuantitativo*. Barcelona: Reverté.

Hernández Sampieri, R. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.

INVEMAR. (2003). *MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS)*. Santa Marta: INVEMAR.

- Jiménez Luna, T. A., & Silva Moscoso, D. P. (2018). *FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA ERRADICACIÓN DEL BUCHÓN DE AGUA (Eichhornia Crassipes) PRESENTE EN EL HUMEDAL GUALÍ-TRES ESQUINAS (FUNZA, Cundinamarca)*. Bogotá : Universidad Libre.
- 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 apertura. *Investigación Didáctica*, 59-70.
- López Rúa, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. (2012). LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 145-166.
- Luque Ordóñez, J. (2017). *Espectro Electromagnético y espectro radioeléctrico*.
- Martínez Díaz, J. M. (2018). *Situaciones problemáticas experimentales: una alternativa didáctica hacia la promoción de conocimiento declarativo, procedimental y funcional en profesores de formación inicial*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ministerio de Agricultura . (26 de Junio de 1984). *Min ambiente*. Obtenido de Decreto 1594:
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1594_de_1984.pdf
- Moreno Franco , D. P., Quintero Manzano, J., & López Cuevas, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 25-33. Obtenido de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>
- Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17025. (2017). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17025*. Bogotá : Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación (ICONTEC).
- Ortega , A., Míguez, M., & Cerecetto, H. (2012-2013). ¿qué, para qué y cómo enseñar química analítica? *ALDEQ*, 83-89.
- Pacheco Avila, J., Pat Canul, R., & Cabrera Sansores, A. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Redalyc*, 73-81.
- Peleato Sánchez, M. L. (2011). *LAS CIANOBACTERIAS: COOPERACIÓN VERSUS COMPETENCIA*. Zaragoza: REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FISICAS, QUIMICAS Y NATURALES DE ZARAGOZA. Obtenido de <http://www.raczar.es/webracz/ImageServlet?mod=publicaciones&subMod=discursos&archivo=PeleatoD.pdf>

Pinilla Silva, G., & Restrepo Salcedo, N. E. (2018). *Sistemas de Recirculación en aguas de pecera: propuesta para potenciar el aprendizaje de la estequiometría con técnicas de análisis volumétricos*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Quino, I., Ramos, O., & Guisbert, E. (2007). DETERMINACION DEL LIMITE DE DETECCION INSTRUMENTAL (LDI) Y LIMITE DE CUANTIFICACION INSTRUMENTAL (LCI) EN ELEMENTOS TRAZA DE AGUA SUBTERRANEA. *Revista Boliviana de Química*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602007000100010#:~:text=El%20l%C3%ADmite%20instrumental%20de%20cuantificaci%C3%B3n,la%20desviaci%C3%B3n%20est%C3%A1ndar%20del%20blanco.

Restrepo Sánchez, D. C., Pachón Perlata, B. B., González Vargas, D., Murcia Hernández, M. A., Arias Garzón, K. J., Gómez Prado, A. M., & Restrepo Salcedo, N. E. (10 de junio de 2020). Panel Modalidad de Profundización en Química Instrumental, Maestría en Docencia de la Química. *Panel Modalidad de Profundización en Química Instrumental, Maestría en Docencia de la Química*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=08TpLo91b6E>


Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la Oficina de las Naciones Unidas (UNDOC). (2010). *Directrices para la validación de métodos analíticos y la calibración del equipo utilizado para el análisis de drogas ilícitas en materiales incautados y especímenes biológicos*. Nueva York.

Van Opstal, N. V., Seehaus, M. S., Gabioud, E. A., Oszust, J. D., Wilson, M. G., & Sasal, M. C. (2018). NITRÓGENO Y FOSFORO EN AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA EN SECUENCIA MAÍZ-TRIGO/SOJA A ESCALA DE MICROCUENCA. *XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* (págs. 1-6). Tucumán: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_nitrogeno_fosforo_agua_superficial_subterranea.pdf

Vargas Neira, S. D. (2014). *Los trabajos prácticos de laboratorio y el aprendizaje significativo de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites: Una mirada desde la ingeniería de alimentos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

12. ANEXOS

12.1 Práctica de Laboratorio No. 1

Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química Maestría en Docencia de la Química		
Práctica de Laboratorio: Nitrógeno Total por Método Kjeldahl		
Nombres:		Fecha:
Asignatura: Grupo:	Docente: Dora Luz Gómez Aguilar Tesisista: Nadver Enrique Restrepo Salcedo	

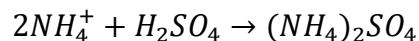
1. Objetivo

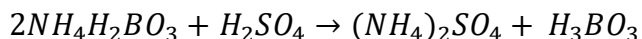
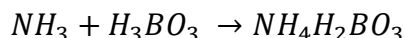
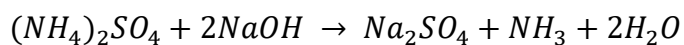
- Determinar por método Kjeldahl la cantidad de nitrógeno total presente en una muestra de agua.

2. Marco Teórico

La determinación de nitrógeno por método Kjeldahl es una técnica de análisis que se fundamenta en la reducción de nitrógeno orgánico o inorgánico en el ion de amonio. La reducción se logra gracias a la presencia de diferentes sales y elementos metálicos libres de nitrógeno.

El ion amonio reacciona en presencia de ácido sulfúrico para formar el sulfato de amonio, el cual en presencia del mercurio forma un complejo que se descompone por la presencia del tiosulfato de sodio. El amoniaco producido se destila en un medio alcalino y se recoge sobre ácido bórico para ser valorado con ácido sulfúrico (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1989). Las reacciones más importantes que tienen lugar son (Clavijo Díaz, 2002):





3. Materiales y Reactivos:

3.1 Materiales:

Bureta 50 mL
Erlenmeyer 100 mL
Balón de digestión Kjeldahl
Pipeta aforada 10 mL
Gotero
Propipeta
Soporte para bureta
Vaso de precipitados 50 mL
Frasco lavador
Equipo Kjeldahl
Balón aforado 100 mL
Balanza analítica
Potenciómetro

3.2 Reactivos:

- **Solución de Hidróxido de Sodio (32%):** El hidróxido de sodio se emplea en la destilación de la muestra que contiene nitrógeno, para prepararlo se deben disolver 320 g de NaOH (Reactivo de grado técnico) en aproximadamente 800 mL de agua, posteriormente aforar hasta 1 L.
- **Ácido Sulfúrico (98%):** El ácido sulfúrico se emplea para degradar toda la materia orgánica.
- **Solución de Digestión:** La solución de digestión se emplea con el fin de producir sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$, el cual, forma un complejo de mercurio amonio que se descompone en presencia de tiosulfato de sodio $(Na_2S_2O_3)$, de esta manera se libera amoníaco que es destilado en un medio alcalino y se absorbe sobre ácido bórico o sulfúrico. Para preparar la solución de digestión se disuelven 134 g de K_2SO_4 en 650 mL de H_2O y 200 mL de H_2SO_4 concentrado, una vez diluido se incorporan 25 mL de la solución de sulfato mercúrico $(HgSO_4)$ preparada disolviendo 8 g de HgO en 100 mL de H_2SO_4 6N (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1989). De acuerdo con Clavijo Díaz (2002) si no se dispone del catalizador de mercurio se puede

relevar empleando 0.1 de selenio en polvo, 0.2 g de selenito de cobre CuSeO_3 .

- **Solución Hidróxido de Sodio – Tiosulfato de Sodio:** Disolver 500 g de hidróxido de sodio (NaOH) y 25 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua y disuelva hasta un litro.
- **Solución Tampón de Borato:** Primero se debe preparar una solución de tetraborato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para lo cual se disuelven 9.5 g en 1 Litro, de ahí se toman 500 mL y se mezclan con 88 mL de NaOH 0.1N.
- **Solución Absorbente - Indicadora:** Disolver 20 g de ácido bórico (H_3BO_3) en agua libre de amoníaco, añadir 10 mL de solución indicadora y completar hasta un volumen de un litro.
- **Solución Indicadora:** Se trata de una solución de indicador mixto que se prepara disolviendo 0,2 g de rojo de metilo en 100 mL de alcohol etílico 95% o alcohol isopropílico 95%. En otro balón disolver 0,1 g de azul de metileno en 50 mL de alcohol etílico o isopropílico 95%. Mezclar ambas soluciones.
- **Solución Titulante:** Disolver 0.54 mL de ácido sulfúrico concentrado hasta completar 1 L de solución.

4. Procedimientos:

4.1 Eliminación de Amoníaco

Para eliminar el amoníaco a en un balón Kjeldahl se añaden 300 mL de la muestra, se le agregan 25 mL del tampón de borato e hidróxido de sodio 6N hasta que se alcance un pH de 9.5, de esta manera predomina la especie de NH_4^+ sobre NH_3 .

4.2 Digestión

Para realizar la digestión se añade cuidadosamente 50 mL de la solución de digestión mientras el balón se pone en un riego de agua fría. Calentar en una campana adaptada para recibir los vapores tóxicos, hasta que se observe una reducción de volumen, deben quedar entre 20 y 25 mL, también debe evidenciar abundante humo blanco, el humo oscuro indica abundante materia orgánica, en ese punto se deja calentar 30 minutos más.

Una vez ha finalizado la digestión la muestra habrá quedado totalmente transparente, y una vez se haya enfriado se diluye nuevamente hasta 300 mL con agua, se añaden 50 mL de la solución de hidróxido de sodio – tiosulfato de sodio, mezclar.

4.3 Destilación

Dejar el balón en el equipo de destilación, recoger el destilado en la solución absorbente – indicadora y realizar la titulación con la solución titulante hasta un cambio de color a lavanda pálido.

Realizar triplicado del procedimiento.

4.4 Blanco

Es necesario realizar el mismo tratamiento para una muestra exenta de amoníaco con el fin de corregir los resultados.

5. Tablas

V. (mL) Ácido Sulfúrico	Ensayo
	1
	2
	3
	Blanco

6. Cálculos

6.1 Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

6.2 Desviación Estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

6.3 Límites de Confianza

$$L. C.: X \pm \frac{t * S}{\sqrt{n}}$$

6.4 Determinación de Nitrógeno (Amoníaco)

$$mg/L NH_3 = \frac{(A - B) * 280}{mL \text{ de muestra}}$$


A: Volumen de ácido sulfúrico titulado para la muestra, B: volumen de ácido sulfúrico titulado para el blanco.

7. Bibliografía

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. (1989). «*Standard Methods*» *For the Examination of Water and Wastewater* (Vol. 17). Madrid: Díaz de Santos, S. A.

Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de Química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

12.2 Anexo No. 2 Práctica de Laboratorio No.

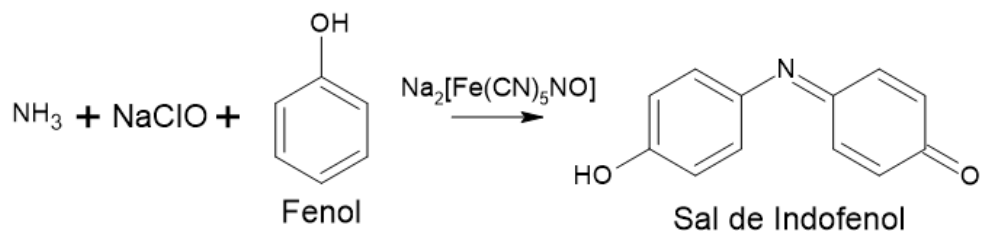
Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química Maestría en Docencia de la Química		
Práctica de Laboratorio: Amonio por Método de Indofenol		
Nombres:		Fecha:
Asignatura: Grupo:	Docente: Dora Luz Gómez Aguilar Tesisista: Nadver Enrique Restrepo Salcedo	

1. Objetivo

- Cuantificar el amonio presente en una muestra de agua por método de azul de indofenol.

2. Marco Teórico

La técnica de Indofenol es una técnica específica para la determinación de amonio que se puede aplicar a todo tipo de aguas. Se trata de una técnica instrumental en la cual se busca generar un color azul intenso a partir de la reacción entre el amonio, el hipoclorito de sodio y el fenol, empleando el complejo de nitroprusiato de sodio como catalizador de la reacción.



El compuesto coloreado presenta absorción en la región visible a una longitud de onda de 640 nm (INVEMAR, 2003).

3. Materiales y Métodos

3.1 Materiales

Balones aforados de diferentes volúmenes.
 Pipetas graduadas y aforadas
 Espátula
 Espectrofotómetro UV-Visible
 Celdas de cuarzo o sílice de 1cm de espesor
 Balanza

3.2 Reactivos

- **Solución de Fenol:** Disolver 25 g de fenol en 250 mL de etanol al 95%.
- **Solución de Nitroprusiato de Sodio:** Disolver 0.5 g de la sal $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ en 100 mL de agua, una vez se haya incorporado totalmente completar hasta 500 mL con agua desionizada.
- **Solución alcalina:** Disolver 100 g de citrato de sodio con 5 g de hidróxido de sodio y completar hasta 500 mL con agua.
- **Hipoclorito de sodio:** Se emplea hipoclorito de sodio (NaClO) 1.5 N, de no contar con el reactivo usar la forma comercial al 12%.
- **Solución oxidante:** Añadir 60 mL de la solución alcalina con 15 mL del hipoclorito de sodio. (Tapar)
- **Stock de NH_4^+ :** Se disuelven 0.0535 g de NH_4Cl G.A. en 100 mL de agua, si desea preservarse emplear 50 μL de cloroformo.
- **Patrón de amonio secundario:** Tomar 1 mL de la solución anterior y llevar a un volumen de 100 mL
- **Patrones de calibración:** Para elaborar la curva de calibración se deben tomar 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 y 1.25 mL del patrón de amonio secundario, y completar volumen con agua en un balón aforado de 25 mL.

4. Procedimiento:

4.1 Para los Patrones:

A cada patrón añadir 1 mL de fenol y añadir, 1 mL de nitroprusiato de sodio y agitar, 2.5 mL de la solución oxidante y mantener en la oscuridad tapada por una hora en una temperatura entre 20°C y 27°C.

4.2 Para el Blanco:

A 25 mL de agua desionizada aplicar el mismo procedimiento anterior.

4.3 Para la Muestra

Repetir el procedimiento que se hizo sobre los patrones, pero esta vez a 25 mL de la muestra problema.

4.4 Lectura:

Leer el blanco, los patrones y la muestra en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm.


5. Tablas:

Curva de Calibración $\lambda=640\text{nm}$						
μM (NH_4Cl)	Vol. (mL) Alícuota	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia			Promedio
0	0	25				
1	0,25	25				
2	0,5	25				
3	0,75	25				
4	1	25				
5	1,25	25				

6. Bibliografía

INVEMAR. (2003). *MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS)*. Santa Marta: INVEMAR.

12.3 Anexo No. 3 Práctica de Laboratorio 3

Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química Maestría en Docencia de la Química		
Práctica de Laboratorio: Nitritos por método espectrofotométrico		
Nombres:		Fecha:
Asignatura: Grupo:	Docente: Dora Luz Gómez Aguilar Tesisista: Nadver Enrique Restrepo Salcedo	

1. Objetivo:

- Determinar la cantidad de nitritos presentes en una muestra de agua por método espectrofotométrico en la región visible (Rojo azo)

2. Marco Teórico: Consulta

3. Materiales y Reactivos:

3.1 Materiales

Balones aforados de diferentes volúmenes.
Pipetas graduadas y aforadas
Espátula
Espectrofotómetro UV-Visible
Celdas de cuarzo o sílice de 1cm de espesor
Balanza

3.2 Reactivos

- **Sulfanilamida:** Preparar 250 mL de una solución 0.058 M. Primero disuelva el reactivo de sulfanilamida en 25 mL de HCl concentrado, luego complete a volumen.
- **Solución de diclorhidrato de N-(1-naftil)etilendiamina (C₁₂H₁₆Cl₂N₂):** Preparar una solución 3.864*10⁻³M. Dejar en un frasco ámbar.
- **Patrón de Nitrito:** Preparar una solución 10000 µM de NaNO₂. Agregar 50 µL de cloroformo para conservar, almacenar en una botella oscura.

- **Stock secundario de nitrito:** Con la solución patrón de nitrito preparar una solución 100 μM .
- **Patrones de Calibración:** Del Stock secundario de nitrito tomar 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 y 1.25 mL y aforar hasta 25 mL.

4. Procedimientos

- **Para la calibración:**

Tomar los patrones de calibración y añadir 0.5 mL de la solución de sulfanilamida, dejar reposar entre 2 y 8 minutos. Una vez transcurrido el tiempo adicionar 0.5 mL de la solución diclorhidrato de N-(1-naftil)etilendiamina y mezclar, dejar en reposo por 10 minutos. Medir la absorbancia en celdas de cuarzo o sílice a una longitud de onda de 543 nm.

- **Para la muestra problema:**

A 25 mL de muestra aplicar el mismo tratamiento anterior.

- **Para el blanco:**

A 25 mL de agua libre de nitritos aplicar el mismo tratamiento anterior.

5. Tablas


Curva de Calibración $\lambda=543\text{nm}$						
Vol. (mL) Alícuota	$\mu\text{M NO}_2^-$	Vol. (mL) Aforo	Absorbancia			Promedio
0		25				
0,25		25				
0,5		25				
0,75		25				
1		25				
1,25		25				

6. Bibliografía

INVEMAR. (2003). *MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS)*. Santa Marta: INVEMAR.

Como tal no hay un protocolo para la práctica No. 4, puesto que ese protocolo debe ser diseñado y realizado por los estudiantes en el nivel de abertura muy abierto.

12.4 Anexo No. 4 Ficha de Validación Experto No. 1

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química Maestría en Docencia de la Química		 <small>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</small>
Validación Instrumentos.		
Nombre: David Alonso Castillo Cárdenas		
Asignatura: Trabajo de Grado	Asesor: Dora Luz Gómez Aguilar Aplicador: Nadver Enrique Restrepo Salcedo	

Constancia de Validación

Quien suscribe, David Alonso Castillo Cárdenas con documento de identidad No. 1013659517, de profesión _____ que presento el título de _____, ejerciendo actualmente como _____, en la (institución/empresa) _____.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de **Prácticas de Laboratorio Determinación de Especies Nitrogenadas en Agua** con efectos de ser presentados dentro del Trabajo de Grado **PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ABERTURA A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN AGUAS POR MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO EN LA REGIÓN UV-VISIBLE.**

Por lo anterior se formulan las siguientes apreciaciones: TD: totalmente en desacuerdo, D: desacuerdo, NDNA: Ni en desacuerdo ni de acuerdo, A: De acuerdo, TA: Totalmente de acuerdo

	TD	D	NDNA	A	TA
La secuencia en que se presentan las prácticas de laboratorio ubica a los estudiantes en niveles de abertura superiores.				X	

El uso de las prácticas experimentales da una mirada reflexiva al trabajo en el laboratorio.					X
Las técnicas empleadas permiten cuantificar las especies nitrogenadas.					X
La forma en la que se presenta la información es clara y tiene coherencia con los objetivos de la investigación.					X
La información que tienen se presenta en las prácticas es relevante para la resolución de problemas que se puedan presentar en el desarrollo de la práctica experimental.					X

Observaciones:


Los instrumentos son conformes, muestra de forma clara la secuencia a seguir de la temática. En este sentido, aproxima al estudiante en sí 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). A medida que aumenta la cantidad de guías de laboratorio, se limita la información teórica, puesto que este es un factor esencial, ya que el estudiante por su cuenta tiene que aprender a investigar de otras fuentes ya sea conceptos u otros temas de interés, logrando en los estudiantes una mejor argumentación, entendiendo el porqué de las cosas en las prácticas de laboratorio y dejando a un lado la monotonía de las “prácticas de receta” es decir, seguir instrucciones sin que el estudiante sea capaz de comprender el fenómeno ocurrido en la práctica. Si se deja la monotonía de las prácticas, los estudiantes podrán lograr procesos cognitivos de alto orden.

Firma:



DAVID ALONSO CASTILLO CÁRDENAS
C.C. 1013659517 de Bogotá D. C.

12.5 Anexo No. 5 Ficha de Validación Experto No. 2

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Química Maestría en Docencia de la Química		 <small>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</small>
Validación Instrumentos.		
Nombre: Manuel Camilo Castro Cardozo		
Asignatura: Trabajo de Grado	Asesor: Dora Luz Gómez Aguilar Aplicador: Nadver Enrique Restrepo Salcedo	

Constancia de Validación

Quien suscribe, Manuel Camilo Castro Cardozo con documento de identidad No. 1023936099, de profesión Licenciado en química que presento el título de Licenciado en química, ejerciendo actualmente como Analista Fisicoquímico, en la (institución/empresa) Biopolab (Biopolímeros Industriales).

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de **Prácticas de Laboratorio Determinación de Especies Nitrogenadas en Agua** con efectos de ser presentados dentro del Trabajo de Grado **PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ABERTURA A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN AGUAS POR MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO EN LA REGIÓN UV-VISIBLE.**

Por lo anterior se formulan las siguientes apreciaciones: TD: totalmente en desacuerdo, D: desacuerdo, NDNA: Ni en desacuerdo ni de acuerdo, A: De acuerdo, TA: Totalmente de acuerdo

	TD	D	NDNA	A	TA
La secuencia en que se presentan las prácticas de laboratorio ubica a los estudiantes en niveles de abertura superiores.					X
El uso de las prácticas experimentales da una mirada reflexiva al trabajo en el laboratorio.					X
Las técnicas empleadas permiten cuantificar las especies nitrogenadas.					X

La forma en la que se presenta la información es clara y tiene coherencia con los objetivos de la investigación.					X
La información que tienen se presenta en las prácticas es relevante para la resolución de problemas que se puedan presentar en el desarrollo de la práctica experimental.					X

Observaciones:

Las prácticas de laboratorio son coherentes con lo establecido en los métodos normalizados de análisis de aguas, son también las técnicas que se emplean en el laboratorio donde me desempeño. Por otro lado, el diseño de la propuesta en sí abarca los niveles de abertura de una forma práctica, en la que se puede avanzar dentro de los mismos.

Firma:



Manuel Camilo Castro Cardozo

1023936099