

**Aprendizaje por investigación dirigida para el desarrollo de competencias
procedimentales en la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá**

Johann David Bain Moyano

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Bogotá D.C.

2025

**Aprendizaje por investigación dirigida para el desarrollo de competencias
procedimentales en la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá**

Johann David Bain Moyano

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Licenciado en Química

Directora: Dra. Dora Luz Gómez Aguilar.

Línea de Investigación: Modelos de enseñanza-aprendizaje desde la química de los
productos naturales

Grupo de Investigación: Didáctica y sus ciencias

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química.

Bogotá D.C.

2025

Tabla de Contenido

RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN	9
1. ANTECEDENTES.....	13
1.1 Nacionales	13
1.2 Internacionales	16
2. JUSTIFICACIÓN.....	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
4. OBJETIVOS	20
4.1 General	20
4.2 Específicos	20
5. MARCO TEÓRICO.....	21
5.1 La investigación cualitativa.....	21
5.2 Modelo didáctico aprendizaje por investigación dirigida	26
5.3 Competencias genéricas y específicas.....	30
5.4 Contexto Internacional acerca de la Gestión del agua.....	34
5.5 Política nacional acerca de la gestión del agua	36
5.6 Contexto regional acerca de la gestión del agua en Bogotá	37
5.7 Gestión eficiente del agua desde los parámetros químicos, físicos y biológicos	39
5.8 Índices de calidad de agua.....	40
5.9 Índices de contaminación y ecuaciones.....	42
1. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI).....	42
2. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	44
3. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS)	45
4. Índice de Contaminación Trófica (ICOTRO)	45
6. METODOLOGÍA	49
6.1 Fase 1: exploración y diagnóstico	50
6.2 Fase 2: diseño e implementación	51
6.3 Fase 3 Evaluación de la propuesta	52
6.4 Recolección de información.....	53
6.5 Cronograma de actividades.	57
6.6 Participantes de la investigación.	59
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60

7.1	Resultados fase 1 etapa 1 y 2	61
	Análisis de contradicciones en discursos (Pregunta 1).....	62
	Diseño de preguntas de investigación y fuentes de datos (Pregunta 2).....	63
	Propuestas de política pública (Pregunta 3)	63
7.2	Discusión de los resultados de las pruebas de entrada	64
7.3	Sesiones de exposición contexto de la gestión de los recursos hídricos del país y de la cuenca media del río Bogotá.	68
7.4	Diseño de prácticas contextualizadas en un ecosistema en crisis y su impacto sistémico en la cuenca del río Bogotá.....	69
7.5	Resultados fase 2.....	85
	Primera práctica de laboratorio	85
	Análisis de las entrevistas a tres grupos de laboratorio luego de la práctica.....	88
8.	CONCLUSIONES	92
9.	REFLEXIONES FINALES.....	95
10.	Bibliografía	96
11.	Anexos.....	100

Listado de figuras

Figura 1: Cambios en los estándares de calidad del agua potable en Japón, Tomado de: Japan's Experiences on Water Supply Development: Overview, 2017

Figura 2: Gestión administrativa del agua en Colombia

Figura 3: Calidad del tratamiento del agua

Figura 4: Fases de la investigación

Listado de imágenes

Imagen 1, 2 y 3 *Sesión inaugural*

Imagen 4 *Implementación prueba de entrada y exposiciones principales problemáticas*

Imagen 5 *Grupo encargado de recolección y análisis de las muestras*

Imagen 6 *Punto de muestreo 3 Humedal Neuta*

Imagen 7 *Vista aérea del Humedal Neuta*

Imagen 8 *Muestras triplicado 3 puntos de muestreo*

Imagen 9 *Filtración de las muestras*

Imagen 10 *Preparación de las muestras*

Imagen 11 *análisis de las muestras*

Imagen 12 *análisis Kjeldahl. para la determinación de Nitrógeno*

Listado de Tablas

Tabla 1: *Leyes, decretos o resoluciones acerca de la gestión política del agua en Colombia.*

Tabla 2: *Descripción fases y etapas de investigación.*

Tabla 3: *Discriminación de actividades.*

Listado de anexos

Anexo 1: Prueba de entrada

Anexo 2: Instrumento de Validación prueba de entrada

Anexo 3: Práctica de Campo – Monitoreo.

Anexo 4: Práctica de Laboratorio – Análisis Químico

Anexo 5: Cuadro resumen de respuestas prueba de entrada

Anexo 6: Descripción Humedal Neuta y resultados de Laboratorio

Anexo 7: Estructura y transcripción de Entrevistas

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme la oportunidad de culminar este proceso de formación profesional.

Gracias a la Profesora Dora Luz Gómez por haberme mostrado la aplicabilidad de conceptos químicos tan importantes y ser tan paciente.

Gracias a mi familia y amigos por ser soporte en cada etapa.

Especialmente le agradezco a Andrea García, por estar en los momentos que quería callar.

Gracias a la Universidad Pedagógica Nacional y a los estudiantes del énfasis en aguas por darme el tiempo y el espacio para la realización de este trabajo investigativo

DEDICATORIA

A mi amada esposa María Fernanda, mi mejor amiga.

A mis hijos amados Gabriel y Victoria, espero que se esfuercen.

RESUMEN

Colombia enfrenta problemas crecientes de disponibilidad y calidad del agua, influenciados por su geografía, conflicto armado y gestión privada y gubernamental. La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) dirige la gestión a diferentes niveles. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) del país junto con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) han desarrollado los Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCAS). Según la CAR Cundinamarca la principal problemática de la cuenca del río Bogotá se debe a la contaminación por aguas residuales.

Son múltiples las fuentes de contaminación en el río y se hace preciso identificar y analizar las actividades antrópicas y naturales que impactan negativamente el ecosistema en diferentes puntos de muestreo de la cuenca media del río Bogotá, utilizando parámetros estándar para su análisis químico, físico y biológico y establecer la relación entre los contaminantes y la gestión eficiente. Se propone el aprendizaje por investigación dirigida como modelo didáctico para abordar problemáticas cercanas a los estudiantes del énfasis 1 del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional y propiciar el escenario para el desarrollo de competencias procedimentales.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente del agua es un tema de interés público y privado, con implicaciones científicas, educativas, políticas, agropecuarias, industriales y domésticas. A nivel global, la ONU busca que para el 2030 se garantice la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, esto a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 a partir de 5 metas en las que se encuentra 1 meta relacionada directamente con conceptos importantes de la gestión eficiente del agua.

En Colombia y específicamente en la cuenca del río Bogotá, la problemática es aguda debido a la contaminación por actividades antrópicas (agrícolas, curtido de cueros, ganadería, y uso doméstico). Cada actividad hace que se lleguen a generar conflictos socioambientales además de la degradación de los diferentes ecosistemas, considerando también, la vulneración de derechos como el acceso al agua potable y la conservación de la biodiversidad. Comprender y abordar esta problemática es esencial para la gestión eficiente del río.

El interés acerca de la gestión del agua en la cuenca media del río Bogotá y las consecuencias de la contaminación, surge entre otras al considerar que a partir de conferencias como la de Estocolmo en 1972 y la carta de Belgrado en 1975 y sobre todo a partir de la Cumbre de la Tierra en Brasil 1992, se enfatiza la gestión sostenible del agua y su integración con la educación.

Luego, se han venido desarrollando políticas internacionales que posteriormente se tienen en cuenta cuando se diseñan currículos que consideran la Educación para el Desarrollo

Sostenible, así como lo menciona (Pedraza y Mora, 2019) citando a (Howsworth, Thomas, & Hegarty, 2013; Disterheft, Caeiro, Miranda Azeiteiro, & Leal Filho, 2013; Amador & Padrel Oliveira, 2013). Esta implementación en los currículos le ofrece a los estudiantes y docentes un marco de referencia en sus clases que permite interpretar a partir de la evidencia científica, la realidad de los ecosistemas y propicia la toma de decisiones de manera crítica y pertinente (Mora, 2009).

Así mismo, Colombia se enfrenta a los crecientes problemas relacionados con la disponibilidad y calidad del agua, debido a la compleja geografía del país, al conflicto armado, a la gestión gubernamental y a la intervención de las diferentes instituciones que garantizan la calidad del agua. El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial ha señalado la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) como la política que dirige la gestión nacional, departamental, regional y local. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial [MAVDT],2010, p,5).

A partir de este y otros documentos y de distintos decretos, leyes y resoluciones, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y otras autoridades responsables que están vinculadas a la cuenca del río Bogotá, han diseñado el Plan de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCA).

De acuerdo con la CAR Cundinamarca, la principal problemática ambiental y el conflicto que se genera en la cuenca media es la contaminación producida por las aguas residuales presentando una alta degradación de ecosistemas estratégicos. Además, en la región, se realizan actividades productivas como agrícolas, las de curtido de cuero, las mineras, ganaderas y domésticas. Esto hace que la vulnerabilidad y el conflicto de la cuenca

sea más alto debido a que deben garantizarse derechos como el del trabajo y la libertad, pero también el de acceso a agua potable y por ejemplo el de la conservación de las especies animales y vegetales.

Con lo propuesto en el POMCA del río Bogotá el IDEAM mide los diferentes grados de contaminación y determina la calidad a partir de índices internacionales. (IDEAM, 2023).

Debido a las distintas fuentes de contaminación, reconocer, identificar y analizar los procesos antrópicos y naturales junto con el impacto ambiental que se genera en diferentes puntos de muestreo de la cuenca media del río Bogotá, utilizando parámetros estándar para determinar el grado de contaminación, cobra relevancia investigativa.

De esa manera, al discutir acerca de la crisis ambiental que enfrenta el río Bogotá y el ecosistema afectado por los altos niveles de contaminación, sobre todo de carácter antrópico y algunas de estas cuestiones que están relacionadas directamente con la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá es propicio el análisis químico, físico y biológico para establecer la relación de los contaminantes con la gestión eficiente.

El aprendizaje por investigación dirigida como modelo didáctico busca darle importancia a las problemáticas que son cercanas a los estudiantes al construir un proyecto de investigación y de esa manera aproximarlos al trabajo científico desarrollando las competencias necesarias como lo son las procedimentales.

Entonces, se propone que, con la implementación del presente proyecto, se propicie el escenario para el desarrollo de las competencias procedimentales al enfrentarse a las problemáticas evidenciadas en la cuenca media del río Bogotá al analizar los parámetros químicos, físicos y biológicos propios del muestreo de algunos puntos específicos. Este

escenario, permite proponer acciones efectivas en la búsqueda de aportes académicos que apoyen la gestión eficiente del recurso hídrico y que a su vez se desarrollen las competencias propias de la actividad científica investigativa.

Los estudiantes participantes del proyecto, en el marco del curso del Énfasis 1, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, analizarán las muestras de algunos puntos de muestreo de la cuenca media del río Bogotá, de acuerdo con los parámetros utilizados por el IDEAM, para determinar el grado de contaminación y relacionarlo con la gestión eficiente, esto proporcionará datos concretos sobre la calidad del agua, su relación con las fuentes de contaminación y el desarrollo de las competencias procedimentales de los futuros docentes que participarán de discusiones y soluciones en la escuela.

1. ANTECEDENTES

1.1 Nacionales

La Universidad Pedagógica Nacional desde la Licenciatura en Biología, ha desarrollado distintas investigaciones a través de la línea: “sistemas acuáticos región andina” relacionados con estrategias didácticas que buscan impactar de distintas maneras ciertas fuentes de agua superficial. Por ejemplo, Parra (2018) en su trabajo de investigación pretende demostrar que el reconocimiento de microorganismos propios de la cuenca media del río Tunjuelo es esencial para comprender cómo funciona. El trabajo fue propuesto para estudiantes de décimo y once a través de un semillero de investigación formado inicialmente por el Jardín Botánico y los profesores del IED Guillermo Cano Izasa. Encontrando que se puede discutir acerca de las problemáticas más cercanas que afectan directamente la comunidad y que a partir del semillero de investigación como estrategia didáctica, se puede propiciar del espacio para propiciar un pensamiento más reflexivo acerca de lo que es la vida y el territorio.

En su tesis de maestría, desarrollada en el departamento de biología de la UPN, Cruz (2013) analiza el origen y la evolución histórica de diversos ecosistemas acuáticos en Bogotá. Centrándose en el caso del río Bogotá, el autor evidencia cómo estas áreas han experimentado transformaciones significativas, principalmente a causa de actividades agrícolas y mineras, subrayando que la gran mayoría de estos cambios son de origen antrópico. Asimismo, destaca que el interés por preservar los ecosistemas vinculados a las fuentes de agua superficial ha aumentado progresivamente, en respuesta al deterioro ambiental documentado en estudios recientes.

Al considerar la investigación dirigida como modelo y metodología para el desarrollo de competencias científicas, (Vásquez y Becerra, 2013) en su tesis de maestría, presentan cómo una estrategia didáctica alcanza a impactar positivamente las prácticas educativas al dejar a un lado el modelo tradicional de enseñanza, aprendizaje y proponer que los estudiantes sean más propositivos, de acuerdo a la explicación científica de fenómenos y el uso de evidencia resultado de la utilización de proyectos dirigidos u orientados por el profesor.

En línea con estos estudios, Herrera (2017), en su tesis de grado, evidenció cómo la transformación del discurso sobre las problemáticas del río Bogotá en estudiantes de séptimo grado contribuye a enriquecer y complejizar los saberes tradicionales, las prácticas educativas y los conocimientos asociados al tema. El autor propone que, dentro de los proyectos ambientales escolares, se integren espacios de diálogo participativo como estrategia pedagógica. Asimismo, ese mismo año, en un número especial de la revista TED derivado del IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología, Cárdenas (2017) analiza las tendencias conceptuales de la educación hídrica y ambiental desde la perspectiva de ciudadanos de Fontibón (Bogotá). Su investigación revela que el diseño e implementación de proyectos educativos centrados en estos temas no solo fomentan la cultura ambiental y la gestión eficiente del agua, sino que también promueven la resolución de conflictos sociales y la reducción del impacto en los ecosistemas esenciales para la vida, la salud y el desarrollo comunitario.

Vallejo (2014) señala la falta de solidez en el Ministerio de Educación respecto a las competencias científicas, así como la escasa consolidación de su implementación en el ámbito institucional. El autor enfatiza la necesidad de replantear los enfoques de la ciencia

escolar dentro de un marco global y de dar continuidad a las iniciativas políticas impulsadas desde el año 2000, orientadas a fortalecer dichas competencias. Este esfuerzo, según su análisis, no solo permitiría modernizar el sistema educativo, sino también construir modelos pedagógicos innovadores alineados con las demandas de una sociedad en constante evolución, donde el desarrollo científico actúe como pilar para el progreso colectivo.

La Universidad de los Andes, en el 2019 con el propósito de evidenciar el efecto en el desarrollo y fortalecimiento de competencias relacionadas con la comunicación organizacional en los estudiantes de comunicación social y periodismo, usando una innovación educativa en educación superior, relacionada con el método de investigación acción establece que, usando dicho método, el rol del estudiante es más activo en la construcción de su propio conocimiento y resalta que el papel del maestro es el de ser orientador, a diferencia de la enseñanza a partir de métodos tradicionales. (Ávila, 2019)

El estudio de López (2017) revela que la implementación de proyectos basados en la metodología de aprendizaje por investigación no solo fortalece las competencias científicas, sino que también favorece la comprensión conceptual y mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes en comparación con sus niveles iniciales. Según su investigación, esta aproximación metodológica se posiciona como una estrategia eficaz para dinamizar la enseñanza de las ciencias, al vincular la teoría con prácticas educativas innovadoras orientadas a resultados tangibles.

1.2 Internacionales

Por otro lado, la calidad del recurso hídrico está predispuesta a los ciclos propios de la naturaleza y de los ecosistemas, Ramos (2022), en un estudio de la influencia de los parámetros fisicoquímicos en el índice de calidad de aguas en Brasil, establece que algunos de los parámetros internacionales que determinan los niveles de calidad, como lo son los sólidos disueltos, niveles de fosforo y la turbiedad, fluctúan de acuerdo con la temporada que se presente en el país. Se demuestra por ejemplo que, en la temporada de sequía en contraste con la temporada de lluvias, los resultados de las pruebas son significativamente diferentes.

Al considerar los trabajos expuestos anteriormente, se evidencia que la implementación de los proyectos educativos, que consideran la metodología de la investigación dirigida como método para desarrollar las competencias científicas procedimentales en el aula de clase, puede desarrollar las competencias propias de la investigación científica-escolar.

2. JUSTIFICACIÓN

La implementación del modelo de investigación dirigida se justifica como estrategia formativa clave para desarrollar competencias procedimentales en los estudiantes del Énfasis 1 de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Este enfoque genera un escenario pedagógico que plantea problemas reales y despierta el interés científico ante problemas de la cuenca media del río Bogotá, vinculando el aprendizaje disciplinar con contextos socioambientales. Tal articulación resulta fundamental para desarrollar competencias investigativas propias del perfil profesional del licenciado en química, mientras contribuye a la comprensión de desafíos ecológicos locales.

En segundo lugar, el estudio de la situación actual de la contaminación en la cuenca media del río Bogotá potencia el desarrollo de competencias investigativas esenciales: permite a los estudiantes ejercitar la formulación de hipótesis sustentadas y contrastadas con evidencia empírica derivada de análisis de laboratorio, al aplicar rigurosamente los protocolos de las diferentes instituciones científicas vinculadas al tema de la contaminación de la cuenca. Este proceso metodológico de análisis en el laboratorio no solo fortalece las competencias experimentales propias de la química analítica, sino que además establece un puente entre la teoría curricular y las problemáticas ambientales regionales. La elaboración de estrategias de solución consolida estos aprendizajes y esto es aplicable en el contexto profesional, fomentando la reflexión crítica sobre la responsabilidad ética, social y pedagógica inherente al ejercicio docente.

Este proyecto se alinea con los diagnósticos nacionales y regionales sobre la gestión hídrica. El Estudio Nacional del Agua (ENA 2023) presenta los resultados de aspectos tan importantes como: la calidad del agua en Colombia, los usos más representativos como el agrícola, pecuario, el de hidrocarburos, el minero, el del sector de energía entre otros.

El IDEAM enfatiza que el avance en gestión eficiente del agua requiere compromiso institucional para mejorar la calidad de vida mediante prácticas sostenibles (IDEAM, 2023).

Además de la propuesta del IDEAM, la CAR Cundinamarca, en la reciente actualización del Consejo de Cuenca del río Bogotá, establece como prioridad la participación de actores gubernamentales, sociedad civil, organizaciones comunitarias y privados especialmente tres sectores: agropecuario, industrial y terciario o de servicios. Establece también la vinculación de universidades en la generación de conocimiento aplicado, destacando su rol en proyectos educativos basados en datos empíricos y análisis comparativos. Este marco se sustenta en la guía técnica POMCAS- (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014) que habilita a la Universidad Pedagógica Nacional para participar mediante:

- Evaluación institucional bajo criterios de PODER (autoridad técnica e influencia territorial) e INTERÉS (motivación y participación)
- Aporte de información pertinente, fiable y actualizada sobre problemáticas ambientales

Actualmente, solo dos universidades públicas están relacionadas en el Plan, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

La UPN tiene así una oportunidad estratégica para posicionarse mediante el desarrollo de competencias científicas procedimentales en estudiantes de química, usando la investigación dirigida como modelo (Sánchez y Gómez, 2016) para generar datos válidos, replicar metodologías de control ambiental y proponer soluciones educativas contextualizadas ya que es considerada un ACTOR RELEVANTE y un actor social estratégico INDIRECTA o DIRECTAMENTE está relacionada con por lo menos un proceso de gestión eficiente como el CONOCIMIENTO DEL RIESGO a través de la recolección de muestras para la evaluación de los diferentes parámetros y el análisis químico, físico y biológico de acuerdo con los estándares ICA y IACAL.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿De qué manera la implementación del modelo de aprendizaje por investigación dirigida puede favorecer el desarrollo de competencias procedimentales asociadas a la práctica investigativa escolar, en estudiantes del énfasis en calidad de aguas del proyecto de Licenciatura en química de la universidad pedagógica nacional, mediante la articulación pedagógica con la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá?

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar la implementación del modelo de aprendizaje por investigación dirigida en el desarrollo de competencias procedimentales asociadas a la gestión eficiente del agua en la cuenca media del río Bogotá, con estudiantes del Énfasis 1 del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, del I semestre del 2025.

4.2 Específicos

- Caracterizar el nivel de competencias procedimentales mediante una prueba diagnóstica de los estudiantes.
- Construir una propuesta didáctica fundamentada en el modelo de investigación dirigida para el desarrollo de competencias procedimentales en los estudiantes.
- Evaluar la aplicación de la estrategia didáctica y el desarrollo de competencias procedimentales de los estudiantes.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 La investigación cualitativa

Pese a no ser objetivo central profundizar en fundamentos epistemológicos de la investigación, resulta pertinente establecer un marco de referencia básico que oriente al lector. En ese sentido, es fundamental reconocer que, dentro del universo metodológico, existen dos grandes paradigmas que han marcado la trayectoria de la producción de conocimiento: El enfoque cualitativo y en cuantitativo. Cada uno de ellos responde a premisas distintas sobre la naturaleza de la realidad, los objetos de la investigación y los criterios de validez, arraigados en tradiciones epistemológicas que van desde el positivismo hasta el constructivismo.

Por un lado, el método cuantitativo se caracteriza por su énfasis en la medición numérica, el diseño estructurado y la generalización de resultados frecuentemente asociado a estudios experimentales o estadísticos. Como lo señala Bryman (2012) se caracteriza por su énfasis en el diseño de instrumentos estandarizados como encuestas y análisis estadístico, siguiendo la tradición de Campbell y Stanley (1963) en diseños experimentales y semiexperimentales. En contraste, en el enfoque cualitativo según Denzin y Lincoln (2018) se privilegia la comprensión de fenómenos sociales mediante técnicas como entrevistas, etnografías o análisis discursivo, buscando profundizar en significados y experiencias subjetivas, tal como propone Geertz (1992) en su concepto de “descripción densa”

Estos métodos no operan de forma aislada: Su aplicación puede seguir una lógica inductiva o deductiva, lo que añade capas de complejidad al diseño investigativo. Cabe añadir que, en las

últimas décadas, ha ganado terreno un tercer enfoque conocido como método mixto, distinción ampliamente discutida por autores como Creswell (2018).

Ambas metodologías presentan ventajas y desventajas que favorecen la labor investigativa docente; que sobra decir, debe hacerse en la realidad educativa, en escenarios educativos reales y por medio de contextos que afecten directa o indirectamente a la comunidad educativa, ya que, y aunque se escuche redundante, el ejercicio de investigación educativa pretende entender la realidad educativa y proponer soluciones a las problemáticas evidenciadas.

La investigación cualitativa, como sostiene Pérez Serrano (1994), se fundamenta en la comprensión contextualizada de las experiencias humanas, priorizando la interpretación de la cotidianidad dentro de los escenarios naturales donde estas adquieren significado. Este enfoque, alejado de la medición numérica y las generalizaciones abstractas, busca capturar la complejidad de los fenómenos sociales a través de un diálogo constante entre el investigador y el contexto estudiado, lo que permite develar las estructuras simbólicas y prácticas que dan forma a la realidad (Pérez Serrano, 1994).

Así mismo, la elección entre metodologías cualitativas, cuantitativas o mixtas no responde a una jerarquía de validez, sino a la naturaleza del fenómeno bajo análisis. Como advierte Carhuaricra (2015), cuando el objeto de estudio es el fenómeno educativo —caracterizado por su multidimensionalidad, subjetividad y dinamismo—, la rigidez de los métodos cuantitativos puede resultar insuficiente para abordar preguntas vinculadas a procesos de enseñanza-aprendizaje, interacciones en el aula o construcción de identidades pedagógicas. En este ámbito, la flexibilidad metodológica propuesta por Pérez Serrano (1994) adquiere relevancia, ya que permite explorar, por ejemplo, cómo los estudiantes negocian significados en contextos interculturales, sin reducir estas experiencias a categorías predefinidas. No obstante, como señala Carhuaricra (2015), esto no

implica descartar otros enfoques, sino más bien adoptar una postura crítica que priorice la coherencia entre el problema de investigación, el marco teórico y las herramientas seleccionadas. En ese sentido y de acuerdo con Goetz y LeCompte (2007): “Los conflictos y dificultades educativas surgen en la medida en que las finalidades propuestas o las intervenciones que se realizan no son lo suficientemente adecuadas a las peculiaridades culturales y psicológicas de los sujetos destinatarios, a sus necesidades, capacidades, intereses, valores y expectativas.” (pg. 16).

Por su parte Uwe Flick sostiene que la investigación cualitativa es un enfoque metodológico indispensable para abordar la complejidad de las realidades sociales, fundamentado en premisas epistemológicas y criterios de rigor específicos que lo distancian del paradigma cuantitativo. Desde su perspectiva constructivista, Flick argumenta que "la investigación cualitativa no se limita a describir fenómenos, sino que busca comprender cómo los individuos y grupos construyen significados en contextos específicos" (Flick, 2018, p. 32). Esta postura se arraiga en la idea de que "la realidad no es un ente estático, sino una construcción dinámica y múltiple, mediada por interacciones sociales e interpretaciones subjetivas" (Flick, 2015, p. 15), lo que justifica la necesidad de metodologías flexibles y adaptativas. Flick enfatiza que, a diferencia del enfoque cuantitativo —anclado en el positivismo y la búsqueda de leyes generales—, lo cualitativo "prioriza la profundidad sobre la amplitud, explorando el cómo y el porqué de los procesos sociales mediante técnicas como entrevistas narrativas o observación participante" (p. 78).

Flick critica la histórica hegemonía del paradigma cuantitativo, señalando que "la validez en investigación no puede reducirse a estándares numéricos o replicabilidad experimental; en lo cualitativo, la credibilidad surge de la coherencia entre los hallazgos y las voces de los participantes" (Flick, 2018, p. 145). Para ello, propone criterios alternativos como la

transferibilidad —"la capacidad de un estudio para ofrecer insumos analíticos aplicables a otros contextos, no mediante generalización, sino a través de descripciones densas y contextualizadas" (Flick, 2022, p. 89)— y la **reflexividad**, que implica "un examen crítico constante del investigador sobre su influencia en la recolección e interpretación de datos" (Flick, 2018, p. 210). Flick (2022), insiste en que "la rigurosidad cualitativa no reside en la neutralidad, sino en la transparencia con que se documentan las decisiones metodológicas y las subjetividades inherentes al proceso investigativo" (p. 112).

También, Flick rechaza la idea de que lo cualitativo sea un "apéndice" de lo cuantitativo, defendiendo su autonomía epistemológica: "Ambos paradigmas responden a preguntas distintas; mientras uno busca patrones y correlaciones, el otro devela procesos y significados" (Flick, 2015, p. 22). Esta postura se alinea con su defensa del diseño emergente, donde "el proceso investigativo no sigue un plan rígido, sino que se ajusta a las particularidades del campo y a las perspectivas de los actores" (Flick, 2022, p. 65), privilegiando así la riqueza interpretativa sobre la estandarización. En síntesis, para Flick, la investigación cualitativa "no es una alternativa secundaria, sino un camino válido y necesario para explorar las dimensiones simbólicas y culturales de la vida social" (Flick, 2018, p. 301), respaldado por un marco teórico-metodológico sólido que desafía la tradicional dicotomía entre objetividad y subjetividad.

Naturalmente, es necesario considerar los cinco tipos de observaciones en el escenario investigativo y argumentar por qué la observación participante y sus fases dentro del aula y el laboratorio, son la opción ideal para la implementación de esta investigación, ya que, la propuesta metodológica de Uwe Flick sobre la observación participante ofrece un marco teórico sólido para analizar fenómenos educativos en entornos universitarios. Este método, arraigado en tradiciones

etnográficas e interaccionistas, permite capturar la complejidad de las prácticas pedagógicas y las dinámicas sociales desde una perspectiva interna, combinando participación y reflexión crítica.

De esa manera Flick (2012) sostiene que, la observación participante, es una herramienta poderosa para explorar fenómenos educativos universitarios. Al combinar inmersión contextual y rigor analítico, permite considerar a profundidad cómo se construyen significados en aulas y laboratorios, aportando puntos de vista valiosos para mejorar prácticas pedagógicas. Su aplicación exige, sin embargo, equilibrio entre participación y reflexividad metodológica, asegurando que la voz de los actores educativos se integre sin distorsionar la realidad estudiada.

Ahora bien, Spradley (1980), citado por Flick, distingue tres fases esenciales en la observación participante, las cuales son particularmente relevantes para estudiar entornos educativos.

1. La observación descriptiva es la fase inicial, en donde el investigador se integra al contexto para obtener una visión panorámica. En un aula universitaria, esto implica asistir a clases, observar rutinas docentes, interacciones estudiantiles y el uso de recursos pedagógicos. En el laboratorio, se documentan protocolos experimentales, la distribución de roles entre estudiantes y la supervisión de los instructores. El objetivo es identificar patrones generales y formular preguntas de investigación más precisas, evitando esquemas estructurados que limiten la sensibilidad a lo emergente (Flick, 2012).
2. Luego la observación focalizada una vez esté delimitado el campo, la atención se centra en aspectos específicos vinculados a los objetivos del estudio. Por ejemplo, en un aula y el laboratorio, se puede analizar cómo los estudiantes gestionan conflictos durante debates o cómo los profesores adaptan sus estrategias a distintos estilos de aprendizaje.

En el laboratorio, se puede examinar la resolución de errores técnicos, en otras palabras, los procedimientos, y la colaboración en equipos.

3. La observación selectiva, el investigador busca ejemplos concretos que validen o cuestionen las categorías teóricas desarrolladas. Por ejemplo, en el laboratorio, se registrarían casos específicos de situaciones concretas y relacionadas con los procedimientos, mientras que en aulas se priorizarían situaciones donde se evidencie la aplicación de teorías pedagógicas. Por lo que la observación participante permite acceder a dimensiones prácticas y simbólicas que otros métodos (como encuestas) no capturan. En aulas universitarias, facilita comprender cómo se construye el conocimiento a través de interacciones dialógicas, mientras que en laboratorios revela procesos acerca de las competencias investigativas, entre otras, las procedimentales. Ya al final y luego de recolectar toda la información, la triangulación con entrevistas a docentes y estudiantes, o el análisis de materiales pedagógicos, mitiga limitaciones inherentes al método, como la imposibilidad de observar procesos biográficos extensos (Flick, 2012)

5.2 Modelo didáctico aprendizaje por investigación dirigida

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias, se han desarrollado diversas metodologías para abordar problemáticas que impactan directa o indirectamente en los estudiantes. Estas propuestas poseen objetivos variados, orientados tanto a aspectos generales —como la formación de actitudes frente a la vida— como a dimensiones específicas, entre ellas el desarrollo de competencias y habilidades científicas.

En este contexto, resulta relevante el análisis de Arango y Sanabria (2021), quienes diferencian entre el estudio de casos como metodología de investigación científica y su aplicación como modelo de enseñanza. Los autores destacan la necesidad de definir objetivos de aprendizaje claros que permitan su evaluación y seguimiento, además de proponer que el docente asuma un rol mediador en este proceso. Esta perspectiva refuerza la idea de que la investigación cualitativa, al integrarse en modelos pedagógicos como la Investigación Dirigida, es un enfoque eficaz para responder a los retos educativos contemporáneos. Su implementación no solo facilita la adquisición de conocimientos, sino que también fomenta habilidades críticas y reflexivas en los estudiantes, adaptándose así a las complejidades de la enseñanza científica actual.

Entonces, al hacer un recorrido del planteamiento del modelo se evidencia que a partir de la década de los 60 se propusieron diferentes modelos, orientaciones, movimientos, corrientes o si se quiere paradigmas que procuraron responder fuertemente a la enseñanza de las ciencias por transmisión. Se pretendió abandonar el paradigma de aprender y enseñar ciencias de manera inductiva, en la que el maestro solo proporciona conocimientos científicos ya elaborados y de esa manera hacer que el alumno sea parte activa del aprendizaje. En este contexto, el aprendizaje por descubrimiento (APD) con expositores como Hendrix (1961) se consolidó durante dos décadas gracias al método inductivo, al método de conciencia no verbal y el método incidental como aproximaciones a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

En palabras de Ausubel (1968) el APD se convirtió en una “técnica pedagógica”, para dar otra interpretación de la relación entre la naturaleza de las ciencias y la naturaleza del aprendizaje. Este modelo aproxima según Ausubel (1968) el aprendizaje de las ciencias y el trabajo científico de manera equivocada al suponer entre otras que:

1. Todo el conocimiento real es descubierto por **uno mismo**

2. **El significado** es un producto exclusivo del descubrimiento creativo, no verbal.
3. El descubrimiento **organiza al aprendizaje** de modo efectivo para su uso ulterior
4. El descubrimiento es un generador singular de motivación y confianza en sí mismo
5. El descubrimiento constituye una fuente primaria de motivación intrínseca

Esto hace que *“La mente inexperta en materia de ciencia sólo se vea aturdida por las complejidades naturales de los datos empíricos... **sin conocimientos adecuados de los principios metodológicos y sustanciales necesarios**, se aprende tanto del genuino método científico como poniéndose una bata de laboratorio y representando por televisión el comercial de una medicina de patente.”* (Ausubel, 1968)

En respuesta a la propuesta del APD y de los poco aprovechables resultados de su implementación, en contra del inductivismo y el descubrimiento autónomo, muchos de los modelos actuales se estructuran de acuerdo con el marco constructivista, por ejemplo, Gil (1993) reconoce que en los años 90' los trabajos diseñados a partir de la estructura cognitiva de los alumnos marcaron el camino por el cual muchos autores iban a transitar e influenciar más adelante en la enseñanza de las ciencias.

De esa manera el modelo de la enseñanza-aprendizaje como investigación se consolida y como se mencionó, posee una orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias al utilizar situaciones problemas abiertas, a desarrollar el trabajo científico en y entre equipos, además de aportar a la adquisición de conocimientos, a la comprensión de la naturaleza de las ciencias y a la actitud frente a las ciencias y su trabajo investigativo, un modelo que se muestra más completo y coherente frente al trabajo científico y su relación con el aprendizaje de las ciencias.

Como lo plantean Pozo y Gómez (2009) se trata de un enfoque que al simular el contexto de la actividad científica pretende **cambios profundos en términos conceptuales**, pero más allá de eso le apunta a **cambios metodológicos y actitudinales**. También cuestión aparte, es interesante cómo el docente actúa como director de investigación y no como transmisor de conocimientos. (Gil, 1993 en Pozo y Gómez, 2009, pg 293.).

Es indispensable en este modelo la simulación entre la investigación científica y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Esto debe verse reflejado sobre todo en que las propuestas didácticas tengan planteamientos metodológicos con el enfoque social que como objetivo tienen que la enseñanza de las ciencias en el aula muestre la relación entre la investigación científica y la construcción social del conocimiento, teniendo en cuenta que este conocimiento se consolida en teorías y modelos.

En todo caso, es aquí donde la implementación del modelo de investigación dirigida tiene mayores inconvenientes y donde los educadores deben resolver preguntas como: ¿la investigación científica formula las mismas problemáticas que se resuelven en el aula?, en otras palabras ¿los intereses de los estudiantes son los mismos que los intereses de los investigadores científicos?

Mientras que, también es el lugar donde mayor intensidad tiene su implementación, por ejemplo, en la formación superior al propiciar escenarios en los que los estudiantes fundamentalmente apliquen los conceptos, las reglas y los modelos científicos en terrenos nuevos en los que el maestro (director de investigación) ha transitado y sabe por dónde dirigir a sus estudiantes, pero sobre todo que los procedimientos que la actividad investigativa-escolar requieren, les permitan aprender haciendo, aprender a aprender y esto en el laboratorio, en el aula, en el campo y a través de experimentos, lecturas y exposiciones (Gil, 1993). Con relación a los procedimientos y el cambio metodológico se asume que debe articularse en la resolución de

problemas generados desde el análisis del conocimiento disciplinar además de abrir nuevas zonas para los alumnos (Pozo, 1993).

Cuando Porlán (2011) considera al maestro como investigador en el aula, resalta las ventajas de incorporar los objetivos, técnicas y métodos de la investigación en líneas de trabajo como recolección de datos, análisis de representaciones mentales, diagnóstico inicial de técnicas instrumentales, entre otras. Suponiendo que el maestro es el mediador entre la teoría y las prácticas, se debe hacer explícitos los esquemas de conocimiento acerca de la disciplina científica y analizar estos con relación a su ejecución dentro del aula para que exista congruencia entre la dimensión intelectual y social, ya que la convergencia de la mente, las emociones y las actitudes por parte de los estudiantes interactúan en un contexto específico.

De esta manera, la investigación dirigida permite al maestro y a los alumnos considerar al mismo tiempo las demandas epistémicas y metodológicas que requiere la ciencia y aplicarlas por ejemplo en las prácticas de laboratorio para que de esa manera se construyan modelos que le permitan a los alumnos utilizar el discurso de las ciencias en problemáticas cercanas y que dejen de ser meras ilustraciones de la teoría (Carriazo y Pérez, 2005)

5.3 Competencias genéricas y específicas

La universidad, como espacio de creación y transmisión de conocimiento, se enfrenta el desafío de formar profesionales capaces de adaptarse a un mundo en constante cambio, marcado por la globalización, las tecnologías emergentes y demandas sociales complejas. En este contexto, las competencias genéricas emergen como elementos clave para una educación integral, al integrar conocimientos, habilidades, actitudes y valores que permiten a los

estudiantes resolver problemas de manera autónoma y ética en diversos contextos (Tuning LAIII, p. 35).

Las competencias genéricas, definidas como: capacidades transversales aplicables a múltiples disciplinas y contextos (González & Wagenaar, 2003), incluyen habilidades como la comunicación efectiva, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y el compromiso ético. Estas competencias no solo preparan para el ámbito laboral, sino también para la participación ciudadana, al fomentar la responsabilidad social y la adaptabilidad a entornos multiculturales (p. 37).

De acuerdo con la propuesta del proyecto Tuning América Latina, superar la dicotomía teoría-práctica es posible al integrar el conocimiento académico con situaciones reales, promoviendo un aprendizaje significativo (Mockus et al., 1997, citado en p. 36). Además, es posible responder a las demandas de la sociedad del conocimiento ya que se exigen habilidades como el manejo de información, la actualización permanente y la creatividad (p. 38). Además de fortalecer la empleabilidad y la ciudadanía, estos dos escenarios, en los que se evidencia si las competencias como la resolución de problemas presentan brechas significativas en su realización (pp. 54-61).

Las competencias genéricas son pilares para una educación universitaria que trascienda la mera transmisión de contenidos y forme profesionales críticos, éticos y adaptables. Su implementación requiere un enfoque pedagógico holístico, que combine metodologías activas, evaluación innovadora y compromiso institucional. Como señala Howard Gardner (1995), las competencias no son innatas, sino construidas a través de estímulos del entorno; por ello, las universidades deben ser agentes activos en diseñar entornos de aprendizaje que las promuevan.

Ahora bien, con relación a las competencias específicas y la perspectiva que tiene el proyecto Tunnig América Latina, se destaca la relevancia de integrar competencias **instrumentales-procedimentales**, interpersonales y sistémicas en las propuestas educativas, especialmente en el área de Química. Estas competencias son fundamentales para formar profesionales capaces de responder a las demandas de una sociedad globalizada y basada en el conocimiento y esto mediante currículos flexibles, metodologías innovadoras y colaboración internacional. Estas habilidades no solo aseguran un desempeño profesional idóneo, sino que también impulsan la movilidad académica y la adaptación a un mundo en constante evolución tecnológica y social.

De esa manera, se consideran particularmente las competencias específicas **instrumentales-procedimentales**. Estas competencias se vinculan directamente con habilidades técnicas y prácticas esenciales para el ejercicio profesional.

Con relación a las habilidades cognitivas, en el documento reflexiones y perspectivas de la educación superior en América latina, en el apartado acerca de las competencias específicas en la disciplina de química la competencia V01 (aplicar conocimientos químicos) y V02 (comprensión de conceptos fundamentales) son prioritarias en las propuestas educativas ya que estas competencias permiten resolver problemas cualitativos y cuantitativos, lo que exige un pensamiento crítico y analítico. Por supuesto V03 (interpretar datos) y V04 (planificar estrategias) reflejan la capacidad de integrar teoría y práctica, esencial para la investigación y la innovación. (Tunnig LAIII, 2007).

De la misma manera, las habilidades metodológicas, destacando V05 (técnicas analíticas) y V17 (buenas prácticas de laboratorio) enfatizan la aplicación rigurosa de métodos científicos. Estas competencias son clave para garantizar precisión y calidad en el trabajo

experimental, valoradas tanto en el ámbito académico como industrial. También se expone e identifica una discrepancia entre la importancia otorgada a ciertas competencias y su nivel de logro. Por ejemplo: *V09 (ejecución de proyectos de investigación)* y *V11 (trabajo interdisciplinario)*, aunque menos priorizadas, son críticas para la innovación y requieren enfoques pedagógicos que fomenten la colaboración y la autonomía. Por lo que, integrar competencias como eje central, con asignaturas que combinen teoría, laboratorio y aplicaciones reales (en este caso la gestión eficiente de la cuenca media del río Bogotá) y sustituir clases magistrales por la implementación consiente de modelos como la investigación dirigida, hace que pensarse en el desarrollo de las competencias **instrumentales-procedimentales** no solo puede mejorar la empleabilidad, sino que también fortalecen la vinculación entre universidad y sociedad.

Por otro lado, en el 2016 la Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD] definió la competencia científica como “la habilidad de comprometerse con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas científicas, como un ciudadano reflexivo” Esta definición permite pensar en la implementación de estrategias que fortalezcan las destrezas prácticas que los estudiantes desarrollan a lo largo de la vida y en aplicaciones cotidianas, que utilicen para llevar a cabo investigaciones científicas y realizar procesos relacionados con la metodología científica. Estas competencias implican la aplicación de métodos y técnicas específicas para recopilar datos, analizar resultados y realizar experimentos de manera efectiva.

El Ministerio de Educación Nacional MEN en los Estándares Básicos de Competencias propone:

“Una de las metas fundamentales de la formación en ciencias es procurar que los y las estudiantes se aproximen progresivamente al conocimiento científico, tomando como punto de partida su conocimiento “natural” del mundo.”

Sin embargo, como dice Chona et al, (2006), el concepto de competencia no es exclusivo de una sola disciplina y en la aplicación a la enseñanza de las ciencias se asocia con la cultura, aspectos propios del aprendizaje como los cognitivos y actitudinales, por lo que las competencias científicas procedimentales permiten “saber hacer en contexto...a través de conceptos, teorías, historia epistemológica”

Para Muñoz et al, (2020) es primordial fortalecer la competencia de argumentar en el marco de la educación científica para que de esa manera se evalúen los enunciados con base a las pruebas y de esa manera, reconocer la importancia de las conclusiones sustentadas en pruebas.

5.4 Contexto Internacional acerca de la Gestión del agua

El 3 de noviembre de 1998 el concilio directivo de la calidad del agua para el consumo humano de la Unión Europea define el agua como:

“toda agua, en su estado original o después de su tratamiento, destinada a beber, cocinar, preparar alimentos u otros usos domésticos, cualquiera que sea su origen y si se suministra desde una red de distribución, desde un camión cisterna, o en botellas o contenedores” (UN,1998)

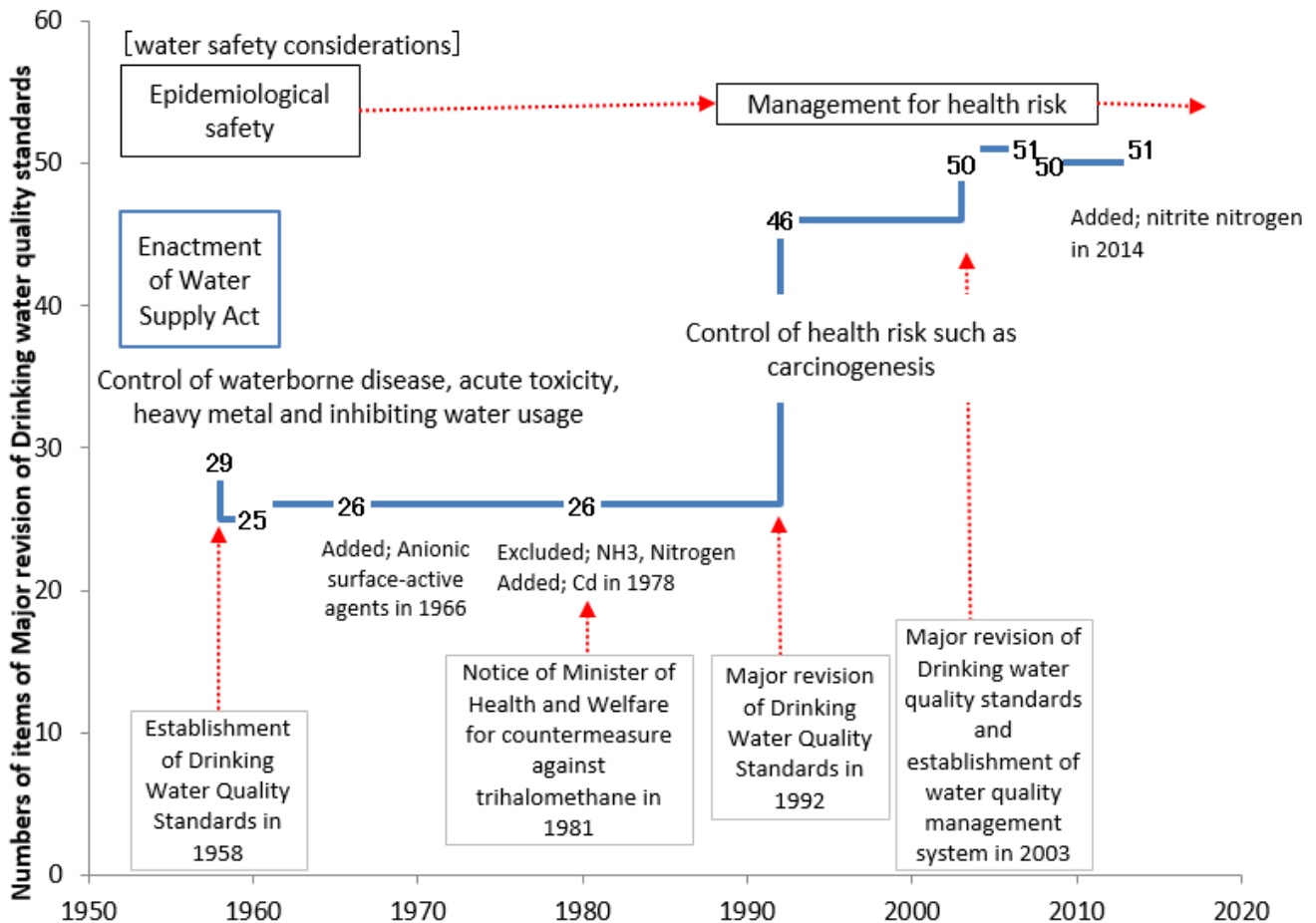
Son distintas las autoridades que a nivel mundial se encargan de garantizar que el agua sea gestionada eficientemente (UN,2022), todas tiene en cuenta el contexto para establecer los parámetros de calidad y el uso del recurso. En el caso de España el ministerio de la presidencia con el decreto 140 de 2003 establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo

humano. En estos se determina cuales parámetros deben ser medidos y controlados para que se garantice la salubridad, calidad y limpieza y de esa manera proteger la salud (MP, BOE, 2003).

En el caso de Japón, luego de que en el 2015 las naciones unidas incluyeran en su agenda garantizar la sustentabilidad y manejo del agua en el ODS 6, se enfrentó a diferentes desafíos relacionados con la expansión de cobertura del servicio y el desarrollo de la calidad. De acuerdo con la JICA (Japan International Cooperation Agency), desde 1950 hasta el 2010 los cambios en los estándares del agua potable cambiaron como lo demuestra la siguiente gráfica:

Figura 1

Cambios en los estándares de calidad del agua potable en Japón



Nota: Japan's Experiences on Water Supply Development: Overview, 2017

5.5 Política nacional acerca de la gestión del agua

Es el Viceministerio de ambiente el que a través de la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico el que establece las estrategias y líneas de acciones estratégicas para la gestión eficiente del agua en Colombia. En el siguiente cuadro se evidencian algunas de las políticas más importantes en el marco normativo que rige la política del agua en Colombia en orden cronológico.

Tabla 1

Leyes, decretos o resoluciones acerca de la gestión política del agua en Colombia

Ley, decreto, resolución.	Sentencia
Ley 23 de 1973	Plantea la necesidad de proteger los recursos naturales renovables, fija límites mínimos de contaminación y establece sanciones por violación de las normas.
Decreto ley 2811 de 1974	se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1449 de 1997	se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974, parcialmente derogado Ley 79 de 1986, Ley 373 de 1997 y el decreto 1791 de 1996
Ley 10 1978	dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1875 de 1979	se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1594 de 1984	se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del

	agua y residuos líquidos.
Ley 99 de 1993	se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA- y se dictan otras disposiciones.
Ley 161 de 1994	se organiza la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, se determinan sus fuentes de financiación y se dictan otras disposiciones.
Ley 373 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Ley 104 de 2003	Por la que se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.
Ley 1323 de 2007	Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico (SIRH).
Ley 1480 2007	Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
Ley 1151 de 2007	Plan Nacional de Desarrollo. Modifica los artículos 42, 44, 46, 111 de la Ley 99 de 1993.

Nota: Cronología de las diferentes gestiones políticas, Elaboración propia.

5.6 Contexto regional acerca de la gestión del agua en Bogotá

Fue la CAR a través del documento “La Consultoría para la elaboración del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá (2020), localizada en el departamento de Cundinamarca, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, la corporación autónoma regional del Guavio (CORPOGUAVIO) y de la corporación autónoma regional de la Orinoquia (CORPORINOQUIA)” la que ajustó el plan de ordenamiento teniendo en cuenta la integración del componente de gestión del riesgo. En el

documento se ajustó valores, plazos, objetivos y agentes de cambio y estableció cuales deben ser los indicadores que definen la línea base de diagnóstico, parametrización y calidad de agua con los siguientes índices, de los cuales se destacan los relacionados con la calidad:

o **Índice de calidad de agua (ICA)**

o **Índice de alteración potencial a la calidad del agua (IACAL)**

Como puede verse en el siguiente cuadro, la gestión administrativa en Colombia y específicamente en Bogotá, tiene diferentes niveles de intervención y diferentes gestores de la calidad del agua.

Figura 2.

Gestión administrativa del agua en Colombia

Nivel Nacional	Ministerio de Minas y Energía	
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	
	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	
	Ministerio de Educación	
	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	
	Ministerio de Salud y Protección Social e INVIMA	
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	
	Departamento Nacional de Planeación	
	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia	
	Gobernación de Cundinamarca	
Nivel Departamental	Secretaría de Ambiente Departamental	
	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	
Nivel Distrital	Alcaldía Mayor de Bogotá	
	Secretaría de Hacienda Distrital	
	Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)	
	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)	
	Empresa de Energía de Bogotá (EEB)	
Nivel Municipal	EMGESA	
	Cuenca Alta	Municipios de: Villapinzón, Chocontá, Suesca, Sesquillé, Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cajicá, Sopó, Chía, Cota, Nemocón, La Calera, Cogua, Guatavita, Guasca, Tabio, Cucunubá.
	Cuenca Media	Municipios de: Bogotá, Funza, Mosquera, Soacha, Sibaté, Subachoque, El Rosal, Madrid, Bojacá, Facatativá, Uña, Quipile, Chipaque.
	Cuenca Baja	Municipios de: San Antonio del Tequendama, Tena, La Mesa, El Colegio, Anapoima, Apulo, Tocaima, Agua de Dios, Ricaurte, Girardot, Zipacón, Anolaima, Cachipay, Viotá, Granada, Bojacá.

Nota: Niveles de intervención e instituciones adscritas Fuente: Elaboración propia.

5.7 Gestión eficiente del agua desde los parámetros químicos, físicos y biológicos

(Ramesh, 2017) responde a varias preguntas acerca de la calidad del agua en India y los relaciona con los parámetros químicos, físicos y biológicos que son medidos y utilizados para establecer los mínimos requeridos en una planta de tratamiento de aguas de la siguiente manera.

Figura 3.

Calidad del tratamiento del agua

Treated Effluent Quality of Common Effluent treatment Plant [Concentration in mg/l except pH & Temperature]		
Parameters		
pH	pH	5.5 - 9.0
Temperature	°C	40
Oil & Grease	Oil	20
BOD [3days at 27 °C]	BOD	30
Suspended Solids	SS	100
Dissolved Solids (inorganic)	DS	2100
Total residue chlorine	Cl	1
Ammonical nitrogen(As N)	N	50
Chemical Oxygen Demand	COD	250
Arsenic (as As)	As	0.2
Mercury (as Hg)	Hg	0.01
Lead (as Pb)	Pb	0.1
Cadmium (as Cd)	Cd	1
Total Cadmium (as Cr)	Cr	2
Copper (as Cu)	Cu	3
Zinc (as Zn)	Zn	5
Selenium (as Se)	Se	0.05
Nickel (as Ni)	Ni	3
Boron (as B)	B	2
Cynide (as CN)	CN	0.2
Chloride (as Cl)	Cl	1000
Fluoride (as F)	F	2
Sulphate (as SO4)	SO4	1000
Sulphide (as S)	S	2.8
Phenolic compounds(as C6H5OH)	C6H5OH)	1

Nota: Parámetros analizados en el Tratamiento de aguas en India. Tomado de “Ramesh, Shah Chirag, 2017 “Which physical, ¿chemical and biológicas parametres of quality?”

Ramos, establece que, debido a la intervención antrópica en los centros urbanos, se contribuye significativamente a la contaminación de las aguas subterráneas por el uso del suelo. Debido a esto se hace indispensable monitorear la calidad del agua a partir de estándares y parámetros internacionales de acuerdo con “APHA (American Public Health Association)” donde se deben analizar trece parámetros fisicoquímicos (Turbiedad, NO₂⁻, NO₃⁻, pH, DBO, entre otros.) (Ramos, et al, 2022).

Para determinar problemas de contaminación en cualquier punto de muestreo de corrientes superficiales, el IDEAM establece en el INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) los valores numéricos que califican entre 0 y 1 la calidad del agua luego de evaluar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Este valor se correlaciona con una de las cinco posibles categorías siendo la más baja “Muy mala” y la más alta “buena”. Las variables que se analizan en este índice son 6:

- a. Conductividad eléctrica,
- b. Ph,
- c. Sólidos suspendidos totales,
- d. Nitrógeno total,
- e. Fósforo total (relación nitrógeno/fósforo),
- f. Oxígeno disuelto y
- g. Demanda química de oxígeno

5.8 Índices de calidad de agua

El análisis de muestras puntuales de agua se fundamenta teóricamente en la necesidad de evaluar de manera integral y específica los diferentes tipos de contaminación que afectan el cuerpo hídrico. Como lo demuestra el estudio de Ramírez, Restrepo y Viña (1997), los índices de contaminación (ICO) permiten caracterizar de manera diferenciada problemas

como la mineralización, la contaminación orgánica, los sólidos suspendidos y la eutrofización, lo cual es crucial para diseñar estrategias de mitigación efectivas.

La cuenca media del río Bogotá, altamente impactada por actividades urbanas e industriales, requiere un enfoque que desagregue estas problemáticas, ya que un índice único de calidad del agua (ICA) podría enmascarar las condiciones reales y limitar la identificación de las fuentes contaminantes específicas. La aplicación de los ICO, basados en variables clave como conductividad, DBO, sólidos suspendidos y fósforo total, ofrece una herramienta precisa para diagnosticar y monitorear el río.

Además, el enfoque de muestreo puntual responde a la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes en la cuenca. La correlación cercana a cero entre los distintos ICO subraya la independencia de los fenómenos que representan, lo que justifica la necesidad de evaluar cada tipo de contaminación por separado. Por ejemplo, mientras la mineralización puede estar asociada a descargas industriales, la eutrofización podría relacionarse con vertimientos agrícolas o domésticos. Este análisis detallado, respaldado por metodologías estadísticas multivariadas como el Análisis de Componentes Principales (ACP), permite no solo identificar las áreas más críticas, sino también priorizar acciones de remediación. Así, el estudio puntual en la cuenca media del río Bogotá se convierte en una herramienta esencial para la gestión eficiente del recurso hídrico, alineada con las recomendaciones de legislaciones ambientales y experiencias previas en monitoreo hidrobiológico.

Desde una perspectiva química, los índices de calidad del agua (ICO) adquieren especial relevancia al vincularse directamente con parámetros fisicoquímicos clave que definen el estado de contaminación. En el caso de la cuenca media del río Bogotá, variables como la conductividad (reflejo de la mineralización por iones como sodio, calcio y sulfatos),

la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (indicador de carga orgánica) y el fósforo total (factor detonante de eutrofización) permiten cuantificar impactos diferenciados. Estos parámetros, al ser integrados en los ICO, no solo evidencian la presencia de contaminantes, sino que también revelan sus fuentes y procesos asociados. Por ejemplo, una alta conductividad podría señalar vertimientos industriales, mientras que niveles elevados de DBO5 y coliformes apuntarían a aguas residuales domésticas. La relación entre estos indicadores químicos y los índices propuestos por Ramírez et al. (1997) proporciona una base científica sólida para interpretar la degradación del río, destacando la necesidad de monitorear estos parámetros de manera sistemática para una gestión hídrica basada en evidencia.

El estudio de Ramírez, Restrepo y Viña (1997) propone cuatro índices de contaminación (ICO) que permiten evaluar de manera específica diferentes aspectos de la calidad del agua. A continuación, se detallan las ecuaciones matemáticas y los criterios de cálculo para cada uno de estos índices:

5.9 Índices de contaminación y ecuaciones

1. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

Este índice evalúa la concentración de sólidos disueltos en el agua, considerando conductividad, dureza y alcalinidad. Se calcula como el promedio de los subíndices de estas tres variables:

$$ICOMI = 1/3 (I \text{ Conductividad} + I \text{ Dureza} + I \text{ Alcalinidad})$$

a) Subíndice de Conductividad (I Conductividad)

Se determina mediante una relación logarítmica:

$$\log_{10} I \text{ Conductividad} = -3.26 + 1.34 \log_{10}(\text{Conductividad})$$

Donde:

- Conductividad se expresa en $\mu\text{S/cm}$.
- Si la conductividad supera $270 \mu\text{S/cm}$, $I \text{ Conductividad} = 1$

b) Subíndice de Dureza (I Dureza)

Se calcula con la siguiente ecuación logarítmica:

$$\log_{10} I \text{ Dureza} = -9.09 + 4.40 \log_{10}(\text{Dureza})$$

Donde:

- Dureza se expresa en g/m^3 (equivalente a mg/L de CaCO_3).
- Si la dureza es $> 110 \text{ g/m}^3$, $I \text{ Dureza} = 1$
- Si la dureza es $< 30 \text{ g/m}^3$, $I \text{ Dureza} = 0$

c) Subíndice de Alcalinidad (I Alcalinidad)

Se obtiene mediante una relación lineal:

$$I \text{ Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 (\text{Alcalinidad})$$

Donde:

- Alcalinidad se expresa en g/m^3 (como CaCO_3).
- Si la alcalinidad es $> 250 \text{ g/m}^3$, $I \text{ Alcalinidad} = 1$
- Si la alcalinidad es $< 50 \text{ g/m}^3$, $I \text{ Alcalinidad} = 0$

2. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Evalúa la carga orgánica en el agua mediante oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes totales. Se calcula como:

$$ICOMO = 1/3 (I\ DBO + I\ Coliformes + I\ Oxígeno)$$

a) Subíndice de DBO₅ (I DBO)

Se determina con la siguiente ecuación logarítmica:

$$I\ DBO = -0.05 + 0.70 \log_{10} (DBO_5)$$

Donde:

- DBO₅ se expresa en g/m³.
- Si DBO₅ > 30 g/m³, IDBO=1
- Si DBO₅ < 2 g/m³, IDBO=0

b) Subíndice de Coliformes Totales (I Coliformes)

Se calcula como:

$$I\ Coliformes = -1.44 + 0.56 \log_{10} (\text{Coliformes Totales})$$

Donde:

- Coliformes Totales se expresan en NMP/100 cm³.
- Si Coliformes > 20,000 NMP/100 cm³, IColiformes=1
- Si Coliformes < 500 NMP/100 cm³, IColiformes=0

c) Subíndice de Oxígeno Disuelto (I Oxígeno)

Se determina según el porcentaje de saturación (%):

$$I \text{ Oxígeno} = 1 - 0.01(\% \text{ Saturación de O}_2)$$

- Si $\% \text{O}_2 > 100\%$, $I \text{ Oxígeno} = 0$ (indicando buena calidad).
- En sistemas lénticos eutróficos con $\% \text{O}_2 > 100\%$, se usa:

$$I \text{ Oxígeno} = 0.01 (\% \text{ Saturación de O}_2) - 1$$

3. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Evalúa la turbidez y material en suspensión mediante una relación lineal:

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.003 (\text{Sólidos Suspendidos}).$$

Donde:

- Sólidos Suspendidos se expresan en g/m^3 .
- Si Sólidos $> 340 \text{ g/m}^3$, $\text{ICOSUS} = 1$
- Si Sólidos $< 10 \text{ g/m}^3$, $\text{ICOSUS} = 0$

4. Índice de Contaminación Trófica (ICOTRO)

Evalúa el estado de eutrofización del agua según el fósforo total. No se formula como un índice numérico continuo, sino que se clasifica en categorías:

- $< 0.01 \text{ g/m}^3 \rightarrow$ Oligotrófico (baja productividad).
- $0.01 - 0.02 \text{ g/m}^3 \rightarrow$ Mesotrófico (productividad media).
- $> 0.02 \text{ g/m}^3 \rightarrow$ Eutrófico (alta productividad, riesgo de proliferación algal).

Estas ecuaciones permiten una evaluación cuantitativa y estandarizada de la calidad del agua, facilitando la identificación de problemas específicos (mineralización, materia orgánica, turbidez o eutrofización). Su aplicación en la cuenca del río Bogotá permitiría priorizar medidas correctivas según el tipo de contaminación dominante.

La metodología para la toma de muestras de agua en la cuenca media del río Bogotá, diseñada para la posterior determinación de los Índices de Contaminación (ICO), debe seguir protocolos estrictos estipulados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater para garantizar la representatividad e integridad de los datos. Esto implica la selección estratégica de puntos de muestreo que capturen la variabilidad espacial y temporal, utilizando un diseño de muestreo puntual según el objetivo. La recolección se realiza empleando botellas muestreadoras, evitando la contaminación cruzada y la aeración excesiva. Para parámetros como Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), se deben utilizar botellas tipo Winkler con tapón esmerilado, llenándolas cuidadosamente para evitar la formación de burbujas y fijando el oxígeno disuelto in situ mediante la adición de reactivos de acuerdo al método 4500-O G. El pH y la conductividad deben medirse directamente en el campo con sondas multiparamétricas previamente calibradas, tal como lo establecen los métodos 4500-H+ B y 2510 B.

La preservación y el transporte de las muestras son críticos y deben alinearse con los requisitos específicos de cada analito definidos en los Standard Methods. Las muestras para metales (asociados indirectamente a la mineralización del ICOMI) se acidifican con HNO_3 ultrapuro hasta $pH < 2$ (Método 3030 B). Los recipientes para nutrientes, como el Fósforo Total (crucial para el ICOTRO), deben ser de plástico y las muestras refrigeradas a $4^\circ C$, preservándose con H_2SO_4 (Método 4500-P B). Para el análisis de Sólidos Suspendidos

(ICOSUS), se requieren volúmenes específicos recolectados en frascos de polietileno y refrigerados (Método 2540 D). Finalmente, las muestras microbiológicas para Coliformes Totales (ICOMO) deben recolectarse en frascos estériles con tiosulfato de sodio para neutralizar el cloro residual, manteniéndose en una cadena de frío estricta ($< 10^{\circ}\text{C}$) y analizándose dentro de las 6 horas posteriores a la recolección (Método 9221 B). Este rigor metodológico asegura que los valores obtenidos en laboratorio sean un reflejo fiel de las condiciones del cuerpo hídrico, permitiendo el cálculo preciso y confiable de los índices ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOTRO para un diagnóstico ambiental robusto.

Desde la recolección hasta el análisis, las buenas prácticas en la cadena de custodia son fundamentales para garantizar la exactitud de los datos utilizados en el cálculo de los Índices de Contaminación (ICO). En campo, esto se traduce en la calibración in situ de equipos multiparamétricos (pH, conductividad, OD) antes de cada jornada de muestreo, utilizando soluciones buffer certificadas, y en el lavado triple de todos los recipientes con el agua a muestrear para evitar contaminación por arrastre. El uso de Equipo de Protección Personal (EPP) –guantes nitrilo desechables, gafas y bata– es obligatorio para proteger tanto al muestreador como a la muestra de interferencias. Cada frasco debe estar correctamente etiquetado con tinta indeleble antes de su llenado, consignando un código único, fecha, hora, coordenadas UTM, parámetro a analizar y las iniciales del responsable, asegurando una trazabilidad completa.

En el laboratorio, las buenas prácticas se centran en el control de calidad analítico para validar los resultados. Esto incluye la ejecución de blancos de campo y de viaje para detectar contaminación durante el transporte, blancos de método para identificar interferencias en los reactivos, y el análisis de materiales de referencia certificados (MRC) y

muestras duplicadas para verificar la precisión y precisión de cada técnica. Todas las mediciones deben realizarse dentro del rango lineal de calibración de los equipos, y los cultivos para coliformes (ICOMO) deben incluir controles positivos y negativos. El cumplimiento estricto de estos protocolos, estipulados en Standard Methods, minimiza la incertidumbre y asegura que los valores de DBO5, conductividad, sólidos suspendidos y fósforo total reflejen fielmente la condición del agua, permitiendo un diagnóstico ambiental confiable mediante los ICO.

6. METODOLOGÍA

Con el objeto de comunicar e interpretar la realidad de los alumnos que participan en la investigación y apoyado en Vasilachis (2009), además del resto de autores propuestos en el marco teórico, se pretende **identificar** el *cómo* y *el porqué* de la dinámica de los procesos sociales y del contexto, en este caso, en el aula y en el laboratorio con relación a la interpretación de la problemática que se genera debido a la contaminación de la cuenca media del río Bogotá y cómo es que se gestiona eficientemente.

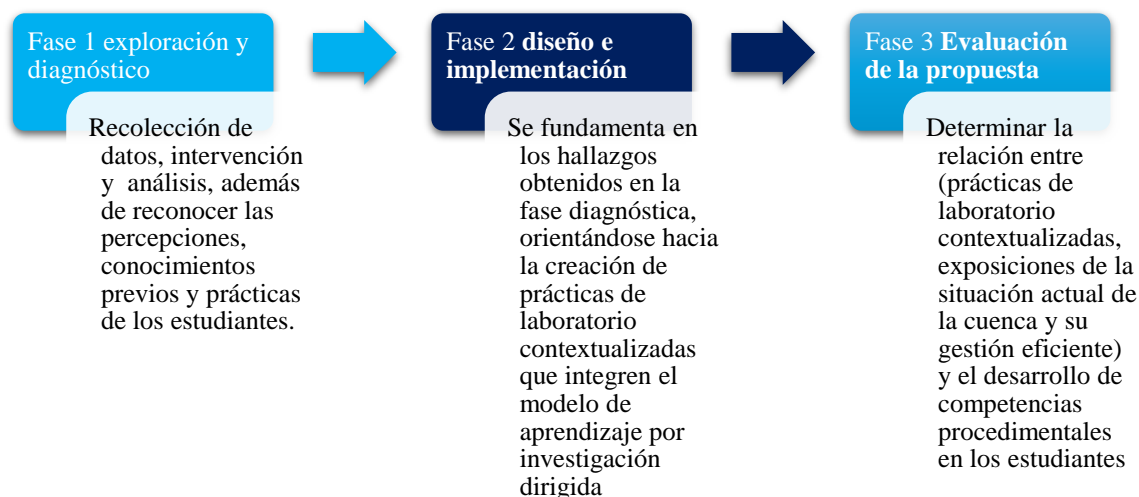
Además, evidenciar cómo se adquieren los conocimientos propios de la disciplina que permiten la interpretación y comparación de resultados de análisis de muestras de agua, con el propósito de interpretar los datos obtenidos y usar la información para el desarrollo de competencias procedimentales y apoyar la comprensión de la naturaleza de las ciencias y su metodología.

Así mismo, se aborda desde la metodología cualitativa propuesta por Uwe Flick. Esto significa que se basa en la exploración y entendimiento del fenómeno educativo a través de métodos que van más allá de los números y las mediciones cuantitativas. En lugar de reducir la investigación a datos numéricos, la metodología se apoya, entre otras, en la implementación de pruebas de ideas previas y pruebas de salida y, además, la observación de la participación de los estudiantes especialmente en las prácticas de laboratorio y determinar el nivel de desarrollo de competencias procedimentales.

La propuesta metodológica se **divide en 3 fases** y se propone ejecutar en la **implementación del proyecto de la siguiente manera.**

Figura 4

Fases de la investigación



Fuente: Elaboración propia

6.1 Fase 1: exploración y diagnóstico

Para garantizar que la recolección de datos, la intervención y el análisis, además de reconocer las percepciones, conocimientos previos y prácticas de los estudiantes acerca de la problemática del río y el desarrollo de competencias procedimentales, se propone la implementación de la primera fase de la siguiente manera:

La implementación de entrevistas y cuestionarios en la Fase 1 de exploración y diagnóstico (tabla 2) resulta estratégica para abordar de manera integral los objetivos

planteados, ya que ambos instrumentos se complementan las entrevistas permiten profundizar en las percepciones, experiencias y prácticas individuales de los estudiantes respecto a la problemática socioambiental del río Bogotá, facilitando la identificación de narrativas subjetivas, contradicciones y conocimientos previos arraigados en su contexto. Este enfoque cualitativo, alineado con la propuesta del modelo didáctico, reconoce la importancia de las voces de los participantes y su interacción con el entorno, clave para diseñar una intervención contextualizada. También, los cuestionarios aportan datos estructurados y estandarizables sobre el nivel de desarrollo inicial de competencias procedimentales, permitiendo establecer líneas de base y patrones comunes en el grupo. La triangulación de ambos recursos con a teoría garantiza no solo la validez interna del diagnóstico, al contrastar información subjetiva con evidencia empírica, sino también la coherencia entre la intervención y las necesidades reales identificadas.

Además, esta combinación responde al enfoque del desarrollo de competencias específicas al integrar dimensiones cognitivas, actitudinales y procedimentales, esenciales para comprender cómo los estudiantes se relacionan con la gestión del agua desde una perspectiva crítica y situada. Así, se asegura que la recolección de datos no solo evalúe, sino que también informe y aporte al modelo de investigación dirigida.

6.2 Fase 2: diseño e implementación

La Fase 2 diseño e implementación (tabla 2) se fundamenta en los hallazgos obtenidos en la fase diagnóstica, orientándose hacia la creación de prácticas de laboratorio contextualizadas que integren el modelo de aprendizaje por investigación dirigida. Estas prácticas, diseñadas a partir de las percepciones, conocimientos previos y brechas

identificadas en los estudiantes, buscan simular escenarios reales directamente en la cuenca media del río Bogotá, promoviendo la aplicación de competencias procedimentales como la **recolección sistemática de datos, el análisis químico de muestras hídricas, la interpretación de resultados y la formulación de propuestas**. Al vincular el laboratorio con problemáticas socioambientales concretas como la contaminación por vertimientos domésticos o por mala gestión de recursos, se fomenta un aprendizaje significativo donde los estudiantes no solo manipulan instrumentos, sino que reflexionan sobre su rol como futuros docentes en la transformación de su entorno o su realidad educativa. La implementación de laboratorios en este contexto supone que las actividades no se limiten a la técnica, sino que integren dimensiones éticas, colaborativas y críticas. Esta fase opera como un puente entre el diagnóstico y la acción educativa, consolidando junto con el modelo de aprendizaje por investigación dirigida la pertinencia contextual, la rigurosidad científica y la formación de competencias aplicables a desafíos reales evidenciados en los puntos de muestreo de la cuenca media del río Bogotá.

6.3 Fase 3 Evaluación de la propuesta

Esta fase de la metodología se enfoca en determinar rigurosamente la relación entre la estrategia didáctica implementada (prácticas de laboratorio contextualizadas, exposiciones de la situación actual de la cuenca y su gestión eficiente de manera política, ambiental y social) y el desarrollo de competencias procedimentales en los estudiantes, cerrando el ciclo investigativo con una evaluación integral de impacto a través de una entrevista de salida. Para ello, se emplean instrumentos mixtos que combinan pruebas de desempeño en el laboratorio y registros cualitativos (diarios de campo), permitiendo medir no solo la adquisición de habilidades técnicas como el manejo de instrumentos o el análisis de datos, sino también la

capacidad de utilizar los conocimientos adquiridos en contextos socioambientales reales, como la gestión del agua en la cuenca media del río Bogotá.

Mediante la triangulación metodológica, se identifican patrones significativos que vinculan las actividades diseñadas en la Fase 2 con el desarrollo de competencias procedimentales, tales como la formulación de hipótesis situadas, la resolución colaborativa de problemas y la argumentación científica crítica. Además, se incorpora una dimensión interpretativa para explorar cómo los estudiantes integran su rol, pero también como futuros docentes en la promoción de prácticas contextualizadas, vinculando su formación disciplinar con la participación en y de la comunidad educativa. Esta fase no solo valida la efectividad del modelo de investigación dirigida, sino que también aporta evidencia empírica para ajustar estrategias pedagógicas, asegurando que el desarrollo de competencias trascienda el ámbito académico y se proyecte como un mecanismo de transformación en la relación **gestión-medio ambiente-propuestas pedagógicas**. De esta manera, se consolida una propuesta educativa que no se limita a la medición, sino que reflexiona sobre la pertinencia de la enseñanza de la química frente a los desafíos ambientales contemporáneos.

6.4 Recolección de información.

En la siguiente tabla se presentan y describen los propósitos de cada una de las etapas para la recolección y análisis de la información.

Tabla 2:

Descripción fases y etapas de investigación.

Fases Etapas	Descripción
---------------------	--------------------

<p>Fase 1 Exploración y diagnóstico</p>	<p>Etapa 1 y 2 Aplicación test de ideas previas presentación general del proyecto</p>	<p>Etapa 1: Esta prueba está diseñada para caracterizar el nivel de competencias procedimentales en estudiantes del énfasis I de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), durante el primer semestre de 2025. Se busca diagnosticar multidimensionalmente su capacidad para integrar conocimientos disciplinares, habilidades investigativas y responsabilidad socioambiental, en línea con las 27 competencias del Proyecto Tuning América Latina. El enfoque se centra en la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá, vinculando la química con problemáticas reales de gestión eficiente. Para esto se utiliza una prueba de ideas previas (anexo 1) Cada escenario está alineado con competencias específicas del Proyecto Tuning, adaptadas al perfil de un futuro licenciado en química con enfoque pedagógico y socioambiental.</p> <p>Etapa 2: En esta etapa se expone a los estudiantes las diferentes perspectivas políticas, ambientales y sociales con las que históricamente Colombia y específicamente Bogotá se ha enfrentado la gestión de las fuentes hídricas y específicamente cómo lo han hecho con la cuenca media del río Bogotá.</p>
<p>Fase 2 Diseño, implementación de la estrategia didáctica</p>	<p>Esta fase se estructura en dos etapas 3 y 4 interrelacionadas y orientadas a materializar las prácticas de laboratorio desde un enfoque situado y participativo, priorizando la observación</p>	<p>Etapa 3: Diseño de prácticas contextualizadas</p> <p>En esta etapa, se diseñan y desarrollan prácticas de laboratorio basadas en los resultados diagnósticos de la Fase 1, integrando problemáticas reales de la cuenca media del río Bogotá como lo son. contaminación por metales pesados, pesticidas y fertilizantes. para ello, se propone una práctica de recolección de muestras de agua, donde los estudiantes diseñan protocolos para analizarlas, utilizando técnicas como titulaciones, mientras discuten las implicaciones éticas y sociales de sus hallazgos. La observación participante permite registrar no solo el dominio técnico, sino también</p>

	<p>participante como herramienta clave para documentar procesos cognitivos, actitudinales y procedimentales en los estudiantes.</p>	<p>la capacidad de trabajo en equipo, la argumentación crítica y la adaptación a imprevistos, aspectos clave para el desarrollo de competencias procedimentales.</p> <p>Etapa 4: Implementación en el laboratorio y el campo</p> <p>En esta etapa, las prácticas se ejecutan en dos escenarios complementarios: laboratorio físico y entornos naturales de la cuenca del río. Entonces, se propone una práctica de campo y otra de laboratorio así.</p> <p>Práctica de campo: Recolección de muestras en zonas estratégicas del río Bogotá, donde los estudiantes aplican técnicas de muestreo sistemático, registrando variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, la turbiedad. (Anexo 2)</p> <p>Práctica de laboratorio: Análisis de las muestras utilizando equipos especializados, seguido de la interpretación de resultados y la propuesta de soluciones. (Anexo 3)</p> <p>Durante ambas actividades, se asume un rol activo como observador participante, documentando mediante notas de campo y grabaciones audiovisuales cómo los estudiantes integran habilidades técnicas en relación con el manejo de instrumentos, pero también con relación al análisis de la situación y las competencias transversales (toma de decisiones, pensamiento sistémico). Además, se promueven espacios de reflexión grupal guiados por preguntas problémicas. Esta fase, al priorizar la observación participante, no solo valida la pertinencia de las prácticas diseñadas, sino que también genera insumos cualitativos para comprender cómo el modelo de investigación dirigida fomenta competencias procedimentales en acción.</p>
--	---	---

<p>Fase 3 Evaluación y Determinación del Impacto de la Estrategia Didáctica</p>	<p>Esta fase busca establecer el grado de asociación entre la implementación del modelo de aprendizaje por investigación dirigida (desarrollado en la Fase 2) y el avance en las competencias procedimentales de los estudiantes. Para ello, se estructura en dos etapas 5 y 6 una centrada en la recolección de datos post-intervención y otra en el análisis integrado de resultados</p>	<p>Etapas 5: Aplicación de Instrumentos Post-Intervención</p> <p>El objetivo principal en esta fase tiene que ver con la “medición” del desarrollo de competencias procedimentales y recoger percepciones sobre la efectividad de la estrategia.</p> <p>1. Prueba de salida: Se diseña una prueba que evalúa las competencias procedimentales trabajadas en las prácticas de campo y laboratorio que se divide en dos partes de la siguiente manera:</p> <p>Sección teórico-práctica: Situacionales sobre normativas de calidad del agua y problemáticas evidenciadas en el análisis de los resultados obtenidos en las prácticas.</p> <p>Simulación de laboratorio: Actividad práctica controlada donde los estudiantes deben replicar un análisis químico con la intención de consolidar lo aprendido acerca de las propiedades que se ven afectadas por la contaminación del agua.</p> <p>2. Entrevistas Semiestructuradas</p> <p>Se trata de entrevistas individuales enfocadas en explorar las percepciones sobre la utilidad de las prácticas para su formación docente. Además de una autoevaluación de su progreso en competencias procedimentales y su capacidad de comunicar y aplicar lo aprendido a contextos reales, en otras palabras, se espera evidenciar la respuesta a las siguientes preguntas ¿Cómo enseñaría a sus futuros estudiantes a analizar la calidad del agua?, ¿Cómo integraría el enfoque socioambiental del río Bogotá en sus clases de química?, ¿Qué retos enfrentó al vincular el laboratorio con la realidad de la cuenca?</p> <p>Etapas 6: Análisis Integrado y Triangulación</p> <p>Se espera establecer correlaciones entre la estrategia didáctica y el desarrollo de</p>
--	--	---

		<p>competencias, integrando datos cuantitativos y cualitativos haciendo las siguientes pruebas para evidenciarlo.</p> <p>1. Prueba de salida: Comparación de resultados pre-post intervención debido a que hay datos de línea base de la Fase 1.</p> <p>2. Entrevistas:</p> <p>Triangulación con observaciones de la Fase 2 y vincular declaraciones de las entrevistas con registros de observación participante.</p>
--	--	--

6.5 Cronograma de actividades.

Tabla 3:

Discriminación de actividades.

Fase	Actividades	Descripción	Fecha
Primera	Diseño y Aplicación prueba de entrada	Cada escenario de la prueba está alineado con competencias específicas del Proyecto Tuning, adaptadas al perfil de un futuro licenciado en química con enfoque pedagógico y socioambiental.	Febrero 12 del 2025
Segunda	Sesiones para la exposición, recolección de muestras y análisis químico, físico y biológico.	En esta etapa, se desarrollan prácticas de laboratorio basadas en los resultados diagnósticos de la	Entre 26 de febrero del 2025 al 25 de marzo del mismo año

Fase 1, integrando problemáticas reales de la cuenca media del río Bogotá como lo son. contaminación por metales pesados, pesticidas y fertilizantes. También es necesario considerar que, en esta etapa, las prácticas se ejecutan en dos escenarios complementarios: laboratorio físico y entornos naturales de la cuenca media del río.

Tercera	Realización, implementación y análisis de la matriz de evaluación	Se ejecuta una prueba que evalúa las competencias procedimentales trabajadas en las prácticas de campo y laboratorio. Además, en la sección teórico-práctica se implementan las	15 de abril del 2025
----------------	---	---	----------------------

preguntas y
problemas
situacionales sobre
la gestión del agua.

6.6 Participantes de la investigación.

Los participantes fueron 21 estudiantes del énfasis 1 de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la sede principal de Bogotá. Los estudiantes se encuentran en la etapa de profundización del programa curricular; etapa en la que se espera que los estudiantes hayan consolidado conocimientos básicos en la disciplina y en las prácticas de laboratorio debido a que han estado en espacios académicos que pretenden desarrollar las competencias necesarias para enfrentarse a dinámicas de investigación en pedagogía y didáctica y en la disciplina en química.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos que se presentan a continuación emergen de un proceso metodológico cualitativo, fundamentado en el enfoque de Uwe Flick y enriquecido por las perspectivas teóricas acerca de la investigación cualitativa de Vasilachis (2009) y Braun y Clarke (2006), cuyo propósito fue comprender cómo los estudiantes construyen, transforman y aplican sus conocimientos en torno a la problemática socioambiental de la cuenca media del río Bogotá.

A través de un diseño en 3 fases como lo son la exploración diagnóstica, implementación contextualizada y evaluación crítica, se buscó no solo analizar el desarrollo de competencias procedimentales en química, como el análisis de muestras hídricas o la interpretación de datos, sino también explorar los cambios conceptuales y metodológicos en la percepción de los participantes respecto a la gestión eficiente del agua.

La triangulación de instrumentos (entrevistas, cuestionarios, observaciones, grupos focales) permitió capturar narrativas subjetivas y aprendizajes de los estudiantes, mientras que las actividades de laboratorio contextualizadas y las discusiones críticas actuaron como espacios de reestructuración y aplicación del conocimiento.

Estos resultados, por tanto, reflejan la articulación entre la formación disciplinar, la educación ambiental y el rol activo de los futuros docentes en la transformación de su realidad educativa. En esta sección, se discute cómo la interacción entre el modelo de investigación dirigida, los conflictos cognitivos y la reflexión situada contribuyeron a

resignificar en gran medida, el análisis químico de muestras de agua y su relación con problemáticas reales de la cuenca media del río Bogotá.

7.1 Resultados fase 1 etapa 1 y 2

Previo al inicio de la implementación, durante la sesión inaugural del curso a cargo de la Profesora Dora Luz, se procedió a la presentación formal al grupo aclarando mi participación como observador.

Imagen 1, 2 y 3

Sesión inaugural



Fuente: Elaboración propia

La prueba diagnóstica fue aplicada a estudiantes del énfasis I de la Licenciatura en Química (UPN, 2025) para evaluar competencias procedimentales en la gestión del agua de la cuenca media del río Bogotá. De los 21 estudiantes inscritos en el énfasis solo 7 lograron responder la prueba debido a que la mayoría se encontraba en una salida pedagógica propuesta por el departamento en otra asignatura y solo 5 la completaron ya que no hubo conexión de internet para un participante y el otro no terminó de contestar toda la prueba. Teniendo en cuenta esa consideración, se analizaron las respuestas de la

siguiente manera. (Dirigirse por favor al (anexo 4) en el que se encuentran consolidadas las respuestas en un cuadro).

Imagen 4:

Implementación prueba de entrada y exposiciones principales problemáticas acerca de la gestión del recurso hídrico en el país.



Fuente: Elaboración propia

Análisis de contradicciones en discursos (Pregunta 1)

Temas recurrentes: Fallas regulatorias: 5/5 estudiantes mencionan problemas en regulación o aplicación, destacando la corrupción y falta de voluntad política (3 menciones). Desinterés institucional y actualización normativa insuficiente (2 menciones).

Impactos diferenciados: Los vertimientos industriales son considerados más nocivos que los domésticos (4/5). La Contaminación química vs. orgánica como distinción clave (3/5).

Desigualdad en acceso a información: Falta de educación y acompañamiento a comunidades rurales (4/5). Desinformación como barrera para exigir derechos ambientales (2/5).

Ejemplo destacado: "La contaminación del río Bogotá inicia en procesos industriales (curtiembres) y desechos domésticos... pero la desinformación impide que las personas exijan cumplimiento" (participante 4).

Diseño de preguntas de investigación y fuentes de datos (Pregunta 2)

Dimensiones integradas: 4/5 estudiantes lograron integrar las dimensiones política, ambiental y social.

Enfoques comunes: Relación entre inversión en infraestructura, participación ciudadana y contaminación (participante 5). Impacto de la recesión económica en la gestión de aguas residuales (participante 3).

Fuentes de datos propuestas:

Cualitativas: Entrevistas a comunidades cercanas a PTAR Canoas (participante 2), índices de percepción de contaminación.

Cuantitativas: Mediciones de sólidos suspendidos (participante 3), datos de calidad del agua (participante 5).

Debilidad detectada: 1/5 formuló una pregunta demasiado general ("¿Cómo generar interés de niños en el agua?"), sin integrar dimensiones políticas o técnicas.

Propuestas de política pública (Pregunta 3)

Incentivos para riego eficiente (3/5). Principio "quien contamina paga" (2/5).

Equidad social: Subsidios diferenciados para pequeños productores (4/5).

Tarifas progresivas según impacto ambiental (participante 5).

Viabilidad política: Acuerdos con gremios agrícolas (3/5). Participación de comunidades en diseño de políticas (participante 4).

Propuesta innovadora: "Contribución diferenciada para la sostenibilidad hídrica agrícola" (participante 5), combinando tarifas escalonadas, exenciones para pequeños productores y financiamiento técnico.

7.2 Discusión de los resultados de las pruebas de entrada

Dentro de las fortalezas identificadas es evidente la capacidad para vincular problemáticas técnicas relacionadas con la contaminación química, con factores sociales como la desigualdad. Es evidente el uso de ejemplos concretos (PTAR Canoas, río Bogotá). En las que considero como áreas de mejora, la prueba me permite pensar en la necesidad de profundizar en la propuesta e implementación de mecanismos específicos de participación ciudadana.

De esa manera, la gestión eficiente del agua en contextos como la cuenca media del río Bogotá exige profesionales capaces de integrar conocimientos técnicos, análisis crítico y responsabilidad social. Los resultados del diagnóstico aplicado a los estudiantes del énfasis I de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN, 2025) revelan avances significativos en estas competencias, pero también desafíos urgentes que deben abordarse para formar licenciados aptos para liderar soluciones integrales, sobre todo pedagógicas y didácticas a crisis ambientales cercanas a la realidad de la comunidad educativa.

Aunque los estudiantes demuestran una sólida base en responsabilidad social y análisis crítico, es imperativo desarrollar sus habilidades en gestión participativa y

aplicación técnica específica, asegurando que su formación responda a las demandas multidimensionales de problemáticas como la contaminación del río Bogotá.

Los estudiantes evidenciaron una clara conciencia de las desigualdades socioambientales. El 80% de las propuestas de política pública incluyeron mecanismos diferenciados para pequeños productores, como subsidios o exenciones, lo que refleja un compromiso con la equidad. Por ejemplo, la "Contribución diferenciada para la sostenibilidad hídrica agrícola" propone tarifas progresivas basadas en el impacto ambiental, priorizando la protección de comunidades vulnerables.

Sin embargo, solo el 40% de las respuestas mencionaron estrategias concretas de participación ciudadana, como mesas de diálogo o educación ambiental. Esto sugiere que, aunque reconocen la importancia de la justicia social, aún no dominan herramientas para materializar la corresponsabilidad educativa. Si los futuros licenciados no aprenden a diseñar procesos participativos, las políticas públicas seguirán siendo verticales y poco efectivas y esto sí que se ve plasmado en propuestas educativas que integren la realidad social. El 100% de los participantes identificó fallas regulatorias, como corrupción o desactualización normativa, y el 80% distinguió entre contaminación química (industrial) y orgánica (doméstica), demostrando capacidad para priorizar problemáticas complejas. No obstante, en las propuestas de política ambiental, solo el 60% incluyó incentivos para riego eficiente, y ninguno detalló métodos químicos aplicables, como tratamientos de aguas residuales o implementación de tecnologías de bajo costo.

Esta brecha es preocupante. Un licenciado en química debe proponer soluciones que integren su dominio disciplinar. La ausencia de detalles técnicos en sus respuestas indica que, aunque analizan críticamente las causas, no trasladan su conocimiento

químico a acciones concretas, limitando su impacto real. Además, la competencia más desafiante fue la gestión de proyectos, número 18 del Proyecto Tuning. Si bien el 60% de los estudiantes propuso acuerdos con gremios para garantizar viabilidad política, solo el 20% vinculó estas estrategias con su rol pedagógico futuro.

Por ejemplo, aunque un participante destacó la importancia de "dignificar las condiciones del campesinado", ningún estudiante mencionó cómo educar a estas comunidades en el uso de tecnologías de tratamiento de aguas. Esta desconexión entre gestión técnica y pedagogía debilita su perfil profesional: un licenciado en química no solo debe proponer políticas, sino también capacitar a actores locales para implementarlas. Sin esta dualidad, las soluciones serán efímeras. Y se verá reflejado en la formación de sus estudiantes.

Podría cuestionarse la validez de estos hallazgos debido al tamaño reducido de la muestra (5/21 estudiantes). Sin embargo, la consistencia en las respuestas —como la recurrencia en señalar fallas regulatorias o la priorización de equidad social— sugiere tendencias representativas lo que refuerza la urgencia de intervenir en aquellos participantes.

Los resultados del diagnóstico no solo caracterizan competencias, sino que demuestran un camino para pensar en la formación de los licenciados. Para cerrar las brechas identificadas, se propone integrar estudios de caso con enfoque analítico-químico-práctico, como el diseño de tratamientos de aguas residuales usando materiales locales. Además, fomentar simulaciones de negociación política, donde los estudiantes debatan con actores ficticios (gremios, comunidades) para equilibrar intereses y la vinculación interdisciplinar con sociología o ingeniería, ampliando su capacidad para

abordar problemas desde múltiples perspectivas y esto con el fin de que las competencias procedimentales sean desarrolladas.

La prueba de entrada evalúa competencias procedimentales fundamentales que sientan las bases para la visión integral del licenciado propuesta por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Competencias procedimentales como el análisis crítico, la argumentación y la resolución de problemas son el núcleo para formar un profesional que no solo domine el conocimiento, sino que pueda liderar procesos educativos y de investigación. La capacidad de interpretar datos y planificar estrategias, incluyendo técnicas analíticas, es el primer peldaño para articular posteriormente el conocimiento químico con la realidad económica y ambiental del país, tal como lo exige la visión de la UPN. Estas habilidades, aunque evaluadas de forma individual en la prueba, son la materia prima para el trabajo colaborativo e interdisciplinario que la universidad promueve como esencial.

La visión de la UPN amplía y contextualiza profundamente las competencias procedimentales medidas en la prueba, orientándolas hacia un impacto social y pedagógico concreto. Mientras la prueba verifica la comprensión de conceptos y la aplicación de buenas prácticas en un contexto académico, la universidad visualiza al egresado utilizando ese mismo conocimiento para diseñar estrategias que solucionen necesidades del contexto, manejando tecnología química y ciencias ambientales. La ejecución de proyectos de investigación, evaluada de forma incipiente en la prueba, se convierte en la visión en la capacidad de liderar investigaciones que articulen la cultura y la sociedad, transformando al futuro licenciado en un agente de cambio que vincula el rigor del laboratorio con los deberes y derechos ciudadanos.

La contaminación del río Bogotá no se resolverá solo con normativas más estrictas o tecnologías avanzadas, sino con profesionales que entiendan la química detrás de los contaminantes, la sociología detrás de las desigualdades y la pedagogía para el desarrollo de competencias. Este diagnóstico es un llamado a la acción, la UPN tiene la oportunidad de formar licenciados que no solo consideren problemas ambientales, sino que los transformen y que los utilicen en propuestas pedagógicas.

7.3 Sesiones de exposición contexto de la gestión de los recursos hídricos del país y de la cuenca media del río Bogotá.

Para continuar con el análisis de las muestras en el laboratorio y evidenciar las prácticas de los estudiantes, se realizó una intervención de aula en la que se discutió acerca de nuestra participación como profesores de química en la gestión del río Bogotá, y cómo se pueden desarrollar competencias científicas propias de la investigación a través del modelo de investigación dirigida y garantizar que las principales problemáticas puedan ser soportadas por la visión de las disciplinas científicas, especialmente la química.

Además, se discutió acerca de la realidad hidrológica del país, dónde se expusieron las principales características de las cinco áreas hidrográficas más importantes (Magdalena-Cauca, Caribe, Pacífico, Orinoquía y Amazonía), y se mencionaron algunas de las subzonas hidrográficas del país y los sistemas acuíferos, esto con la finalidad de justificar la oportunidad para que se desarrolló la investigación científica.

También se discutió acerca de la geografía del país, y se resaltó la importancia de la cordillera Oriental y de su naturaleza sedimentaria. Se presentó los principales aspectos

ecológicos y se demostró cómo en su recorrido, la cordillera atraviesa territorio de los departamentos de Cauca, Caquetá, Huila, Tolima, Meta, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Cesar y La Guajira y esto para contextualizar la realidad por la que atraviesa naturalmente el país.

Gracias a esta discusión de aspectos que se consideran relevantes con relación a la gestión del recurso hídrico de la cuenca media del río Bogotá se contextualizó la diversidad y la gran variedad de climas para hacer especial énfasis en los ciclos naturales del agua y cómo estos son vulnerables a la actividad agrícola, industrial y doméstica. Para finalizar se expuso cómo todo este contexto afecta positiva y negativamente las iniciativas institucionales para la gestión de la cuenca media del río Bogotá.

7.4 Diseño de prácticas contextualizadas en un ecosistema en crisis y su impacto sistémico en la cuenca del río Bogotá

Imagen 5

Grupo encargado de recolección y análisis de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Para poder proponer las prácticas en las que los estudiantes analizaran las muestras, fue necesario primero la recolección de estas en puntos de muestreo estratégicos. Debido a que por temas propios de la Universidad y del presupuesto para

las salidas pedagógicas, en la que los estudiantes debían ir a campo para hacer el muestreo, no contamos con la asistencia de los estudiantes, sino que, junto con la directora de este trabajo, la doctora Dora Luz y la Subdirección de Gestión de Proyectos CIUP con algunos de sus integrantes se hicieron las recolecciones de la siguiente manera.

La primera muestra se recolectó por duplicado teniendo en cuenta los parámetros establecidos por el **Standard Methods** For the Examination of Water and Wastewater, se almacenó a menos de 6°C para cumplir las normas y protocolos de análisis establecidos y especificados por el texto y que ejecuta por ejemplo el IDEAM. Se especifica que las muestras deben ser almacenadas así para asegurar la validez de los resultados y mantener las condiciones de la muestra para que se mantengan lo más cerca posible a las condiciones originales. Las muestras se tomaron en los espacios y con las características detalladas en el (anexo 5).

Además de estas consideraciones y debido a las diferentes dificultades mencionadas y otras más, la recolección de las muestras tuvo que hacerse en el Humedal Neuta. El Humedal de Neuta, está ubicado en el municipio de Soacha (Cundinamarca), constituye un ecosistema estratégico para la regulación hídrica y la conservación de biodiversidad en el altiplano cundiboyacense. Sin embargo, su degradación progresiva, evidenciada mediante análisis fisicoquímicos e hidrobiológicos, refleja un escenario crítico de contaminación antropogénica, con implicaciones directas en la calidad ambiental del río Bogotá. La primera estación se seleccionó en el área más cercana a la zona circundante, en donde se identifica la influencia de actividad antropogénica, identificando residuos como ropa, residuos sólidos regados y otros en bolsas de basura negra cerca al cuerpo de agua los cuales se puede también evidenciar que son de las

viviendas ya que algunas rejas que cumplen la función de evitar que personas ajenas al humedal entren, están rotas u oxidadas lo cual facilita que las personas residentes de estos conjuntos dispongan sus residuos en el humedal, cerca de este punto también se encuentran personas ajenas al humedal evidenciando que el consumo de estupefacientes y la disposición de necesidades fisiológicas se realizan dentro del humedal y cerca al cuerpo de agua exactamente en sus orillas.

En la segunda estación y en varias partes del humedal hay vegetación como arbustos y árboles. No hay conexiones de mangueras al humedal y tampoco se encuentra gente externa del humedal rondando en esta zona lo cual también facilitó la toma de muestras. Por tener un acceso fácil se propone tomar la muestra en ese punto, el cual tenía una lámina de agua muy mínima, pero perfecta para la toma de muestras y también se evidencia un tubo color naranja que sale por debajo del suelo. Cerca a este punto donde se hacen descargas, pero se desconoce qué tipo de agua sale por él.

En el tercer punto de muestreo, se identificó una zona donde convergen varios afluentes hacia el humedal, incluyendo aguas pluviales y residuales urbanas. Estas indican una afluencia de contaminantes provenientes de aguas pluviales, pero llegan contaminadas, ya que en esta parte del humedal hay una conexión donde se acumulan basuras, y esta agua que llega está contaminada con lixiviados, materia orgánica y demás. Por su fácil acceso se toma el punto, ya que por temas sociales esa pequeña zona esta supervisada por un guarda de seguridad de la CAR. Se evidencia también vegetación de junco y pasto, lo cual es clave para identificar punto del desarrollo de vida acuática.

A continuación, se integran los hallazgos científicos para argumentar la urgencia de intervenciones multisectoriales.

Contaminación Multifactorial y Fuentes de Presión

El humedal de Neuta se localiza en el sector nororiental del perímetro urbano del municipio de Soacha (departamento de Cundinamarca, Colombia), a una altitud de 2.600 msnm. Sus coordenadas geográficas corresponden a 4°35'14" de latitud norte y 74°13'17" de longitud oeste. El ecosistema se sitúa adyacente al humedal de Tierra Blanca, colindante con la vía principal que conecta a Soacha con la vereda de Mondoñedo, y se posiciona frente al predio registrado como Hacienda Chucua Puyana. (CAR, 2006)

Imagen 6

Punto de muestreo 3 Humedal Neuta

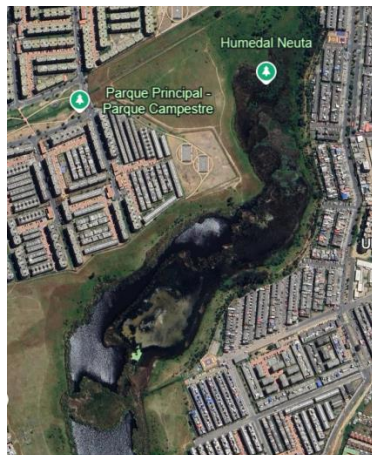


Fuente: Elaboración propia

El humedal recibe aportes contaminantes de múltiples fuentes, como puede observarse en la (imagen 7) el perímetro de conjuntos residenciales limítrofes al humedal hace que aumente la presión antrópica.

Imagen 7

Vista aérea del Humedal Neuta



Fuente: Google Earth, elaboración propia.

Otras fuentes de contaminación son el Río Soacha y Canal Canoas, ambos sistemas actúan como vectores de contaminación. El río Soacha transporta sedimentos y carga orgánica desde zonas urbanas y agrícolas, mientras el Canal Canoas, diseñado para control de inundaciones, opera como receptor de aguas residuales no tratadas y escorrentías urbanas durante eventos pluviales. Este flujo híbrido (aguas lluvias y residuales) introduce al humedal nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados (cromo, plomo) y patógenos, exacerbando su deterioro. Las redes de Alcantarillado Deficientes demuestran que el 35% de la población de Soacha carece de cobertura de alcantarillado, lo que deriva en descargas directas de aguas domésticas al humedal. Adicionalmente, se identificaron conexiones clandestinas en zonas periurbanas, que vierten efluentes con DBO₅ de 15–25 mg/L y DQO de 40–60 mg/L, superando los límites permisibles para cuerpos lénticos.

Con relación a los indicadores de Calidad del Agua y Riesgos Ecológicos, los estudios limnológicos revelan un deterioro sistémico. La Materia Orgánica y Eutrofización el DBO₅ (15–25 mg/L) y DQO (40–60 mg/L) indican alta carga orgánica, vinculada a vertimientos domésticos y agrícolas. El Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), con valores de 0.65–0.75, clasifica al humedal como moderadamente contaminado, mientras el Índice Trófico (ICOTRO), basado en fósforo total (1.2–1.8 mg/L), confirma un estado de eutrofización avanzada. Este exceso de nutrientes promueve la formación de algas, reduciendo el oxígeno disuelto (<4 mg/L) y generando zonas hipóxicas letales para la fauna acuática.

Además, la contaminación Microbiológica con la presencia de coliformes fecales (1,200–2,500 UFC/100 mL) evidencia infiltración de aguas residuales, con riesgos para la salud pública y la biodiversidad. Sin tener en cuenta que los metales Pesados, aunque en trazas, la detección de cromo (0.02 mg/L) y plomo (0.01 mg/L) sugiere infiltración de actividades industriales informales, con potencial de bioacumulación en especies como *Cavia anolaimae* y aves acuáticas. también al considerar la dinámica Hidrológica y Conectividad con el Río Bogotá es ahí donde el humedal funciona como un punto crítico de transferencia de contaminantes hacia el río Bogotá. En la investigación se evidencia que el transporte de nutrientes como el fósforo total (1.8 mg/L) y nitrógeno (12 mg/L) exceden los umbrales para ecosistemas acuáticos, contribuyendo a la eutrofización del río Bogotá, donde ya se registran zonas sin oxígeno disuelto en su tramo medio. Así que, la degradación del Humedal de Neuta no es un problema aislado, sino un eslabón en la cadena de contaminación de la cuenca del río Bogotá. Su impacto se manifiesta en:

- Pérdida de Biodiversidad: El 40% de las especies de anfibios y aves reportadas presentan poblaciones en declive por deterioro de hábitats.
- Riesgo para la Salud Pública: La contaminación microbiológica limita el uso recreativo del humedal y expone a comunidades aledañas a enfermedades hídricas.¹

Para revertir este escenario, se proponen acciones prioritarias como el tratamiento de aguas residuales y restauración de zonas de ronda como la recuperación de 30 ha de vegetación ribereña para filtrar contaminantes y estabilizar suelos.

Entonces, el Humedal Neuta es un termómetro de la salud ambiental de Soacha y un nodo crítico en la degradación del río Bogotá. Los datos científicos aquí expuestos no solo justifican intervenciones urgentes, sino que demandan un enfoque integral que reconcilie el desarrollo urbano con la gestión eficiente. Sin acciones concretas, su colapso ecológico será irreversible, con consecuencias para por lo menos la cuenca media del río Bogotá.

Para el análisis de las muestras se decidió estratégicamente tomar las muestras en los siguientes puntos de muestreo:

¹ Parte de esta información es tomada de la REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES DE NEUTA más recientes publicados por la CAR Cundinamarca.

PUNTO DE MUESTREO 1 Ubicación: Cerca de una zona de desembocadura de aguas pluviales.
Coordenadas: 4°34'18"N 74°13'47"W
Descripción: Ubicada en una zona de confluencia de afluentes (pluviales y residuales urbanos), la estación presenta flujos contaminantes portadores de lixiviados y materia orgánica derivados de un colector de residuos. Su selección priorizó la accesibilidad –respaldada por vigilancia institucional (CAR)– y la presencia de macrófitas indicadoras (juncos/gramíneas) de hábitat acuático funcional.

PUNTO DE MUESTREO 2 Ubicación: zona de transición entre el humedal y la zona urbana, con descarga de aguas a través de tubos
Coordenadas: 4°34'37"N 74°13'41"W
Descripción: La estación se ubica en la zona ribereña del humedal con dominancia de vegetación leñosa, evidenciando nula presión antrópica observable y ausencia de infraestructura hídrica conexas. La selección del sitio respondió a criterios de accesibilidad y a la existencia de un espejo de agua somero idóneo para muestreo. Se registró adicionalmente un emisario sub-superficial no identificado (color naranja) en las inmediaciones, con indicios de descargas de composición desconocida.

PUNTO DE MUESTREO 3: Ubicación: zona más cerca del humedal al área circundante residencial de apartamentos.
Coordenadas: 4°34'46"N 74°13'41"W
Descripción: La estación se ubicó en el perímetro de conjuntos residenciales limítrofes al humedal, evidenciando presión antrópica a través de residuos sólidos domiciliarios dispuestos inadecuadamente junto al espejo de agua –fenómeno facilitado por el colapso de barreras perimetrales. Simultáneamente, se verificaron actividades de intrusos (consumo de estupefacientes y defecación al aire libre) en la zona de amortiguamiento y ribera del sistema hídrico.

Como resultado de la implementación y como se detalla su interpretación en el (anexo 5), se obtienen estas muestras para su análisis (imagen 8)

Imagen 8:

Muestras triplicado 3 puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia

De esa manera y con la descripción de los tres puntos de muestreo en el Humedal Neuta, además de toda la información del (anexo 5) se decidió la toma de muestras en

este lugar gracias a su vínculo directo con la cuenca media del río Bogotá, de esa manera al medir los indicadores de calidad del agua del humedal estamos considerando, en parte, la carga de contaminación que aporta este cuerpo de agua.

Entonces se demuestra que, los alarmantes niveles de coliformes totales (9.200 NMP/100 mL) detectados en el Humedal Neuta de Soacha, que superan 1,8 veces el límite permitido para uso agrícola, evidencian una grave crisis de contaminación orgánica con implicaciones directas en la calidad del agua del río Bogotá.

Aunque la ausencia de coliformes fecales sugiere que la fuente no es predominantemente fecal, la elevada carga microbiana apunta a vertimientos de aguas residuales mal tratadas, residuos industriales o escorrentías agrícolas cargadas de materia orgánica, factores que reflejan una gestión hídrica deficiente. Esta contaminación no solo compromete la biodiversidad del humedal —un ecosistema clave para la recarga hídrica y la mitigación de inundaciones—, sino que también agrava la degradación del río Bogotá, al incorporarle una carga contaminante que exacerba problemas como la eutrofización, la pérdida de oxígeno disuelto y la proliferación de patógenos.

El incumplimiento de los estándares para uso agrícola, además, plantea riesgos sanitarios si estas aguas se emplean en cultivos, perpetuando un ciclo de insostenibilidad ambiental y social. Urge, por tanto, priorizar la modernización de plantas de tratamiento de aguas residuales en Soacha, fortalecer la vigilancia de vertimientos ilegales y articular propuestas pedagógicas que reconozcan a los humedales como actores críticos en la recuperación de la cuenca del río Bogotá.

Los resultados de dureza total en el Humedal Neuta, expresados en concentraciones de carbonato de calcio (CaCO_3), revelan una variabilidad alarmante que oscila entre 243,43 mg/L y 2588,30 mg/L, evidenciando una heterogeneidad en la composición mineral del agua que podría estar vinculada a fuentes de contaminación antrópica. Valores extremos como los del Punto 1 (2588,30 mg/L) superan ampliamente los rangos típicos de dureza en humedales naturales (generalmente entre 50-300 mg/L), sugiriendo una posible infiltración de aguas residuales industriales, lixiviados de actividades agrícolas con alto uso de fertilizantes, o incluso descargas de residuos con alta carga mineral.

Esta elevada dureza no solo altera las propiedades físico-químicas del agua, afectando la solubilidad de nutrientes y la vida acuática, sino que también refleja un estrés geoquímico que podría extenderse al río Bogotá, receptor final de estas aguas. La presencia de concentraciones tan dispares entre puntos de muestreo (ej: Punto 1 vs. Punto 2) señala la existencia de fuentes puntuales de contaminación, como vertimientos no controlados o erosión de suelos saturados con químicos, que agravan la ya crítica situación del río Bogotá, conocido por su alta contaminación.

Además, la dureza elevada puede interferir en procesos de tratamiento de aguas y favorecer la acumulación de incrustaciones en infraestructuras hídricas, incrementando los costos de mantenimiento y reduciendo la eficiencia de las soluciones de saneamiento. Estos datos, sumados a los previos hallazgos de coliformes, pintan un escenario de degradación multifactorial en el humedal, donde la combinación de contaminación microbiológica y mineral compromete su rol como regulador natural de la cuenca.

Los resultados de nitrógeno total en el Humedal Neuta, con concentraciones que oscilan entre 7,9 mg/L y 91,3 mg/L, reflejan una problemática ambiental heterogénea pero crítica, vinculada directamente a actividades humanas que comprometen la calidad del agua y, por extensión, la calidad del agua del río Bogotá. El valor extremo en el Punto 1 (91,3 mg/L) sugiere una entrada masiva de nutrientes, probablemente por vertimientos de aguas residuales domésticas mal tratadas, escorrentías agrícolas saturadas de fertilizantes nitrogenados o lixiviados de residuos orgánicos en descomposición.

Estas concentraciones, superiores a lo esperado en humedales naturales (donde el nitrógeno total suele ser <10 mg/L en sistemas no impactados), aceleran procesos de eutrofización, generando proliferación de algas, consumo excesivo de oxígeno disuelto y muerte de especies acuáticas, efectos que se propagan aguas abajo hacia el río Bogotá, ya de por sí afectado por cargas contaminantes históricas.

La drástica reducción en los Puntos 2 y 3 (11,9 y 7,9 mg/L) podría indicar fuentes puntuales de contaminación o una capacidad parcial de autodepuración del humedal, aunque insuficiente para contrarrestar los picos de contaminación. Este desbalance nutricional no solo amenaza la biodiversidad del humedal —un regulador clave frente a inundaciones—, sino que también agrava la crisis del río Bogotá, al incorporarle compuestos que potencian su degradación ecológica y limitan su uso para consumo humano o agrícola.

La presencia de nitrógeno en estas magnitudes, sumada a los altos niveles previos de coliformes y dureza, evidencia un escenario de contaminación multifactorial que exige intervenciones urgentes: desde la regulación estricta de vertimientos agrícolas e industriales hasta la restauración de zonas buffer para filtrar nutrientes.

Los niveles de sólidos suspendidos totales (SST) detectados en el Humedal Neuta, que oscilan entre 680 ppm y 1296 ppm, revelan una grave acumulación de material particulado en el agua, asociada a procesos erosivos, vertimientos de aguas residuales no tratadas o escorrentías cargadas de sedimentos, factores que reflejan una intensa presión antrópica en este ecosistema. Estos valores, muy superiores a los estándares recomendados para cuerpos de agua superficiales, reducen la penetración de luz limitando la fotosíntesis de plantas y algas.

La variabilidad entre puntos (1296 ppm en Punto 3 frente a 680 ppm en Punto 1) sugiere fuentes de contaminación localizadas, como desechos de construcción, erosión de suelos desprotegidos por actividades agrícolas o arrastre de sedimentos desde zonas urbanizadas de Soacha, cuyas partículas terminan depositándose en el humedal y, eventualmente, transportándose hacia el río Bogotá. Esta carga sedimentaria agrava la ya crítica situación del río, incrementando su turbidez, reduciendo su capacidad de autodepuración y favoreciendo la acumulación de contaminantes adsorbidos a las partículas (metales pesados, patógenos o nutrientes como el nitrógeno previamente identificado). Además, los SST elevados obstaculizan procesos de potabilización y aumentan costos de tratamiento, impactando a comunidades que dependen del río para abastecimiento. La sinergia entre sólidos suspendidos, nutrientes y contaminación microbiológica —evidenciada en análisis previos— configura un escenario de estrés ambiental multifactorial, donde el humedal actúa como espejo de las malas prácticas territoriales que degradan la cuenca.

Los resultados de nitratos en el Humedal Neuta, con concentraciones de 0 mg/L en los Puntos 1 y 2 y 0,80 mg/L en el Punto 3, sugieren una dinámica de contaminación

desigual que, aunque aparentemente baja en comparación con otros parámetros analizados, no debe subestimarse en su impacto sobre la calidad del agua del río Bogotá. La ausencia de nitratos en los primeros puntos podría indicar procesos naturales de desnitrificación —donde bacterias transforman nitratos en nitrógeno gaseoso— o la ausencia de fuentes directas de contaminación nitrogenada en esas zonas.

Sin embargo, la presencia de 0,80 mg/L en el Punto 3, aunque por debajo de los límites críticos, señala una posible infiltración de fertilizantes agrícolas, aguas residuales domésticas con detergentes o escorrentías urbanas, factores recurrentes en áreas periurbanas como Soacha. Esta disparidad refleja una contaminación puntual y selectiva, donde actividades humanas específicas (como agricultura intensiva o vertimientos no regulados) introducen nutrientes que, en sinergia con los altos niveles previos de nitrógeno total (hasta 91,3 mg/L), podrían estar enmascarando una transformación biogeoquímica del nitrógeno en el humedal (ej.: conversión a amonio o nitritos, más tóxicos). Además, aunque los nitratos no alcancen niveles alarmantes, su presencia —por mínima que sea— contribuye a la carga que recibe el río Bogotá, agravando problemas como la eutrofización, que reduce el oxígeno disuelto y promueve zonas muertas en el cauce.

La combinación de estos datos con los altos sólidos suspendidos, la dureza extrema y la contaminación microbiológica previa pinta un escenario en el que el humedal no solo actúa como receptor pasivo de contaminantes, sino como un reservorio que modifica y transfiere sustancias al río, perpetuando su degradación.

Los niveles de fósforo total en el Humedal Neuta, con concentraciones que alcanzan 5,29 mg P/L en el Punto 1 y 3,84 mg P/L en el Punto 3, clasifican estas zonas

como hipertróficas, un estado de eutrofización extrema que evidencia una saturación de nutrientes vinculada a actividades humanas como el uso desmedido de fertilizantes agrícolas, vertimientos de aguas residuales domésticas o industriales, y esorrentías urbanas. Estos valores, superan hasta 26 veces los rangos de referencia de sistemas no impactados (0,1-0,2 mg P/L).

El fósforo, al ser un nutriente limitante en ecosistemas acuáticos, potencia la proliferación de algas y cianobacterias, generando que consumen oxígeno disuelto, bloquean la luz solar y liberan toxinas, procesos que se extienden aguas abajo hacia el río, agravando su ya crítica condición de hipoxia y pérdida de biodiversidad. La drástica variabilidad entre puntos —como el Punto 2, con 0,03 mg P/L (mesotrófico)— sugiere fuentes de contaminación puntuales, como descargas ilegales o acumulación de residuos orgánicos en zonas específicas, posiblemente asociadas a prácticas agrícolas intensivas o vertimientos no regulados en Soacha.

Esta hiperconcentración de fósforo, sumada a los altos niveles previos de nitrógeno, sólidos suspendidos y coliformes, convierte al humedal en un reservorio de eutrofización, cuyos efectos en cascada comprometen al río Bogotá. Además, la toxicidad asociada a la hipertrófia no solo amenaza a especies acuáticas, sino que también limita el uso del agua para consumo humano o riego, perpetuando un ciclo de insostenibilidad en la región.

Los resultados de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) en el Humedal Neuta, con valores que alcanzan 13,76 mg O₂/L (DQO) y 6,88 mg O₂/L (DBO₅) en las muestras M2 y M3, revelan una carga orgánica significativa en el agua, asociada a vertimientos de materia biodegradable y no

biodegradable, como aguas residuales domésticas, residuos industriales o escorrentías agrícolas cargadas de compuestos químicos. La relación DBO_5/DQO (aproximadamente 0,5 en M2 y M3) sugiere la presencia de sustancias tanto fácilmente degradables (ej.: heces, restos de alimentos) como recalcitrantes (ej.: detergentes, hidrocarburos), lo que evidencia una contaminación multifuente derivada de actividades urbanas e industriales en Soacha.

Estos niveles, aunque no superan los límites críticos en algunos estándares, son alarmantes en un humedal que debería actuar como filtro natural: la demanda de oxígeno generada por esta carga orgánica reduce drásticamente el oxígeno disponible para peces y microorganismos, generando zonas hipóxicas que se extienden hacia el río Bogotá.

Los resultados de metales pesados en el Humedal Neuta revelan un panorama preocupante de contaminación por sustancias tóxicas, con implicaciones directas para la calidad del agua del río Bogotá. Destacan las concentraciones de manganeso (Mn), que alcanzan 6,20 mg/L en el Punto 3, un valor que supera ampliamente los límites permisibles para aguas superficiales. Este exceso, probablemente vinculado a vertimientos industriales, lixiviados de minería urbana o corrosión de tuberías, no solo representa un riesgo para la biodiversidad del humedal, sino que también amenaza al río Bogotá, receptor final de estas aguas. El zinc (Zn), con niveles de hasta 1,07 mg/L (Punto 3), aunque dentro de rangos menos críticos, evidencia la presencia de actividades antrópicas como galvanización, uso de pesticidas o residuos electrónicos, cuyos efectos crónicos pueden alterar la reproducción de especies acuáticas.

Llama la atención la aparente ausencia de plomo (Pb) y las concentraciones negativas de cromo (Cr) y cobre (Cu) en algunos puntos, lo que podría indicar niveles

por debajo de los límites de detección del método o interferencias en el análisis. Sin embargo, la presencia de Cu en el Punto 3 (0,05 mg/L), aunque baja, refuerza la hipótesis de contaminación difusa por actividades urbanas e industriales en Soacha.

Estos metales, incluso en trazas, tienen el potencial de acumularse en sedimentos y liberarse progresivamente al río Bogotá, perpetuando su degradación y limitando su uso para consumo humano o agrícola. La combinación de estos metales con los altos niveles previos de nutrientes, sólidos suspendidos y materia orgánica configura un escenario de toxicidad sinérgica, donde la presencia de múltiples contaminantes potencia efectos ecotóxicos, como estrés oxidativo en organismos acuáticos y bioacumulación en especies clave. Por ejemplo, el manganeso, en ambientes con bajo oxígeno como los generados por la alta DBO, puede transformarse en formas más móviles y tóxicas, exacerbando su impacto. Esta contaminación multifactorial convierte al Humedal Neuta, como se mencionó antes, en un reservorio de sustancias peligrosas que, lejos de actuar como filtro, funciona como un vector de envenenamiento para el río Bogotá.

7.5 Resultados fase 2

Primera práctica de laboratorio

Posterior a la intervención y la recolección de las muestras, se realizó la primera práctica de laboratorio en donde luego de haber explicado la metodología de la práctica y haber distribuido los grupos de laboratorio, se llevó a cabo cada uno de los procedimientos esenciales para el análisis de las muestras de del Humedal Neuta. Se realizaron filtraciones, titulaciones, digestiones, entre otros varios procedimientos, para la determinación de nitrógeno, fósforo y metales pesados y así poder comparar los resultados con los permitidos por las autoridades y de esa manera determinar el grado de

contaminación de la fuente hídrica y de esa manera compararlos con los últimos resultados presentados por la CAR y contrarrestarlos con el análisis de fuentes de contaminación.

Imagen 9

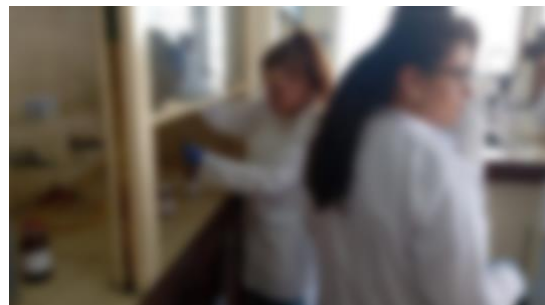
Filtración de las muestras



Fuente: Elaboración propia

Imagen 10

Preparación de las muestras



Fuente: Elaboración propia

Imagen 11

análisis de las muestras



Fuente: Elaboración propia

Imagen 12

análisis Kjeldahl. para la determinación de Nitrógeno



Fuente: Elaboración propia

La participación de los estudiantes en el análisis de la calidad del agua del Humedal Neuta, bajo el rol de analistas, evidencia que utilizar un modelo pedagógico innovador que articula la teoría con la práctica, al tiempo que desarrolla competencias procedimentales es clave.

A partir de los resultados obtenidos (contaminación microbiológica, metales pesados, eutrofización y alta carga orgánica), se pueden destacar que la integración de habilidades técnicas y toma de decisiones contextualizadas le permite a los estudiantes la demostración de dominio técnico al manejar instrumentos analíticos como los espectrofotómetros y los que corresponden a métodos titrimétricos para cuantificar parámetros como nitrógeno total, DBO₅, metales (Mn, Zn) y sólidos suspendidos. Sin embargo, más allá de la ejecución de protocolos, enfrentaron desafíos reales como la interpretación de datos anómalos, Por ejemplo, concentraciones negativas de Cr y Cu, que exigieron evaluar posibles errores metodológicos como interferencias, errores de calibración o límites de detección.

Este proceso fomentó la toma de decisiones informadas, donde la técnica se vinculó con la interpretación de la realidad de la cuenca en relación con el impacto en el río Bogotá, se pudo visualizar cómo cada parámetro analizado, DBO₅ de 6,88 mg/L o el SST de 1296 ppm, contribuye a la crisis hídrica del río, integrando escalas locales y regionales en su análisis. Este enfoque holístico, guiado por preguntas problémicas les permitió entender que la contaminación no es un fenómeno aislado, sino resultado de causas y efectos.

El rol de observador participante no solo implicó recolectar datos, sino también reflexionar críticamente. Las grabaciones audiovisuales, en particular, sirvieron como espejo para analizar su comunicación oral, trabajo en equipo y manejo de conflictos durante el proceso. Esta experiencia resalta la importancia de proyectos interdisciplinarios para vincular la química analítica con política, sociedad y educación ambiental. Formar profesionales capaces de diagnosticar problemas y proponer

soluciones eficientes, como la remediación de metales o la promoción de agricultura orgánica en Soacha cobra sentido.

Análisis de las entrevistas a tres grupos de laboratorio luego de la práctica.

Las entrevistas semiestructuradas contaron con una serie de preguntas alrededor de tres ejes como lo demuestra el (anexo 6).

De esa manera, en el bloque 1: Conocimientos y Habilidades Técnicas a la pregunta ¿Qué métodos conoces para identificar fosfatos en agua?

Los estudiantes demostraron conocimientos básicos en técnicas como espectrofotometría y comparación con estándares teóricos como los parámetros del IDEAM. Sin embargo, solo el Grupo 2 mencionó métodos alternativos como la gravimetría, lo que evidencia una limitación en el dominio de técnicas diversificadas. Este hallazgo resalta la necesidad de desarrollar las competencias procedimentales.

En la descripción del procedimiento para detectar fosfatos la mayoría describió pasos estructurados como preparación de soluciones, uso de reactivos específicos (ácido sulfúrico, molibdato de amonio) y medición en equipos como el espectrofotómetro. El Grupo 3 destacó la importancia de cálculos previos y rangos esperados, reflejando una capacidad de organización sólida, aunque con dependencia de protocolos preestablecidos. Cuando conversamos acerca de los reactivos, equipos y de la precisión de resultados se priorizó el uso de espectrofotómetros por su precisión, aunque el Grupo 3 señaló la complejidad de manejar reactivos peligrosos como el ácido sulfúrico. Para asegurar precisión, los estudiantes enfatizaron la comparación con literatura y la verificación de cálculos, aunque algunos grupos mostraron inseguridad al enfrentar

resultados discrepantes. En el manejo de resultados inesperados, ante anomalías, la estrategia común fue repetir el análisis y revisar errores operativos cuando existe contaminación de muestras. El Grupo 2 propuso diluciones para corregir concentraciones erróneas, evidenciando una capacidad crítica incipiente.

En el bloque 2, con las consideraciones acerca del trabajo en Equipo y Comunicación y la distribución de tareas y liderazgo los Grupos 1 y 2 adoptaron roles definidos (líder, encargado de materiales, documentación), mientras el Grupo 3 optó por una dinámica flexible. Esta estructura jerárquica mejoró la eficiencia y se observó que la ausencia de roles claros en el Grupo 3 generó retrasos, subrayando la importancia de liderazgo organizado. En relación con el abordaje de errores y comunicación se destacó el manejo constructivo de errores: “No hay culpas, buscamos soluciones” (Grupo 2). Esta actitud fomenta un ambiente colaborativo, aunque algunos estudiantes minimizaron errores (“Deséchalo y vuélvelo a hacer”), lo que podría omitir oportunidades de aprendizaje. Simplificaron conceptos usando ejemplos cotidianos: “El agua turbia indica sólidos suspendidos; no es apta para consumo” (Grupo 1). El Grupo 3 vinculó el análisis con problemáticas sociales como el uso de alumbre en zonas rurales, demostrando habilidad para contextualizar, aunque se requiere más uso de analogías para públicos menos técnicos.

Al final en el bloque 3 y la interpretación de resultados fuera de rango, los estudiantes asociaron altos niveles de fosfatos con contaminación agrícola (fertilizantes) y eutrofización (Grupo 2). Sin embargo, pocos exploraron implicaciones éticas, como la responsabilidad de industrias o gobiernos en el control de vertidos. Las implicaciones ambientales y sociales tuvieron conciencia sobre impactos en salud pública como la

fluorosis. El Grupo 3 ejemplificó con casos reales como contaminación en cultivos cerca de ríos, mostrando un compromiso ambiental, pero se necesita vincular más con políticas públicas o acciones comunitarias.

La eutrofización fue el ejemplo más citado, aunque su explicación fue superficial. Faltó profundizar en soluciones interdisciplinarias como tratamiento de aguas con ingeniería ambiental, lo que sugiere una oportunidad para integrar perspectivas multidisciplinarias. La gestión del tiempo fue un reto recurrente (“El tiempo siempre es limitado”, Grupo 3). Para superarlo, propusieron mejorar la organización y comprensión previa de objetivos. Cuando se preguntó por contextos con menos recursos, optarían por métodos gravimétricos o cualitativos (Grupo 2), aunque reconocieron la necesidad de creatividad como sustituir cápsulas de porcelana por cerámica. La vinculación con biología o ingeniería ambiental fue escasa, evidenciando una oportunidad para proyectos integradores.

Las entrevistas revelan que los estudiantes poseen competencias técnicas básicas y conciencia ambiental, pero presentan desafíos en profundización metodológica en la que es necesario ampliar técnicas alternativas y análisis crítico.

La comunicación efectiva y el uso de recursos didácticos para explicar conceptos complejos está presente. Estos hallazgos subrayan la importancia de prácticas reflexivas y colaboración estructurada para formar profesionales capaces de enfrentar retos científicos y sociales con rigurosidad y ética.

El presente estudio recoge los avances alcanzados con la cohorte del Énfasis 1 de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional durante el primer

semestre de 2025. La implementación se vio limitada a la fase inicial debido a factores externos no controlables incluyendo disturbios sociales, transición a modalidad virtual, salidas pedagógicas institucionales y discontinuidad operativa que imposibilitaron el desarrollo de la segunda práctica y la fase 3. Estas restricciones no invalidan la viabilidad metodológica del modelo de investigación dirigida para el desarrollo de competencias procedimentales. Por el contrario, los resultados preliminares (análisis de pruebas diagnósticas, participación en laboratorios de muestras del humedal de Neuta y tres entrevistas semiestructuradas realizadas a grupos experimentales independientes) demuestran el potencial de la propuesta. Se concluye que futuras intervenciones bajo condiciones institucionales estables podrían profundizar esta línea de investigación.

8. CONCLUSIONES

La aplicación de la prueba diagnóstica permitió caracterizar el nivel inicial de competencias procedimentales asociadas a la gestión hídrica en la cuenca media del río Bogotá entre los estudiantes. Se identificó una sólida conciencia crítica socioambiental, evidenciada en el reconocimiento de problemáticas complejas como la corrupción institucional, las desigualdades en el acceso a la información y la diferenciación entre contaminantes químicos (metales vs. orgánicos). Un hallazgo significativo fue que el 80% de las propuestas preliminares de política pública incorporaron mecanismos de equidad social (ej. subsidios diferenciados), reflejando un compromiso ético con comunidades vulnerables. Sin embargo, el diagnóstico reveló brechas procedimentales críticas: solo el 60% de las propuestas integró incentivos técnicos, ninguna detalló métodos químicos aplicables, únicamente el 40% mencionó estrategias concretas de participación ciudadana, y apenas el 20% vinculó las estrategias propuestas con su futuro rol docente. Esto evidencia una dicotomía significativa entre el análisis crítico, la acción disciplinar específica y la proyección pedagógica, subrayando la necesidad de fortalecer la integración teoría-práctica-contexto en la formación inicial.

La construcción e implementación parcial de la propuesta didáctica, fundamentada en el modelo de aprendizaje por investigación dirigida y contextualizada en el Humedal Neuta (subcuenca del río Bogotá), demostró su potencial efectivo para desarrollar competencias procedimentales mediante la vinculación con problemáticas reales. Los estudiantes aplicaron protocolos analíticos disciplinares para cuantificar parámetros clave, enfrentándose a desafíos auténticos como la interpretación de datos anómalos, la priorización de riesgos

ambientales y la comunicación de hallazgos a audiencias no especializadas. Esta contextualización fomentó una comprensión multifactorial de la contaminación hídrica, integrando dimensiones químicas, sociales y políticas, y promovió habilidades metacognitivas y de trabajo colaborativo mediante la resolución de problemas y la toma de decisiones basada en evidencia. No obstante, limitaciones y factores externo condicionaron la integralidad de la implementación planificada.

La evaluación de la aplicación de la estrategia didáctica y del desarrollo de competencias procedimentales, aunque limitada por la no culminación de la Fase 3 arrojó resultados indicativos significativos. Se observó un dominio instrumental básico en el manejo de protocolos analíticos, evidenciando avances en competencias metodológicas centrales. Asimismo, se registró un progreso en la integración escalar de conocimientos, manifestado en la capacidad de vincular parámetros físico-químicos. La consistencia en las narrativas de los estudiantes, incluso en una submuestra representativa (5/21), sugiere que el modelo contribuyó al desarrollo de una conciencia socioambiental crítica. Sin embargo, la evaluación también identificó áreas que requieren mayor énfasis: solo el 40% de los estudiantes propuso alternativas ante recursos limitados, indicando debilidad en competencias de innovación y adaptación, y se observó superficialidad en la formulación de soluciones interdisciplinarias, revelando limitaciones en la aplicación transversal del conocimiento. Estos hallazgos preliminares resaltan la efectividad del modelo para fortalecer habilidades básicas, pero señalan la necesidad de profundizar en el fomento de la creatividad, la adaptabilidad y la integración interdisciplinaria para una gestión hídrica eficiente.

Con relación al tercer objetivo específico, orientado a evaluar la aplicación de la estrategia didáctica y su relación con el desarrollo de competencias procedimentales, no pudo

ser ejecutado en su totalidad según lo planeado metodológicamente. La principal limitación fue la no culminación de la Fase 3 del estudio, la cual estaba diseñada para aplicar un instrumento de evaluación final que permitiera contrastar de manera directa y cuantificable el nivel de competencias antes y después de la intervención. Si bien la fase diagnóstica y la implementación parcial de la propuesta en el Humedal Neuta proporcionaron datos valiosos, la ausencia de esta medición final impidió determinar con precisión la magnitud del progreso y, lo que es más crítico, establecer una correlación robusta entre las actividades específicas (prácticas de laboratorio contextualizadas y exposiciones sobre la cuenca) y el desarrollo de cada competencia procedimental. Por lo tanto, aunque se observaron avances cualitativos, la evaluación de la relación causal quedó supeditada a inferencias derivadas de datos parciales y observaciones limitadas, y no al análisis comparativo inicialmente previsto.

En consecuencia, la evaluación de la efectividad de la estrategia se vio condicionada a un análisis de resultados intermedios y tendencias emergentes, mas no a una verificación integral. Factores externos, como restricciones y limitaciones de tiempo, impidieron la realización de ciclos iterativos de aplicación y desarrollo de las competencias, lo cual era esencial para consolidar el vínculo entre la teoría y la práctica. La imposibilidad de aplicar la evaluación final en el mismo nivel de profundidad que la diagnóstica dificultó medir si se habían superado efectivamente las brechas identificadas inicialmente. Así, las conclusiones sobre la eficacia de la estrategia se sustentan en indicadores de proceso y productos parciales, que si bien señalan un potencial significativo y un progreso en dominios instrumentales e integración escalar, no permiten afirmar categóricamente el logro de una relación plena y medible entre la estrategia aplicada y el desarrollo competencial, objetivo central de esta fase de la investigación.

9. REFLEXIONES FINALES

La implementación del modelo de investigación dirigida confirmó que la formación de licenciados en química debe trascender los laboratorios y protocolos estandarizados para abrazar la complejidad de los contextos socioambientales. Los resultados demuestran que la contextualización es clave, analizar el Humedal Neuta no solo desarrolló competencias procedimentales, sino que humanizó la química. La interrupción de fases no invalida el proceso. Aunque factores externos limitaron el alcance, las actividades realizadas sentaron bases para futuras intervenciones, destacando la necesidad de flexibilidad curricular y alianzas institucionales para salidas pedagógicas inherentes a una propuesta como esta.

Formar docentes que propongan políticas públicas y la implementación de las ya existentes en los currículos, exige integrar simulaciones de negociación, estudios de caso con enfoque químico-práctico y alianzas con actores locales y de la misma manera para las propuestas pedagógicas y didácticas. En síntesis, este ejercicio investigativo no solo evaluó un modelo pedagógico, sino que develó la urgencia de repensar la educación científica. formar licenciados que no solo analicen contaminantes, sino que lideren soluciones pedagógicas para transformar realidades.

10. Bibliografía

1. Ávila B., T. A. (2019). *Análisis de una innovación educativa en educación superior y su efecto en el desarrollo de competencias* [Tesis de maestría, Universidad de Los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/home>
2. Becerra G., A., & Vásquez A., E. (2013). *La investigación dirigida enfocada al estudio de la contaminación química del agua como estrategia para el desarrollo de competencias científicas* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repositorio.pedagogica.edu.co>
3. Braga, F. H. R., Dutra, M. L. S., Lima, N. S., Silva, G. M., Miranda, R. C. M., Firmo, W. C. A., Moura, A. R. L., Monteiro, A. S., Silva, L. C. N., Silva, D. F., et al. (2022). Study of the influence of physicochemical parameters on the water quality index (WQI) in the Maranhão Amazon, Brazil. *Water*, 14(10), 1546. <https://doi.org/10.3390/w14101546>
4. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
5. Bryman, A. (2012). *Social research methods*. Oxford University Press.
6. Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Rand McNally & Company.
7. CAR, (2006). Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y humedal El Yulo de acuerdo con lo establecido en la Resolución 157 de 2004 del MAVDT (Contrato 245 de 2005). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá D.C., Colombia.
8. Cárdenas H., C., Reyes R., J. D., & Bustos V., E. (2017). Perspectivas sobre la educación hídrica para la cuenca baja del río Fucha 1 experiencia en la localidad de Fontibón. En *Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Edición Extraordinaria*, 518–524.
9. Carhuaricra, J. (2015). El enfoque cualitativo en la investigación educativa. *Horizonte de la Ciencia*, 8(14), 9–16. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2015.8.122>
10. Chona D., G., Arteta V., J., Martínez, S., Ibáñez C., X., Pedraza, M., & Fonseca, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? *TED*, 20, 62–79.
11. Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.

Viceministerio de Ambiente. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_Gestion_MAVDT_2009.pdf

12. Corporación Autónoma Regional CAR. (2019). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá*.
13. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3ra ed.). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781483398341>
14. Cruz B., G. (2013). *Retrospección de ecosistemas acuáticos en Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
15. Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research*. SAGE.
16. Díaz, J., & Jiménez, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias, resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9–16.
17. Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
18. Flick, U. (2018). *La gestión de la calidad en investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
19. Flick, U. (2022). *El diseño de investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
20. Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa* (3ª ed.). Ediciones Morata. https://edmorata.es/wp-content/uploads/2021/02/Flick.-Introduccion-a-la-investigacion-cualitativa_prw.pdf
21. Franco-Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231–252.
22. Gardner, H. (1995). *Inteligencias múltiples: La teoría en la práctica*. Paidós.
23. Geertz, C. (1992). *La interpretación de las culturas* (A. L. Bixio, Trad.). Gedisa. (Obra original publicada en 1973).
24. Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Ediciones Morata.
25. González, J., & Wagenaar, R. (2003). *Tuning educational structures in Europe*. Universidad de Deusto.
26. Hendrix, G. (1961). Learning by discovery. *Mathematics Teacher*, 54(5), 290–299.
27. Herrera P., Y. A. (2017). *La transformación del discurso acerca de las problemáticas del río Bogotá de los estudiantes del grado 7b de la I. E. Santa María del Río* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].

28. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2023). *Índice de calidad del agua (ICA) en corrientes superficiales*.
29. Japan International Cooperation Agency. (2017). *Japan's experiences on water supply development*. Water Partners JP Co., Ltd.
30. Legislación Consolidada Real Decreto 140. (2023). *Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. BOE núm. 45. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/01/17/140>
31. López, V., C. V. (2017). *Desarrollo de competencias científicas: Una propuesta didáctica para la comprensión del concepto glúcido en estudiantes de educación media* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repositorio.pedagogica.edu.co>
32. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Informe de gestión 2009*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_Gestion_MAVDT_2009.pdf
33. Molano, A. (2014). Proyecto de aula construcción de la alfabetización científica a partir del trabajo con cuestiones socio científicas (CSC). Problemática de la contaminación del río Bogotá. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Edición Extraordinaria*.
34. Mora P., W. M. (2009). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: Demandas a los procesos formativos del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 26, 7–35.
35. Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, A. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201
36. Naciones Unidas. (1998). *Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. Diario Oficial L 330.
37. Naciones Unidas. (2022). *Documento del programa regional para América Latina y el Caribe (2022-2025)*.
38. Parra S., J. A. (2018). *El semillero de investigación como estrategia didáctica para la enseñanza de las microalgas a través de la cuenca media del río Tunjuelo* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
39. Pedraza J., O. Y., & Mora P., W. M. (2019). Visión anglosajona sobre la relación educación y ambiente en el contexto universitario. En *Proyectos investigativos en educación en ciencias: Articulaciones desde enfoques histórico-epistemológicos*,

ambientales y socioculturales (pp. 67–95). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

40. Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes. I. Métodos*. Muralla.
41. Porlán, R. (2011). El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. En P. Morán Oviedo (Comp.), *Docencia e investigación en el aula. Una relación imprescindible* (pp. 25–45). IISUE-UNAM.
42. Ramirez, A, Restrepo, R. & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. 1(3), 135-153. CT&F - Ciencia, tecnología y futuro.
43. Sánchez, G., J. A., & Gómez, A., D. L. (2017). Diseño e implementación de un proyecto de investigación en el aula sobre la fitorremediación de Cr (VI) como una estrategia para el desarrollo de competencias científicas investigativas. *Bio-grafía, 10*(18), 75–88.
44. Shah, C. (2017). Which physical, chemical and biological parameters of water determine its quality? *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29178.90569>
45. Tedesco, J. (1986). Los paradigmas de la investigación educativa. *Revista Colombiana de Educación*, 38. <https://doi.org/10.17227/01203916.5152>
46. Vallejo, R., S. (2014). *Las competencias científicas en la política educativa colombiana: Privilegio de la perspectiva parcial al estudiar su ensamblaje desde los Estudios Sociales de la Ciencia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
47. Vasilachis de Gialdino, I. (2009). *Los fundamentos lógicos de la investigación cualitativa* (2ª ed.). Fundación de Archivos Médicos de la Argentina (FAMG). <http://www.famg.org.ar/documentos/herramientas-investigacion/03-investigacion-cualitativa-Vasilachis-2017.pdf>
48. Vásquez, A., E., Becerra, G., A., & Ibáñez, C., S. X. (2014). La investigación dirigida como estrategia para el desarrollo de competencias científicas. *Revista Científica*, 18.
49. Zompero, A., Parga, D., Werner, C., & Vildosola, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: Estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, 13(34), e13401. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.13401>

11. Anexos

Anexo 1: Prueba de entrada

Aprendizaje por investigación dirigida para el desarrollo de Competencias procedimentales en la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá

Las competencias procedimentales son fundamentales para comprender y aplicar los conceptos teóricos aprendidos en el aula. Este formulario pretende indagar acerca de las ideas previas de los estudiantes sobre la complejidad de la gestión del agua en la cuenca media del río Bogotá, integrando perspectivas políticas, ambientales y sociales. Además, se busca evidenciar el nivel de apropiación de las **algunas competencias procedimentales del Proyecto Tuning América Latina**, especialmente en análisis crítico, argumentación, trabajo colaborativo y resolución de problemas. Su participación honesta y reflexiva en esta evaluación contribuirá significativamente a la mejora continua de nuestros programas académicos y, a su vez, fortalecerá tus competencias en el ámbito práctico de la química. Agradecemos su dedicación y esfuerzo al completar este formulario.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Información del participante

Datos personales

1. Nombre *
2. Código *
1. Correo *

Escenario 1

Situación: En un estudio se entrevista a campesinos, industrias y funcionarios sobre la contaminación del río Bogotá. Un campesino dice: *"Nos quejamos, pero las fábricas siguen vertiendo químicos"*. Un industrial responde: *"Cumplimos con la ley, el problema es la falta de tratamiento de aguas residuales domésticas"*.

3. Desde su perspectiva, ¿cómo analizaría las contradicciones en estos discursos? *

Argumente considerando: ¿Hay fallas en la regulación o su aplicación? ¿Qué impactos tienen los vertimientos industriales vs. Domésticos? ¿Cómo afecta la desigualdad en el acceso a información y participación?

Escenario 2

Situación: Un grupo de estudiantes investiga por qué, pese a las inversiones en plantas de tratamiento (PTAR Canoas), el río sigue contaminado. Encuentran que:

El 40% de las conexiones son informales.

Hay resistencia social a pagar tasas por tratamiento.
Alcaldes priorizan obras visibles (puentes) sobre saneamiento.

4. Diseñe una **pregunta de investigación** que integre las tres dimensiones (política,
*
ambiental, social). Proponga **dos fuentes de datos** (cualitativas/cuantitativas) para responderla.

Escenario 3

Situación: La CAR propone cobrar a agricultores por uso de agua del río, pero estos argumentan que: Las industrias contaminan más y no pagan. Si se cobra, no habrá recursos para tecnificación de riego. Muchos son pequeños productores en pobreza.

5. Elabore un **argumento de política pública** que equilibre: * **Sostenibilidad ambiental** (ej.: incentivos a riego eficiente). **Equidad social** (ej.: subsidios diferenciados). **Viabilidad política** (ej.: acuerdos con gremios).

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.



Anexo 2: instrumento de validación prueba de entrada

Instrumento de Validación: Prueba de Entrada de Diagnóstico de Competencias

Nombre de la Prueba: "Aprendizaje por investigación dirigida para el desarrollo de Competencias procedimentales en la gestión eficiente del agua de la cuenca media del río Bogotá"

Objetivo de la Validación: Evaluar la claridad, coherencia, pertinencia y capacidad de la prueba para medir efectivamente las competencias procedimentales y las ideas previas de los estudiantes en el contexto de la problemática del río Bogotá.

No.	Criterio de Evaluación	Escala de Valoración	Observaciones y Comentarios Específicos
		4. Excelente 3. Adecuado 2. Mejorable 1. Deficiente	
1	<p>Claridad y Redacción: Las instrucciones y los escenarios son comprensibles, precisos y libres de ambigüedades para el nivel de los estudiantes.</p>		
2	<p>Relevancia del Contexto: El escenario del río Bogotá es pertinente, actual y adecuado para enmarcar la evaluación de las competencias.</p>		
3	<p>Alineación con Competencias: La pregunta del Escenario 1 evalúa efectivamente Análisis Crítico (V01, V03) y Argumentación.</p>		
4	<p>Alineación con Competencias: La pregunta del Escenario 2 evalúa efectivamente Resolución de Problemas (V04) y Planificación de Investigación (V09).</p>		

No.	Criterio de Evaluación	Escala de Valoración	Observaciones y Comentarios Específicos
5	Alineación con Competencias V: La pregunta del Escenario 3 evalúa efectivamente Argumentación y Trabajo Interdisciplinario al integrar políticas públicas.		
6	Integración de Dimensiones: La prueba integra de manera equilibrada las dimensiones política, ambiental y social en sus ítems.		
7	Potencial Diagnóstico: La prueba es capaz de revelar las ideas previas y el nivel de apropiación inicial de los estudiantes sobre la problemática.		
8	Viabilidad de Aplicación: El tiempo estimado para responder la prueba (20-30 min) es adecuado y la estructura es fácil de administrar.		
9	Escala de Evaluación (Rúbrica): Las rúbricas		

No.	Criterio de Evaluación	Escala de Valoración	Observaciones y Comentarios Específicos
-----	------------------------	----------------------	---

propuestas son claras y permiten una calificación objetiva y consistente de las respuestas.

10 Valor General: La prueba, en su conjunto, es un instrumento válido y confiable para los propósitos de diagnóstico declarados.

Rúbricas para la Calificación

Escenario 3 - Rúbrica:

Competencia Evaluada	Nivel Superior (4 puntos)	(4)	Nivel Adecuado (3 puntos)	Nivel Básico (2 puntos)	Nivel Insuficiente (1 punto)
Argumentación de Política Pública (Equilibrio)	Propone una política concreta que integra creativamente los tres ejes (ambiental, social, político) de forma coherente y viable.		Propone una política que menciona los tres ejes, pero el equilibrio o la viabilidad no están del todo desarrollados.	La política se enfoca en uno o dos ejes, descuidando los demás. La propuesta es vaga.	La respuesta no elabora un argumento de política o es irrelevante a la consigna.

Competencia Evaluada	Nivel Superior (4 puntos)	Nivel Adecuado (3 puntos)	Nivel Básico (2 puntos)	Nivel Insuficiente (1 punto)
Profundidad Conceptual	Demuestra comprensión de conceptos como externalidades, subsidios, viabilidad técnica y política.	Utiliza conceptos adecuados pero de manera poco profunda o con algún error menor.	Usa lenguaje coloquial sin apelar a conceptos de política pública o sostenibilidad.	No evidencia comprensión de los conceptos involucrados.

Nombre del Área de _____ Validador: _____
 Fecha: _____ de Experticia: _____

¡Muchas gracias por su tiempo y valiosa contribución!

Anexo 3: Práctica de Campo – Monitoreo.

Elemento	Descripción
Tiempo	1 día (8 horas): 4 horas de muestreo, 2 horas de diálogo comunitario, 2 horas de registro y reflexión.
Población objetivo	21 estudiantes del I semestre de la Licenciatura en Química (UPN, 2025).
Espacios	3 puntos estratégicos de la cuenca media del río Bogotá.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Sondos multiparamétricas (pH, conductividad, oxígeno disuelto). - Kit de muestreo (botellas estériles, termómetros). - Formatos de registro físico-químico y observación contextual. - Cámaras para documentación visual. - Guías de entrevista para actores locales.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Recolectar muestras y datos <i>in situ</i> con rigor metodológico. - Vincular datos técnicos con percepciones comunitarias. - Fomentar la empatía socioambiental mediante el diálogo directo.

Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Precisión técnica: Seguimiento de protocolos de muestreo (ej. evitar contaminación cruzada). - Integración contextual: Relación entre datos químicos y observaciones socioambientales. - Participación activa: Contribución en diálogos comunitarios y trabajo en equipo.
--------------------------------	--

Anexo 4: Práctica de Laboratorio – Análisis Químico

Elemento	Descripción
Tiempo	3 sesiones de 4 horas cada una (12 horas total): <ul style="list-style-type: none"> - Sesión 1: Preparación y análisis inicial. - Sesión 2: Interpretación de datos. - Sesión 3: Diseño de propuestas.
Población objetivo	Misma cohorte (21 estudiantes).
Espacios	Laboratorio de química (UPN), equipado con instrumentos especializados.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro UV-Vis para nutrientes. - Cromatógrafo iónico. - Reactivos para análisis de metales. - Software de análisis estadístico
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar muestras con técnicas validadas. - Interpretar resultados en función de normativas ambientales. - Diseñar soluciones sostenibles basadas en evidencia.
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Rigor analítico: Exactitud en mediciones y manejo de equipos. - Creatividad aplicada: Viabilidad de las propuestas (ej. filtros artesanales). - Colaboración: Distribución equitativa de roles en el laboratorio.

Unidad Didáctica: "Análisis socioambiental de la cuenca media del río Bogotá"

Duración total: 16 horas (8 horas campo + 8 horas laboratorio).

Población: 21 estudiantes de I semestre de Licenciatura en Química (UPN, 2025).

Enfoque pedagógico: Aprendizaje por investigación dirigida.

Objetivos Generales:

Analizar la calidad del agua en la cuenca media del río Bogotá mediante técnicas químicas y contextualizar los resultados en su dimensión socioambiental.

Competencias:

Procedimentales	Transversales
- Muestreo sistemático de aguas.	- Trabajo colaborativo.
- Uso de equipos de análisis.	- Comunicación intercultural.
- Interpretación de datos químicos.	- Pensamiento sistémico.
- Diseño de soluciones técnicas.	- Responsabilidad socioambiental.

Fase 1: Práctica de Campo – Monitoreo Hídrico Participativo

Etapa 1: Preparación (2 horas)

Actividad:

Taller de contextualización:

Revisión de mapas de la cuenca y discusión de problemáticas clave (ej. vertimientos industriales).

Diseño grupal de protocolos de muestreo (¿Qué medir? ¿Cómo evitar contaminación cruzada?).

Recursos:

Informes de la CAR, guías de muestreo (EPA).

Instrucciones para estudiantes:

Formen equipos de laboratorio y asignen roles (coordinador, registrador, muestreador, etc.).

Etapa 2: Ejecución (6 horas)

Actividad 1: Muestreo en 3 puntos estratégicos

Punto	Parámetros a medir	Herramientas
1	pH, conductividad, temperatura.	Sonda multiparamétrica, botellas estériles.
2	Nitratos, turbiedad.	Kit colorimétrico Hach, turbidímetro.
3	Oxígeno disuelto, presencia de sólidos.	Botellas DBO, malla para sólidos suspendidos.

Actividad 2: Diálogo comunitario

Entrevistar a 2 actores locales (ej. agricultor, líder ambiental) usando preguntas guía:

¿Cómo ha cambiado la calidad del agua en los últimos años?, ¿Qué acciones considera necesarias para su conservación?

Instrucciones para estudiantes:

Documenten no solo datos químicos, sino también observaciones contextuales (olores, residuos, actividades humanas).

Etapa 3: Reflexión Inmediata (2 horas)

Actividad:

Organizar datos en tablas comparativas (ej. pH vs. zona de muestreo).

Redactar un informe preliminar con:

Hipótesis sobre causas de contaminación. Relación entre datos técnicos y testimonios comunitarios.

Recursos: documentación.


Anexo 5. Cuadro resumen de respuestas prueba de entrada

Marca temporal	Nombre	Desde su perspectiva, ¿ cómo analizaría las contradicciones en estos discursos? Argumente considerando: ¿Hay fallas en la regulación o su aplicación? ¿Qué impactos tienen los vertimientos industriales vs. domésticos? ¿Cómo afecta la desigualdad en el acceso a información y participación?	Diseñe una pregunta de investigación que integre las tres dimensiones (política, ambiental, social). Proponga dos fuentes de datos (cualitativas/cuantitativas) para responderla.	Elabore un argumento de política pública que equilibre: Sostenibilidad ambiental (ej.: incentivos a riego eficiente). Equidad social (ej.: subsidios diferenciados). Viabilidad política (ej.: acuerdos con gremios).
4/24/2025 14:57:57	participante 1	Siempre hay fallas en la regulación y en la aplicación de estos procesos porque no falta la mano negra o que se robe la platica para que estos procesos no sucedan o que los campesinos entiendan que la ganaderia es un	¿Como generar interes de niños en el agua ?	A

<p>4/24/202 5 14:59:39</p>	<p>particip ante 2</p>	<p>problema ,los impactos son grandes ya que la calcificacion ,,de manera si se presenta una desigualdad en la calidad de agua</p> <p>Es evidente que hay fallas en la regulación frente a la disposición final de residuos industriales, muy posiblemente por desinterés, falta de voluntad política y corrupción, así mismo es urgente que se de un cambio en la normatividad vigente y una actualización de los protocolos frente al tratamiento de aguas residuales</p>	<p>Cómo a través de la comunidad cercana a la PTAR Canoas se puede llegar a mejorar el índice general de calidad de agua</p>	<p>Es debido reconocer cuales son los actores contaminantes de los afluentes y así mismo de manera proporcional al daño o efecto ambiental causado hacer una contribución económica haciendo énfasis en que no sólo el más pequeño productor asuma la responsabilidad</p>
<p>4/24/202 5 14:59:45</p>	<p>particip ante 3</p>	<p>Acá se puede evidenciar una problemática no muy alejada de la realidad, debido a que por la inconsistencia de la aplicación de tratamiento de aguas domésticas se desencadena una serie de contaminantes que afectan a los campesinos, en ese orden los desechos industriales tienden a ser más nocivos y de más difícil tratamiento. Además la desinformación no permite que las personas se apropien de la ley y la hagan cumplir</p>	<p>¿De que manera la recesión económica y la mala gestión de infraestructura para tratamiento de aguas afecta la contaminación del río Bogotá. Cualitativa Índice de contaminación por residuos domésticos . Cuantitativa determinación de sólidos suspendidos y totales en el río</p>	<p>Se propone cobrar una multa a las industrias por evadir las gestiones de calidad del ambiente, con estas multas se pueden entregar subsidios a los campesinos y pequeños productores para comenzar a mejorar las técnicas de riego y mejorar su producción alimenticia.</p>
<p>4/24/202 5 14:59:53</p>	<p>particip ante 4</p>	<p>Es importante reconocer que tanto las industrias como las personas debemos considerar el buen uso y manejo de los recursos. La</p>	<p>¿Cómo intervenir de manera eficiente el tratamiento del río de Bogotá, considerando las comunidades locales y las afectaciones que puede</p>	<p>Considerando la situación del campesinado, cobrar sobre el uso de este recurso debe garantizar que quienes lo trabajen sean miembros participes de la política de estado; es decir que se</p>

		contaminación del río de Bogotá inicia desde los tratamientos que se realizan en las curtiembres (procesos industriales) hasta el desecho de envolturas, medicamentos, agroquímicos, entre otros por parte de la gente. Ambos actores llevan a que se de la contaminación del río. Generar conciencia es un proceso que durante los últimos años presenta un reto ante la sociedad actual.	seguir generando su no tratamiento?	puedan dignificar las condiciones para que dicho cobro sea sustentado ante la población a la que se decide hacer dicho cobro.
4/24/202 5 15:01:31	particip ante 5	Considero que si hay fallas en la regulación de los vertimientos de químicos de las industrias, ya que es muy diferente los vertimientos domésticos a los industriales, iniciando con los químicos hasta la gran cantidad que las industrias, cosa contraria a lo que sucede con los vertimientos domésticos que son mas orgánicos, pero de igual forma contribuye a la contaminación. El acceso a la información afecta en gran medida en este caso al campesino, pues él busca una solución para tener un mejor entorno, pero no se le ha dado la información y acompañamiento necesario para su problemática	¿De qué manera las prioridades políticas de inversión en infraestructura municipal, los mecanismos de participación ciudadana en la toma de decisiones sobre saneamiento básico y la fiscalización de las conexiones informales de aguas residuales se relacionan con la persistencia de la contaminación del río a pesar de la operación de la PTAR Canoas?	Para abordar la contaminación del río y la resistencia al cobro por uso de agua, se propone una política de "Contribución Diferenciada para la Sostenibilidad Hídrica Agrícola". Esta política implementa tarifas progresivas por uso de agua, donde grandes productores y agroindustrias contribuyen proporcionalmente, mientras que pequeños productores reciben tarifas reducidas o exenciones iniciales, junto con incentivos económicos y técnicos para la adopción de riego eficiente, financiados por los cobros a los mayores usuarios y otros sectores contaminantes bajo el principio de "quien contamina paga", todo ello gestionado con la participación activa de gremios agrícolas para asegurar la viabilidad política y una transición equitativa hacia la sostenibilidad ambiental

Anexo 6: Descripción Humedal Neuta y resultados de Laboratorio (todo el detalle de los resultados, su manipulación matemática y resultados se encuentra al detalle en el documento Excel “Descripción Humedal Neuta y resultados de Laboratorio”)

<p>PUNTO DE MUESTREO 1 Ubicación: zona más cerca del humedal al área circundante residencial de apartamentos.</p>
<p>Coordenadas: 4°34'46"N 74°13'41"W</p>
<p>Ubicada en una zona de confluencia de afluentes (pluviales y residuales urbanos), la estación presenta flujos contaminantes portadores de lixiviados y materia orgánica derivados de un colector de residuos. Su selección priorizó la accesibilidad –respaldada por vigilancia institucional (CAR)– y la presencia de macrófitas indicadoras (juncos/gramíneas) de hábitat acuático funcional</p> 
<p>PUNTO DE MUESTREO 2 Ubicación: zona de transición entre el humedal y la zona urbana, con descarga de aguas a través de tubos</p>
<p>Coordenadas: 4°34'37"N 74°13'41"W</p>
<p>Descripción: La estación se ubica en la zona ribereña del humedal con dominancia de vegetación leñosa, evidenciando nula presión antrópica observable y ausencia de infraestructura hídrica conexas. La selección del sitio respondió a criterios de accesibilidad y a la existencia de un espejo de agua somero idóneo para muestreo. Se registró adicionalmente un emisario sub-superficial no identificado (color naranja) en las inmediaciones, con indicios de descargas de composición desconocida.</p>
<p>PUNTO DE MUESTREO 3: Ubicación: zona más cerca del humedal al área circundante residencial de apartamentos.</p>
<p>Coordenadas: 4°34'46"N 74°13'41"W</p>
<p></p>

Descripción: La estación se ubicó en el perímetro de conjuntos residenciales limítrofes al humedal, evidenciando presión antrópica a través de residuos sólidos domiciliarios dispuestos inadecuadamente junto al espejo de agua – fenómeno facilitado por el colapso de barreras perimetrales. Simultáneamente, se verificaron actividades de intrusos (consumo de estupefacientes y defecación al aire libre) en la zona de amortiguamiento y ribera del sistema hídrico.



Anexo 7: Estructura y transcripción de Entrevistas

Estructura de las preguntas que se hicieron en la entrevista semiestructurada

Bloque 1: Conocimientos y habilidades técnicas

¿Qué métodos conoces para identificar fosfatos en agua? (Competencia: Conocimientos básicos de la profesión)

Describe el procedimiento que seguirías en el laboratorio para detectar fosfatos en una muestra. (Capacidad de organización y planificación)

¿Qué reactivos y equipos utilizarías y por qué? (Habilidades de investigación, aplicación de conocimientos)

¿Cómo asegurarías que los resultados sean precisos? (Compromiso con la calidad, capacidad crítica)

Si obtuvieras un resultado inesperado, ¿qué pasos seguirías para verificarlo? (Resolución de problemas, capacidad de análisis)

Bloque 2: Trabajo en equipo y comunicación

¿Cómo distribuirías las tareas si trabajaras en grupo para esta práctica? (Trabajo en equipo, liderazgo)

Si un compañero comete un error al medir reactivos, ¿cómo lo abordarías? (Habilidades interpersonales, comunicación)

¿Cómo explicarías tu procedimiento a alguien sin conocimientos en química? (Comunicación oral y escrita)

¿Qué importancia tiene la colaboración en un laboratorio? (Apreciación de la diversidad, trabajo en equipo)

Bloque 3: Análisis y ética

¿Cómo interpretarías los resultados si la muestra tuviera fosfatos por encima del límite permitido? (Capacidad crítica, compromiso ético)

¿Qué implicaciones ambientales o sociales tiene la presencia de fosfatos en el agua? (Compromiso con el medio ambiente, desarrollo social)

¿Cómo relacionarías esta práctica con problemas reales (e.g., eutrofización)? (Creatividad, adaptación a nuevas situaciones)

Bloque 4: Seguridad y protocolos

¿Qué medidas de seguridad aplicarías durante la práctica? (Capacidad de aplicar conocimientos)

Si ocurriera un derrame de reactivos, ¿qué harías? (Toma de decisiones, resolución de problemas)

Bloque 5: Reflexión y mejora continua

¿Qué dificultades prevés en esta práctica y cómo las superarías? (Capacidad de aprender permanentemente)

Al finalizar, ¿qué aspectos mejorarías de tu metodología? (Autocrítica, compromiso con la calidad)

¿Cómo vincularías esta práctica con otras áreas (biología, ingeniería ambiental)? (Habilidad para comunicarse con expertos de otras áreas)

Si tuvieras que repetir el experimento con menos recursos, ¿qué cambiarías? (Creatividad, adaptabilidad)

Objetivos de las preguntas:

- Evaluar competencias procedimentales (ejecución técnica, resolución de problemas).
- Explorar habilidades transversales (trabajo en equipo, ética, comunicación).
- Evidenciar la reflexión crítica sobre el impacto social y ambiental.

Transcripción entrevista grupo de laboratorio 1:

Minuto (00:00:02) Entrevistador

Las dos propuestas son: Una, que se desarrollen las competencias y otra que se fortalezcan. Lo que pasa es que, el pensum en el que ustedes se encuentran y como está construida la malla curricular de la UPN, (universidad pedagógica nacional) en este momento, en el énfasis, ustedes deberían fortalecer sus competencias.

Aunque, todo el sistema educativo al que ustedes pertenecieron estaba soportado en un documento llamado EBC (Estándares Básicos de Competencias) esos EBC les permiten a ustedes desarrollar las competencias a lo largo de la secundaria y si no las tienen desarrolladas, en los primeros niveles de la Universidad se terminan de desarrollar.

Minuto (00:00:39)

Inaudible

Minuto (00:00:46)

Ahora hay un montón de competencias y de habilidades a nivel cognitivo, a nivel procedimental, a nivel emocional, socioafectivo, etcétera. Las que competen el día de hoy, y sobre todo, con los laboratorios son las procedimental.

Minuto (00:00:50)

Las procedimentales (hablando de las competencias) no son solo competencias con el hacer, con la técnica. Oséa, si usted sabe titular, si usted sabe preparar reactivos, etc. No tiene nada, pues tiene que ver mucho con eso, pero también con la capacidad de análisis, con la capacidad de resolución de problemas, porque eso lo hace a usted competente.

Minuto (00:01:27)

Bien, las preguntas que les voy a hacer son solamente para que ustedes me digan su respuesta más honesta, las contesten ustedes de lo que saben, y que traten de pensarse en la práctica que acaban de hacer, y ya, eso.

Minuto (00:01:52)

Aprovechando que ahorita estaban identificando fosfatos, ¿Reconocen otra técnica distinta para la identificación de fosfatos o sólo la que vieron hoy en el laboratorio?

00:02:13 entrevistado 1

creo que, si hemos visto otro tipo de reconocimientos, pero se usan más que todo cuando vimos inorgánica (una materia de proyecto) para poder identificar como qué compuestos estaban dentro del de los recursos.

00:02:29 Entrevistador

¿Saben para qué es la identificación de fosfatos? ¿para establecer qué criterios? ¿Y qué relación tienen con la calidad del agua?

Minuto (00:02:37) Entrevistado 1

Ah, bueno, en esto sí, sí, porque hablábamos de que los fosfatos tenían una relación en el agua. Entonces, digamos, cuando hay mucha cantidad de los fosfatos, estos fosfatos son alimento para las algas, entonces eso haría que hubiera sobreproducción de algas porque ellos tendrían un agente común. Entonces habría mucha cantidad de algas y el problema en el agua es que cuando hay tanta cantidad de algas, probablemente la luz incida diferente y pues eso hace que baje el oxígeno disuelto en el agua afectando su calidad.

Minuto (00:03:07) Entrevistado

Inaudible

Minuto (00:03:08) Entrevistador

Bien, ¿logran identificar los equipos que utilizamos en el laboratorio y los reactivos ¿Porque se utilizaron esos equipos y no otros? Otros, como por ejemplo..., póngale el nombre que quiera.

Minuto 00:03:26 Entrevistado 2

Bueno, uno de los equipos con los cuales se cuenta es el espectrofotómetro, utilizado más allá de la longitud de onda utilizada, y además... cómo hay cierta cantidad de fósforo dentro de una muestra de agua, se utiliza en este caso a una longitud de onda. Ejemplo 420 que es el UV visible hasta 320 aproximadamente, eso se duplica porque tiene mayor precisión y veracidad para ese método.

Minuto (00:03:50) Entrevistador

Bien, bien. En el caso de que los resultados, no fueran los esperados, de qué arrojaran un número distinto, ¿qué creen que salió mal en el laboratorio?

Minuto (00:04:03) Entrevistado 3

Bueno, creo que eso se puede deber .. a varios problemas. O mal ejecución a la hora de alterar los reactivos, los patrones, las disoluciones. Mas que todo, siempre suele pensar en que fue un error del laboratista. Pero, generalmente también puede ser errores del analista tal vez cuando fuiste a leer no limpiaste bien la celda, o habían solidos, no purgaste, todo ese tipo de problemas pueden considerarse malas prácticas de laboratorio y podrían llegar afectar la lectura.

Minuto (00:04:38) Entrevistador

¿si, de acuerdo?

Minuto (00:04:39) Entrevistado 2

O que se podrían contaminar, si, totalmente de acuerdo.

Minuto (00:04:42) Entrevistador

¿Bien, bien, cómo se distribuyen las tareas en el grupo de laboratorio? ¿Quién se encarga de que? ¿Hay un líder en esto o los dos tienen el mismo nivel?

Minuto (00:04:52) Entrevistado 2

A nivel general, bueno, en cuanto a grupo nosotros trabajamos, en que cada uno, por ejemplo, pueda hacer cada cosa, pero después retroalimentarlo. ¿Sí?, para que los tres estemos empalmados de lo que es el tema y de lo que se realizó. Más allá de eso, pues nosotros estamos acompañados, un ejemplo, si mi compañero está realizando para la curva de calibración, un ejemplo, un tipo de stock uno está al lado siempre pendiente para saber qué es lo que está haciendo, si, siempre estamos acompañados, cuando el trabajo es muy, muy extenso, pues obviamente, toca manejar individualmente pues cada uno de los temas, pero siempre se retroalimenta, ósea en pocas palabras vamos a estar empapados de cada tema.

Minuto (00:05:28) Entrevistador

Listo bien, esta es para los dos ¿cómo le explicarían a alguien que no tiene ni idea nada de química, ¿qué es lo que está pasando en el laboratorio?

Minuto (00:05:40) Entrevistador 1

Bueno, creo que no sería tan complicado. Creo que a veces uno subestima mucho a la otra población. Sí, porque creo que la gente carga como un ego, pero considero que si uno puede empalmar un poco como lo teórico, por ejemplo, lo que tú me preguntabas del fósforo, no, que es un alimento, esas son cosas que la gente sabe porque viven entorno, que tal vez le propicia ver ese tipo de cosas en la naturaleza; entonces en lo que debería ver en el laboratorio es tal vez como por, creo que es más sencillo porque estamos en el laboratorio, entonces, como que visiblemente puede ver lo que está sucediendo.

Tal vez no entienda bien lo de los equipos, pero creo que, con una buena teoría, una buena explicación antes de, podría si explicarse totalmente los procedimientos y los resultados que se podrían arrojar.

Minuto (00:06:22) Entrevistador

Por ejemplo, los fosfatos, sí, para nosotros es claro que las muestras de agua de potable o no, pues tienen concentraciones distintas de sulfatos, nitratos, fosfatos, etcétera, para nosotros son iones, pero para la gente que no tiene ni idea de que es un ion o que tal vez confunda la palabra fosfato con algo de la cotidianidad, ¿cómo explicarle que esa agua que tiene esos niveles de fosfato cumple con unos criterios?

Minuto (00:06:54) Entrevistado 2

Ok bueno, más allá de eso, lo que decía mi compañera, siempre llevarlo a la cotidianidad, que es lo que posee en este caso a partir del elemento de ciertas sustancias, ¿cierto? para la población, bueno, en general puede que no conozca el término por ejemplo del compuesto, fosfato, sulfato, nitrato o fósforo o oxígeno y es prácticamente para que ellos puedan conocer cada uno de los elementos, que ellos puedan tener como esa base de decir como Ah, bueno, si lo llevo a la cotidianidad, sé lo que puede tener mi agua, sé lo que estoy consumiendo. ¿Sí?, es por eso que, por ejemplo, ellos deben tener como, esa pequeña referencia, este punto de inicio para que puedan estar con una percepción, directamente analizar qué es lo que están consumiendo, qué es lo que están comiendo.

Minuto (00:07:33) Entrevistador

¿Cómo te interpreta? Dime

Minuto (00:07:34) Entrevistado 3

Si digamos, eso me hizo recordar un poco que, por ejemplo, yo alguna vez daba como una clase de iones importantes en las plantas. Y yo les decía a mi mamá, a mis abuelas, ellas ven una hoja y dicen les falta fósforo, le falta tal cosa.

Entonces ya esos saberes, como tal vez cotidianos, creo que ya se tienen, pero entonces, sería ya un poco es más bien como alfabetizarlo científicamente.

Minuto (00:07:56) Entrevistador

Bien.

Minuto (00:07:56) Entrevistado 3

Y hay un una un aprendizaje antes, si no es que tal vez no tiene la terminología que uno ya usa en este medio pero si se puede enseñar, yo creo que si lo reconocen.

Minuto (00:08:05) Entrevistador

Con eso misma, en ese contexto en el que les acabo de proponer de una persona que no sabe química, ¿cómo? O más bien ¿qué implicaciones tendría que esa agua se encontrará altísima de fosfatos o muy bajo, por encima o por debajo del estándar? ¿qué implicaciones ambientales tendría?

Minuto (00:08:26) Entrevistado 2

Bueno, como ya lo comentaba en la segunda parte mis compañeras, altas concentraciones de fosfato puede generar en este caso, algo que se llama la eutrofización es a partir de la cantidad de minerales en las cuales puede presentar una sobrecarga a lo que son especies vegetales ¿cierto?, como en el caso del fitoplancton eso puede presentarse a partir de esta cantidad de fosfatos, es lo que también puede pasar lo mismo con el fitoplancton, pues si en este caso si el fitoplancton no llega a tener cierta cantidad de minerales dentro del agua pues no puede absorber cierta cantidad de CO₂ ¿sí? Y si lo llevamos a la cotidianidad pues si absorbe cierta cantidad de CO₂ en lo que está en el medio ambiente pues por ende sería malo porque si fuera malo aumentaría la temperatura del planeta ¿cierto? Si había menos concentración pues básicamente no habría ciertas especies vegetales las cuales nos pueden ayudar a eso a recibir la cantidad de CO₂.

Minuto (00:09:13) Entrevistador

Se requiere un equilibrio.

Minuto (00:09:14) Entrevistado 3

Yo creo que además de eso, por ejemplo, creo que estas prácticas de laboratorio, le decía a la profe, también tienen un contexto social importante. Por ejemplo, veíamos lo que era la fluorosis que habla de la contaminación del agua, entonces creo que el hecho de que la gente reconozca venga, que calidad de agua nos están vendiendo a nosotros porque estamos pagando, creo que eso también genera

a veces posiciones sociales importantes y ya con un conocimiento previo, entonces por ejemplo cuando sacaron el agua de Bogotá, decimos venga del agua de Bogotá de verdad, si es de calidad, tiene una calidad muy buena, viene directamente también de un lugar bueno, no es agua subterránea, es un agua superficial, entonces creo que eso también daría herramientas para que las personas puedan dar una opinión socialmente con una con un soporte científico.

Minuto (00:09:59) Entrevistador

Bien. Las dos últimas preguntas. A ver, hicieron, tranquila. Tuvieron dificultades ahorita en el laboratorio ¿Cuáles creen que fueron las principales? ¿Cómo podrían superarlas?

Minuto (00:10:15) Entrevistado 2

Creo que una fue de pronto un poco el orden ¿sí? la organización, no planteamos al principio lo que es una práctica de laboratorio, mantener un orden para poder llegar en este caso llegar por decirlo así, a ejecutarlo de buena forma, yo creo que sí impacto, pero pues aún así lo pudimos resolver por un factor. Y el otro, que de pronto ya es a nivel general, que la cantidad de practicantes que están dentro del laboratorio, manejar ciertas concentraciones altas ¿sí? O manejar en este el reactivo puede que no sea pues 100% efectivo ¿sí?

Minuto (00:10:45) Entrevistador

Que tenga la concertación que es.

Minuto (00:10:47) Entrevistado 1

Claro, digamos cuando trabajamos tanto, a veces es difícil confiar también en lo que los demás hacen. Entonces, a veces también hay que confiar en los compañeros, pero creo que en estas prácticas lo más importante siempre es también estar muy claros de qué es lo que tenemos que hacer, porque si uno no se sabe los pasos, puede que uno crea pues ya sé lo que tengo que hacer y eso pues nos va a tomar más tiempo, no significa que la calidad del laboratorio desmejore, pero sí va a tomarse más tiempo.

Minuto (00:11:15) Entrevistador

La última, si tuviera que repetir esta misma práctica, pero con menos recursos. ¿Con qué se quedarían? ¿Con qué recursos se quedarían? Todo lo que utilizaron fue indispensable, sobraron cosas. Si tuvieran que repetirla, pero con menos recursos ¿qué sí se quedaría?

Minuto (00:11:36) Entrevistado 3

Bueno, en mi caso creo que podríamos, si yo tuviera como menos recursos en un colegio por ejemplo, me gustaría hacer lo de la plancha, eso sería complicado porque ya se necesitaría como un equipo para poder tal vez cuantificar mejor la cantidad de sólido que queda en el.

Minuto (00:11:59) Entrevistador

¿Cómo cómo lo resolvería? Porque listo, tenemos menos equipo, tenemos que hacer la práctica de identificación. ¿Pongamos la situación problema de que estamos en un colegio que mejor dicho usted traiga esto, usted traiga lo otro, cómo resuelven esa identificación?

Minuto (00:11:59) Entrevistado 2

Yo siento que lo podría resolver más allá de la práctica de laboratorio utilizada, es utilizando reactivos y nos ponemos a mirar que tanta concentración a partir de fosfatos cierto sin utilizar en este caso, pues el espectro fotometro, para saber cuánta cantidad de fosfato se ha dado en porcentaje de

Minuto (00:12:31) Entrevistador

Más cualitativo que cuantitativo.

Minuto (00:12:32) Entrevistado 2

Exacto, que cuantitativo y poder así identificar ¿sí? Entonces, un ejemplo, yo me quedaría pues con lo más básico, que sería en este caso la plancha, unos tubitos de ensayo ¿sí? de pronto, integrar a partir de si de pronto el Colegio la institución no maneja capsulas de porcelana, pues manejar de pronto unas de cerámica que son como más acoples. Y ya llevarlo a una práctica mucho más sencilla porque esta práctica aun así es mucho más larga, y esa práctica más sencilla puede determinar cierta cantidad de fosfatos en este caso.

Minuto (00:13:01) Entrevistado 1

Sí, estoy de acuerdo.

Minuto (00:13:02) Entrevistador

Listo, muchachos, muchas gracias.

Transcripción entrevista grupo 2 de laboratorio:

Minuto (00:00:01) Entrevistador

Bueno muchachos les voy a explicar rápidamente de que se trata el trabajo, el trabajo de investigación, que estoy haciendo en este momento, trata de comprender,

identificar y reconocer las competencias que poseen ustedes para poder enfrentarse a un análisis de aguas. Pueden ser aguas potables, pero preferiblemente aguas residuales. ¿bien? en la práctica que hicieron hoy identificaron fosfato dentro de todo lo que identificaron, identificaron fosfato ¿bien? Voy a empezar de atrás para adelante con mis preguntas:

Minuto (00:00:39) Entrevistador

Además, del método que utilizaron hoy para la identificación de fosfato ¿reconocen otro método?

Minuto (00:00:48) Entrevistado 1

¿Además del método que se hizo?

Minuto (00:00:50) Entrevistador

Si.

Minuto (00:00:54) Entrevistado 1

¿Pero solamente para esos datos o digamos otros métodos que estén implicados ahí?

Minuto (00:00:58) Entrevistador

Si pueden ser otros métodos.

Minuto (00:01:01) Entrevistado 2

Está también la determinación de oxígeno disuelto en agua. También la determinación potenciométrica por la combustimetría, la determinación de sulfatos, de nitrato de carbonato. Eso es lo que está relacionado también con la dureza entonces, la alcalinidad.

Minuto (00:01:22) Entrevistador

Dentro dentro de ese contexto y ese reconocimiento de técnicas para identificar concentraciones de todo lo que ustedes me acaban de decir, ¿para qué se hace? ¿para qué yo reconozco, identifico, analizo una muestra y su concentración de todo eso que ustedes me acaban de decir.

Minuto (00:01:41) Entrevistado 2

Para determinar la calidad que tiene el agua, si es un agua que es apta para el consumo humano o por el contrario, no. Si es un agua que puede albergar diferentes especies, como vida de diferentes organismos acuáticos otro tipo de organismos. Si es un agua contaminada, no apta para el consumo.

Minuto (00:02:04) Entrevistado 1

Sería anóxica, no sería optima, digamos, si digamos que todo lo lo las técnicas a medir es con el fin de medir la calidad del agua para un cierto tipo de de fin. ¿si? entonces digamos que hay diferentes estándares para los estándares de agua, por ejemplo, de oxígeno y de eso se utiliza para agua potable y demás, pero hay otros otros que se utilizan, como por ejemplo el que estamos haciendo son durezas, sólidos totales y demás, que es para también industria y demás. Entonces digamos que los análisis tanto bien son para mirar, pues precisamente esos índices de calidad agua son para diferentes contextos.

Minuto (00:02:37) Entrevistador

En el caso de que en el laboratorio que acaban de hacer los resultados salieran o muy por encima o muy por debajo del indicador, ¿a qué le atribuyen ese resultado? Por ejemplo, si el límite o mejor dicho para estar apta para el consumo de agua es un nivel, es un nivel 10, por ejemplo, y ustedes se encuentran en el análisis de su muestra del día de hoy que el resultado es 20 o es 0 ¿A qué le atribuyen cualquiera de los dos resultados?

Minuto (00:03:13) Entrevistado 2

A la concentración que haya de la muestra que estamos analizando, del parámetro que estamos analizando, digamos, si estamos analizando sulfato y nitratos, por ejemplo, y nos salen muy elevados, quiere decir que es un agua que está contaminada, entonces está por encima del parámetro que es apto para el consumo humano y la concentración de esas sustancias esta elevada entonces, pues sería un agua contaminada. También hay unos parámetros que son biológicos, entonces ya tiene que ver como con bacterias y virus que uno puede determinar con esos parámetros también si el agua tiene algún tipo de contaminante sí, porque también si tiene algún tipo de virus, bacteria o de ese tipo pues también causa efectos en el ser humano, le genera un problema digestivo.

Minuto (00:04:00) Entrevistado 1

Yo digamos, agregaría a lo que comentó Jenny que también digamos se puede deber a digamos errores que se puedan generar directamente desde la práctica, errores crasos, errores sistemáticos ¿sí? Entonces digamos que, ser mal manejados desde los materiales, de los reactivos y demás, pues puede implicar también un mal análisis y pues por ende puede también ocurrir a malos resultados.

Minuto (00:04:00) Entrevistador

En ese sentido, en el sentido de que ustedes hayan cometido algún error dentro de la práctica, ¿cómo se aseguran ustedes de reducir o de eliminar esos errores por parte de ustedes de la práctica?

Minuto (00:04:46) Entrevistado 2

Puede uno confirmar nuestro resultado si es óptimo también por medio del como del otro método, porque nosotros hacemos estamos aprendiendo hacer métodos tanto manuales de pacto manuales hechos por el analista, pero también con equipos, que ya dan el valor preciso sin hacer tantos pasos. Entonces comparamos unos que vienen, ¿no? Pues haciendo la la muestra y el el ejercicio en el en el equipo que se ha determinado para la concentración de lo que vayamos analizar y pues ahí miramos y nos dio bien o no y dónde tendríamos un error

Minuto (00:05:18) Entrevistado 1

Digamos que también tocaría mirar un poco sobre las técnicas, propiamente tenemos el Standar metox que digamos las diferentes bibliografías que se encuentra para, para, para digamos el análisis que estamos haciendo. Entonces digamos que, dentro de eso, pues podemos mirar qué fue lo que lo que hicimos con respecto a lo que dice propiamente la técnica.

Minuto (00:05:40) Entrevistador

Bueno, muy bien ahora con relación al trabajo de ustedes, de equipo, de equipo de laboratorio. ¿Se distribuyen las tareas, cómo lo hacen? ¿Hay alguien que lidere?

Minuto (00:05:49) Entrevistado 1

Si, nosotros digamos que normalmente no tenemos un orden, pero si nos distribuimos de de manera como equitativa los trabajos, no entonces ese compañero, es es el que lidera y ya nosotras dos somos las que, conforme al paso a paso, que también da la profesora, seguimos, pues de tal manera el procedimiento, ¿¿no?El trabajo pues se hace menos porque todos estamos ahí al pendiente de cada proceso. Entonces la verdad sí es, es muy tranquilo trabajar en en el grupo.

Minuto (00:06:31) Entrevistador

¿Si alguno de ustedes llega a cometer un error midiéndolo algún reactivo, preparando alguna solución, cómo lo abordan?

Minuto (00:06:39) Entrevistado 1

No, no pasa nada, la verdad no, simplemente es como bueno no pasa nada, deséchalo y vuélvelo a tomar no pasa nada. Es como que no ponemos problema.

Minuto (00:06:54) Entrevistado 3

No hay presiones ni nada de eso, cómo lo hago contigo para que no haya sido tanto el tiempo en que duro como el error, entonces tratar de hacerlo otra vez, pero como más rápido para tener otra vez.

Minuto (00:07:03) Entrevistador

En el caso de que tuvieran que explicarle a alguien que no sepa nada de química. ¿Qué es lo que ustedes están haciendo en este momento en el laboratorio? ¿Cómo se le explicaría?

Minuto (00:07:13) Entrevistado 1

Yo, yo considero que se lo explicaríamos con respecto a solamente cuál es el fin por lo que estamos haciendo, no, no entrar como en terminología química muy avanzada, para que, pues esta persona no se sature de información, sino explicarle para qué se está haciendo y con qué fin. ¿sí? digamos, nosotros hacemos esta determinación de tales sustancias químicas para poder determinar la calidad de agua para el consumo humano, por ejemplo, algo muy sencillo.

Minuto (00:07:39) Entrevistado 2

También creo que digamos como para hacer dar cuenta de lo que pasa en el contexto real, porque digamos, piensa, yo creo que la mayoría de muchachos y demás piensan que de pronto lo que se hace en el laboratorio, no es muy aplicable a lo que uno ve en el entorno, entonces al uno decirles y mostrarles que esto es para ver la calidad del agua que inclusive nosotros mismos consumimos, se crea una conciencia de qué es lo que ellos están consumiendo también.

Minuto (00:08:03) Entrevistador

Voy a coger, voy a tomar esas palabras que acabas de decir. Llevarlo a una situación real si tuviéramos que explicarle a esa misma persona. ¿Qué es lo que está provocando un alto valor, sea de fosfatos o cualquier muestra que esté indicador que ustedes me acaban de decir qué podríamos decir, qué podrían decirles ustedes? ¿Cuál sería la causa de eso?

Minuto (00:08:27) Entrevistado 3

Pues podría ser digamos el tratamiento, porque se supone que el agua que nosotros adquirimos pasa por un tratamiento, no en una en una PETAR, entonces, por algún factor, estos son ciertos parámetros que se tienen en cuenta al

momento de tratar las aguas. Si ese parámetro no estuvo tan presente que se supone que debería porque el agua de Bogotá es una de las más potables, se podría considerar ese factor; además de lo que ya se mencionaba ahorita. Digamos, de qué hay algún fallo algún error por parte del analista, esos procedimientos también se tienen en cuenta y se comparan como lo decía mi compañero en el standard metox, ya si los resultados son esos se podría explicar desde el tratamiento del agua, cómo se le da tratamiento al agua.

Minuto (00:09:10) Entrevistador

Dos preguntas más y termino, ¿qué dificultades tuvieron en esta práctica y cómo pueden superarlo para la próxima?

Minuto (00:09:19) Entrevistado 2

Yo creo que una es el tiempo, de hecho creo que en todas las prácticas siempre es un poco el tiempo, porque pues si bien nosotros ahorita, pues en este grupo de la calidad que estamos haciendo laboratorios cada 8 días. Eso ayuda a que uno mejore sus habilidades y como técnicas en el laboratorio, pero igual creo que pues hace falta un poco mas, entonces al nosotros poder mejorar estas habilidades y ser más rápido, podemos optimizar mejor el tiempo.

Minuto (00:09:47) Entrevistado 1

Creo que también esa base depende del saber el propio objetivo de trabajo, sí, muchas veces, lo que puede digamos generar un mayor tiempo de trabajo es que no se entiende afabilidad qué es lo que vamos hacer, entonces digamos que esto también debería de otras cosas, pero en general, si no se tiene una buena comprensión de lo que se va hacer, pues el trabajo va a durar mucho más tiempo.

Minuto (00:10:08) Entrevistador

Y la última pregunta, si tuviera que repetir el laboratorio este mismo, pero con menos recursos. ¿Con qué se quedarían? ¿Con qué equipos, con qué reactivos, con qué materiales se quedarían teniendo en cuenta que van hacer menos que los de hoy?

Minuto (00:10:27) Entrevistado 1

Yo, yo creo que un equipo que si o si debiéramos tener es el espectrofotómetro, ¿sí? digamos que el espectrofotómetro sería clave porque el es el que nos da precisamente una medida muy, muy, muy precisa, exacta de la sustancia que nosotros tenemos y digamos ahí podemos precisamente garantizar la la, la, la precisión del método. ¿si? Digamos que teniendo menos materiales, tal vez

las bombas de vacío, sulfatos los usamos para filtrar la muestra para filtrar la muestra no se más.

Minuto (00:11:02) Entrevistado 2

La estufa, la estufa se la quitaría, perdón, la plancha de calentamiento yo la quitaría porque se podría usar un mechero y dejaría también la estufa, pero bueno, con respecto a los reactivos, por ejemplo, a los indicadores, ahí ya creo que se tendría que de pronto entrar a investigar un poquito más, si hay alguna otra forma de que algo otro tipo de indicadores, nosotros pudiéramos pudiésemos hacer algún indicador de pronto, de otra manera que nos pudiera servir también.

Minuto (00:11:32) Entrevistador

Bueno muchachos, gracias.

Transcripción entrevista grupo de laboratorio 3:

Minuto (00:00:00) Entrevistador

Bueno muchachas, les explico rápidamente que se trata la investigación. Resulta que quiero identificar, reconocer, demostrar cuáles son las competencias procedimentales que ustedes requieren que ustedes necesitan para poder identificar criterios dentro del laboratorio con el análisis de aguas. Bien, se dieron cuenta por ejemplo en la clase de ayer y en el laboratorio de hoy que identificar por ejemplo fosfatos nos permite reconocer indicadores. Y esos indicadores nos permiten demostrar si esa agua es potable o no, se adapta para el consumo, pero también por el otro lado con agua residuales nos permite ver si están o no bien tratadas.

Bien, entonces voy a hacerles una serie de preguntas que tienen que ver con el trabajo que hubo hoy en el laboratorio, que con relación a cómo ustedes dirigen la práctica entre su grupo, con respecto a las técnicas, etcétera. La primera pregunta es, ¿reconocen, saben de algún otro método que les permita identificar fosfatos?

Minuto (00:01:04) Entrevistado 1

No, no solo el que nos dio la profe.

Minuto (00:01:09) Entrevistador

¿Solamente el que pusimos en práctica hoy?

Minuto (00:01:11) Entrevistado 2

Si, es la primera vez que hacemos la determinación de fosfato

Minuto (00:01:15) Entrevistador

Bien, pero no...

Minuto (00:01:16) Entrevistado 1

No, no sabemos de otro método

Minuto (00:01:17) Entrevistador

¿Cómo se aseguran ustedes, si es que ya no lo hicieron, de qué los resultados que obtuvieron hoy sean precisos?

Minuto (00:01:30) Entrevistado 2

con la literatura, digamos mirando los parámetros tipo IDEAM, tipo comparándolos con la teoría.

Minuto (00:01:38) Entrevistador

comparando con la teoría, pero más llevándola a la práctica del laboratorio, ¿cómo se aseguran ustedes?

Minuto (00:01:44) Entrevistado 1

No, haciendo un buen manejo de los materiales y de los instrumentos de laboratorio, por ejemplo, no sé, si tengo que hacer una solución a tal concentración, pues en la bureta tengo que tomar el volumen adecuado, sino de ahí para adelante, pues, todo está mal.

Minuto (00:02:00) Entrevistado 2

También los cálculos previos, ¿no? O sea, como tener una idea, bueno, me tiene que dar entre este rango y este rango y si de pronto me da algo más alejado, algo hice mal, entonces debo repetirlo.

Minuto (00:02:12) Entrevistador

En ese sentido, en lo que acabé de decir, Marcela, si llegan a obtener un resultado inesperado, esperaban cinco y obtuvieron diez, ¿qué hacen además de repetirlo?

Minuto (00:02:27) Entrevistado 3

Tener más cuidado, ¿no? No, y pues ahí también tendría que verse, porque digamos, cuando eso, por ejemplo, nos pasa una vez que, no sé, el stock tenía que dar una concentración y nos dio el doble.

Entonces, pues el stock quedó, pues, con una concentración errónea. Entonces, lo que se hizo en ese caso, porque justo era el doble, pues hizo una disolución. Entonces, se diluyo eso para que pudiéramos hacer tenerlo la concentración adecuada. Si fuera ese caso, pues tocaría arreglarlo, si fuera posible arreglarlo y si no, pues tocaría empezar de nuevo.

Minuto (00:03:00) Entrevistador

volver a hacerlo todo, bien, en el trabajo entre ustedes. ¿Cómo se distribuyen las tareas? ¿Hay algún líder en el grupo? ¿Creen que las tres trabajan igual? ¿Cómo se distribuyen?

Minuto (00:03:14) Entrevistado 1

Si hay un líder.

Minuto (00:03:00) Entrevistado 3

Es que todos tenemos un rol diferente, digamos que Anabel nos coordina. Ella es la que está como pendiente de traer los materiales, lo que toca traer. Y Marce es la que está como pendiente de los informes, la parte escrita, de tomar datos, de tomar fotos.

Minuto (00:03:37) Entrevistado 2

Sí, y pues en mi caso yo voy como preguntando ¿ya se hizo esto? ¿ya se hizo lo otro? O falta eso, falta lo otro. Si, podría ser que yo soy la líder.

Minuto (00:03:49) Entrevistador

Bien. Si alguna de ustedes llega a cometer un error, si, ya tienen identificados sus roles ¿Cómo lo resuelven entre ustedes?

Minuto (00:03:59) Entrevistado 1

No, pues digamos, todos hemos cometido errores, entonces llevamos siendo amigas mucho tiempo y siendo grupos de laboratorio mucho, mucho tiempo. Todas hemos cometido errores, errores y lo que se hace es, pues bueno, no, Marce, te equivocaste o Anabel así no era, se vuelve a empezar

Minuto (00:04:16) Entrevistado 2

Y todos la ayudamos en ese proceso como para que quede bien, no hay como culpas aquí, sino miremos como lo vamos a solucionar y a volver a corregir.

Minuto (00:04:23) Entrevistador

Esta pregunta me parece super interesante porque ya todos ¿Hablando de ustedes, saben por qué estábamos en el laboratorio, pero si llega alguien que no tiene ni idea de

química ni de lo que está ocurriendo, ¿cómo le explican qué están haciendo en el laboratorio?

Minuto (00:04:40) Entrevistado 2

Creo que es importante calidad de agua para todos y simplemente explicándoles que no puede haber, no debería haber fosfato, por ejemplo, en el agua potable, ya es solo decir vamos a determinar eso, vamos a ver si hay ese, este metal en el agua, si lo hay o sino también los sólidos suspendidos, si tú ves el agua, por ejemplo muy turbia o la vez amarillenta es porque hay unos sólidos, eso no debería estar, no puedes consumir un agua de de esa calidad, solo mirándola te das cuenta, entonces, es como más, enseñarles nosotros pues estamos como te digo, verificando podrá decirse, algunos parámetros para el agua pero que ellos lo pueden hacer simplemente hasta observando el agua, entonces es algo como más general.

Minuto (00:05:36) Entrevistador

Por ejemplo, ¿Cómo se interpreta la presencia de fosfatos elevada? ¿qué interpretación llevaría si usted, luego del análisis y el trabajo del laboratorio que tuvieron hoy y el resultado que obtienen del análisis es muy elevado, cómo se interpreta?

Minuto (00:05:54) Entrevistado 3

Que hay una fuente que está contaminando el agua y pueden ser fertilizantes. Es como lo mas común.

Minuto (00:06:04) Entrevistador

En ese sentido, voy a coger de una vez lo que acaba de decir Marce, ¿qué implicaciones ambientales y sociales tiene, por ejemplo, una fuente de contaminación como la que acaba de decir Marce?

Minuto (00:06:14) Entrevistado 1

Brutal, a nivel de salud, pues puede empezar a generar daños por ejemplo, ósea como es un contaminante, entonces esto aplica al caso que nos mostraba la profe en un video, que empieza a pudrirse, como amarillarse, solo con la parte de sulfatos empieza y de ahí para adelante.

Minuto (00:06:38) Entrevistado 2

Y que los fertilizantes son sustancias bastante corrosivas para nosotros, la mayoría de los fertilizantes comerciales, realmente tienen sustancias muy tóxicas para nosotros, arsénicos, muchas cosas que no solo es el fosfato, es como la

mezcla de todo realmente, que solo determinamos eso pues, pero hay muchas cosas, si hay fosfato también deberían a ver muchas otras cosas.

Minuto (00:07:04) Entrevistador

¿Podrían reconocer un problema real, en su vida cotidiana, que les permita a ustedes relacionarlo con la contaminación, puede ser de fosfato, puede ser de algún otro, como decías tú, otro contaminante y qué pudieran también a esa persona que no conoce de química, decirle sé de un problema medioambiental que está contaminando el agua y llevarlos al análisis que estamos haciendo hoy? ¿Reconocen alguno?

Minuto (00:07:38) Entrevistado 3

Yo creo que por ejemplo cerca a los ríos, cerca a la finca hay un cultivo allí, entonces digamos, tengo el caso muy cercano, que habían visto personas que cogían las canecadas y se van a cocinar con eso o los famosos paseos de olla, pero entonces yo digo hay que tener cuidado porque precisamente cuando uno cosecha y demás, cuando uno también hace la quema y todo eso, llega si o si al río porque hay zanjas, entonces yo creo que sería lo mas cercano.

Minuto (00:08:08) Entrevistado 1

Por ejemplo en mi caso, mi familia vive en un pueblo que queda una siembra y el agua que consumen, porque no es potable, el agua que consumen es subterránea y por ejemplo, ya ellos hacen medidas, por ejemplo, eso de agregarle alumbre al agua para justamente quitar esos sólidos y que se precipiten todos, entonces eso es una aplicación clarísima de lo que hicimos hoy, por ejemplo, determinamos esos sólidos suspendidos y ellos los precipitan a nivel artesanal, podría decirse, porque no es como qué sepan cuánto agregar de alumbre ya es como tradición, entonces esa también podría ser una, como un escenario.

Minuto (00:08:48) Entrevistador

Bien, bien. Me faltan dos preguntas y terminamos. ¿Tuvieron alguna dificultad ahorita en el laboratorio de cualquier índole? Y si la tuvieron ¿cómo lo resolverían para la próxima vez?

Minuto (00:09:12) Entrevistado 2

La incógnita es que nos dieron niveles de fosfato altos y se suponía que no debían dar porque pues fue agua potable no fue agua contaminada, entonces, tenemos ahí la duda.

Minuto (00:09:26) Entrevistado 1

Cabe mencionar que nuestra agua potable fue la del laboratorio, entonces, eso puede hacer que, ósea, que todos siempre cuando vamos a lavar el material del laboratorio, decimos, eso esta lechoso, puede ser que el agua con el que estamos lavando el material del laboratorio, no es un agua potable y siento yo que puede también, el hecho de lavar los materiales con un agua tan contaminada puede afectar en algo también que uno no le hace el manejo adecuado con un agua mas adecuada.

Minuto (00:10:01) Entrevistador

Última pregunta, si tuviéramos que repetir esta misma practica pero con menos recursos a nivel de reactivos, a nivel de materiales a nivel de equipos ¿con qué sí se quedarían?

Minuto (00:10:13) Entrevistado 3

Pues los métodos gravimétricos, son los más fáciles porque si nos vamos a espectrofotometría, por ejemplo, pues no vamos a tener el la espectro es como más difícil y por ejemplo el reactivo del ácido sulfúrico, es un reactivo muy peligroso que pues es muy difícil de usar fuera de un laboratorio, entonces yo creo que nos quedaríamos con los métodos gravimétricos, sería la opción.

Minuto (00:10:40) Entrevistador

Listo, muchachas gracias.