

**MATERIAL PARTICULADO UN ACERCAMIENTO CUALITATIVO A SUS COMPONENTES  
CON ESTUDIANTES DE GRADO ONCE DEL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO  
MEDIANTE EL ENFOQUE ABP**

**JOHN STIVEN FLOREZ MACANA**

**Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad Ciencia y Tecnología  
Bogotá D.C Colombia  
2026**

**MATERIAL PARTICULADO UN ACERCAMIENTO CUALITATIVO A SUS COMPONENTES  
CON ESTUDIANTES DE GRADO ONCE DEL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO  
MEDIANTE EL ENFOQUE ABP**

**JOHN STIVEN FLOREZ MACANA**

Trabajo de grado para optar al título de:  
Licenciado en química

**Directora:**  
**YOLANDA LADINO OSPINA**

**Codirectora:**  
**DORA MARIENY AMADO CELY**

Grupo de investigación:  
Didáctica y sus Ciencias  
Línea de investigación:  
Incorporación de la Educación Ambiental a Currículo de Ciencias

**Universidad Pedagógica Nacional**  
**Facultad Ciencia y Tecnología**  
**Bogotá D.C Colombia**

**2026**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El presente trabajo de grado titulado  
“Material particulado un acercamiento cualitativo a sus  
componentes con estudiantes de grado once del Colegio  
Luis Carlos Galán Sarmiento mediante el enfoque ABP”,  
ha sido presentado como requisito para optar el título de  
Licenciado en Química.

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma Jurado 1

---

Firma Jurado 2

Bogotá D.C., 5 de mayo de 2026

## **Dedicatoria**

Dedicó este trabajo de grado con profunda gratitud, a mi esposa Karen rozo. Este logro no me pertenece solo a mí; es el fruto de un esfuerzo conjunto, de tu paciencia infinita y de ese apoyo incondicional que fue mi motor en los momentos de mayor exigencia académica. gracias por caminar a mi lado y ser el Pilar de este sueño compartido.

A nuestra hija, Gabriela Florez rozo, el motor de mis días y mi mayor motivación. Eres la razón por la que busco superarme cada día. Te dedico este logro con la esperanza de que sea para ti un ejemplo y que tenga siempre la certeza de que, con esfuerzo, amor y disciplina, todos los sueños se pueden alcanzar.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar, a Dios por ser la fortaleza en los momentos donde el ánimo y las fuerzas eran pocas, por brindarme la vida y la oportunidad de llegar hasta este momento.

Mi gratitud es para mi esposa, por ser ese apoyo incondicional gracias por tu paciencia infinita por comprender mis ausencias y alentarme a seguir adelante en los momentos de mayor agotamiento. Este logro es sin duda un fruto compartido gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento. Gracias por abrirme sus puertas y permitirme habilitar sus espacios para el desarrollo de esta investigación. Agradezco la confianza de las directivas y el tiempo brindado por los estudiantes, cuya disposición fue el motor principal para transformar el aula en un espacio de ciencia y aprendizaje compartido.

Finalmente, extiendo mi más profundo reconocimiento a mi directora y codirectora de trabajo de grado. Quienes más que docentes, fueron seres humanos excepcionales que supieron guiar mis pasos en el complejo mundo de la química instrumental y la pedagogía. Agradezco profundamente su invaluable orientación y rigor académico; gracias por confiar en mi capacidad, por ser acertadas correcciones y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar una investigación con un verdadero Impacto social y pedagógico. Su guía fue esencial para mi formación como futuro docente. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos sin reserva y por exigirme siempre la excelencia.

## Tabla de contenido

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                                                                    | <b>1</b>  |
| <b>2. Justificación</b>                                                                   | <b>2</b>  |
| <b>3. Antecedentes</b>                                                                    | <b>2</b>  |
| <b>4. Formulación y delimitación del problema</b>                                         | <b>5</b>  |
| 4.1 Formulación                                                                           | 5         |
| 4.2 Delimitación del problema                                                             | 7         |
| <b>5. Pregunta problema</b>                                                               | <b>8</b>  |
| <b>6. Objetivos</b>                                                                       | <b>8</b>  |
| 6.1 Objetivo general                                                                      | 8         |
| 6.2 Objetivos específicos                                                                 | 8         |
| <b>7. Marco teórico</b>                                                                   | <b>8</b>  |
| 7.1 Fundamento pedagógico: el aprendizaje basado en proyectos (ABP)                       | 9         |
| 7.2 Validación de la metodología en el contexto escolar                                   | 10        |
| 7.3 Fundamento científico: la contaminación atmosférica y el material particulado (PM)    | 11        |
| 7.3.1 Material particulado: clasificación, composición y relevancia                       | 11        |
| 7.3.2 Vinculo del PM con la salud y la gestión ambiental.                                 | 12        |
| 7.3.3 Fundamento metodológico: caracterización de material particulado                    | 12        |
| 7.4 Espectroscopia de infrarrojo (IR)                                                     | 13        |
| <b>8. Metodología</b>                                                                     | <b>14</b> |
| 8.1 Tipo de estudio y carácter de investigación                                           | 14        |
| 8.1.1 Carácter científico: exploratorio y descriptivo                                     | 14        |
| 8.2 Población y muestra de estudio                                                        | 14        |
| 8.2.1 Población                                                                           | 14        |
| 8.2.2 Muestra científica (muestreo del PM)                                                | 14        |
| 8.3 Métodos de recolección de información: integración ABP y determinación de PM          | 15        |
| 8.3.1 Fase I del ABP: planeación y desafío /pregunta guía (semanas1-2)                    | 16        |
| 8.3.2 Fase II del ABP investigación e implementación (semana 3-4)                         | 16        |
| 8.3.4 Fase IV del ABP: presentación y evaluación semana (8)                               | 16        |
| 8.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de información                            | 17        |
| <b>9. Análisis e interpretación de resultados</b>                                         | <b>19</b> |
| 9.1 Fase I ABP /planeación y desafío: prueba diagnóstica                                  | 19        |
| 9.1.1 La atmósfera                                                                        | 23        |
| 9.1.2 Introducción al material particulado                                                | 25        |
| 9.1.3 Instrumento de evaluación para el cierre de la fase I del ABP: planeación y desafío | 27        |

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9.2 Fase II: investigación y planeación</b>                                              | <b>31</b> |
| 9.2.1 Laboratorio reconocimiento del material particulado mediante el uso del estereoscopio | 31        |
| 9.2.2 Laboratorio comprobación de adhesivo y material como una propuesta para prototipo     | 34        |
| 9.2.3 Introducción a los conceptos de densidad y pH                                         | 39        |
| 9.2.4 Análisis general de la fase II ABP:                                                   | 44        |
| <b>9.3 Fase III: creación del producto final</b>                                            | <b>45</b> |
| 9.3.1 Diagnóstico de conocimiento sobre gravimetría                                         | 45        |
| 9.3.2 Introducción a gravimetría                                                            | 46        |
| 9.3.3 Diseño de prototipo final                                                             | 48        |
| 9.3.4 Análisis de las preguntas iniciales de la fase III como cierre metodológico           | 50        |
| 9.3.5 Análisis general de la fase III ABP                                                   | 51        |
| <b>9.4 Fase IV: presentación y evaluación</b>                                               | <b>51</b> |
| 9.4.1 Introducción a espectroscopia IR                                                      | 52        |
| 9.4.2 Laboratorio gravimetría y espectroscopia IR                                           | 53        |
| 9.4.3 Sustentación Propuesta de mitigación sobre los compuestos de PM encontrados           | 60        |
| 9.4.4 Prueba de salida                                                                      | 62        |
| 9.4.5 Análisis de la fase IV ABP                                                            | 66        |
| <b>10. Conclusiones.</b>                                                                    | <b>67</b> |
| <b>11. Recomendaciones</b>                                                                  | <b>68</b> |
| <b>12. Referencias bibliográficas</b>                                                       | <b>69</b> |
| <b>13. ANEXOS</b>                                                                           | <b>73</b> |
| <b>Anexo A.</b>                                                                             | <b>73</b> |
| Prueba diagnóstica                                                                          | 73        |
| <b>Anexo B.</b>                                                                             | <b>75</b> |
| Diapositivas para de apoyo para el tema de atmosfera                                        | 75        |
| <b>Anexo C.</b>                                                                             | <b>77</b> |
| Actividad sobre atmosfera                                                                   | 77        |
| <b>Anexo D.</b>                                                                             | <b>79</b> |
| Bitácoras sobre la atmosfera realizada por los estudiantes                                  | 79        |
| <b>Anexo E.</b>                                                                             | <b>80</b> |
| Infografía realizada por estudiantes                                                        | 80        |
| <b>Anexo F.</b>                                                                             | <b>81</b> |
| Infografía realizada por estudiantes.                                                       | 81        |
| <b>Anexos G</b>                                                                             | <b>82</b> |
| Diapositivas de apoyo para la introducción del material particulado                         | 82        |
| <b>Anexo H</b>                                                                              | <b>84</b> |
| Instrumento de evaluación para el cierre de la fase I del ABP: planeación y desafío         | 84        |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo I</b>                                                                                                                    | 86  |
| Consentimientos informados por parte de los acudientes de los estudiantes del curso 1101                                          | 86  |
| <b>Anexo J</b>                                                                                                                    | 86  |
| Observación cualitativa del material particulado mediante el estereoscopio                                                        | 86  |
| <b>Anexo K</b>                                                                                                                    | 88  |
| Escala de grises                                                                                                                  | 88  |
| <b>Anexo L</b>                                                                                                                    | 89  |
| Porcentaje de material particulado determinado por parte de los estudiantes                                                       | 89  |
| <b>Anexo M</b>                                                                                                                    | 89  |
| Propuesta de adhesivo y material por parte de los estudiantes para creación de prototipo                                          | 89  |
| <b>ANEXO N</b>                                                                                                                    | 91  |
| Bitácora diligenciada por parte de los estudiantes donde se evidencia el seguimiento a el material y adhesivo propuesto en clase. | 91  |
| <b>Anexo O</b>                                                                                                                    | 91  |
| <i>Preguntas orientadoras acerca de densidad y pH</i>                                                                             | 91  |
| <b>Anexo P</b>                                                                                                                    | 92  |
| Intervención pedagógica para los temas de densidad y pH                                                                           | 92  |
| <b>Anexo Q</b>                                                                                                                    | 92  |
| Reconocimiento de conocimiento acerca del método gravimétrico por parte de los estudiantes                                        | 92  |
| <b>Anexo R</b>                                                                                                                    | 94  |
| Presentación introducción gravimetría                                                                                             | 94  |
| <b>Anexo S.</b>                                                                                                                   | 95  |
| Creación de prototipo final para recolección de material particulado                                                              | 95  |
| <b>Anexo T</b>                                                                                                                    | 96  |
| <i>Quiz final de gravimetría mediante la plataforma Kahoot</i>                                                                    | 96  |
| <b>Anexo V.</b>                                                                                                                   | 98  |
| Bitácora del prototipo de recolección de material particulado creado por los estudiantes.                                         | 98  |
| <b>Anexo W.</b>                                                                                                                   | 99  |
| Guía de laboratorio de gravimetría y espectroscopia IR                                                                            | 99  |
| <b>Anexo X</b>                                                                                                                    | 102 |
| <i>Determinación de la densidad picnómetro de 5 mL</i>                                                                            | 102 |



|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo Y.</b>                                                               | 103 |
| Medición del pH al filtrado la muestra recolectada                            | 103 |
| <b>Anexo Z</b>                                                                | 103 |
| Identificación de iones a partir del solido de la muestra recolectada         | 103 |
| <b>Anexo AA.</b>                                                              | 104 |
| Datos del informe de laboratorio de gravimetría realizado por los estudiantes | 104 |
| <b>Anexo AB</b>                                                               | 104 |
| Prueba de salida                                                              | 104 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura1.                                                                | 6  |
| Estación de monitoreo de calidad del aire en la institución educativa   | 6  |
| Figura 2.                                                               | 6  |
| Estación de monitoreo de calidad del aire en Puente Aranda              | 6  |
| Figura 3.                                                               | 7  |
| Distancia entre la institución educativa y el Polideportivo el Jazmín   | 7  |
| Figura 4.                                                               | 16 |
| Estructura gráfica de la metodología                                    | 16 |
| Figura 5.                                                               | 20 |
| Resultados obtenidos                                                    | 20 |
| Figura 6.                                                               | 21 |
| Porcentaje del desempeño de los estudiantes en la prueba diagnóstica    | 21 |
| Figura 7.                                                               | 22 |
| Pregunta número 1 de la prueba diagnóstica                              | 22 |
| Figura 8.                                                               | 23 |
| Pregunta número 5 de la prueba diagnóstica                              | 23 |
| Figura 9.                                                               | 24 |
| Pregunta número 7 de la prueba diagnostica                              | 24 |
| Figura10.                                                               | 25 |
| Explicación demostrativa de la Presión Atmosférica con los estudiantes. | 25 |
| Figura 11.                                                              | 27 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Datos generados de concentración PM 10 en Puente Aranda día sin carro 5 de febrero del 2026 en Bogotá                   | 27 |
| Figura 12.                                                                                                              | 28 |
| Datos generados de concentración PM 10 en Puente Aranda 6 de febrero del 2026.                                          | 28 |
| Figura 13.                                                                                                              | 30 |
| Nubes de palabras realizada por los estudiantes relacionándolas con sus conocimientos iniciales de material particulado | 30 |
| <i>Figura 14.</i>                                                                                                       | 31 |
| <i>Evidencia fotográfica de las exposiciones de los ciclos biogeoquímicos por parte de los estudiantes</i>              | 31 |
| Figura 15.                                                                                                              | 31 |
| Evidencia de elaboración de ensayos por parte de los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento | 31 |
| Figura 16.                                                                                                              | 34 |
| Procedimiento para la identificación del material particulado                                                           | 34 |
| Figura 17.                                                                                                              | 34 |
| Evidencia del laboratorio identificación del material particulado                                                       | 34 |
| Figura 18.                                                                                                              | 34 |
| Muestra de material particulado en diferentes lugares vistas con el estereoscopio                                       | 34 |
| Propuesta de material y adhesivo por parte de los estudiantes                                                           | 37 |
| Figura 20.                                                                                                              | 38 |
| Diagrama de procedimiento para el laboratorio de Propuesta de adhesivo y material para creación de prototipo            | 38 |
| Figura 21.                                                                                                              | 38 |
| Evidencia fotográfica sobre las propuestas creadas por parte de los estudiantes                                         | 38 |
| Figura 22.                                                                                                              | 41 |
| Propuesta de bomba de vacío por parte de los estudiantes basando en la NTC 3662                                         | 41 |
| Figura 23.                                                                                                              | 42 |
| Explicación colorimétrica de pH haciendo uso de indicadores ácido- base                                                 | 42 |
| Figura 24.                                                                                                              | 43 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 1                                                   | 43 |
| Figura 25.                                                                                                              | 44 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 2                                                   | 44 |
| Figura 26.                                                                                                              | 45 |

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 3                                                                                           | 45 |
| Figura 27.                                                                                                                                                      | 45 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 4                                                                                           | 45 |
| Figura 28.                                                                                                                                                      | 46 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 5                                                                                           | 46 |
| Figura 29.                                                                                                                                                      | 46 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 6                                                                                           | 46 |
| Figura 30.                                                                                                                                                      | 47 |
| Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 7                                                                                           | 47 |
| Figura 31.                                                                                                                                                      | 47 |
| Estudio cualitativo de pH del agua del laboratorio de química de colegios Luis Carlos Galán Sarmiento                                                           | 47 |
| Figura 32.                                                                                                                                                      | 51 |
| Solución a el ejercicio planteado por parte de los estudiantes                                                                                                  | 51 |
| Figura 33.                                                                                                                                                      | 52 |
| Procedimiento para creación del prototipo de recolección de material particulado                                                                                | 52 |
| Figura 34                                                                                                                                                       | 52 |
| Prototipo final para recolección de material, elaborado por los estudiantes del curso 1101                                                                      | 52 |
| Figura 35.                                                                                                                                                      | 53 |
| Resultados de forma comparativa de la apropiación conceptual con respecto al tema de gravimetría de manera grupal                                               | 53 |
| Figura 36.                                                                                                                                                      | 56 |
| Uso de la caja de modelos moleculares como apoyo para explicar la interacción de la radiación de infrarrojo en las moléculas                                    | 56 |
| Figura 37.                                                                                                                                                      | 56 |
| Quiz de gravimetría y análisis del espectro IR                                                                                                                  | 56 |
| Figura 38                                                                                                                                                       | 57 |
| Evidencia del seguimiento del prototipo dirección avenida de las Américas con avenida 68 sentido occidente -oriente                                             | 57 |
| Figura 39.                                                                                                                                                      | 58 |
| Evidencia del seguimiento del prototipo estación de Transmilenio Distrito Grafiti dirección avenida de las Américas con carrera 53 A sentido occidente -oriente | 58 |
| Figura 40.                                                                                                                                                      | 58 |
| Procedimiento para la práctica de laboratorio de gravimetría y espectroscopia IR                                                                                | 58 |
| Figura 41.                                                                                                                                                      | 59 |
| Procedimiento realizado en las instalaciones de la Universidad Pedagógica Nacional por parte del investigador John Flórez                                       | 59 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 42.                                                                                                     | 59 |
| Ejecución del laboratorio por parte de los estudiantes                                                         | 59 |
| Figura 43.                                                                                                     | 60 |
| Análisis de las variables por parte de los estudiantes de forma cualitativa y cuantitativa                     | 60 |
| Figura 44.                                                                                                     | 60 |
| Marcha de aniones para el sólido de la muestra recolectada realizada por el investigador                       | 60 |
| Figura 45.                                                                                                     | 61 |
| Espectro IR a partir de la muestra de los estudiantes                                                          | 61 |
| Figura 46.                                                                                                     | 62 |
| Análisis a partir de espectro IR a partir de la base de datos del equipo de la Universidad Pedagógica Nacional | 62 |
| Figura 47.                                                                                                     | 62 |
| Análisis a partir de espectro IR a partir de la base de datos del equipo de la Universidad Pedagógica Nacional | 62 |
| Figura 48.                                                                                                     | 63 |
| Espectro IR para identificación de compuesto de material particulado                                           | 63 |
| Figura 49.                                                                                                     | 63 |
| Tabla de espectroscopia IR para los compuestos del material particulado                                        | 63 |
| Figura 50.                                                                                                     | 65 |
| Propuesta de mitigación a partir del análisis de los estudiantes                                               | 65 |
| Figura 51.                                                                                                     | 66 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 1                           | 66 |
| Figura 52.                                                                                                     | 67 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 2                           | 67 |
| Figura 53.                                                                                                     | 67 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 3                           | 67 |
| Figura 54.                                                                                                     | 68 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 4                           | 68 |
| Figura 55.                                                                                                     | 68 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 5                           | 68 |
| Figura 56.                                                                                                     | 69 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 6                           | 69 |
| Figura 57.                                                                                                     | 69 |
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 7                           | 69 |
| Figura 58.                                                                                                     | 70 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms pregunta numero 8 | 70 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Lista de tablas

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1                                                                                           | 12 |
| Compuestos químicos pertenecientes a PM 10                                                        | 12 |
| Tabla 2.                                                                                          | 13 |
| Compuestos químicos pertenecientes a PM 2.5                                                       | 13 |
| Tabla 3.                                                                                          | 16 |
| Descripción del grupo focal                                                                       | 16 |
| Tabla 4.                                                                                          | 19 |
| Descripción del proceso de recolección de información                                             | 19 |
| Tabla 5.                                                                                          | 19 |
| Rubrica de desempeño para las actividades del proyecto investigativo                              | 19 |
| Tabla 6.                                                                                          | 22 |
| Resultados obtenidos en una escala de 0.0 – 50.0                                                  | 22 |
| Tabla 7.                                                                                          | 38 |
| Propuesta de material y adhesivo por parte de los estudiantes                                     | 38 |
| Tabla 8.                                                                                          | 71 |
| Análisis de las 24 respuestas dadas por los estudiantes para la pregunta 8 de la prueba de salida | 71 |

## 1. Introducción

En las últimas décadas, la contaminación atmosférica se ha consolidado como un tema de estudio crucial, no solo debido a los problemas ambientales y de salud para los seres vivos, sino también por el desequilibrio en los ecosistemas. Dentro de este contexto, uno de los contaminantes más importantes en la actualidad es el **material particulado (P.M)**, el cual se define como *“una mezcla de partículas líquidas y sólidas orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en el aire”* (Instituto para la Salud Geoambiental, 2024).

Colombia no es un país ajeno a esta problemática ambiental. Ciudades como Bogotá enfrentan dificultades por la producción de material particulado debido al alto índice de industrias y vehículos, los cuales contribuyen a su incremento. Prueba de esto fue una situación ambiental reciente para Bogotá en febrero del 2023, donde los incendios forestales de la región de los llanos orientales y la amazonia ocasionaron un aumento de los PM, en la ciudad (Secretaría de Ambiente, 2023); este evento motivó a las autoridades ambientales distritales de ese entonces decretar las respectivas alertas ambientales.

En el caso particular de esta investigación, la preocupación por este fenómeno nace a raíz de dos estaciones de monitoreo ambiental ubicadas en la zona de influencia del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, en la localidad de Puente Aranda, Bogotá. Una de las estaciones se encuentra dentro de las instalaciones del plantel educativo y es administrada por la empresa METRO DE BOGOTÁ, la otra, del IBOCA (Índice bogotano de calidad del aire y riesgo en salud), localizada en el polideportivo el JAZMIN que está localizado a pocas calles del colegio. La presencia de estos puntos de control y medición generó un cuestionamiento en los estudiantes del curso 1101 de la institución educativa, por la calidad del aire en la localidad ya que reconocen el flujo vehicular y manifiestan que esta es una zona industrial.

Este trabajo de investigación adquiere relevancia debido a que no solo se registra una problemática ambiental específica y focalizada en la localidad, sino también se busca generar conciencia a través de un conocimiento adquirido por parte de los estudiantes de grado once del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, quienes son pilar fundamental en este proceso.

Los estudiantes fueron participantes activos gracias al enfoque que tiene este trabajo de investigación el **APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS(ABP)**, de esta manera, diseñarán y construirán un prototipo con materiales de fácil acceso para los estudiantes, en el que se pretende recolectar el material particulado para un análisis químico especializado, mediante el uso de técnicas como la gravimetría y el uso de espectroscopía de infrarrojo, con el fin de determinar de forma cuantitativa los componentes del material particulado.

A lo largo de este trabajo de grado, se le dará a el lector una descripción del proceso realizado; esto implica que el proyecto de investigación inclino por fortalecer las habilidades conceptuales y practicas del grupo focal. Además, se describirá la metodología empleada en todo el proceso, así como la recolección y análisis de los datos. Finalmente, se discutirá que tan viable fue el proyecto como técnica de acercamiento para identificar algunos componentes del material particulado y su impacto en el entorno escolar.

## 2. Justificación

Este trabajo de investigación, sobre el material particulado en el entorno escolar del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, es de interés por varias razones, las cuales van desde lo ambiental, lo social y lo pedagógico.

Desde una mirada ambiental, la localidad de Puente Aranda enfrenta desafíos ya que **“ha sido reportada como una zona de alta contaminación atmosférica”** (Palacios, 2014). Al ser un sector industrial y presentar un alto flujo vehicular, es importante resaltar que estos dos fenómenos se traducen en generación de material particulado en lugares específicos, como la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento. Es cierto que se han implementado estaciones de monitoreo en la ciudad de Bogotá, pero desde una perspectiva más crítica, los estudiantes mediante este proyecto pueden observar que tan expuestos están frente a esta problemática silenciosa como lo es el material particulado.

Por otra parte, este proceso de investigación e indagación destaca a nivel metodológico y pedagógico el integrar **(ABP) APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS** como estrategia didáctica, donde el estudiante como centro del proceso tiene como finalidad ir más allá de una toma y registro de datos, ya que los pone a que sean agentes activos durante el trascurso de la investigación. De esta manera se fortalece el trabajo cooperativo y desarrollan habilidades individuales donde se pone en consideración los conocimientos adquiridos. La construcción de un prototipo para recolección de material particulado, acompañada del empleo de métodos analíticos como la gravimetría y la espectroscopia de infrarrojo, hacen que esta experiencia pedagógica sea diferente y enriquecedora para los alumnos de la institución, en vista que son procesos analíticos poco observados y aplicados en las aulas de clase convencionales de la educación secundaria y media en Colombia. Con base en lo anterior, se propone fortalecer las habilidades científicas de los estudiantes.

## 3. Antecedentes

El presente trabajo investigativo busca profundizar en una problemática ambiental específica: la contaminación del aire por material particulado en las cercanías del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, ubicado en la localidad de Puente Aranda, a través de una estrategia pedagógica focalizada en los estudiantes. Para el estudio del material particulado se han considerado los siguientes antecedentes que contribuyen a la comprensión del tema, la metodología y el enfoque didáctico.

El punto de inicio de este proyecto se encuentra en el trabajo investigativo, adelantado en el marco de la Práctica Pedagógica y Didáctica I y II, conocido como **“La atmósfera el guardián silencioso del planeta”** con estudiantes de grado 11º desarrollado por John Stiven Flórez Macana (2025), en el que se estableció un proceso formativo e investigativo en el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento. El objetivo central era brindar a los estudiantes pautas para comprender sus interacciones con la atmósfera desde las ciencias naturales.

Para ello, se implementó una secuencia didáctica la cual abordó temas de química, física y **sistemas ambientales y sociedades (SAS)**. Los resultados de esta intervención pedagógica fueron positivos en la comprensión de conceptos relacionados con la atmósfera “como la ley de Boyle y la presión atmosférica, con una mejoría en los desempeños académicos del 25% y 48% respectivamente” (Flórez, 2025). Además, se destaca que la enseñanza “no debe evaluarse solamente desde lo cuantitativo sino también se debe considerar la parte cualitativa siempre y cuando responda una situación indicada” (Flórez, 2025).

Los resultados de este proyecto evidencian, la necesidad de realizar clases más dinámicas apoyadas en TIC's para despertar el interés de los estudiantes. Este es un antecedente fundamental ya que permitió conocer la afinidad y las dificultades de los estudiantes respecto a los problemas ambientales, sentando las bases para profundizar en el material particulado, un aspecto específico implícito en la troposfera.

La selección metodológica se sustenta en el **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**, una estrategia didáctica y de aprendizaje que se centra en la formación activa por parte de los estudiantes. Bajo este parámetro, los estudiantes “diseñan, implementan y evalúan proyectos con aplicación en el mundo real” (Secretaría de Educación Pública, 2022). Esta metodología se justifica plenamente al demostrar su eficiencia para el crecimiento de “habilidades prácticas y conceptuales a partir de un contexto escolar específico, motivando a los estudiantes a fortalecer destrezas de investigación, pensamiento crítico y autonomía” (Secretaría de Educación Pública, 2022).

“La aplicación del ABP es altamente eficiente en contextos de la **Educación Ambiental (EA)**” (Ayerbe & Perales, 2020). Ya que aproxima los contenidos del aula a la realidad local del alumno, promoviendo la conciencia ambiental y el pensamiento crítico frente a problemáticas como el material particulado.

Para validar la implementación del ABP en el currículo de ciencias y a nivel de educación media, varios estudios confirman su efectividad. Para este trabajo de grado, solo se mencionarán dos investigaciones que sustentan la elección metodológica, las cuales se presentan a continuación:

El estudio “**Impacto del ABP en la retención conceptual de la química analítica en la educación media**” (Navarro & Pérez, 2022). Se desarrolló con población estudiantes de los grados decimo y undécimos pertenecientes a instituciones de educación técnica y académica, en esta investigación se utilizó un diseño experimental comparando un grupo del ABP (Diseñando un kit casero de titulación) contra uno de enseñanza tradicional.

Los autores encontraron que “los resultados mostraron un aumento del 30% en la comprensión de conceptos claves de química como estequiometría y calibración” (Navarro & Pérez, 2022). El análisis obtenido por los autores es fundamental para este proyecto investigativo, dado que avala la elección de la metodología para impartir conceptos que requieren un rigor conceptual más alto como lo son la gravimetría y espectroscopia IR, asegurando que los estudiantes no solo realicen la técnica, sino que comprendan sus fundamentos científicos.

De igual manera, la investigación “**El ABP como estrategia para el desarrollo de la autonomía y el pensamiento crítico en la educación ambiental**” (García & Soto, 2023). Se llevó a cabo con una población de estudiantes de grado undécimo en condiciones de alta vulnerabilidad



ambiental. Esta investigación refuerza la idea que es efectivo el ABP cuando hay un problema real y cercano en el entorno socioambiental de los estudiantes.

El estudio se enfocó en la evaluación cualitativa de las habilidades blandas, mediante diarios de campo y rubricas autónomas como instrumentos principales. Los resultados evidencian que el diseño de efectos ambientales bajo la metodología ABP “fomentan significativamente la autonomía y el pensamiento crítico en los estudiantes” (García & Soto, 2023).

Otros antecedentes de investigaciones previamente implementadas en la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento destacan por su relevancia. El primero corresponde al estudio “la enseñanza del pH en tratamiento de aguas lluvia y residuales mediante educación experimental”, el cual se centró en la enseñanza de pH a través de un enfoque experimental con estudiantes de grado décimo. En la fase inicial el proyecto se aplicó una prueba diagnóstica “mostrando que sólo el 7% de los estudiantes definían correctamente el concepto de pH mientras que en la prueba de salida el 81% podrían dar una definición lógica de pH” (Pulido, Torres & Amado, 2023). Otros resultados indicaban que el 36% de los estudiantes comprendían que neutralizar el pH no hace que el agua sea apta para el consumo humano” (Pulido, Torres & Amado, 2023).

Un segundo antecedente de importancia para la institución fue el titulado “Aprendizaje del concepto de lluvia ácida uno de los principales agentes contaminantes de la capa de ozono”, implementado con estudiantes de grado 11° mediante una secuencia didáctica que profundizó en temas ambientales, ecológicos, alimenticios y de salud. Los autores utilizados reportaron “logrando un aumento del 20% a nivel conceptual con respecto a todos los temas referentes a la lluvia ácida” (Arguello, Ipila Gualy & Torres, 2024). Estas investigaciones realizadas en el plantel educativo demuestran que la educación experimental y el aprendizaje activo son herramientas eficaces para abordar temas complejos en el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, confirmando que la implementación de un proyecto ABP es beneficiosa en este entorno escolar y contribuye con un punto de partida sólido para este trabajo de investigación sobre del material particulado, una problemática ambiental que permite una perspectiva amplia del entorno de los estudiantes.

El componente de analítico de esta investigación se fundamenta en la gravimetría, método ampliamente utilizado en el laboratorio química para el estudio de material particulado debido su precisión en la cuantificación de la masa. Esta técnica es fundamental para el análisis de la calidad del aire, ya que permite determinar la cantidad de partículas suspendidas en el aire, de acuerdo con el documento **MTA/MA-014/A11 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo**. Dicha normativa establece la efectividad del método en la determinación de materia particulado, destacando que el “proceso requiere condiciones ambientales controladas para garantizar la efectividad y resultados” (Bayona, 2021).

Esta rigurosidad busca evitar errores causados por los compuestos volátiles, la absorción de humedad más las interferencias de cargas electrostáticas (Minambiente, 2010). Además, varios documentos, basado en las recomendaciones de la **EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)**, destacan la “importancia de la precisión en cada etapa del procedimiento gravimétrico para la determinación del material particulado” (Bayona, 2021).

Finalmente, el análisis cualitativo se apoya en la que espectroscopia de infrarrojo, técnica analítica importante para “determinar y cuantificar los componentes orgánicos e inorgánicos del material particulado” (Veres, 2005).

La eficiencia de este método ha sido validada por estudios realizados en la universidad de Palermo Italia, donde se demostró la capacidad de este procedimiento de la Química Instrumental para distinguir a partir del espectro IR “componentes pertenecientes a  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , tales como sulfatos, nitratos e hidrocarburos” (Varrica, 2019). Recordando que estos últimos diferenciales del material particulado, no se diferencian solamente por su tamaño de partícula sino también por compuestos específicos en cada caso el anterior estudio señala la importancia de los datos obtenidos debido a que permiten “comprender los riesgos ambientales y de salud cuya composición varía según la fuente” (Varrica, 2019). El texto de análisis FTIR de partículas recogidas en filtros de teflón en Columbus, una tesis de pregrado Patrick Veres (2005), indica que el propósito de su investigación fue caracterizar químicamente el material particulado por medio de espectroscopia de infrarrojo; afirmando que hay “una amplia gama de compuestos de sales hasta hidrocarburos alifáticos y minerales” (Veres, 2005), lo que hace que esta técnica sea un método efectivo para “el estudio de la contaminación atmosférica y los compuestos desprendidos de aerosoles con respecto a el material particulado” (Veres, 2005).

Estos antecedentes validan el uso de las técnicas para esta investigación, ya que Permitirá a los estudiantes de grado once de la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento interpretar los espectros IR con mayor claridad a partir de sus propias muestras recolectadas. De este modo, obtendrá datos científicos precisos y significativos, fortaleciendo sus habilidades investigativas al aplicar los conceptos químicos instrumentales en la resolución de problemáticas reales dentro de un contexto escolar.

## 4. Formulación y delimitación del problema

### 4.1 Formulación

La contaminación atmosférica se ha convertido en una problemática de orden global debido a sus implicaciones ambientales y de salud, fenómeno que aumenta cuando se habla de material particulado presente en el aire. Tal preocupación ha hecho que organizaciones internacionales de gran prestigio se pronuncien al respecto.

Por ejemplo, la **Organización Panamericana de la Salud (OPS)** “la cual resalta un consolidado de 375 muertes diarias en América debido a este fenómeno ambiental” (calidad del aire, s.f.); por otra parte, la **Organización de Mundial de la Salud (OMS)** confirma importancia de esta crisis ambiental, al afirmar que “6.7 millones de personas mueren causa de esta problemática” (Types of pollutants, s.f.). Estas dos organizaciones corroboran este fenómeno internacional actualmente por exposición con el material particulado.

Esta situación no es ajena para un país como Colombia. Ciudades con una gran cantidad de actividades industriales, como es el caso específico de Bogotá, que afronta serios retos por la producción de material particulado, principalmente por los vehículos de combustión y las obras industriales. Estas actividades “deterioran la calidad del aire que se respira debido a las emisiones de gases como dióxido, monóxido de carbono que contribuyen a su contaminación” (OPS, 2021).

Esta dificultad ambiental es mayor en algunas localidades, como es el caso de Puente Aranda, la cual ha sido “reportada como una zona de alta contaminación atmosférica, principalmente debido a las concentraciones de material particulado que exceden los límites legislativos” (Palacios &

Zafra,2014). Los cuales se establecen en **la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio del Medio Ambiente** donde establece: “los niveles máximos permisibles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> para un tiempo de exposición 24 horas será de 75 µg/m<sup>3</sup> y 37 µg/m<sup>3</sup> respectivamente” (Minambiente, 2017).

Bajo este complejo panorama, el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, ubicado en la localidad de Puente Aranda, cerca de fábricas productoras de contaminantes industriales y de avenidas con alto flujo vehicular como lo son la calle 3ra, avenida carrera 50, avenida 1ra de mayo, avenida 68 y la avenida de las Américas, lo vuelven un punto estratégico de análisis con respecto a el material particulado, debido a su ubicación geográfica en la zona.

Es precisamente debido a estas uniones de fuentes de emisión que el plantel educativo está ubicado en una posición característica por la presencia de dos estaciones de monitoreo de la calidad del aire: una de estas está ubicada dentro del institución educativa y la otra ubicada en el polideportivo el Jazmín, ubicado a “550 metros de distancia” de la misma (Polideportivo El Jazmín s.f). Desde esta perspectiva, las dos estaciones de monitoreo estas localizadas una de la otra a escasas cuerdas, lo que ha generado inquietud por parte de los estudiantes de la institución educativa específicamente con los estudiantes del curso 1101, los cuales se cuestionan por la calidad del aire que respiran a diario y sus repercusiones en la salud.

### **Figura1.**

*Estación de monitoreo de calidad del aire en la institución educativa*



Elaboración propia (2026).

### **Figura 2.**

*Estación de monitoreo de calidad del aire en Puente Aranda*



Nota. Adaptado del parque el jazmín, por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte [IDRD] (2026).

### **Figura 3.**

*Distancia entre la institución educativa y el Polideportivo el Jazmín*



Nota. Mapa del trayecto obtenido de Google Maps (2026).

## **4.2 Delimitación del problema**

El presente trabajo investigativo demarca los siguientes aspectos para avalar su factibilidad y alcance en el contexto del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento:

- Delimitación espacial: la intervención pedagógica se centra en el ambiente del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento y sus alrededores inmediatos de fácil acceso para los estudiantes, en la localidad de Puente Aranda.
- Delimitación poblacional: el proyecto investigativo será implementado con estudiantes de grado once de la institución educativa, quienes participaran de forma activa los cuales se están formando bajo el programa de bachillerato internacional ,específicamente en la asignatura de Sistemas Ambientales y Sociedades (SAS), donde se abordan 8 ejes ambientales centrales como lo son : **“perspectivas, ecología, biodiversidad, agua, tierra, atmosfera y cambio climático, recurso naturales, poblaciones humanas y sistemas urbanos”** (Espacio Profesores, 2025).
- Delimitación de la metodología: Los estudiantes diseñaran un prototipo de recolección de material particulado con el fin de reconocer este mismo y poder seleccionar el material y adhesivo adecuado para para un análisis químico. Este análisis estará limitado por métodos analíticos concretos: gravimetría para poder obtener un valor específico de la masa del material particulado y la técnica de IR, para determinar de forma cualitativa algunos componentes del material particulado a través de análisis espectral infrarrojo obtenido.
- Delimitación y alcance: los resultados se centrarán en una determinación cualitativa de los compuestos presentes en la muestra con respecto al material particulado, visto desde el análisis de la espectroscopia de IR, “sin olvidarse de una cuantificación total de masa obtenida PM, significa material particulado” (US EPA ,2025).
- Delimitación institucional y pedagógica: el proyecto investigativo se encuentra en un mismo sentido con **el Proyecto Educativo Institucional (PEI)** de la institución educativa el cual es

“formar personas capaces de transformar su realidad social” (Colegio Luis Carlos Galán I.E.D., 2025). Esto justifica el abordaje de problemáticas ambientales dentro la institución educativa y sus alrededores. Además, el proyecto se encuentra alineado con **el proyecto ambiental escolar (PRAE)** y el **plan integral de gestión ambiental (PIGA)** “establecidos según el artículo 52 del Manual de Convivencia del plantel educativo” (Colegio Luis Carlos Galán I.E.D., 2025). Desde esta mira, el proyecto no solo es una iniciativa educativa, sino que también aporta a los objetivos institucionales en cuanto a el eje ambiental en la comunidad educativa.

## **5. Pregunta problema**

¿Como los estudiantes de grado once del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento pueden caracterizar e identificar compuestos químicos presentes en el material particulado recolectado en su entorno más cercano, utilizando el ABP, y algunas técnicas instrumentales como la gravimetría y la espectroscopia IR aportando a los objetivos PRAE de la institución?

## **6.Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Caracterizar el material particulado, presente en muestras diversas recolectadas por los estudiantes de grado once, pertenecientes a el programa de bachillerato internacional, en el marco del espacio académico Sistemas Ambientales y Sociedades (SAS) y alineado con el enfoque ambiental PRAE y PIGA del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.

### **6.2 Objetivos específicos**

1. Diagnosticar las percepciones iniciales de los estudiantes de grado undécimo sobre la calidad de aire, para establecer los parámetros iniciales de la intervención pedagógica.
2. Implementar el modelo ABP con estudiantes de grado once sobre una propuesta generada en el aula para crear un prototipo de bajo costo para la recolección de material particulado, en el contexto de promoción de habilidades científicas.
3. Identificar los compuestos presentes en el material particulado recolectado con ayuda los prototipos realizados, integrando la cuantificación de la masa mediante la gravimetría y la espectroscopia IR para el reconocimiento de los compuestos.

## **7. Marco teórico**

En el presente trabajo de investigación fundamentado para obtener una fusión estratégica de disciplinas articulando la pedagogía activa y la ciencia ambiental aplicada. Esta fusión constituye el pilar fundamental que guía la metodología y la justificación teórica del proyecto en el contexto escolar. Este marco teórico se construye sobre tres ejes centrales los cuales justifican la relevancia, la metodología y la pertinencia del proyecto en el entorno educativo:

1-Validación del aprendizaje basado en proyectos (ABP) como una estrategia para la formación de habilidades siglo XXI.

2-Fundamentación contaminación atmosférica, focalizado desde el material particulado y sus fuentes de naturales o antropogénicas vista como un problema científico y ambiental.

3-Legitimación de las técnicas instrumentales como (la gravimetría y la espectroscopia infrarroja) como procedimientos pertinentes para la comprensión del fenómeno por parte del estudiante de grado undécimo de la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento.

El propósito de este apartado es demostrar que el proyecto no solo puede responder a necesidades de competencia científica y de pensamiento crítico, sino también contribuir directamente con objetivos sostenibles y de gestión de conocimiento de la institución alineándose con los enfoques de sistemas ambientales y sociedades (SAS), PRAE y PIGA de la institución educativa.

## **7.1 Fundamento pedagógico: el aprendizaje basado en proyectos (ABP)**

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) según García & Pérez (2018) es una estrategia didáctica la cual brinda otra postura a la de un ambiente de aula tradicional donde el docente es el centro de conocimiento, “ubicando a los estudiantes con un rol más activo y fundamental donde ellos también pueden aportar conocimientos y experiencias que tienen relevancia en la vida cotidiana” (Secretaría de Educación Pública, 2022). Esta metodología se justifica satisfactoriamente en el campo de la educación científica, debido a que conlleva a la aplicación directa de los conocimientos teóricos con el fin de resolver un problema concreto.

### **- Momentos Del ABP**

El ABP se desarrolla a través de una serie de etapas donde los estudiantes colaboran guiados por el docente, para responder a una problemática o resolver una situación; es un proceso de investigación acción que generalmente se estructura en las siguientes fases:

- **Planeación y desafío /pregunta guía.**
- **Investigación e implementación:** proceso donde los alumnos aplican lo aprendido y construyen los aprendizajes.
- **Creación del producto final.**
- **Presentación y evaluación:** incluyendo la autoevaluación y la evaluación entre las partes estudiante docente y la valoración del camino hacia el aprendizaje.

El ABP es una especie de acelerador para el desarrollo de competencias en el Siglo XXI, tales como: “el fortalecimiento de habilidades de investigación, pensamiento crítico y autonomía” (Secretaría de Educación Pública, 2022).

El hecho de diseñar un prototipo de bajo costo, recolectar muestras en entorno inmediato de los estudiantes, luego analizar estas mismas desde una mirada científica, obliga a los alumnos a ejercitar de forma activa el método científico y sobrepasar la idea única de la memorización para adoptar una postura de análisis crítica y la toma de decisiones informadas.

## 7.2 Validación de la metodología en el contexto escolar

El ABP como un tipo de metodología activa de enseñanza y de aprendizaje, tiene su aplicación de forma sólida y contundente (García & Pérez, 2018) en el propio colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, por las experiencias previas en la institución. Al ser el colegio un centro de práctica educativa, allí se validan la pertinencia y el potencial de éxito de los proyectos, pues se ha demostrado la efectividad que los enfoques activos dan origen al desarrollo de las competencias científicas.

La efectividad de los proyectos basados en ABP en el colegio se ejemplifica con los siguientes casos:

- **Aumento de comprensión conceptual:** el trabajo investigativo la enseñanza del  $pH$  en el tratamiento de agua lluvia y residual es un ejemplo de intervención en la institución donde se logró un notable avance en la capacidad de los estudiantes para definir el concepto de  $pH$  (Pulido, Torres y Amado, 2023).
- **Generación de interés genuino:** de igual modo la intervención investigativa bajo el nombre “el guardián silencioso del planeta con estudiantes de grado undécimo (Flórez, 2025) confirmó que la implementación de “secuencias didácticas” como la de (Díaz Barriga, 1996) pueden despertar el interés por las problemáticas ambientales.

Estos trabajos de investigación son un pilar importante dentro de la institución para la implementación de un proyecto ABP que profundice una problemática específica como la es el material particulado. Los proyectos basados en ABP “facilitan la transversalidad del conocimiento y potencializa la alfabetización científica necesaria para la toma de decisiones informadas y aplicadas a la comunidad” (Toro & López, 2020). Al alinear la investigación con estos trabajos de investigación previamente implementados se observa que el proyecto cumple con las expectativas de la institución educativa debido a que fortalece las competencias científicas de los estudiantes y contribuye a los objetivos ambientales del centro educativo con respecto a los programas institucionales como (SAS, PRAE y PIGA).



### 7.3 Fundamento científico: la contaminación atmosférica y el material particulado (PM)

#### 7.3.1 Material particulado: clasificación, composición y relevancia

La contaminación en la atmosfera es una problemática de orden mundial y local que genera consecuencias de salud y el desarrollo de los ecosistemas. El componente más crítico de esta contaminación es el material particulado el cual se define como “una mezcla de partículas sólidas y líquidas que están presentes en el aire en forma de suspensión” (Varrica, 2019). La clasificación de este de PM principalmente es basada en su tamaño” PM<sub>10</sub> (menores a 10 micrómetros) y PM<sub>2.5</sub> menor a 2.5 micrómetros” (Ministerio de Ambiente, 2010).

El enfoque de este trabajo investigativo es caracterizar químicamente los compuestos pertenecientes al PM y no solo clasificarlos por su tamaño sino por composición a nivel molecular ya que esta mirada es más explícita y permite hacer diferencias entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (tabla 1 y tabla 2) debido a que en la amplia gama de compuestos químicos presentes en muestras de PM permite una clasificación más clara y detallada.

Por ejemplo, el PM<sub>10</sub> suele estar compuesto por compuestos como “silicatos, carbonatos, aluminatos, metales pesados, esporas y, polen entre otras; mientras tanto PM<sub>2.5</sub> está conformado principalmente de sulfatos, nitratos, amonio, y carbón” (World Bank, 2020). Conocer esta forma de huella química es de gran importancia para establecer riesgos “asociados y diseñar estrategias de mitigación de estos compuestos químicos” (Bayona, 2021).

**Tabla 1**  
*Compuestos químicos pertenecientes a PM 10*

| CATEGORÍA QUÍMICA  | COMPUESTO / ESPECIE                | FORMULA                           | TIPO                             | FUENTE TÍPICA                              |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Silicatos          | Sílice/silicatos                   | (SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup> | Ion/anión/mineral insoluble      | material de construcción o polvo del suelo |
| Mineral            | Óxido de aluminio                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | Óxido mineral                    | Arcilla, suelos                            |
| Mineral            | Óxido de hierro                    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | Óxido metálico                   | Suelo, polvo                               |
| Carbonatos         | Carbonato (abundante como calcita) | (CO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>  | Ion/anión/minerales carbonatados | Construcción y suelos                      |
| Sales minerales    | Cloruro de sodio                   | NaCl                              | Sal inorgánica                   | Aerosol marino, polvo                      |
| Fosfatos           | Fosfatos                           | (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>  | Ion/anión                        | Materia biogénica, suelo                   |
| Cationes metálicos | Magnesio                           | Mg <sup>2+</sup>                  | Ion/ catión                      | Polvo mineral                              |
|                    | Calcio                             | Ca <sup>2+</sup>                  | Ion/ catión                      | Carbonatos del suelo                       |
|                    | Sodio                              | Na <sup>+</sup>                   | Ion/ catión                      | Aerosol marino                             |
|                    | Potasio                            | K <sup>+</sup>                    | Ion/ catión                      | Suelo, biomasa                             |
| Metales            | Cobre                              | Cu                                | Metal                            | Desgaste de frenos                         |
|                    | Zinc                               | Zn                                | Metal                            | Desgaste de llantas                        |
|                    | Hierro                             | Fe                                | Metal                            | Trafico, polvo                             |
| Material carbonoso | Carbono orgánico (OC)              | Mezcla orgánica                   | Orgánico                         | Biomasa, suelo                             |
|                    | Carbono elemental (EC)             | Hollín                            | Carbonoso                        | combustión                                 |

*Nota.* Adaptado de Seinfeld & Pandis (2016), Querol (2004), Who (2021) y Epa (2019).



### 7.3.2 Vinculo del PM con la salud y la gestión ambiental.

La importancia de caracterizar el PM en un contexto académico está directamente relacionada con el interés de una mejor calidad con respecto a la salud de una comunidad específica. De hecho, varios estudios demuestran “la estrecha relación que existe entre el PM y sus efectos dañinos para la salud” (Varrica, 2019); generando una gran preocupación por las exposiciones en presencia de material particulado, por ejemplo: exposición en presencia de PM<sub>2.5</sub> “se atribuyen problemas de salud como enfermedades respiratorias y cardiovasculares y como PM<sub>10</sub> como material grueso se atribuye a hospitalizaciones de niños por asma” (Lin, Chen, Burnett, Villeneuve, & Krewski, 2002). Por ello es importante realizar un análisis detallado a nivel químico, buscando estrategias donde se puedan integrar proyectos ABP con estudiantes para generar conocimiento y que este pueda ser utilizado como herramienta de diagnóstico y de acción en contextos educativos, como lo son el PRAE Y PIGA cumpliendo una dualidad entre la pedagogía y la gestión ambiental.

**Tabla 2.**  
*Compuestos químicos pertenecientes a PM 2.5*

| Categoría química      | Compuesto / especie    | formula                                         | Tipo           | Fuente típica                |
|------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|----------------|------------------------------|
| Material carbonoso     | Carbono orgánico (OC)  | Mezcla orgánica                                 | Orgánico       | Reacciones secundarias       |
|                        | Carbono elemental (EC) | Hollín                                          | Carbonoso      | Disel, combustión            |
| Iones secundarios      | Sulfatos               | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                   | Anión          | Oxidación de SO <sub>2</sub> |
|                        | Nitratos               | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                    | Anión          | NO <sub>x</sub> vehicular    |
|                        | amonio                 | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                    | Catión         | Neutralización ácida         |
| Compuestos secundarios | Sulfato de amonio      | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Sal secundaria | Aerosol fino                 |
|                        | Nitrato de amonio      | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | Sal secundaria | Aerosol fino                 |
| Orgánicos tóxicos      | HAPs                   | Hidrocarburos aromáticos policíclicos           | Orgánico       | combustión incompleta        |
| Metales pesados        | Plomo                  | Pb                                              | Metal          | Industria, combustión        |
|                        | Vanadio                | V                                               | Metal          | Combustibles fósiles         |
|                        | Niquel                 | Ni                                              | Metal          | Petróleo. Industria          |
|                        | cadmio                 | Cd                                              | Metal          | Industria                    |

*Nota.* Adaptado de Seinfeld & Pandis (2016), Querol (2004), Who (2021) y Epa (2019)

### 7.3.3 Fundamento metodológico: caracterización de material particulado

Para lograr una caracterización de orden científico sin perder el rigor este proyecto articula dos técnicas de análisis químico que permiten la obtención de datos cuantitativos y cualitativos.

- Gravimetría como técnica para cuantificación de masa con respecto a el material particulado

La técnica gravimétrica es un “método muy utilizado a nivel global para la determinación de la concentración de material particulado atmosférico” (MinAmbiente,2010); esta técnica de cuantificación se basa en “la medición precisa de la masa recolectada en un papel filtro requiriendo un rigor metodológico estricto en el aseguramiento y control de calidad” (Watson, 2002).

El “manual de operación del sistema de vigilancia de la calidad del aire establece la necesidad de realizar la recolección y el pesaje bajo condiciones de ambiente controladas para garantizar la efectividad de los resultados” (MinAmbiente, 2010). Este rigor es importante para evitar errores en el procedimiento gravimétrico, que influyan a la hora de la cuantificación de la masa presente en el papel filtro tales como “evaporación de compuestos volátiles y semi volátiles, la absorción de humedad o interferencia por carga electrostática” (Bayona, 2021).

La precisión es un parámetro indiscutible, donde demanda el uso de micro balanzas de alta precisión de orden analítico, donde estas requieren un cuarto o ambiente donde las condiciones de humedad y temperatura sean controladas (Bayona, 2021). El pesaje debe seguir las directrices recomendadas por la EPA (agencia de protección ambiental de los Estados Unidos), para obtener un buen grado de confianza y de precisión en la obtención de los datos. Este método sugerido por esta organización asegura a los laboratoristas que este realizando esta experiencia científica un valor cuantificable confiable de la masa de PM recolectada en cualquier entorno.

#### **7.4 Espectroscopia de infrarrojo (IR)**

Las técnicas complementarias para procedimientos de gravimetría varían según la especificidad, valor económico y lo que se pretende determinar en consecuencia, existe una amplia gama de técnicas espectroscópicas que permiten trabajar con el producto sólido después de un proceso gravimétrico como lo son las espectroscopías de: “infrarrojo, Raman, Fluorescencia de sólidos, resonancia magnética, absorción atómica, masas de sólidos”. (Kadziolka-Gawel, 2021).

La espectroscopía seleccionada para este trabajo investigativo fue la de infrarrojo ya que esta permite la identificación cualitativa de “grupos funcionales y compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el material particulado” (Veres, 2005). Su selección es acorde con los contenidos académicos brindados a los estudiantes por parte colegio Luis Carlos Galán Sarmiento lo que permite una interpretación más precisa del fenómeno de espectroscopia IR.

Este tipo de espectroscopia proporciona información analítica crucial para la “determinación y cuantificación de los compuestos inorgánicos y orgánicos del material particulado” (Veres, 2005); donde se traduce la absorción de la luz en el rango de infrarrojo por la interacción de enlaces presentes en las moléculas lo cual se traduce en un espectro “el cual funciona como una huella dactilar específica para cada compuesto” (María, 2002).

La utilidad de esta espectroscopia ha sido probada en algunos países como es el caso de Italia específicamente en Palermo, “donde se demostró su efectividad para analizar los componentes del PM y distinguir las fracciones PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>” (Varrica, 2019). Los resultados obtenidos demostraron la técnica fue eficaz para “identificar sales inorgánicas como sulfatos, nitratos y algunas sales de amonio” (Varrica, 2019). La capacidad de esta técnica para identificar compuestos como los carbonilos, alcoholes o hidrocarburos es fundamental para entender las

fuentes, producción y de emisión de estos compuestos permitiendo no solo cuantificar estos sino generar un análisis cualitativo más detallado y específico para fortalecer las habilidades de análisis por parte de los estudiantes.

## 8. Metodología

La metodología para este trabajo de investigación está estructurada bajo un enfoque mixto y de carácter exploratorio y descriptivo, planificado para integrar conceptos de la química ambiental con la estrategia didáctica del aprendizaje basado en proyectos (ABP).

### 8.1 Tipo de estudio y carácter de investigación

Esta intervención investigativa, tiene un enfoque mixto, al acoplar la cuantificación de datos de masa (PM) con el análisis cualitativo de la experiencia pedagógica.

#### 8.1.1 Carácter científico: exploratorio y descriptivo

- Exploratorio: se pretende establecer una caracterización química inicial del material particulado en el entorno inmediato de los estudiantes del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, un tema que ha sido poco abordado pese a los recursos de la Localidad de Puente Aranda, como las estaciones de monitoreo y control de la calidad del aire ubicadas una dentro las instalaciones colegio y otra en el polideportivo el Jazmín, a pocos metros de la institución.
- Descriptivo: se centra en la descripción química de los grupos funcionales del PM, además de referir la eficiencia de la implementación del ABP en el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.

### 8.2 Población y muestra de estudio

#### 8.2.1 Población

La población de estudio está conformada por los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento matriculados para el año electivo 2026.

#### **Tabla 3.**

*Descripción del grupo focal*

| Genero  | Hombres | Mujeres | Total | Rango de edad |
|---------|---------|---------|-------|---------------|
| Muestra | 14      | 10      | 24    | 16-18 años    |

Elaboración propia (2026).

#### 8.2.2 Muestra científica (muestreo del PM)

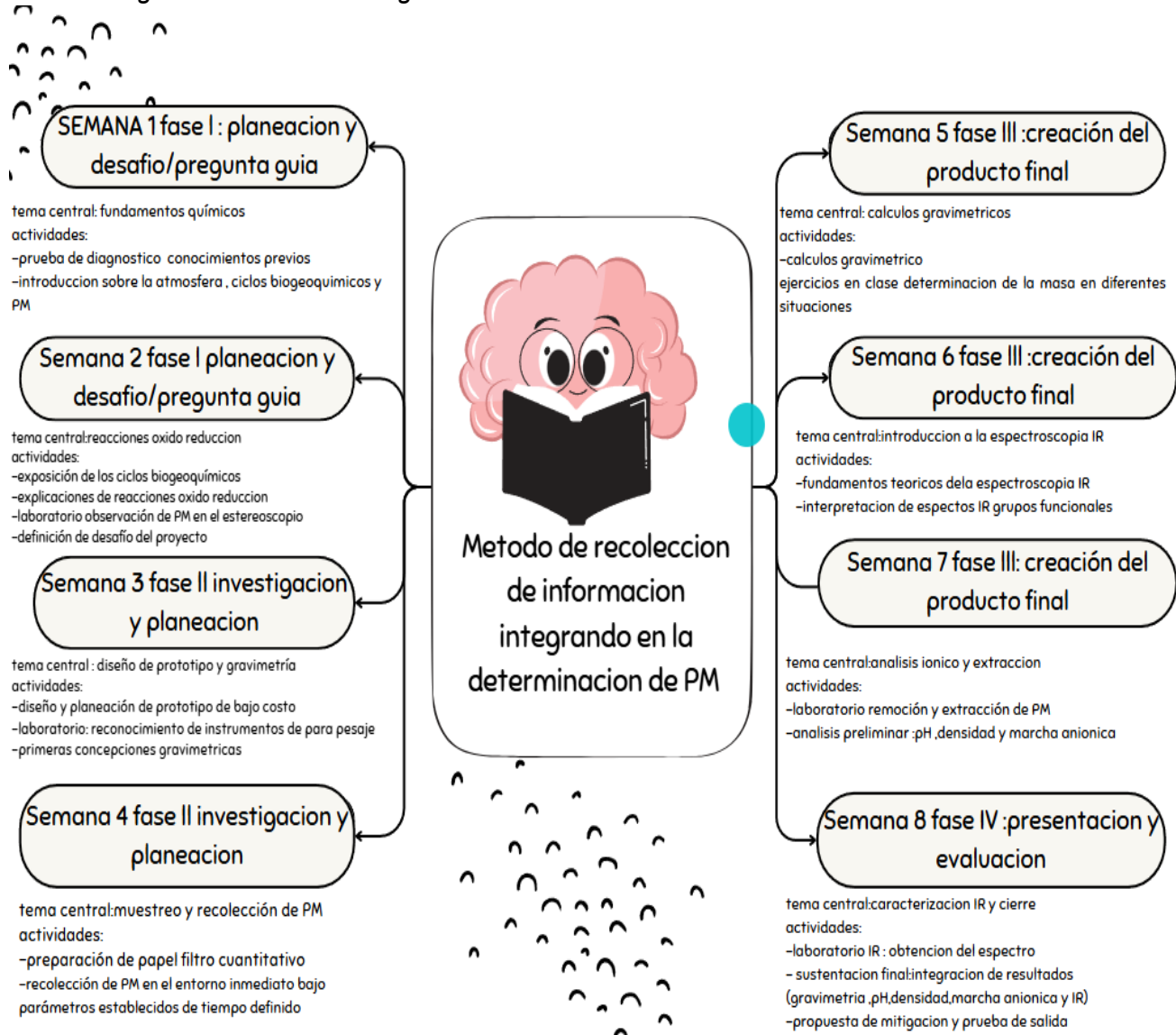
El muestreo inicial se desarrollará a través del diseño, por parte de los estudiantes, de un prototipo de bajo costo para la recolección de PM. De este modo, se busca que el grupo determine cual es el material y adhesivo más adecuado para garantizar una captura eficiente del PM, siguiendo los parámetros de **la Norma Técnica Colombiana NTC 3662**, que establece los parámetros para la “recolección y medición de partículas en el aire” (Icontec, 2010).

Posteriormente definidos estos parámetros se procederá a la recolección de PM en el entorno más cercano de los estudiantes, puede ser la institución educativa o sus inmediaciones, el tiempo de toma muestras físicas tendrá un periodo previamente establecido lo que permitirá disponer de datos confiables para el análisis.

### 8.3 Métodos de recolección de información: integración ABP y determinación de PM

La investigación se realizará en cuatro momentos secuenciales, integrando de manera adecuada la dimensión didáctico-pedagógica con la dimensión científica-analítica, dentro del marco metodológico del ABP.

**Figura 4.**  
*Estructura gráfica de la metodología*



Elaboración propia (2025) Nota. descripción de los momentos de intervención vinculados a el enfoque ABP

#### 8.3.1 Fase I del ABP: planeación y desafío /pregunta guía (semanas1-2)

Esta fase se centra en la orientación conceptual y la motivación inicial. Es fundamental que los estudiantes comprendan la relación de la atmósfera entre y el material particulado el cual interactúa con el ambiente. Por ello, en la semana 1, se aplicó una prueba de entrada con (un formulario Google o Forms) cuyo objetivo era diagnosticar los conocimientos previos temas esenciales cómo: gases, reacciones óxido reducción, conceptos la química atmosférica y ciclo de biogeoquímicos; lo que permitió ajustar los conocimientos de los estudiantes al enfoque de la intervención pedagógica. A continuación, en el aula se estableció el marco teórico de la química atmosférica, que era necesario para comprender la justificación científica de la investigación.

En la semana 2, La teoría se transforma en motivación y a su vez en un desafío. Se propuso un laboratorio inicial dónde se sometió al estudiante a la observación de material particulado haciendo usos de instrumentos de laboratorio como el estereoscopio. El objetivo de esta experiencia no fue simplemente la observación; fue confrontar la realidad del problema, haciendo visible el material particulado.

#### 8.3.2 Fase II del ABP investigación e implementación (semana 3-4)

En este momento de la intervención pedagógica se marca la transición de la teoría a la acción práctica y el diseño experimental. En la semana 3, el estudiante asumió el rol de investigador y el foco está en el diseño experimental del prototipo de bajo costo. La fundamentación técnica de este producto se realizó mediante consulta de la norma técnica colombiana **NTC 3662**, la cual proporciona el rigor metodológico para asegurar que la recolección de material particulado sea válida y reproducible. Bajo este marco, los estudiantes justificaron la selección del adhesivo y de los filtros para asegurar una recolección efectiva. Paralelamente, se introdujo el concepto de gravimetría en 2 momentos; primero teórico y segundo experimental en este último se les brindó a los estudiantes la información necesaria con respecto a la medición de masas en balanzas analíticas, detallando la precisión para la obtención de datos confiables.

#### 8.3.3 Fase III del ABP: creación del producto final (semana 5-7)

Esta etapa se dedicó a la obtención y procesamiento de datos, los cuales contribuyen al producto del proyecto. En la semana 5, el trabajo se centra en los datos cuantitativos al realizar el pesaje final gravimétrico y los cálculos para la masa correspondiente al material particulado.

En la semana 6 y 7 se enfocan en el análisis cualitativo. En el aula se introduce la espectroscopia de infrarrojo en la semana 6 con el objetivo de que los estudiantes adquirieran las bases para interpretar el espectro de esta técnica analítica. En la semana 7 se realizó el laboratorio de extracción del material particulado donde los estudiantes determinaron parámetros importantes como el pH, la densidad y realizaron una marcha aniónica para identificar posibles iones dentro de la muestra de material particulado antes de ser llevados al equipo de espectroscopia IR.

#### 8.3.4 Fase IV del ABP: presentación y evaluación semana (8)

La fase final de este proyecto se centró en la síntesis del conocimiento y la evaluación de competencias. El proyecto culminó con el laboratorio de espectroscopia IR, donde se obtuvo el

espectro que confirma la composición química de los grupos funcionales presentes en la muestra de material particulado.

El análisis y la sustentación es el momento pedagógico más importante, pues se busca la integración y contraste de los resultados de pH, densidad, marcha aniónica con respecto al espectro IR. Esta síntesis es fundamental para establecer el origen de los compuestos y proponer estrategias de mitigación pertinentes para la comunidad escolar. Finalmente, la prueba de salida, la cual busco avances de las competencias transversales de pensamiento crítico y resolución de problemas, cerrando así el ciclo de la intervención bajo el enfoque ABP.

#### 8.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En la tabla 4, se resume la información a ser recolectada en el grupo de estudiantes del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento; y en la tabla 5 se presenta la rúbrica de análisis.

**Tabla 4.**

*Descripción del proceso de recolección de información*

| INSTRUMENTO                      | PROPÓSITO                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prueba de entrada</b>         | Diagnosticar los conocimientos previos, para obtener una representación de las habilidades conceptuales de los estudiantes con respecto a el material particulado antes de la intervención                       |
| <b>Bitácoras</b>                 | Registro cualitativo por parte de la comunidad estudiantil para estimular las habilidades de observación y análisis                                                                                              |
| <b>Nube de palabras</b>          | Identificación visual de las percepciones de los alumnos, vocabularios adquiridos y los conceptos más relevantes con respecto a el material particulado en el contexto de Puente Aranda por parte de los alumnos |
| <b>Ensayos</b>                   | Evaluar la capacidad argumentativa y el nivel de correlación de las variables fisicoquímicas que tienen la población estudiantil en el proceso de intervención                                                   |
| <b>laboratorios</b>              | Desarrollar habilidades procedimentales permitiendo a los estudiantes cambiando su rol de alumnos pasivos a investigadores activos frente al análisis de sus propias muestras                                    |
| <b>Quices a mano y en online</b> | Realizar un seguimiento continuo de la apropiación de los conceptos para afianzar el conocimiento a corto y mediano plazo                                                                                        |
| <b>Prueba de salida</b>          | Cuantificar el impacto pedagógico de la metodología ABP evaluando las habilidades instrumentales y contrastando resultados con el diagnóstico inicial.                                                           |

Nota. Forma en que se registraron los datos con el grupo 1101 en la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento (2026)

**Tabla 5.**

*Rubrica de desempeño para las actividades del proyecto investigativo*

| Criterio                           | Superior<br>(5.0-4.6)                                                                                                                            | Alto<br>(4.5-4.0)                                                                                           | Básico<br>(3.9-3.0)                                                                                           | Bajo<br>(2.9-1.0)                                   |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Participación y cooperación</b> | Aporta argumentos sólidos, conecta la teoría con ejemplos en contextos reales, mantiene una actitud proactiva y acorde para impulsar a el grupo. | realiza aportes coherentes con la temática y colabora de manera asertiva con las actividades implementadas. | Participa muy poca con ideas confusas. Dificultad para trabajar autónomamente y requiere apoyo constante para | No participa ni demuestra colaboración con el grupo |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | avanzar en el proceso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                              |
| <b>Indagación Y ejecución de laboratorios</b>         | Registra al detalle, sigue las pautas dadas con precisión y autonomía.                                                                                                                                                                                                                                                                         | Registra lo necesario y procedimentalmente, realiza la mayoría de los pasos dados con algunas dificultades.                                                                                                                                                                                                      | Registra los datos de manera incompleta requiere acompañamiento frecuente para ejecutar el protocolo en las prácticas de laboratorio.                                                                                                                                                                                                               | No realiza registro de datos no sigue las instrucciones dadas.                                                                                               |
| <b>Consolidación de datos y pensamiento reflexivo</b> | Analiza e interpreta los resultados, realiza una conexión con la teoría explicando conceptos clave como: (material particulado, ciclos biogeoquímicos, redox, gravimetría, contaminación ambiental) con claridad y relaciona críticamente con el contexto cotidiano.                                                                           | describe los conceptos de manera general con algunas imprecisiones estableciendo algunas conexiones con el contexto del día a día.                                                                                                                                                                               | Presenta explicaciones confusas y relaciona de los conceptos abordados de manera superficial.                                                                                                                                                                                                                                                       | No establece una relación entre conceptos abordados, ni ofrece una explicación clara de estos; omite la relación con situaciones contexto la vida cotidiana. |
| <b>resolución de ejercicios y dominio conceptual</b>  | Resuelve correctamente los ejercicios planteados de balanceo redox, gravimetría espectroscopia IR; expone con coherencia, analiza las situaciones dadas y ejemplos propios.                                                                                                                                                                    | Desarrolla la mayoría de los ejercicios planteados y presenta la información necesaria, aunque con un nivel de análisis superficial.                                                                                                                                                                             | Evidencia errores frecuentes en el desarrollo de los ejercicios planteados y expone de manera incorrecta, perdiendo la coherencia teórica.                                                                                                                                                                                                          | Presenta dificultades para resolver ejercicios no desarrolla el contenido de la temática de la forma esperada.                                               |
| <b>Creación de prototipo y producto final</b>         | Propone, diseña y construye un prototipo de recolección de material particulado, justificando procedimentalmente su eficiencia. Realiza la entrega final siguiendo las directrices justificando las moléculas presentes en su muestra y planteado soluciones sustentables y sostenibles para la mitigación de los contaminantes identificados. | Diseña y construye un prototipo de recolección de material particulado cumpliendo con lineamientos establecidos. Realiza la entrega final identificando las moléculas presentes en la muestra, aunque la justificación de las soluciones para la mitigación de los contaminantes presenta una solución limitada. | Construye un prototipo de material particulado, aunque presenta dificultades con este con respecto a la eficiencia. Realiza la entrega final con información imprecisa sobre las moléculas presentes en la muestra y presenta dificultades para justificar de forma sustentable y sostenible la propuesta para mitigar los contaminantes presentes. | No logra construir el prototipo de recolección de material particulado. La entrega final carece de sustento procedimental y teórico.                         |

Nota. Elaboración propia, basada en las directrices del Ministerio de Educación Nacional bajo el decreto 1290 de 2009, compilado en el 1075 del 2015.

## 9. Análisis e interpretación de resultados

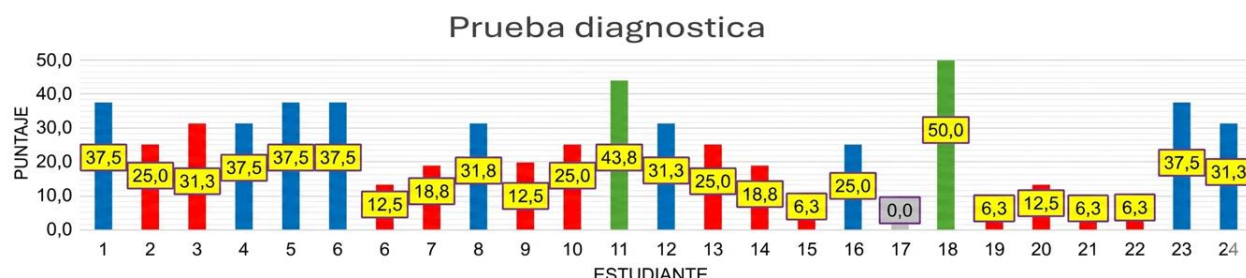
En este apartado se dará a conocer los resultados con su respectivo análisis, obtenidos a partir de diferentes fases de la intervención pedagógica siguiendo los lineamientos de ABP (**Aprendizaje Basado en Proyectos**) como se puede observar en la (figura 1). El proceso formativo constó de seis momentos los cuales fueron: Prueba diagnóstica, fortalecimiento conceptual, actividades teóricas prácticas, reflexión, propuesta para mitigación y examen final. A partir de estas se realizó actividades de saberes propios del grupo focal, prácticas de laboratorio, razonamiento matemático y científico, habilidades de pensamiento crítico.

### 9.1 Fase I ABP /planeación y desafío: prueba diagnóstica

Con el objetivo de identificar el nivel conceptual de los estudiantes sobre el material particulado, se aplicó un instrumento inicial (véase Anexo A), los resultados obtenidos se muestran en la (figura 5); la prueba consto de ocho preguntas referentes a conceptos de Química y Educación Ambiental, articuladas bajo la metodología ABP.

**Figura 5.**

*Resultados obtenidos*



Elaboración propia (2026).

**Tabla 6.**

*Resultados obtenidos en una escala de 0.0 – 50.0*

| Puntación mínima | Puntación máxima | Promedio | Mediana | Desviación estándar |
|------------------|------------------|----------|---------|---------------------|
| 0.0              | 50.0             | 23.7     | 25.0    | 13.6                |

Fuente: Elaboración propia (2026).

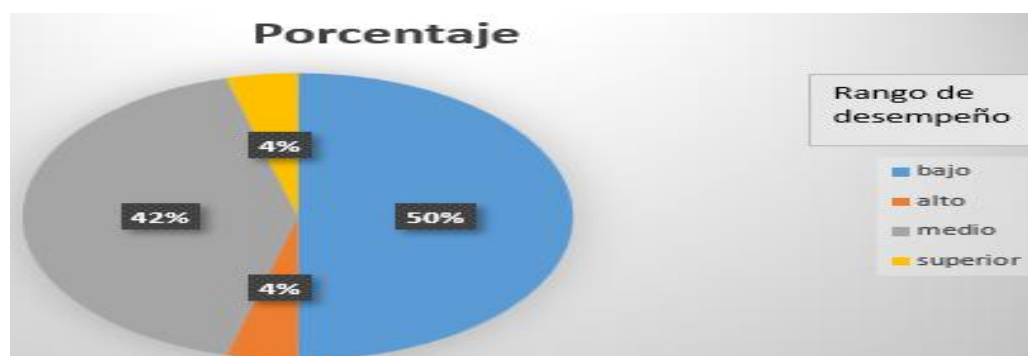
El análisis de la prueba diagnóstica inicialmente muestra un escenario heterogéneo sobre los conocimientos previos de los estudiantes del curso 1101 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento. El promedio general del grupo es de 23.7 sobre 50.0, este valor refleja que aun falta domino en los conceptos químicos evaluados. Lo más notable es la gran brecha que existe en el curso; mientras algunos estudiantes tienen bases sólidas, otros presentaron dificultades y esto se ve reflejado en la desviación estándar de 13.6.



Esta situación justifica porque no se puede aplicar una estrategia de enseñanza tradicional donde todos reciben el conocimiento sin involucrar a los alumnos. Para que el aprendizaje sea efectivo y equitativo, este proyecto propone el **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**. Debido a que esta estrategia permite que los estudiantes trabajen en equipo y se apoyen entre ellos, logrando que quienes tienen un conocimiento más elaborado ayuden a nivelar a sus compañeros mientras todos aprenden a aplicar la química en el estudio del material particulado.

**Figura 6.**

*Porcentaje del desempeño de los estudiantes en la prueba diagnóstica*



Nota. Elaboración propia (2026)

De acuerdo con la (figura 6), se puede observar que el 50% de los estudiantes obtuvieron un desempeño bajo, lo cual evidencia falta de conocimiento y articulación de los conceptos evaluados en esta prueba, en particular conceptos tales como los sistemas termodinámicos aplicados al ambiente, la clasificación de fuentes de emisión, técnicas de recolección y análisis de muestras de material particulado y sus los impactos en los ecosistemas. Otro grupo de estudiantes 42 %, su calificación estuvo en el rango medio, esto sugiere que los estudiantes poseen nociones básicas sobre las técnicas analíticas expuestas en la prueba diagnóstica, o fundamentos generales de las mismas, pero no son suficientes para explicar el fenómeno del material particulado y sus consecuencias desde una perspectiva Químicas y Educación Ambiental.

Finalmente, se observa que solo el 8% de los estudiantes equivalentes a 2, individuos obtuvieron valoraciones en el rango de alto y superior, confirmando las dificultades grupales sobre el dominio de estos conceptos previos.

Basado en la prueba diagnóstica y en la corroboración de desempeño a nivel grupal, y a partir del análisis de las respuestas específicas obtenidas en el instrumento inicial, se pudo evidenciar dificultades en la asociación de conceptos propios de la Educación Ambiental y la Química Analítica. Con el fin de profundizar un poco más en esta novedad grupal, a continuación, se presenta el análisis de las preguntas donde los estudiantes tuvieron mayor dificultad:

**Figura 7.**

*Pregunta número 1 de la prueba diagnóstica*



Elaboración propia (2026).

En la prueba de entrada, solo un estudiante considera el medio ambiente como un sistema abierto donde se relaciona el flujo de materia, energía y los ciclos biogeoquímicos.

Por otra parte, es pertinente indicar que 21 estudiantes equivalentes al 88% de la población encuestada reconocen la existencia del intercambio de materia energía en forma, calor pero no asocian los conceptos con los ciclos biogeoquímicos responsables en gran manera con la preservación de la vida en el medio ambiente Finalmente se puede observar que el 8% de los alumnos equivalentes en población a dos individuos optaron por responder la interacción en términos generales entre lo vivo y no vivo; si bien esta opción reconoce un equilibrio, carece de rigor argumentativo pues no identifica los procesos termodinámicos presentes en el sistema abierto.

Estos resultados evidencian conocimientos fragmentados a nivel grupal acerca del medio ambiente, es claro decir que los alumnos comprenden el proceso de entrada y salida si se ve el medio ambiente como un sistema, pero falta la comprensión del intercambio de este con el exterior.

**Figura 8.**

*Pregunta número 5 de la prueba diagnóstica*



Elaboración propia (2026).

Con respecto a los conocimientos procedimentales, en el laboratorio esta pregunta fue orientada en el campo de la Química Analítica, donde se evaluó el conocimiento sobre el método más adecuado para realizar el pesaje de contaminante sólido presente en aire; para efectos del material particulado.

Los resultados hallados fueron los siguientes: el 37% de los estudiantes contestaron de forma correcta, lo que equivale a 9 personas de las encuestadas, logrando estos identificar a la filtración como la técnica más apropiada para dicho proceso analítico. Esto indica que menos del 50% de la población estudiada tienen claridad sobre la técnica de la filtración y su uso en la Química Instrumental.

Por otra parte, el 63% de los estudiantes equivalentes a 15 individuos optaron por tomar las opciones procedimentalmente incorrectas para esto anteriormente mencionado: 6 individuos equivalentes al 25% de los participantes seleccionaron sublimación como la técnica adecuada. Asimismo, 21% de los estudiantes que en términos de población son igual a 5 personas también presentaron confusión pues tomaron la decisión de considerar la destilación como el método adecuado por el cual se les preguntaba.

Finalmente, el 17% equivalente a, 4 estudiantes, seleccionaron la opción de centrifugación como la más adecuada, evidenciando una confusión para esta población debido a la falta de claridad procedimental; pues la destilación es exclusiva para mezclas líquidas, la sublimación es el nombre del cambio de estado de la materia de sólido – gas y, en la centrifugación, aunque hay una separación de compuestos dejando en este caso los sólidos en el fondo del recipiente, para la hora de hacer un pesaje para cuantificar la masa se aumenta el error, debido a que no todo el sólido por la forma del tubo para centrifugación se puede recuperar por este medio.

En este caso, se debería pensar en una técnica complementaria para justificar con eficiencia la elección de la centrifugación como el método óptimo para este procedimiento. De esta forma, se observa que los estudiantes tienen un dominio bajo con respecto a las técnicas instrumentales y procedimentales en el laboratorio.

### **Figura 9.**

*Pregunta número 7 de la prueba diagnóstica*



Elaboración propia (2026).

Siendo el material particulado el eje central de este trabajo investigativo, es indispensable obtener información sobre los conocimientos de la población estudiantil con respecto a este tema; es por ello por lo que esta pregunta permitió indagar sobre el impacto de este en los ecosistemas y lo que los estudiantes piensan o conocen del tema.

Para ello, se determinó que el 21% de los estudiantes encuestados equivalentes 5 estudiantes seleccionaron la opción correcta, reconociendo que una de las causas del material particulado en los ecosistemas es la reducción de luz solar, la alteración de la temperatura y afectación en los procesos de fotosíntesis.

Desde esta óptica, el 79 % de los encuestados tuvieron conocimiento fragmentados, es interesante pues este porcentaje equivale a 19 estudiantes donde se observa el 32% de estos asocia el impacto del material particulado únicamente sobre los animales, el 29% afirman que este fenómeno solo afecta el desarrollo de las plantas. Finalmente, un 18% afirman que el efecto es solo la disminución de la radiación solar.

Demostrando así, que este 79% de la población identifican algunas de las problemáticas, pero tienen visiones divididas, pues no unifican los conceptos; a pesar de tener comprensiones físicas o biológicas, que están desligadas conceptualmente por parte de los estudiantes.

#### 9.1.1 La atmósfera

En la implementación, la sección de atmósfera se realizó debido a dos factores: el primero que es un tema incluida en el programa de formación de **SAS Sistemas Ambientales y Sociedades:** y la segunda razón, para explicar el movimiento del material particulado por medio de los vientos. Esto es fundamental ya que, si estos no existieran el PM sería. Por esta razón, el tema de atmósfera fue abordado durante el proceso de la intervención pedagógica, resaltando el papel del viento como medio de transporte para el material particulado desde las fuentes de emisión hacia el entorno más cercano.

Para ello, se utilizaron los recursos empleados (véase anexo B), donde se abordaron los temas en secuencia: qué es la atmosfera, composición, capas, presión atmosférica, circulación atmosférica, funcionamiento del viento, y por último los contaminantes del planeta. A través de esto, se identificaron los siguientes aspectos:

Algunas dificultades conceptuales: Se evidencia que los conceptos de la física clásica como fuerza y presión aún no era claros, pues persistían errores conceptuales con respecto a estos; aunque algunos estudiantes pudieron definirlos, entendiendo las diferencias y las relaciones que existen entre los conceptos.

Otra dificultad encontrada fue el concepto de presión atmosférica, ya que la mayoría de los alumnos no identificaban el aire como una sustancia que posee masa y, por ende, ejerce una presión sobre superficie de la tierra. Sin embargo, se realizaron actividades experimentales demostrativas (Figura 10), donde los estudiantes pudieron comprender mejor la concepción de presión atmosférica.

#### **FIGURA 10.**

*Explicación demostrativa de la Presión Atmosférica con los estudiantes.*



Elaboración propia (2026).

La dificultad más fuerte observada fue en las células atmosféricas y su relación con los vientos, debido a que no les era claro para los estudiantes cada célula atmosférica y la clase de vientos: contralisios alisios y occidentales (véase Anexo B. Esta confusión dificultó inicialmente la comprensión de cómo se desplazan las masas de aire a gran escala antes de aterrizar el concepto a la circulación local.

Comprender este último fenómeno es de gran importancia, ya que explica cómo se dispersa o se concentra el material particulado en una zona específica, como lo es la localidad de Puente Aranda.

- Actividades realizadas por los estudiantes.

Para esta parte de la intervención pedagógica los estudiantes realizaron dos actividades la primera a una bitácora y la segunda una infografía esta última con unas ideas claras y diseñadas a partir del instrumento pedagógico elaborado (véase Anexo C.).

#### Bitácora

En este momento del trabajo investigativo, se profundizó en conocer los saberes previos; para ello (véase Anexo D), resaltando que los estudiantes empezaron a comprender conceptos clave como la masa del aire. Esto se puede conocer porque los estudiantes afirmaron que la presión atmosférica es el resultado de la masa del aire interactuando con la gravedad sobre la superficie de la tierra.

Asimismo, comprendieron las convenciones de calor y el flujo de este del ecuador hacia los polos; entienden que esta circulación atmosférica y el movimiento de los vientos hace que la temperatura del planeta se regule. Los estudiantes identifican que la atmósfera es la encargada de protegernos de los rayos solares y que su finalidad, para este caso, es actuar como un filtro para el sobre guardar la vida en el planeta.

Por otra parte, se pudo identificar el conocimiento adquirido con respecto a la tropósfera y la regulación del clima, que es vital para el movimiento del material particulado, puesto que este se mueve con más libertad en condiciones donde la sensación térmica es seca (tiempo seco), ya que si, es húmeda ésta se mantendría sobre el suelo.

Dificultades encontradas: los estudiantes, aunque explican la circulación atmosférica en el momento que refieren el movimiento del ecuador a polos y en sentido contrario, pero se evidencia

falta de profundidad y claridad pues no se mencionaron las células de Hadley, Ferrel y Polar, ignoran que estas permiten el movimiento de los vientos en zonas específicas como de trópicos a el ecuador o del trópico a los polos.

- Análisis de infografía realizada por parte de los estudiantes:

Los integrantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, tras la ejecución de la actividad propuesta, permitió reconocer varios conceptos adquisición de conocimientos científicos por parte de los de los alumnos de este grado.

En primer lugar, que los estudiantes comprenden las concentraciones físicas, en este caso **ppm y ppb**. Esto en gran medida es importante porque se puede reconocer la asociación de conceptos por parte de los alumnos en su formación a través de los años.

En segundo lugar, usando el software **OJO DE LA NASA**, los estudiantes demostraron competencias para ubicar geográficamente a Colombia. Pero los datos registrados con respecto a Bogotá varían pues los datos de 104 ppb -117 ppb esta variación de datos puede deberse a dos circunstancias:

- Al momento de realizar el desarrollo de la actividad, no todos los grupos la realizaron el mismo día.
- Los estudiantes no localizaron a Bogotá, sino otras ciudades del territorio colombiano (véase Anexos E y F).

Por otra parte, la forma más sencilla de corroborar esta variación es con “el color” expresado por los estudiantes que elaboraron las infografías (véase Anexos E y F). La representación de colores diferentes según la concentración de monóxido de carbono, dado por el software **OJO DE LA NASA**, para un caso se menciona el color verde con amarillo, indicando una concentración media de CO por otro lado se indica un color amarillo a naranja, afirmando una concentración más alta monóxido de carbono este criterio es tomado basándose en el “semáforo de colores para la calidad del aire” (Alcaldía de Copacabana, 2023).

Finalmente, se evidencia que en esta actividad faltó más análisis por parte de los estudiantes., debido a que solo se concentraron en la posición de CO y los colores que generaba el software, pero no lograron relacionar con la presión atmosférica, ni contar los parámetros termodinámicos que brinda el aplicativo como la temperatura y la presión, explicando estos cómo influyen en la formación del viento y cómo la estructura geográfica de Bogotá puede influenciar en la presencia de material particulado, indicación que se había dado previo a la actividad.

#### 9.1.2 Introducción al material particulado

Esta introducción se realizó unos días después del día sin carro decretado en Bogotá el 5 de febrero de 2026, dando como panorama un contexto más enfocado hacia las emisiones de material particulado por parte de las fuentes móviles como lo son los carros y las motos y contextualizar estos datos recientes fue de gran interés para los estudiantes y de gran aceptación.

Para ello se requirió de un apoyo visual (véase anexo G), donde se puede observar los instrumentos visuales y aplicativos como el de IBOCA.

**Figura 11.**

*Datos generados de concentración PM 10 en Puente Aranda día sin carro 5 de febrero del 2026 en Bogotá*

Intervalo del reporte 2026-02-05 15:00 - 2026-02-05 15:00  
 Fecha del reporte 27/02/2026 18:02:17  
 Estaciones Puente Aranda

| Puente Aranda<br>PM10 µg/m3 |               |         |       |
|-----------------------------|---------------|---------|-------|
| Fecha & Hora                | Concentración | NowCast | IBOCA |
| 2/5/2026 15:00              | 41            | 52      | 84    |
| AVG                         | Sin data      | 52      | 84    |
| Num                         | 0             | 1       | 1     |
| Datos [%]                   | 0             | 100%    | 100%  |

Obtenido de índice bogotano de la calidad del aire (IBOCA) (2026).

**Figura 12.**

*Datos generados de concentración PM 10 en Puente Aranda 6 de febrero del 2026.*

Intervalo del reporte 2026-02-06 15:00 - 2026-02-06 15:00  
 Fecha del reporte 27/02/2026 18:02:25  
 Estaciones Puente Aranda

| Puente Aranda<br>PM10 µg/m3 |               |         |       |
|-----------------------------|---------------|---------|-------|
| Fecha & Hora                | Concentración | NowCast | IBOCA |
| 2/6/2026 15:00              | 55            | 62      | 98    |
| AVG                         | Sin data      | 62      | 98    |
| Num                         | 0             | 1       | 1     |
| Datos [%]                   | 0             | 100%    | 100%  |

Obtenido de índice bogotano de la calidad del aire (IBOCA) (2026).

Es pertinente anotar que las gráficas que proporcionadas por el sistema IBOCA se presentaban de forma semanal para poder comprender, de forma más detallada las emisiones de material particulado día a día, hora a hora. Pero al finalizar la semana, dicha representación gráfica deja de estar disponible por el sistema; por ende, cuando se inició la introducción al material particulado ya había pasado más de 7 días. Por lo cual, no fue posible extraer las gráficas con la información respectiva para estos dos momentos como lo son: el “día sin carro” y el 6 de febrero, para poder comparar gráficamente los índices de material particulado producidos en la localidad de Puente Aranda.

Sin embargo, el aplicativo del IBOCA tiene una base de datos que permite obtener registros en días y horas determinada como se ve en las figuras 11 y 12. En estas se puede observar el índice de concentración de material particulado para PM<sub>10</sub> tanto para el “día sin carro” (5 de febrero) como para el día 6 de febrero a las 3 de la tarde. Es evidente que la concentración en ambos casos es diferente a pesar de tener una misma hora, aumento de 41µg/m<sup>3</sup> a 53µg/m<sup>3</sup>. Esta comparación tiene como resultado un incremento del 29.27% para emisiones PM en solo 24 horas de diferencia de una muestra a la otra.

Este valor se obtuvo a partir de la siguiente expresión matemática:

$$\text{Incremento \%} = \frac{\text{concentracion 2} - \text{concentracion 1}}{\text{concentracion 1}} * 100$$

$$\text{Incremento \%} = \frac{53\mu\text{g}/\text{m}^3 - 41\mu\text{g}/\text{m}^3}{41\mu\text{g}/\text{m}^3} * 100 = 29.27\%$$

Esta particularidad fue gran interés para los estudiantes, que pudieron evidenciar, a través de datos concreto y sustentados por entidades expertas en el asunto como es el caso del IBOCA, donde se resaltó el índice de material particulado un día común a un día sin carro en una sola localidad de Bogotá, como lo es Puente Aranda.

#### Análisis de dificultades encontradas

Durante el desarrollo de la actividad, se identificaron obstáculos que permitieron comprender las interpretaciones por parte de los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, arrojando los siguientes hallazgos:

#### **1- Fuente de las emisiones de material particulado: actividades antropogénicas vs. Causas naturales**

A pesar de la trayectoria académica, por parte de los estudiantes se pudo observar las dificultades para reconocer las fuentes de emisión naturales y antropogénicas. Existía la concepción generalizada que la única forma de producción del PM era por parte del hombre. Por esta razón, mediante la explicación de los ciclos biogeoquímicos (véase Anexo G), se resalta de forma gráfica la generación natural de material particulado, los ciclos biogeoquímicos como el del carbono y el azufre son prueba de ello por medio de las erupciones volcánicas.

#### **2- Relación entre tamaño vs impacto en la salud**

Otra dificultad fue en la asociación del tamaño de partícula y la peligrosidad de esta para la salud los estudiantes analizaron donde por medio de los videos ilustrativos véase Anexo G. concluían que al ser PM<sub>2.5</sub> menor era inofensivo, pero claramente es el más peligroso, debido a su capacidad para penetrar hasta el sistema respiratorio, ocasionando daños severos en los pulmones como perforaciones en los mismos.

Finalmente, se identificó un paradigma muy particular: los estudiantes consideraban que la única diferencia entre el PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2.5</sub> era solo su tamaño. Sin embargo, esta idea se pudo aclarar gracias a las tablas 1 y 2, que fueron utilizadas como herramientas visuales en el Anexo G. Para lograr a los estudiantes a obtener una mirada más analítica, pudieron evidenciar, por medio de estas tablas que más allá del diámetro de las partículas hay componentes específicos para cada tipo de PM y, por ende, diferentes fuentes productoras de estos materiales particulados. Esto conllevó a un punto de reflexión donde los estudiantes argumentaban que nunca se les había hablado sobre las composiciones químicas del material particulado, sino solo el tamaño y comprender más acerca del tema los llevó a tener una mirada más crítica desde el punto científico.

#### 9.1.3 Instrumento de evaluación para el cierre de la fase I del ABP: planeación y desafío

El recurso elaborado véase Anexo H fue diseñado para ser la actividad de cierre de esta fase de la implementación pedagógica bajo el nombre de **PLANEACIÓN Y DESAFÍO** con el fin de



observar los avances conceptuales por parte de los estudiantes del curso 1101 donde obtuvieron las siguientes evidencias:

**Figura 13.**

*Nubes de palabras realizada por los estudiantes relacionándolas con sus conocimientos iniciales de material particulado*



Nota: elaboración propia (2026). Adaptado del trabajo de los estudiantes

**Figura 14.**

*Evidencia fotográfica de las exposiciones de los ciclos biogeoquímicos por parte de los estudiantes*



Elaboración propia (2026).

Nota: las evidencias fotográficas solo se les realizaron a los estudiantes cuyo acudiente firmó el consentimiento informado véase Anexo I.

## Figura 15.

*Evidencia de elaboración de ensayos por parte de los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento*

Nombre: Maria Camila Aranda Hurtado.

Curso: 1101

**¿En qué medida las emisiones de material particulado generadas en la zona industrial de Puente Aranda pueden justificarse dentro de un modelo de desarrollo económico y social sostenible, considerando sus efectos sobre la salud pública, la calidad del aire y el bienestar de la comunidad?**

En la clase de SAS hemos estudiado diversos ciclos como el del azufre, el nitrógeno y el agua, que nos ayudan a comprender cómo los elementos se mueven en el suelo, el agua y los seres vivos. También hemos explorado herramientas como la página web de la Secretaría Distrital de Ambiente, donde se puede consultar en tiempo real la calidad del aire en Bogotá mediante el Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA), que utiliza una escala de colores. Al consultar esta página, se observa que en zonas industriales como Puente Aranda los niveles de material particulado (PM2.5 y PM10) son más altos. Esta situación plantea una pregunta fundamental: ¿en qué medida pueden justificarse estas emisiones dentro de un modelo de desarrollo económico y social sostenible, considerando sus efectos sobre la salud pública, la calidad del aire y el bienestar de la comunidad? A lo largo de este ensayo se verá que, si bien la actividad industrial en Puente Aranda genera empleo y dinamiza la economía, las emisiones de material particulado no son plenamente justificables porque afectan la salud de las personas, y alteran los ciclos biogeoquímicos naturales que hemos analizado en clase.

Para entender el problema en Puente Aranda, primero miremos lo que dicen los datos sobre la calidad del aire. En la página de la Secretaría Distrital de Ambiente podemos ver el Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA), que muestra con colores qué tan contaminado está el aire. En Puente Aranda, las estaciones de monitoreo reportan que hay altos niveles de material particulado (PM2.5 y PM10), que son partículas dañinas porque se meten en los pulmones y afectan la salud. Además, no es un problema nuevo: en 2019 la Secretaría de Ambiente tuvo que sellar dos fábricas en Puente Aranda porque estaban contaminando por encima de lo permitido. Esto muestra que hay normas que prohíben contaminar tanto, como la Ley 1333 que pone multas muy altas a quienes incumplan. Pero, aunque las normas existen, el problema sigue. El problema de la contaminación en Puente Aranda no es solo ambiental, también es un asunto de salud pública que afecta a miles de personas. Según la Secretaría Distrital de Salud, en el suroccidente de Bogotá —donde queda Puente Aranda— viven cerca de 3 millones de personas que están expuestas todos los días a la mala calidad del aire. El contaminante más peligroso es el material particulado fino

(PM2.5), porque es tan pequeño que entra fácilmente a los pulmones y puede pasar a la sangre, causando enfermedades respiratorias, problemas del corazón y hasta cáncer.

Además, para entender mejor por qué las emisiones de Puente Aranda son un problema, podemos mirar lo que hemos aprendido en clase sobre los ciclos biogeoquímicos. Por ejemplo, en el ciclo del azufre, vimos que este elemento sale de forma natural de volcanes o materia en descomposición. Pero en Puente Aranda, las fábricas y vehículos queman combustibles y liberan mucho más azufre del que debería haber, en forma de dióxido de azufre. Ese SO<sub>2</sub> reacciona en el aire y se convierte en partículas pequeñas que la gente respira, afectando el ciclo natural. Algo parecido pasa con el ciclo del nitrógeno: las industrias emiten óxidos de nitrógeno (NOx) que también forman material particulado y alteran este ciclo que, en condiciones normales, mantiene el equilibrio en el suelo y el aire. Además, el ciclo del agua también se ve afectado, porque esas partículas contaminantes pueden ser arrastradas por la lluvia y terminar en ríos o suelos, como vimos en los apuntes del ciclo del hierro, donde el agua transportaba elementos. Todo esto muestra que la contaminación no es algo aislado: interrumpe los ciclos naturales que estudiamos en clase, y esos ciclos son los que mantienen la vida. Como vimos en el ciclo biológico, las plantas y animales (incluyéndonos) terminamos absorbiendo esos contaminantes, cerrando un círculo que empieza en las chimeneas de las fábricas y termina en nuestros pulmones.

Después de analizar todo lo anterior, vuelvo a la pregunta: ¿se justifican las emisiones en Puente Aranda dentro de un modelo de desarrollo sostenible? La respuesta es que no. Es verdad que las industrias dan empleo, pero el costo es muy alto: 3 millones de personas expuestas a aire contaminado. Además, como vimos con los ciclos del azufre, el nitrógeno y el agua, la contaminación no se queda quieta, sino que se mueve y afecta todo: el aire, el suelo, el agua y nuestros cuerpos. Un desarrollo de verdad sostenible no puede sacrificar la salud de la gente. Por eso, más que justificar, lo que necesitamos son controles más estrictos y tecnologías más limpias para que Puente Aranda tenga industria sin enfermar a su comunidad.

### Bibliografía

Secretaría Distrital de Ambiente. (2026). Portal Secretaría Distrital de Ambiente. Recuperado el 27 de febrero de 2026, de <https://www.sab.gov.co/>

Nota: elaboración propia (2026). Adaptado del trabajo de los estudiantes

Análisis e interpretación de resultados a nivel conceptual de los estudiantes mediante el Instrumento de evaluación para el cierre de la fase I del ABP: planeación y desafío

Fortaleza encontradas:

1- Se evidencia competencias argumentativas y éticas en la producción escrita por parte de los estudiantes, mediante sus ensayos ellos lograron obtener una postura crítica que no solo analizaba la industria como un beneficio económico, sino que cuestiona el desarrollo de la localidad bajo una mirada de justicia social y ambiental.

Esta coherencia se ve respalda por el análisis de la nube de palabras, donde los alumnos reconocen términos como urbanización, sostenibilidad y calidad del aire los cuales son concepto claves para poder analizar el dominio en el contexto de la localidad por parte del grupo focal y observar sus perspectivas con respecto a la producción de material particulado por fuentes antropogénicas y su relación directa con el entorno habitado.

## 2- Validación de la efectividad del instrumento por parte de los estudiantes

El diseño pedagógico propuesto permitió observar mediante las exposiciones de los ciclos biogeoquímicos, específicamente en los casos de los grupos de expositores del ciclo del hierro y del azufre. En estos grupos de demostraron dominio y capacidades para articular las variables exigidas: como las ecuaciones redox, identificación de reservorios y el flujo de materia y energía. Este nivel de apropiación por parte de los integrantes de estos grupos demuestra el dominio contextualizado de procesos químicos complejos dentro del contexto de la localidad de Puente Aranda.

Por otra parte, el análisis de las exposiciones permitió determinar una efectividad del 80% para cinco grupos de estudiantes. Este porcentaje se determinó mediante la aprobación del dominio de criterios de parte de los expositores. Eran cinco criterios de evaluación cada uno equivale al 20% y estos 5 grupos evidenciaron dificultades en al menos un criterio de evaluación.

Las falencias eran variadas según grupo, pero se pudo determinar que las estas estaban en 3 criterios de evaluación: ecuaciones redox de los ciclos, diagrama de cajas y el diagrama de flujo de materia y energía. El cumplimiento de la mayoría de los criterios permite determinar que el instrumento fue apropiado, debido a que éste permitió una comprensión general sólida, identificando los puntos exactos que requieren refuerzo a través de otras implementaciones futuras por medio recursos que den respuesta a el fortalecimiento de estos tres criterios de evaluación en cuestión.

### Debilidades encontradas

A pesar de que el instrumento tuvo una efectividad del 87.5%, su implementación permitió determinar algunas brechas conceptuales entre los grupos de estudiantes, este valor se obtuvo de la siguiente expresión:

$$\% \text{ efectividad} = \frac{\text{grupos estudiantes con efectividad}}{\text{muestra total de grupos de estudiantes}} * 100$$

$$\% \text{ efectividad} = \frac{7}{8} * 100 = 87.5\%$$

Se observaron dificultades en solo un grupo de los 8 asignados; este fue el ciclo de carbono el cual representa un 12.5% de la muestra total. Dicho valor se obtuvo mediante la siguiente expresión matemática:

$$\% \text{ dificultad} = \frac{\text{muestra de estudiantes por grupo en dificultad}}{\text{muestra total de grupos de estudiantes}} * 100$$

$$\% \text{ dificultad} = \frac{1}{8} * 100 = 12.5\%$$

En este caso particular, se evidencio una confusión en el dominio conceptual por parte de los estudiantes. Por ejemplo, por ejemplo, no identificaron los reservorios de forma clara y el flujo de materia y energía, resaltando los problemas conceptuales presentes en alumnos. Lo que indica que este grupo para este momento requería un seguimiento más cuidadoso en su proceso de aprendizaje, bajo el postulado “El espíritu científico debe formarse reformándose” (Bachelard,2000).

Estas palabras de este autor permiten comprender que el error de los estudiantes no es una falta de capacidad, sino una oportunidad para evaluar por qué no se obtuvo el 100% de efectividad y como futuras implementaciones podrían ayudar a los estudiantes del ciclo de carbono a alcanzar los niveles esperados.

## 9.2 Fase II: investigación y planeación

Esta fase en ABP se realizó en cuatro momentos:

- Laboratorio reconocimiento del material particulado mediante el uso del estereoscopio
- Laboratorio de adhesivo y material como una propuesta para prototipo definitivo
- Introducción a los conceptos de densidad y pH
- Análisis general de la fase II ABP:

### 9.2.1 Laboratorio reconocimiento del material particulado mediante el uso del estereoscopio

Para esta fase de la intervención pedagógica, se hizo necesario crear un instrumento para la observación cualitativa del material particulado véase Anexo J. El propósito central de este recurso fue facilitar que los estudiantes la identificación y la observación de PM mediante el uso del estereoscopio, acumulado en papeles filtro como muestra para su análisis.

Para ello se realizó el siguiente proceso:

#### **Figura 16.**

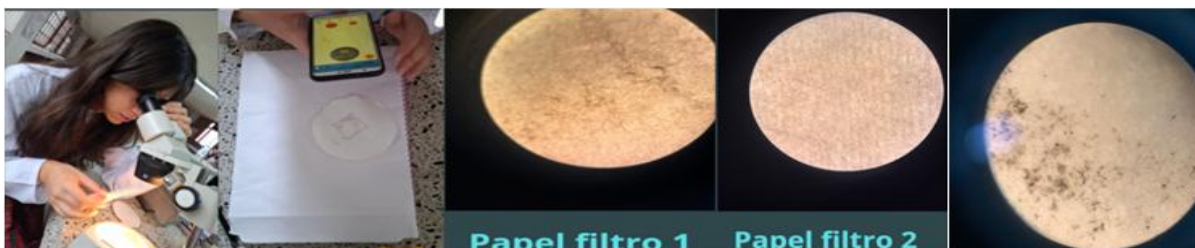
*Procedimiento para la identificación del material particulado*



Elaboración propia (2026).

**Figura 17.**

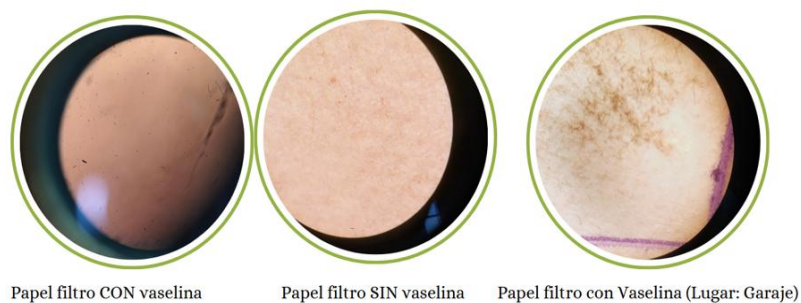
*Evidencia del laboratorio identificación del material particulado*



Nota: Elaboración propia (2026). A partir del registro de datos de los estudiantes.

**Figura 18.**

*Muestra de material particulado en diferentes lugares vistas con el estereoscopio*



Nota: Elaboración propia (2026). A partir del registro de datos de los estudiantes

El desarrollo de la práctica de laboratorio se realizó bajo las indicaciones del instrumento Observación cualitativa del material particulado mediante el estereoscopio véase anexo J. En la Figura 16 se detalla de forma gráfica el paso a paso elaborado por parte de los estudiantes.

Durante la experiencia de laboratorio, los integrantes del curso realizaron mediciones de masa mediante balanzas granatarias o de precisión, las cuales “tienen la capacidad de medir 0.1g a

0.01g” (Net-Interlab, 2020). También, hicieron uso del estereoscopio para la observación del material particulado presente en la muestra de papel filtro.

Complementariamente se utilizó un luxómetro como una herramienta digital y de fácil acceso y uso mediante los dispositivos móviles de los estudiantes, con el fin de determinar de forma óptica y cualitativa la variación en la escala de grises véase Anexo K, como se evidencia en las figuras 17 y 18 respectivamente. Este proceso permitió identificar las siguientes variables:

Fortalezas:

Identificación visual de material particulado: a través del uso del estereoscopio, se logró una identificación macroscópica de la muestra, permitiendo a los estudiantes reconocer la existencia física de este tipo de partículas más allá de la teoría.

Compresión de óptica implementación de la escala de grises fue fundamental para que los alumnos comprendieran los tonos oscuros presentes en el papel filtro reconociendo este fenómeno como un factor para el reconocimiento de la presencia de material particulado presente en una muestra específica.

Impacto del ABP: la metodología aprendizaje basado en proyectos en esta fase de la intervención pedagógica contribuyó al desarrollo del pensamiento crítico ya que los alumnos del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento empezaron a cuestionarse sobre la calidad del aire de la localidad y su impacto en la salud respiratoria.

Los estudiantes demostraron rigor académico con el uso de instrumentos como la balanza de precisión, logrando proponer incluso un valor en forma porcentual del material particulado presente en la muestra véase Anexo L.

Novedades en el desarrollo de la actividad

1. Una consideración en el proceso fue en términos gravimétricos en la cuantificación de la masa del material particulado presente en la muestra de papel filtro, esto se debe a la omisión del valor de la masa de vaselina adicionada, cabe anotar que la forma de hallar esta masa es a través de la expresión matemática:

$$\text{Masa PM} = m_{\text{final}} - (m_{\text{filtro}} + m_{\text{vaselina}})$$

La masa de vaselina al ser un componente de valor constante debió ser reportada, para evitar un error en la cuantificación de la masa del PM presente en la muestra por parte de los estudiantes.

2. El método principalmente fue pensado para captura muestras de PM, pero este puede ser no selectivo; es decir, que puede atrapar componentes adicionales al material particulado como cabellos pequeños, insectos o polen y esto de alguna manera puede interferir en el método de recolección de este componente presente en el aire.

3. Los alumnos del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento comprendieron, a través de la escala de grises que el tono oscuro puede ser un indicador de presencia de material particulado; pero este factor a su vez, puede ser un valor no tan preciso debido a la interpretación óptica que tenga cada estudiante con respecto a dicha escala.

Análisis de la práctica

La actividad de laboratorio inicial permitió evaluar competencias científicas y manejo de instrumentos por parte de los estudiantes. Del proceso se puede mencionar los siguientes hallazgos:

Se evidenció un dominio matemático, aunque con pequeñas dificultades cómo se mencionó anteriormente la omisión de la masa de vaselina. No obstante, la práctica de laboratorio facilitó que los estudiantes integran la manipulación de las matemáticas con una muestra de material particulado específica.

El desempeño grupal de los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento demostró una alta capacidad de disposición y seguimiento de protocolos experimentales. Esta actitud receptiva fue fundamental para la precisión de las instrucciones dadas y garantizar de este modo la efectividad de la práctica de laboratorio y posteriores intervenciones experimentales proyectas en el marco de la metodología ABP.

Si bien la mayoría de los alumnos demostró destreza en el uso de herramientas técnicas, se pudo identificar que un porcentaje minoritario presenta dificultades para la para la operatividad de la balanza de precisión y el estereoscopio. Este hallazgo permitió Identificar ajustes metodológicos y procedimentales para futuras prácticas de laboratorio donde se utilicen estos instrumentos, sobre todo, la balanza en cálculos gravimétricos.

#### 9.2.2 Laboratorio comprobación de adhesivo y material como una propuesta para prototipo

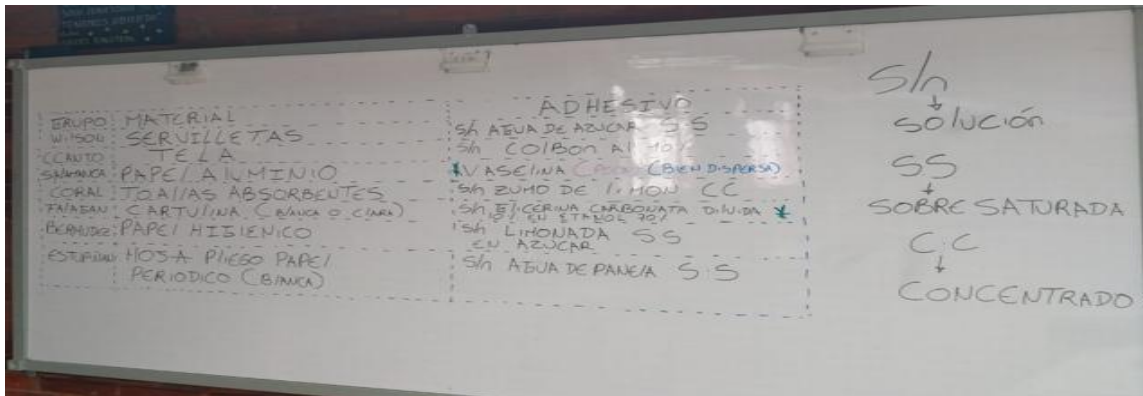
En esta etapa de la intervención pedagógica, se abrió un espacio de diálogo para escuchar las propuestas de los estudiantes respecto a la selección de un adhesivo eficiente y material de soporte adecuado para la recolección de la muestra de material particulado, por consiguiente, en esta fase la implementación se desarrolló de manera colaborativa entre la docente **del curso, el autor de la investigación y los estudiantes del curso 1101** del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.

Como se ha mencionado anteriormente, la metodología de este trabajo de investigación es el aprendizaje basado en proyectos ABP, la cual reconoce a los estudiantes como sujetos activos del proceso de investigación. A través de esta los alumnos tienen la posibilidad de indagar, proponer, cuestionar e investigar todo con el fin de conformar un trabajo colaborativo en el aula.

El resultado del consenso, se establecieron las variables controladas para el diseño y el prototipo, tales como la exposición de tiempo y el radio Cilíndrico de cartón (cilindro de cartón del papel higiénico) utiliza como una base de estructura para la captura del material particulado. las propuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

#### **Figura 19.**

*Propuesta de material y adhesivo por parte de los estudiantes*



Elaboración propia (2026).

**Tabla 7.**

*Propuesta de material y adhesivo por parte de los estudiantes*

| MATERIAL                         | ADHESIVO                     | Propuesta de estado del adhesivo |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Servilletas                      | Agua con azúcar              | Solución                         |
| Tela                             | Colbon 10%                   | Solución                         |
| Papel aluminio                   | Vaselina                     | Dispersa y poca                  |
| Toallas absorbentes              | Zumo de limón                | concentrado                      |
| Cartulina blanca                 | Glicerina carbonatada        | Diluida 30% en alcohol           |
| Papel higiénico                  | Limonada de (agua de azúcar) | Sobresaturada                    |
| Hoja de papel periódico (blanca) | Agua de panela               | Sobresaturada                    |

Elaboración propia (2026).

A partir de estas propuestas se diseñó la práctica de laboratorio #2 véase Anexo N

**Figura 20.**

*Diagrama de procedimiento para el laboratorio de Propuesta de adhesivo y material para creación de prototipo*



Elaboración propia (2026).



### **Figura 21.**

*Evidencia fotográfica sobre las propuestas creadas por parte de los estudiantes*



Elaboración propia (2026)

Esta segunda experiencia de laboratorio (véase Anexo M) en la figura 20 se presenta el procedimiento elaborado de forma gráfica, dando el paso a paso de forma metodológica para esta práctica experimental, con el fin de seleccionar los materiales y los adhesivos adecuados.

Durante la experiencia de laboratorio, los integrantes del curso realizaron mediciones de masa mediante balanzas granatarias o de precisión, las cuales “tiene la capacidad de medir 0.1g a 0.01g” (Net-Interlab, 2020). Debido a que el modelo ABP se fundamenta en la pedagogía activa este proceso permitió que los estudiantes se posesionarán cómo sujetos proactivos durante la fase de planeación y diseño experimental. Más allá de la construcción técnica por parte de los estudiantes ellos integraron sus habilidades creativas para proponer adhesivos y materiales contenedores adecuados partiendo de una iniciativa propia el fortalecimiento de su autonomía investigativa. Este abordaje metodológico permitió identificar variables de control para el éxito de la afinidad de material

#### **Fortalezas identificadas**

Monitoreo del entorno: por medio de la bitácora se pudo observar que los estudiantes reconocían factores como la humedad, la presión atmosférica la temperatura y la radiación UV (véase Anexo N). Donde se resalta estas variables. Esto destaca la capacidad de los alumnos para reconocer los factores ambientales este monitoreo por parte de la comunidad estudiantil permitió comprender el comportamiento del aire como un sistema dinámico y no como una variable aislada del entorno de los estudiantes.

Sentido de pertenencia y responsabilidad: se resalta el seguimiento que los estudiantes hacen respecto a el producto; realizado en este caso el prototipo elaborado a partir de sus propuestas de adhesivo y material. Fomentando un sentido de pertenencia y responsabilidad sobre su producto permitiendo un monitoreo continuo en su eficiencia a través del tiempo.

Incorporación del ABP de forma visible para los estudiantes: Esta metodología fomento habilidades de indagación, cuestionamiento, investigación colaborativa, donde la resolución de problemas técnicos como la selección de material y adhesivo fortaleció la aprobación de los conceptos químicos instrumentales. En consecuencia, el aula se transformó en un espacio de construcción colectiva, logrando que el aprendizaje fuera significativo al ser directamente vinculado con el monitoreo de la calidad del aire en su entorno más cercano.

Descripción cualitativa: (véase Anexo N) los estudiantes resaltaron la observación de cambios cromáticos (aparición de tonalidades es grises y puntos oscuros) en las muestras. A partir de esta evidencia ellos propusieron y sugirieron posibles orígenes de emisiones de las partículas recolectadas en los prototipos.

Compresión dinámica del material particulado: se evidenció que los estudiantes reconocen la comprensión dinámica de este, comprendiendo que la recolección de esto no es un proceso inmediato, sino que requiere un transcurso de tiempo para su cuantificación. Esto demuestra una comprensión profunda en los procesos de sedimentación, captura y de acumulación de este material de estudio PM.

Evaluación del prototipo: se reconoció que el prototipo es funcional siempre y cuando se seleccione el adhesivo correcto. En el Anexo N, se resalta que el zumo de limón puede generar interferencias también se resalta que se debe limitar el movimiento del prototipo pues este puede generar perdidas en al momento de la cuantificación del PM.

Rigor científico: por medio de la bitácora, los estudiantes pudieron darle rigor por darle cumplimiento a “4 momentos claves del método científico” (Westreicher,2025) observación, registro de datos, análisis y mejoras para el experimento. Esta estructura no solo valido el experimento, sino que fortaleció el pensamiento crítico de los alumnos del curso 1101.

#### Debilidades

Como se registró en la bitácora (véase Anexo N), el prototipo presenta sensibilidad al movimiento y las vibraciones externas. Estas condiciones perjudicaron algunos prototipos tanto en la adhesión mecánica, lo que provoca el desprendimiento de material particulado antes de la llegada a el punto de análisis, es decir, el laboratorio de química del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento. En consecuencia, se pueden generar errores experimentales en cuanto a la cuantificación gravimétrica, arrojando valores de masa inferiores a la concentración real del punto de recolección en la localidad de Puente Aranda.

Por otro lado, el diseño basado en materiales de bajo costo es eficiente desde el punto económico (cartón, papel absorbente) sugiere precauciones técnicas, debido a que los materiales usados para el prototipo pueden ser sensibles a la humedad y al cambio de condiciones climatológicas. En este caso el prototipo es sensible a la presencia de lluvias debido que estas pueden degradar el material recolector y soporte de base el cono de cartón, comprometiendo la integridad física del prototipo y la validez de la muestra.

#### Análisis de la práctica

A partir de los análisis de las fortalezas y las debilidades evidenciado durante este momento de la intervención pedagógica se terminó que el prototipo es funcional y cumple con los principios del aprendizaje basado en proyectos ABP, Este producto inicial requiere ajustes técnicos para lograr una caracterización efectiva del material particulado. Estas modificaciones se sugieren con el fin de dar cumplimiento al objetivo de cuantificar e identificar los compuestos químicos mediante gravimetría y espectroscopia IR.

Para garantizar la validez del análisis instrumental se deben establecer algunas adecuaciones para el diseño definitivo del prototipo las cuales se mencionarán a continuación:

1- Selección del material contenedor: se analizó que el uso del papel filtro es eficiente exclusivamente si se trata de un papel filtro cuantitativo. A diferencia del papel cualitativo convencional el papel cuantitativo posee un tamaño de poro significativamente menor, lo cual garantiza la retención de partículas finas y reduce el margen de error en la cuantificación gravimétrica.

2- Cantidad y tipo de adhesivo: se concluyó que el adhesivo idóneo es la vaselina aplicada de forma estrictamente controlada. Se debe adicionar una masa entre 0,05 g y 0,1 g en una capa fina sobre el área cuadrada de 2 cm por 2 cm. El control de esta variable es de vital importancia; debido a que hubo un exceso de este adhesivo perjudica la lectura en el equipo de espectroscopia IR.

3- Soporte de estructura: Para mitigar la vulnerabilidad ante la humedad y las precipitaciones, se sugiere sustituir el cono de cartón por un tubo de PVC siempre y cuando cumpla con el mismo radio de este prototipo. No obstante, el soporte cartón sigue siendo una opción viable y económica, siempre y cuando el dispositivo de recolección se ha ubicado en un punto estratégico donde las condiciones de humedad no afecten la integridad del prototipo.

4- Control del movimiento del prototipo: Es importante limitar el movimiento del producto durante los días de exposición y posterior el traslado a los laboratorios de química del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento ya que las vibraciones mecánicas pueden causar pérdidas significativas y de exactitud para el análisis gravimétrico.

### **Figura 22.**

*Propuesta de bomba de vacío por parte de los estudiantes basando en la NTC 3662*



Elaboración propia (2026).

El prototipo desarrollado por los estudiantes demuestra ser funcional en la generación de vacío y en la movilización del aire dentro del sistema evidenciando principios básicos de la dinámica de los gases, sin embargo, presenta limitaciones importantes para la recolección eficiente del material particulado al contraste con los lineamientos de la NTC 3662 la cual sugiere una bomba o trampa de vacío para una recolección más rápida del PM.

La propuesta dada por los estudiantes presenta algunas limitaciones:

En primer lugar, el sistema opera mediante un mecanismo manual lo que genera ciclos de succión y no flujo continuo impidiendo alcanzar condiciones estables equivalentes a los equipos de bomba de vacío como se utiliza en los equipos de filtración al vacío.

En segundo lugar, el diámetro de las mangueras es reducido y esto limita el volumen del aire y la eficiencia para capturar las partículas además restringe el área para una posible filtración.

Finalmente, la sensibilidad del material particulado al movimiento y vibraciones bruscas que se pueden generar mediante el uso manual de las jeringas provocando pérdidas de material.

En este sentido, aunque el prototipo es funcional desde un enfoque didáctico y cualitativo no presentan las condiciones necesarias para un muestreo con respecto al material particulado.

### 9.2.3 Introducción a los conceptos de densidad y pH

En este momento de intervención pedagógica, primeramente, antes de abordar los temas densidad y pH, se plantearon algunas preguntas orientadoras las cuales tenían como finalidad diagnosticar cual el nivel conceptual de los estudiantes cuando se habla de estos dos conceptos tan importantes para la química y para el proyecto investigativo (véase Anexo O).

#### Fortalezas:

En términos generales, los alumnos del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento reconocen que es la densidad y la definen como la cantidad de masa que tiene un objeto en relación con el volumen que ocupa. Se analiza que si bien la respuesta es correcta, falta un poco más de precisión científica, pero es claro el concepto, facilitando la transición y la comprensión de cálculos más complejos en la fase III, con el tema de Gravimetría en el material particulado.

#### Debilidades:

Aunque la solución a las preguntas que se presenta en el Anexo O es válida, con referencia a la respuesta de como medir la densidad, para la mayoría del curso no era claro cómo hacerlo debido a que no hay un reconocimiento claro de los materiales en el laboratorio por ende era muy difícil hablar de instrumentos que los estudiantes no conocían para indicarles cómo se mide la densidad de forma general.

Por otro lado, el pH se evidencio, aunque es un concepto complejo para la mayoría de los estudiantes, debido a que solo se asociaba con lo acidez de una sustancia olvidándose de los otros parámetros como la basicidad y la neutralidad. Asimismo, confundían la escala de pH para algunos era 0-14 que es lo correcto para otros era logarítmica que se expresa en este rango. Por último, los estudiantes reconocían que hay métodos de como medir el pH como el papel indicador, pero no reconocían los métodos cualitativos como los indicadores acido- base y los cuantitativos como el uso del y pHmetro o potenciómetro.

#### Justificación de la intervención

Debido a las debilidades mencionadas se requirió la elaboración de un instrumento pedagógico específico. Este instrumento tiene como finalidad nivelar estas competencias conceptuales, ya que tanto la densidad y el pH son temas fundamentales para dar respuesta a la pregunta problema de este proyecto investigativo.

**Figura 23.**

*Explicación colorimétrica de pH haciendo uso de indicadores ácido- base*



Elaboración propia (2026).

#### Intervención densidad y pH

Tras la identificación de las falencias conceptuales anteriormente mencionadas se procedió a la implementación del recurso pedagógico diseñado para el fortalecimiento de estas competencias analíticas véase anexo P, cómo lo son la densidad y el pH ya que esta intervención se estructuró a través de una clase demostrativa cuyo propósito era fortalecer de forma conceptual la comprensión de estos temas.

Durante esta sesión, se abordaron núcleos fundamentales para la posterior caracterización del material particulado

- Formas de medir la densidad y unidades de esta: Como se puede observar en el anexo p se profundizó en las formas y en el material volumétrico para medir la densidad, adicionalmente se dieron a conocer algunas medias de la densidad como  $\text{Kg/m}^3$ ,  $\text{g/cm}^3$  y  $\text{lb/ft}^3$  debido a que la más conocida por los estudiantes era  $\text{g/mL}$ .
- Equilibrio químico: se brindó una claridad para la definición de la escala de pH que en unidades van 0 a 14 donde 7 es la forma neutra antes de este valor ácido y después básico, se dio especial énfasis en la relación logarítmica de la escala explicando la expresión matemática  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
- Constante de disociación: se introdujeron las constantes de acidez  $K_a$  y basicidad  $K_b$  como parámetros para entender la fuerza de los electrolitos
- Técnicas de medición: se presentaron los métodos cualitativos para obtener un valor aproximado de pH por medio de los indicadores ácido base como se puede observar en la figura 23, además se mostraron equipos capaces de medir el pH de forma cuantitativa como es el pH metro y potenciómetro permitiéndole al analista un dato con mayor exactitud y una medida instrumental con bastante precisión con respecto al pH.

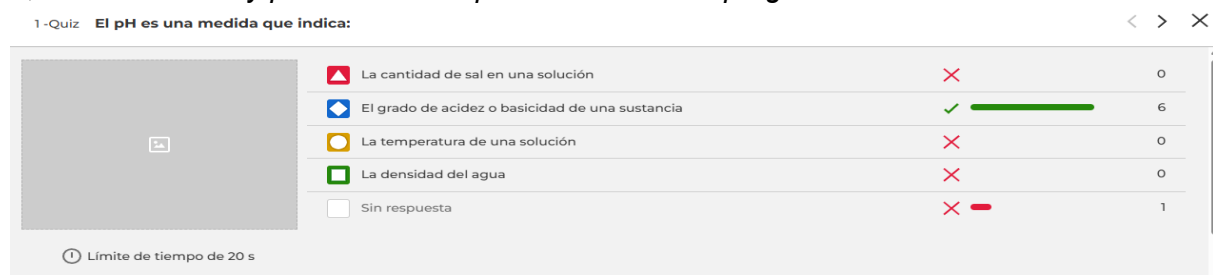
#### Evaluación del instrumento densidad y pH mediante la plataforma Kahoot

Para verificar la eficiencia del Instrumento realizado y de la clase demostrativa para la obtención de los conocimientos de los estudiantes del curso 1101, se aplicó una prueba didáctica mediante la plataforma Kahoot permitiendo este una cuantificación en tiempo real del progreso de los alumnos frente a las falencias detectadas previamente.

Los resultados fueron obtenidos por grupos de trabajo donde la cantidad fue de 7 cómo se puede evidenciar a continuación:

**Figura 24.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 1*



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

En la primera pregunta, los resultados evidenciaron que el 86% de los participantes seleccionaron la respuesta correcta, identificando adecuadamente que el pH mide el grado de acidez o basicidad de una sustancia. Por otro lado, el 14% restante corresponde a un grupo de estudiantes que como se puede evidenciar en la figura 24 no registraron alguna respuesta frente a esta pregunta.

Aunque la ausencia de selección dificulta la cuantificación este comportamiento sugiere que los estudiantes no lograron identificar la opción correcta dentro del límite establecido que era de 20 segundos. Esto permitió entender que algunos alumnos aún podrían persistir algunas falencias o confusiones conceptuales con respecto a lo que indica la escala de pH.

**Figura 25.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 2*



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

Los resultados obtenidos en esta segunda pregunta donde se les preguntaba a los estudiantes qué sustancia era más ácida tal y como lo muestra en la figura 25 arroja un panorama pedagógico positivo para un 57% donde cuatro grupos de participantes identificaron que la sustancia con pH de 5 es la más ácida, mientras que el 43% equivalente a 3 grupos de estudiantes seleccionaron valores superiores a 7 inclusive de 12, evidenciando una tendencia errónea que entre más grande sea el valor es más ácido sugiriendo que este grupo evidencia dificultades con respecto a la escala del pH.

Este hallazgo es importante debido a la caracterización de material particulado la cual los estudiantes debían hacer en la fase III del proyecto investigativo. Una lectura errónea en los



instrumentos que permite el valor cuantificable de la escala de pH hace que los estudiantes no comprendan la naturaleza química del material recolectado en la localidad de puente Aranda o incluso afirmar posibles PM no correspondientes la lectura.

**Figura 26.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 3*

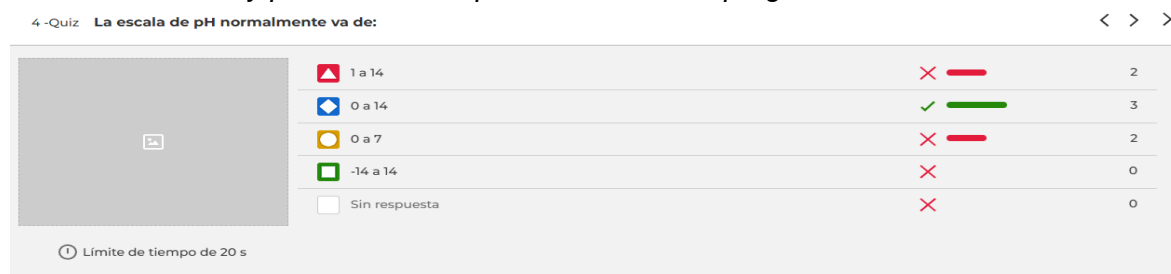


Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

En esta pregunta se evaluó la capacidad de los estudiantes del curso 1101 de interpretar el concepto de pH en un entorno ambiental, en este caso un suelo muy ácido. Como se puede observar en la figura 26 un 57% equivalente a cuatro grupos de participantes quienes identificaron correctamente la incidencia de la acidez en el crecimiento vegetal; no obstante, el análisis de los errores revela hallazgos pedagógicos significativos el 28% equivalentes a 2 grupos de participantes seleccionaron que el color del suelo sugiere esto sugiere una posible confusión derivada de la enseñanza tradicional del pH. Por último, el 15% equivalente a 1 grupo de estudiantes afirma que un suelo muy ácido puede afectar la forma del terreno, aunque en cierto modo es correcto, pero está dada por la erosión, movimiento de masas, acción del agua y vientos y el movimiento de las placas tectónicas.

**Figura 27.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 4*



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

En esta pregunta se evaluó el conocimiento sobre el rango de la escala de pH, como se puede observar en la figura 27 los resultados revelan un panorama dividido que requiere un análisis pedagógico:

- Nivel de aciertos solo el 43% de las participantes equivalentes a 3 grupos identificaron correctamente que el rango de la escala de pH es de 0 a 14

- Un 28.5% equivalente a dos grupos de estudiantes seleccionó el rango de 1 a 14 este es un error muy común derivado de la enseñanza básica o media donde el uso del cero se omite lo que genera una impresión técnica sobre la escala pH
- El otro 28.5% de los participantes optaron por un rango de 0 a 7 este hallazgo es muy importante porque se puede analizar que algunos alumnos asocian el pH exclusivamente al rango de acidez olvidando la parte alcalina la cual tiene un rango 7 a 14.

**Figura 28.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 5*

5-Quiz La densidad de una sustancia se define como:

|                                  |                                  |   |   |
|----------------------------------|----------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/>            | La cantidad de espacio que ocupa | × | 0 |
| <input checked="" type="radio"/> | La relación entre masa y volumen | ✓ | 7 |
| <input type="radio"/>            | El peso total de un objeto       | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | La cantidad de materia visible   | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | Sin respuesta                    | × | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

**Figura 29.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 6*

6-Quiz Un objeto flota en el agua cuando:

|                                  |                                      |   |   |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/>            | Su densidad es mayor que la del agua | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | Su densidad es igual a la del agua   | × | 0 |
| <input checked="" type="radio"/> | Su densidad es menor que la del agua | ✓ | 7 |
| <input type="radio"/>            | No tiene masa                        | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | Sin respuesta                        | × | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

**Figura 30.**

*Quiz de densidad y pH mediante la plataforma Kahoot pregunta numero 7*

7-Quiz La unidad más común de densidad en el laboratorio es:

|                                  |               |   |   |
|----------------------------------|---------------|---|---|
| <input type="radio"/>            | Kg            | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | L/g           | × | 0 |
| <input checked="" type="radio"/> | g/mL          | ✓ | 7 |
| <input type="radio"/>            | L             | × | 0 |
| <input type="radio"/>            | Sin respuesta | × | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

En cuanto a las preguntas correspondientes al tema de densidad figuras 28, 29 y 30 se observó una consolidación del concepto de un 100% de acierto este desempeño demuestra que el grupo 1101 de colegio Luis Carlos Galán Sarmiento dominan la relación masa volumen la flotabilidad y el manejo de las unidades en el laboratorio validando la efectividad de la intervención. Tal nivel de apropiación contribuye a este proyecto de investigación para garantizar el rigor necesario para los cálculos gravimétricos requeridos para la caracterización química del material particulado en la localidad de Puente Aranda.

### **Figura 31.**

*Estudio cualitativo de pH del agua del laboratorio de química de colegios Luis Carlos Galán Sarmiento*



Elaboración propia (2026).

A partir del instrumento realizado y aplicado con los con el curso 1101 para las temáticas de densidad y pH, se pudo llegar al análisis que los estudiantes de este grado requerían como mínimo una intervención adicional con respecto al pH, por lo que se realizó una sesión fundamentada en el análisis del agua de laboratorio de química del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento como se muestra en la figura 31.

Donde se pudo profundizar poco más sobre la escala de pH los indicadores ácido base es por ello qué partiendo que la tubería del laboratorio que tienen más de 30 años y como se puede observar en la figura 31 son de metal lo que sugería que estas aguas tuvieran interacción con los componentes metálicos de las llaves o grifos de laboratorio.

Los resultados fueron los esperados como se puede observar en la figura en la figura 31 se muestra a partir de los indicadores ácido- base, azul de metileno azul de bromotimol y fenolftaleína que en todos los casos el rango de viraje o cambio de color Corresponden a un valor en la escala de pH de básico es de aclarar que este método de indicadores ácido base es cualitativo pero se puede tener una aproximación a través de estos cambios de color esto fue muy importante para la comprensión de los estudiantes de esta escala y también para observar la calidad de las aguas de laboratorio.

#### **9.2.4 Análisis general de la fase II ABP:**

La culminación de esta fase de investigación y planeación contribuye fundamentalmente a dar respuesta a la pregunta problema al demostrar que la implementación de la metodología aprendizaje basado en proyectos ABP transforma la percepción de los estudiantes de un

estudiante pasivo a un investigador activo en su entorno. Cumpliendo en este modo con el objetivo específico número dos, se logró la creación de un prototipo de bajo costo con la participación estudiantil la cual fue determinante para esta elaboración; la transición por el laboratorio los adhesivos permitieron crear una propuesta original acorde a las necesidades empleadas para la recolección de material particulado a partir de un adhesivo como la vaselina de forma controlada para garantizar que no interfiera en la lectura de IR.

Así mismo en esta fase se dieron las bases para el objetivo específico número 3, centrado en la cuantificación gravimétrica al identificar y corregir mediante esta fase de la intervención pedagógica la omisión de la masa del adhesivo en los cálculos iniciales se aseguró que los estudiantes dominaran la expresión y las expresiones matemáticas correspondientes a la masa de PM, para reducir el margen de error por último la nivelación conceptual densidad y pH donde se alcanzó una conciliación del 100% y el 86% de respectivamente fue el cierre necesario para garantizar que el análisis de las muestras recolectadas en la localidad puente Aranda no sea un ejercicio mecánico sino un proceso de interpretación científica con rigor académico desde este modelo ABP.

En esta fase no solo se validó la funcionabilidad del prototipo dando respuesta a el objetivo específico número 2, sino también contribuyó al fortalecimiento de las habilidades de indagación y el pensamiento crítico alineadas a los objetivos del PRAE de la institución y preparando el escenario para la caracterización química definitiva en la fase III

### **9.3 Fase III: creación del producto final**

Esta fase en ABP se realizó en cinco momentos:

- Diagnóstico de conocimiento sobre gravimetría
- Introducción a gravimetría
- Diseño de prototipo final
- Análisis de las preguntas iniciales de la fase III como cierre metodológico
- Análisis general de la fase III ABP

#### **9.3.1 Diagnóstico de conocimiento sobre gravimetría**

Al ser la gravimetría el corazón de este proyecto investigativo se hizo importante utilizar un cuestionario para reconocer los conocimientos sobre esta temática por parte de los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento este proceso de evaluación se realizó mediante la plataforma Kahoot, en grupos de trabajo como una forma para que los alumnos con su equipo de laboratorio pudieran de forma colaborativa enriquecer su conocimiento véase Anexo Q.

Los resultados analizados de este proceso fueron los siguientes:

Al ser esta fase central del proyecto investigativo, se hizo necesario realizar un cuestionario para poder mapear los conocimientos acerca de la gravimetría por parte de los estudiantes del curso 1101 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento. Este proceso se ejecutó de forma colaborativa, es decir, los alumnos realizaron este formulario por grupos de trabajo en la plataforma kahoot, fomentando de esta forma la discusión grupal y la construcción de conocimiento (véase Anexo Q). El análisis resultados evidenciados fueron los siguientes:

- Sé evidencio que el 100% de la población asocia la gravimetría con la medición de masa de un analito o un compuesto, Asimismo, la totalidad de los grupos comprende que el rigor y el cuidado del procedimiento analítico que son directamente proporcionales a la exactitud de los resultados obtenidos.
- La mayoría de la población reconoce que la balanza analítica es el instrumento principal para realizar este método analítico, solo el 14% de la población tuvo inclinación por algún distractor. Es importante resaltar que el 71% de los alumnos presentan confusiones a la hora de interpretar una balanza de orden de las diezmilésimas, un aspecto importante para este proyecto de investigación debido a que el rigor gravimétrico exige un dominio e interpretación en los equipos dónde se reportan, como mínimo cuatro cifras decimales.
- Un hallazgo pertinente es que ningún grupo clasificó la gravimetría dentro de su categoría formal, es decir, un método cuantitativo clásico. La población se inclinó por los distractores de la siguiente manera: el 57.5% por un método instrumental moderno, el 28.5% por cualitativo básico y el 14% por un método espectroscópico. Esta dispersión conceptual de los estudiantes permitió analizar que la química instrumental moderna y los métodos cualitativos generaban algunas confusiones sobre los métodos clásicos de cuantificación de la masa, como lo es la gravimetría.
- El 43% de los participantes logró identificar las unidades correspondientes a la concentración del material particulado, las cuales son  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  cúbico un parámetro abordado anteriormente en la fase I del proyecto investigativo.

En resumen, estos hallazgos proporcionaron el sustento para el diseño e implementación de un instrumento pedagógico para la nivelación conceptual de los estudiantes con respecto a esta temática.

### 9.3.2 Introducción a gravimetría

Como respuesta a las dificultades conceptuales identificadas anteriormente, se diseñó el instrumento visual (véase Anexo R), El cual fue realizado bajo los fundamentos y aplicación de la gravimetría.

En los primeros momentos de la presentación, se define la técnica analítica basada en determinar la cantidad de masa de un analito. Sin embargo, como el enfoque de este trabajo de investigación era la cuantificación del material particulado, se trató de vincular esta problemática ambiental con la temática de gravimetría.

Este momento, se recordó y se reforzó el postulado de la conservación de la materia: el cual dice que la materia, no se crea si se destruye solo se transforma, para fundamentar la idea que el peso en los filtros aumenta porque corresponde a el material particulado capturado, evitando concepciones erróneas a la hora de realizar la recolección de PM con ayuda de los prototipos.

Para poder comprender las interpretaciones conceptuales de los estudiantes después de este momento intervención se realizó una pregunta asociando el reactivo límite con la gravimetría en vista que los dos son tienen correlación desde la estequiometría. Es por ello por lo que se planteó un ejercicio para que los estudiantes pudieran demostrar sus habilidades adquiridas de años escolares anteriores hasta en el momento de la introducción de la gravimetría, por tanto, se realizó el siguiente ejercicio.

- Ejercicio determinación del reactivo limite y producción de agua desde la gravimetría.

En una reacción de neutralización entre el ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y el hidróxido de sodio  $\text{NaOH}$  se mezclan 2 g de cada uno de estos compuestos químicos.

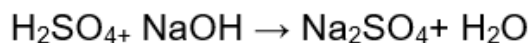
Datos:

masa molar  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g/mol}$

masa molar  $\text{NaOH} = 40 \text{ g/mol}$

masa molar  $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ g/mol}$

reacción química:

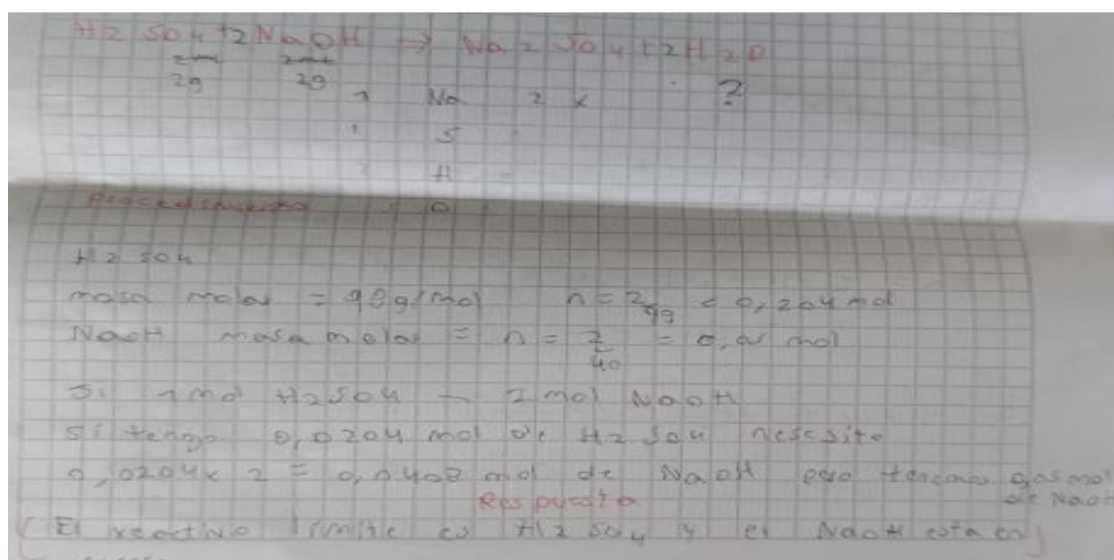


Preguntas:

- Calcule el número de moles de cada reactivo presente en la reacción
- Determine cuál es el reactivo límite y en exceso
- Calcule las moles de agua producidas en la reacción
- Si el agua producida se recoge en términos de masa mediante la gravimetría ¿qué masa de agua se espera obtener teóricamente?

### Figura 32.

Solución a el ejercicio planteado por parte de los estudiantes



Elaboración propia (2026).

Cómo se pudo observar en la figura 32, los alumnos reconocen que el punto de partida para un ejercicio gravimétrico cualquiera que sea requiere de un balanceo estequiométrico; es por ello por lo que en esta imagen se pudo evidenciar que los estudiantes reconocen y resaltan este procedimiento inicial. Aunque en el desarrollo del ejercicio no se observa factores de conversión, el grupo demuestra habilidades para asociar los conceptos de estequiométricos mediante el razonamiento proporcional.

En este ejercicio se puede analizar que los estudiantes han consolidado habilidades para llegar a la determinación del reactivo límite y en exceso. Para la situación propuesta, identifican de forma correcta que el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) actúa como el reactivo límite, mientras el hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) se encuentra en exceso.

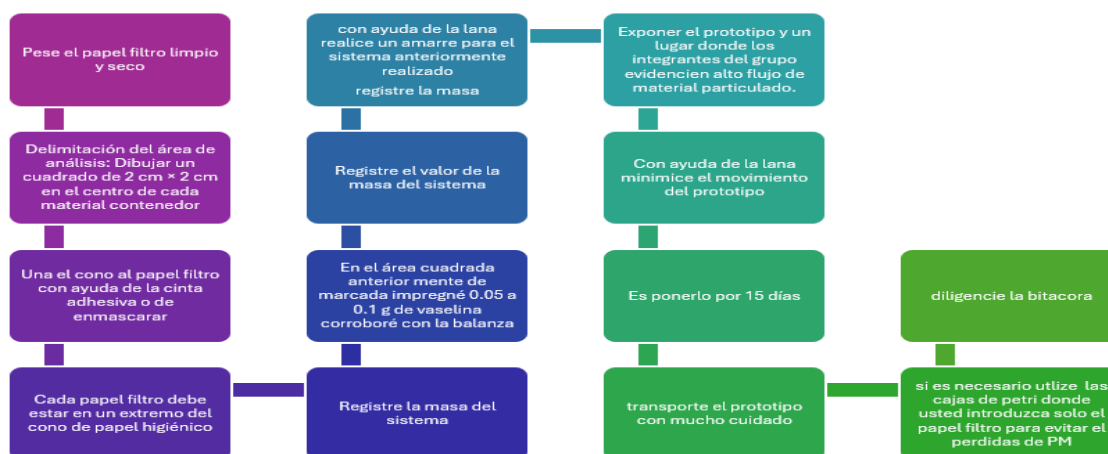
Sin embargo, a partir de esta base sólida conceptual, se identifica una ruptura en ejecución procedimental final. Si bien teóricamente se puede deducir que la producción de  $\text{H}_2\text{O}$  depende de las moles del reactivo límite, como se observa en la figura 32 los estudiantes no culminaron el ejercicio para la determinación de la masa de este de este producto en este caso el agua. Se estima que los estudiantes realizaron un desarrollo del 80% de la solución al ejercicio planteado omitiendo el paso crucial de la cuantificación de la masa producida.

Dado que la determinación de la masa final del producto agua era el eje y el rigor gravimétrico para esta situación, y el contrastar que ningún grupo logró finalizar esta cuantificación, se hizo importante tomar una decisión didáctica, que es optar por ejecutar una retroalimentación de los conceptos abordados, este momento de la intervención pedagógica en la fase IV antes del laboratorio de gravimetría y espectroscopia IR reforzando los cálculos estequiométricos y gravimétricos para asegurar el dominio de estas competencias antes de enfrentarse a la práctica de laboratorio.

### 9.3.3 Diseño de prototipo final

**Figura 33.**

*Procedimiento para creación del prototipo de recolección de material particulado*



Elaboración propia (2026).

**Figura 34**

*Prototipo final para recolección de material, elaborado por los estudiantes del curso 1101*



Elaboración propia (2026).

Para más claridad sobre el instrumento para crear el prototipo de material particulado véase Anexo S.

#### Fortalezas:

Durante el desarrollo de la práctica enfocada en la construcción del prototipo de recolección de material particulado se identificaron las siguientes actitudes en los estudiantes.

- Se evidenció una alta comprensión de la guía de trabajo elaborada. Los estudiantes lograron aplicar los conceptos y destrezas adquiridas previamente en la fase dos, lo que facilitó la creación del prototipo.
- La construcción del dispositivo se ejecutó de manera efectiva logrando culminar el diseño en una única sesión de clase de duración de 1 hora. Esto resaltó la efectividad y la planeación de las actividades en las anteriores fases fomentando la autonomía del grupo para trabajar en el diseño y creación del prototipo
- Los estudiantes demostraron destrezas técnicas y procedimentales destacando el manejo de balance y lectura de ella de manera correcta adecuación de los filtros en la matriz de cartón registrando las masas según lo sugerido en el procedimiento de la guía elaborada.

#### Debilidades:

Cómo se puede observar en la figura 34, se identificó una debilidad significativa en el componente actitudinal de los estudiantes con respecto a la normativa de seguridad en el laboratorio. Al percibir que esta práctica de laboratorio no conllevaba un riesgo químico inmediato para su integridad personal, la mayoría de los estudiantes del curso 1101 omitieron el uso obligatorio de la implementación de protección personal, específicamente la bata de laboratorio y los guantes de nitrilo.

Este hallazgo es preocupante desde la formación de la cultura científica los estudiantes tienen a minimizar la norma en función del riesgo percibido, Una conducta proyectada a futuro en entornos industriales o laboratorios especializados podrían derivar en accidentes graves para los estudiantes. En dichos contextos a exposición a pequeñas cantidades no detectables de sustancias peligrosas que exigen un seguimiento de los protocolos de bioseguridad. Ante esta observación, se realizó las observaciones pertinentes por parte de los profesores reiterando la importancia de los implementos de protección personal como un hábito permanente en los laboratorios debido a la peligrosidad de las actividades procedimentales.

### 9.3.4 Análisis de las preguntas iniciales de la fase III como cierre metodológico

Dado que los resultados iniciales en esta fase revelaron dificultades conceptuales, se estableció como cierre metodológico el abordaje de las preguntas de apertura para esta fase III de este trabajo investigativo. Este ejercicio de contratación permitió verificar la efectividad y la consolidación de conceptos de los estudiantes para una nivelación con respecto a la gravimetría (véase Anexos Q y T). A continuación, sí muestra los resultados de este proceso:

**Figura 35.**

*Resultados de forma comparativa de la apropiación conceptual con respecto al tema de gravimetría de manera grupal*



Elaboración propia (2026).

El análisis de los resultados obtenidos antes del instrumento de nivelación con respecto al tema de gravimetría y después de esta intervención pedagógica se ilustra de forma gráfica según la figura 35 donde se evidencia un crecimiento estructural en los estudiantes con respecto a los conceptos de la gravimetría.

Al examinar el comportamiento de las preguntas evaluadas se puede validar la eficiencia de la toma de decisiones por parte de los estudiantes durante esta etapa del aprendizaje basado en proyectos.

Se determinó la efectividad de para esta parte de la intervención pedagógica la cual fue del 45.6%. Este valor se obtuvo mediante la siguiente expresión matemática:

$$\frac{\text{sumatoria de datos (finales - inicial)}}{\text{numero de datos}} = \frac{\Sigma((100 - 71) + (71 - 29) + (100 - 86) + (86 - 0) + (100 - 43))}{5} = 45.6\%$$

Nota: la pregunta 4a no presenta cambio ya que se obtuvo inicial y final una respuesta del 100% de respuesta, por lo que no se tuvo en cuenta en este cálculo.

Respecto a la pregunta 2, donde se obtuvo un incremento del 42% se puede analizar que los estudiantes reconocen con mayor precisión la balanza analítica al momento de realizar una lectura de esta evitando caer en los distractores conceptuales y experimentales. Por otro lado, en la pregunta 5, se evidencia que los alumnos reconocen la gravimetría como un método clásico

para la cuantificación de la masa, rompiendo el paradigma de considerarlo un método moderno o cualitativo alcanzando un porcentaje de acierto del 86%. Finalmente, con un 57% se observa que la comunidad estudiantil del curso 1101 ya reconocen plenamente las unidades de concentración para el material particulado las cuales son  $\mu/m^3$  tal cómo y se trabajó inicialmente en la fase I de este proceso académico. Estas preguntas resaltadas anteriormente son las que presentan más alto margen de eficiencia, mientras tanto las que no fueron nombradas no superaron el umbral del 30% de mejora de esta manera se consideró se consolidó una efectividad global de 45.6%. Este avance es fundamental, ya que garantiza que el proceso de enseñanza aprendizaje bajo la metodología ABP ha cumplido su función en este momento de la intervención superando los obstáculos teóricos por parte de los estudiantes antes de la práctica de laboratorio en la fase IV. Esto garantiza el desarrollo de habilidades científicas por parte de los alumnos permitiendo la validez de los datos obtenidos durante la caracterización de material particulado.

#### 9.3.5 Análisis general de la fase III ABP

Esta fase representa un avance fundamental en resolución de la pregunta problema, al demostrar que la implementación metodológica del aprendizaje basado en proyectos ABP logra transformar la percepción de los estudiantes de un rol pasivo a unos investigadores activos en un entorno escolar. Al alcanzar el diseño y creación exitosa del prototipo de bajo costo utilizando conos de cartón papel filtro y vaselina en una sesión de 60 minutos, se dio cumplimiento directo al segundo objetivo específico. Este proceso no fue solo manual, sino que promovió las habilidades científicas esenciales para el tema de Gravimetría y el uso adecuado de la balanza analítica para registrar las masas iniciales y finales asegurándose de la sensibilidad de instrumento de laboratorio como herramienta crucial en este proyecto investigativo.

Así mismo en esta parte de la implementación pedagógica se proporcionó un sustento conceptual y matemático requerido para el tercer objetivo específico centrado en la cuantificación gravimétrica. Mediante la nivelación realizada en esta fase la cual tuvo una efectividad del 45,6% este resultado es significativo porque permite corregir los vacíos conceptuales que tenían los estudiantes, garantizando de esta forma que los alumnos no realizar una descripción mecánico sino un proceso de interpretación científica con rigor académico.

Finalmente, la fase III validó la funcionabilidad del prototipo y el fortalecimiento de las habilidades de los estudiantes para identificar compuestos químicos en su entorno más cercano con herramientas técnicas e instrumentales precisas preparando así a los alumnos para la caracterización química en la fase IV

#### 9.4 Fase IV: presentación y evaluación

Esta fase se realizó en cinco momentos los cuales se mencionan a continuación:

1. Introducción a espectroscopia IR
2. Laboratorio gravimetría y espectroscopia IR
3. Sustentación Propuesta de mitigación sobre los compuestos de PM encontrados
4. Prueba de salida
5. Análisis de la fase IV ABP



#### 9.4.1 Introducción a espectroscopia IR

Para este momento la intervención pedagógica, no se consideró necesaria una actividad previa sobre los conocimientos específicos de los estudiantes sobre la espectroscopia IR, debido a que esta es una temática que pertenece al campo de la química instrumental y no se encuentra explícitamente contemplada en los derechos básicos de aprendizaje (DBA) para grado undécimo. No obstante, en este documento anteriormente mencionado resalta el estudio de la química orgánica y el comportamiento ondulatorio de la luz (MEN,2016, pp.37-38).

Al ser la espectroscopia IR un puente entre estos dos conocimientos, adquiere una gran relevancia a nivel académico para grado once. En consecuencia, sí realizó una intervención introductoria con los estudiantes de curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento respecto a esta técnica de análisis instrumental. Dicha sesión se realizó con recursos visuales (véase Anexo U), pero también se hizo uso de la caja de modelos moleculares. Diseñando así una estrategia didáctica y de fácil comprensión e interacción de las moléculas y los átomos en presencia de una radiación en el espectro de infrarrojo.

#### **Figura 36.**

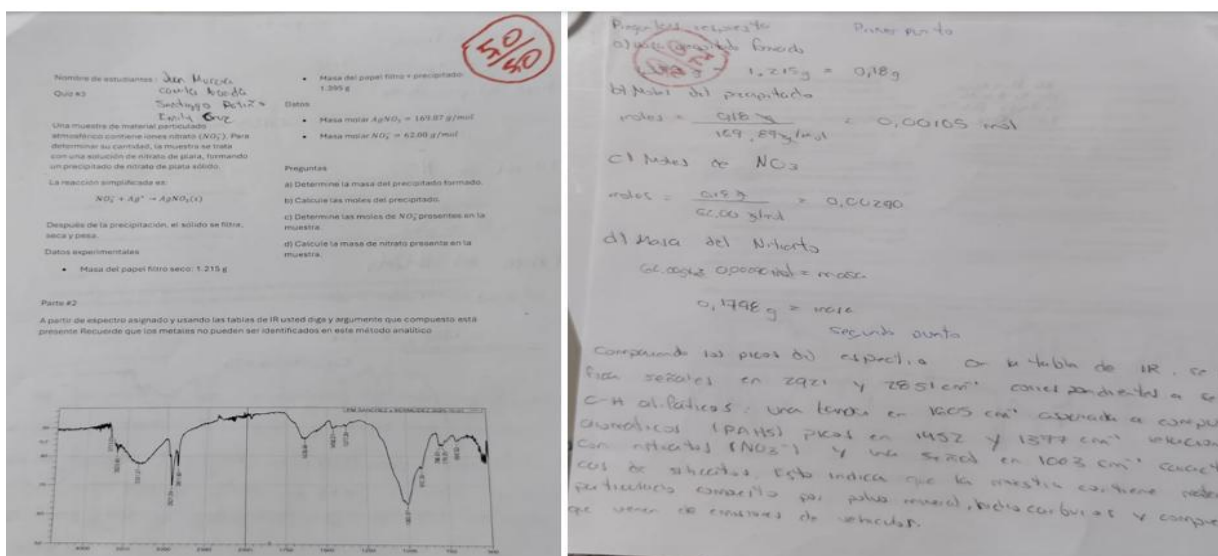
*Uso de la caja de modelos moleculares como apoyo para explicar la interacción de la radiación de infrarrojo en las moléculas*



Elaboración propia (2026).

#### **Figura 37.**

*Quiz de gravimetría y análisis del espectro IR*



Elaboración propia (2026).

Como se mencionó en la fase III, era importante de nuevo hacer una retroalimentación sobre el tema de gravimetría, debido a que quedaron algunos factores con respecto a la determinación de la masa de los compuestos como se puede observar en la figura 37, los estudiantes para este momento ya tenían las habilidades procedimentales para obtener el valor de una masa específica para un analito. Este avance fue vital importancia puesto que se evidencia el dominio del tema por parte de los estudiantes.

Por otra parte, se resalta las habilidades de los estudiantes para comprender el espectro IR. Dado que realizan una aproximación a los compuestos y la fuente de emisión con respecto el material particulado forma coherente tal y como se observa en la figura 37. Si bien en el análisis faltaron algunas bandas de absorción como la de los silicatos en el rango de (1100- 900  $\text{cm}^{-1}$ ), pero al identificar dos compuestos se puede inferir que los estudiantes comprendieron la interpretación de las tablas de IR con el espectro.

Desde la metodología ABP, lo anteriormente mencionado es importante ya que se evidencia que los estudiantes no solo memorizan datos, sino que intenta asociar una señal grafica con una fuente de emisión de material particulado.

#### 9.4.2 Laboratorio gravimetría y espectroscopia IR

Para esta práctica de laboratorio se requería el material particulado recolectado por el prototipo realizado por parte de los estudiantes en la fase III como se observa en la Figura 33, se requería de un seguimiento a este instrumento por medio de una bitácora (véase Anexo V).

#### Figura 38

Evidencia del seguimiento del prototipo dirección avenida de las Américas con avenida 68 sentido occidente -oriente



Elaboración propia (2026).

**Figura 39.**

*Evidencia del seguimiento del prototipo estación de Transmilenio Distrito Grafiti dirección avenida de las Américas con carrera 53 A sentido occidente -oriente*



Elaboración propia (2026).

Con el material particulado recolectado por parte de los alumnos del curso 1101 se pudo realizar la práctica de laboratorio Determinación Gravimétrica y Caracterización del Material Particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) con Identificación infrarroja como constituía el pilar fundamental de este proyecto investigativo (véase Anexo W).

**Figura 40.**

*Procedimiento para la práctica de laboratorio de gravimetría y espectroscopia IR*



Elaboración propia (2026).

**Figura 41.**

*Procedimiento realizado en las instalaciones de la Universidad Pedagógica Nacional por parte del investigador John Flórez*



Elaboración propia (2026).

Previo a la implementación de esta práctica de laboratorio, se consideró necesario realizar una fase de validación de la técnica realizada en las instalaciones de la Universidad Pedagógica Nacional. Este procedimiento tuvo como objetivo corroborar la viabilidad de este proceso bajo las mismas condiciones experimentales a las cuales se enfrentarían los estudiantes, tales como la recolección de material particulado en la localidad de puente Aranda, la calidad del agua desionizada disponible en las instalaciones de esta entidad de educación superior.

Como se puede observar y los (Anexos X, y Y), el investigador ejecutó el protocolo completo para el análisis, haciendo el replicado de cada uno de los pasos diseñados para los alumnos (véase Anexo W). Esta etapa de control permitió confirmar la eficiencia del método y la estabilidad de las muestras recolectadas.

**Figura 42.**

*Ejecución del laboratorio por parte de los estudiantes*





Elaboración propia (2026).

Para esta parte este laboratorio fue importante adecuar las condiciones del reactivo agua debido a el análisis de la figura 31. Donde analizo la composición básica del agua de los grifos del laboratorio de química del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento. Por ellos fue importante transportar agua desionizada preparada en las instalaciones de la Universidad Pedagógica Nacional.

#### **Figura 43.**

*Análisis de las variables por parte de los estudiantes de forma cualitativa y cuantitativa*



Elaboración propia (2026).

#### **Figura 44.**

*Marcha de aniones para el sólido de la muestra recolectada realizada por el investigador*

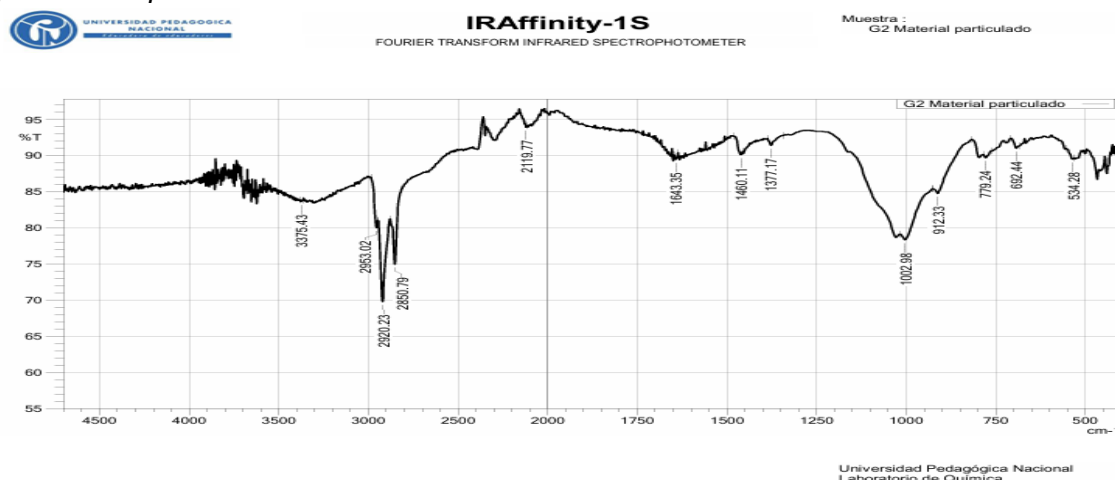


Nota adaptada de: Brown (2018, pp343-366).

La ejecución de este procedimiento permitió la identificación cualitativa de carbonatos en las muestras sólidas recolectadas; sin embargo, no se evidencia el proceso para muestras líquidas, debía a que el filtrado no arrojó resultados positivos para identificación de iones.

Este hallazgo valía la efectividad del método gravimétrico y de la marcha de aniones para la detección de carbonatos en el material particulado presente en el aire de la localidad del Puente Aranda. Asimismo, el proceso realizado anteriormente permitió al investigador corroborar con mayor precisión la viabilidad de las propuestas estudiantiles, complementando los resultados obtenidos mediante las mediciones del pH y la espectroscopia IR.

**Figura 45.**  
*Espectro IR a partir de la muestra de los estudiantes*



Elaboración propia (2026).

## Análisis de la práctica de laboratorio

El análisis de esta práctica de laboratorio revela una composición heterogénea de los compuestos de material particulado recolectados en la localidad de Puente Aranda al contrastar los resultados de los informes estudiantiles con la validación del investigador y los resultados en el espectro IR que pudieron analizar las siguientes variables:

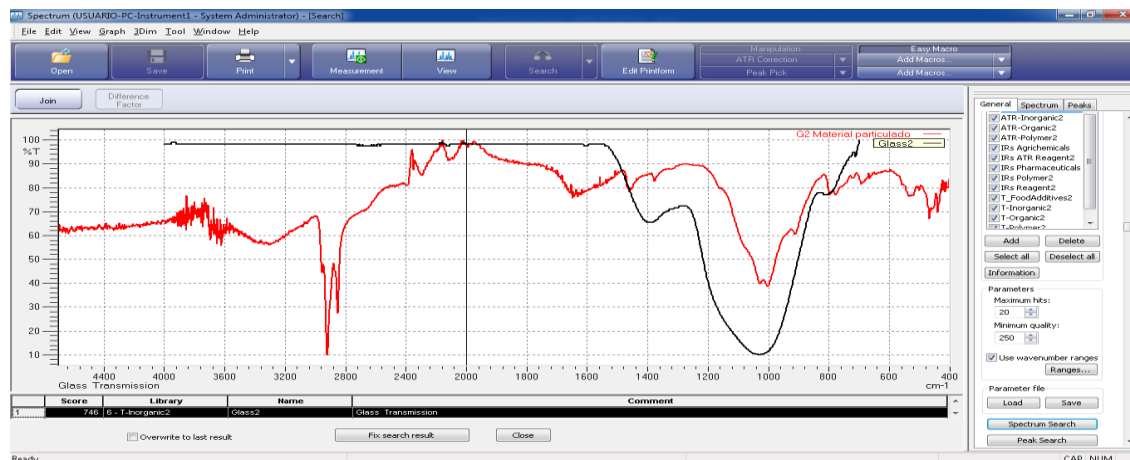
Fracciones solubles de carácter ácido:

En el informe de laboratorio (véase Anexo AA), los estudiantes reportaron que el agua de lavado o de lixiviado del material particulado presentó valores de pH entre 4.6 y 5.8. Este rango de acidez es una prueba clara de la presencia de nitratos y sulfatos solubles recordando las reglas de solubilidad que todos los nitratos son solubles y la mayoría de los sulfatos son solubles en agua a excepción de Sulfato de calcio estroncio bario y plomo que son insolubles en agua. Este tipo de compuestos identificados a partir de la técnica potencia métrica o de pH se debe a combustiones de fuentes móviles y fijas y se disuelve inmediatamente en contacto con el agua ionizada generando una solución ácida, las cuales están en pequeñas trazas por ello, no fueron detectadas en la marcha de aniones realizada por el investigador.

Fracción sólida (retenida en papel filtro):

### Figura 46.

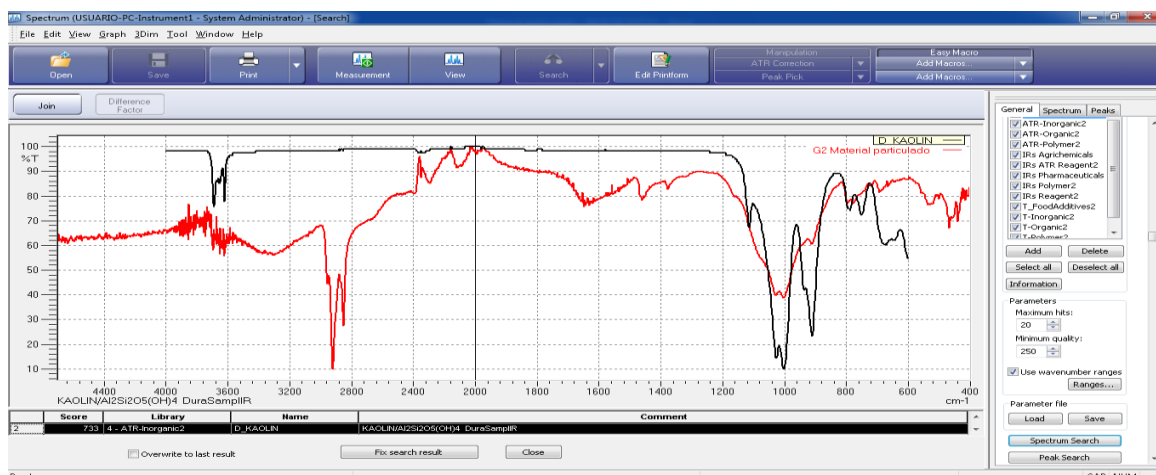
*Análisis a partir de espectro IR a partir de la base de datos del equipo de la Universidad Pedagógica Nacional*



Elaboración propia (2026).

### Figura 47.

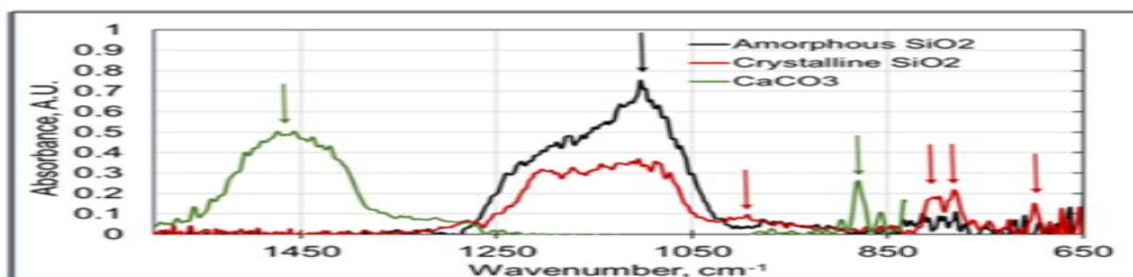
*Análisis a partir de espectro IR a partir de la base de datos del equipo de la Universidad Pedagógica Nacional*



Elaboración propia (2026).

**Figura 48.**

*Espectro IR para identificación de compuesto de material particulado*



Nota. Tomado de Núñez et al. (2020).

**Figura 49.**

*Tabla de espectroscopia IR para los compuestos del material particulado*

| Categoría Química  | Especie Química / Grupo                                             | Rango IR (cm⁻¹)         | Origen / Significado Ambiental           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Silicatos          | Silice/Silicatos ( $\text{SiO}_2$ ) <sup>4-</sup>                   | 900 - 1100              | Polvo de construcción y suelos.          |
| Minerales          | Óxidos metálicos ( $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) | 400 - 700               | Resuspensión de polvos y arcillas.       |
| Carbonatos         | Carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) <sup>2-</sup>                          | 1420 - 1450 / 870 - 880 | Actividad cementera y suelos calcáreos.  |
| Fosfatos           | Ión Fosfato ( $\text{PO}_4$ ) <sup>3-</sup>                         | 1000 - 1100             | Materia biogénica y fertilizantes.       |
| Iones Secundarios  | Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) <sup>2-</sup>                            | 1080 - 1150             | Oxidación de $\text{SO}_2$ industrial.   |
| Iones Secundarios  | Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) <sup>-</sup>                             | 1350 - 1410             | Emisiones vehiculares ( $\text{NO}_x$ ). |
| Cationes           | Amonio ( $\text{NH}_4$ ) <sup>+</sup>                               | 3030 - 3300             | Neutralización ácida en la atmósfera.    |
| Material Carbonoso | Alifáticos (Enlaces C-H)                                            | 2850 - 2960             | Hidrocarburos de combustibles fósiles.   |
| Material Carbonoso | Carbonilo (Enlaces C=O)                                             | 1700 - 1750             | Compuestos orgánicos oxidados.           |
| Orgánicos Tóxicos  | Aromáticos (C=C / PAHs)                                             | 1600 - 1630             | Combustión incompleta (Diesel).          |

Nota. Adaptado de María (2002), NIST (2023), Querol (2004) y Seinfeld (2016)

Es de aclarar que el espectro de la figura 48 se presenta en unidades de absorbancia en el eje Y." Debido que existe una relación inversa logarítmica de absorbancia es la transmitancia definida como  $A=2-\text{Log}_{10}(\%T)$ " (Herrera,2014). Los valores de absorción en la imagen al realizar una



inversión del espectro coinciden con los términos de transmitancia generados por el equipo de espectroscopia IR de la Universidad Pedagógica Nacional.

La caracterización de la fase sólida retenía el papel filtro reveló que la banda de absorción dominante permanece para carbonatos en ( $1420$  a  $1450\text{ cm}^{-1}$ ) y silicatos de ( $900$  a  $1100\text{ cm}^{-1}$ ). La presencia de ion carbonato fue confirmada de manera contundente en la marcha de aniones ejecutada previamente por el maestro en formación, la cual arrojó un resultado positivo para este compuesto validando el hallazgo instrumental de este.

Por otro lado, la identificación de silicatos se encuentra respaldada por el análisis de la base de datos del equipo de espectroscopia IR de la Universidad Pedagógica Nacional cómo se puede observar en la figura 46 y 47.

La base de datos permitió analizar la presencia vidrio compuesto que su estructura tiene silicatos y la presencia de caolinita (Kaolin) que es aluminosilicato. La detección de estos marcadores obtenidos gracias al software del equipo permite confirmar la presencia de silicatos en la muestra de material particulado recolectada por parte de los estudiantes en la localidad de Puente Aranda.

A modo de conclusión sobre el análisis de la práctica realizada, el carácter ácido identificado por medio de la técnica del potenciométrica pone en evidencia la existencia de compuestos pertenecientes a el material particulado soluble en agua. No obstante, al realizar la espectroscopia IR en medio sólido, la técnica da revela presencia de “nitratos en el pico de  $1317\text{cm}^{-1}$ ” (Varrica ,2019). Lo que ratifica por qué el pH es ácido hallado por parte de los estudiantes y el investigador.

En cuanto a los sulfatos se puede deducir que su señal solapada por la banda de mayor intensidad para silicatos como debido a que la banda de estos está en  $1080$ - $1150\text{ cm}^{-1}$ , tal y como se observa en la figura 49 y confirmado por (Varrica, 2019). En consecuencia, se establece que la mayor parte de las partículas solubles en el agua desionizada; migraron filtrado o lixiviado, pero se observa presencia de ellos en el sólido según IR, aunque estos últimos no fueron identificados por la marcha de aniones al estar en pequeñas trazas. La explicación a este fenómeno es que el pH, al ser una medida logarítmica, tiene la capacidad de detectar disociaciones en términos de microtrazas, por el contrario, la marcha de aniones es un método cualitativo la cual requiere una concentración adecuada para ser detectado por el ojo humano.

Por lo tanto, aunque estas pequeñas trazas fueron suficientes para ser detectados por el método de potenciómetro (pH) y por el de espectroscopia IR, dando como resultado identificación para compuestos de material particulado silicatos, carbonatos nitratos y posibles sulfatos debido a ser la señal de los silicatos tan intensa.

#### 9.4.3 Sustentación Propuesta de mitigación sobre los compuestos de PM encontrados

##### **Figura 50.**

*Propuesta de mitigación a partir del análisis de los estudiantes*



Elaboración propia (2026).

Durante esta fase de la intervención pedagógica los estudiantes asumieron un rol activo evidenciando el pilar fundamental del aprendizaje basado en proyectos (ABP). A través del análisis crítico y sus y sus propios hallazgos analíticos logrando identificar y predecir compuestos de material particulado presentes en las muestras recolectadas en la localidad de Puente Aranda.

La medición del pH de las soluciones del lavado (lixiviado) Dieron origen a la determinación de un rango de 4.6 a 5.8. Los estudiantes apoyándose en el material bibliográfico compartido por el maestro en formación (véase tablas 1 y 2), lograron deducir que la acidez se atribuye principalmente a la presencia de iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

Tal y como se observa en la figura 50, los estudiantes identifican correctamente la señal es correspondiente a silicatos y carbonatos corroboradas mediante la referencia IR suministrada por el docente en formación John Flórez véase figura 49, así como las bandas asociadas a literatos y compuestos alifáticos. Los alumnos demostraron habilidades para relacionar el origen de estos compuestos con la fuente de emisión.

A partir de la caracterización química, los estudiantes demostraron una alta comprensión del impacto el material particulado en la zona de Puente Aranda. Reconociendo que la ubicación del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento está muy cerca está problema debido a las zonas industriales los corredores viales que son un espacio donde se producen estas emisiones de material particulado frente a esta problemática los estudiantes plantearon estrategias de mitigación contextualizadas las cuales son las siguientes:

1. Implementación de corredores verdes: se propuso la siembra de especies vegetales específicas como los sauces llorones o el ficus, y los perímetros de la institución y de las vías aledañas, los estudiantes fundamentaron esta propuesta en la capacidad de las hojas para capturar para capturar los gases de efecto invernadero y como filtros físicos para atrapar el material particulado. Además, evidenciaron pensamiento crítico al señalar necesidades de realizar limpiezas periódicas estas plantas para evitar saturación en los poros de las hojas y mantener la eficiencia de estas para la mitigación de material particulado.

2. Control de espacios no pavimentados: Al comprender los estudiantes que la producción de material particulado no es exclusivamente de origen androgénico sino también a factores naturales. Es por ello por lo que se sugiere que en los lugares donde no hay pavimentación se busca las medidas como la humanización del este espacio para evitar que el material particulado presente en estos tenga una actividad dinámica con el aire.

Finalmente, los estudiantes articulan estas soluciones ambientales, con la salud pública observando que la mitigación de estos contaminantes previene afecciones respiratorias cardiovasculares protegiendo especialmente a las poblaciones vulnerables como los niños, adultos mayores y personas con enfermedades preexistentes.

Estas propuestas demuestran que los estudiantes dejaron de ver la química como algo lejano, para entenderla desde su entorno más cercano. Estas iniciativas son válidas los criterios que se les pedía a los estudiantes como sostenibilidad y sustentabilidad al ser soluciones directas y reales para los problemas de la localidad.

Se evidencia claramente que son propuestas enfocadas, debido a que los estudiantes reconocen los compuestos emitidos tras todo el trabajo metodológico e investigativo que realizaron con el por el investigador, argumentando que las hojas de los árboles pueden ser obstáculos para los gases producidos en la localidad y a los silicatos generados por las calles sin pavimentar. Su viabilidad porque o requieren presupuesto inalcanzable para la comunidad, demostrando de esta manera que la química fue un puente para comprender la realidad de la localidad y proponer una solución para mejorarla, al final, se valida porque nace de una evidencia científica realizada y analizada por los propios estudiantes.

#### 9.4.4 Prueba de salida

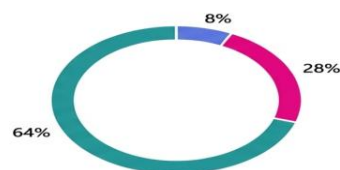
**Figura 51.**

*Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

1. El medio ambiente es un sistema abierto. Esto es relevante porque: (10 puntos)

64 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- A. Permite que el aire y el agua circulan libremente en la tierra, permite el intercambio de calor con el... 2
- B. presenta un intercambio constante materia y energía con el entorno mediante procesos físicos y... 7
- C. Implica el flujo de materia y energía, lo que fundamenta importancia de los ciclos... 15 ✓
- D. Favorece la interacción entre los sistemas vivos y no vivos, manteniendo el equilibrio del ecosistema 0



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

Cómo se observa en el Anexo AB, esa pregunta fue de gran importancia debido aquí en la prueba diagnóstica presentó una valoración baja. Ante la necesidad de reforzar estos conceptos se evaluó nuevamente en la prueba de salida evidenciando un avance del 60%. Esto es significativo si se contrasta con el 4% de acierto obtenido inicialmente en la prueba de entrada fortaleciendo las habilidades críticas y científicas de los estudiantes.

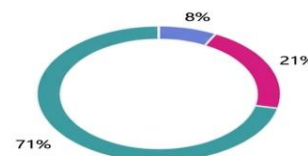
**Figura 52.**

*Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

2. Durante el análisis de material particulado recolectado en la localidad de Puente Aranda cerca de las obras de construcción del nuevo puente de la avenida de las Américas con calle 13 (carrera 50), un estudiante identifica mediante sus resultados de espectroscopia IR señales compatibles con silicatos. A partir de este resultado, afirma que el origen de estas partículas es principalmente natural. Considerando la información ¿Cuál de las siguientes opciones representa una mejor evaluación del contexto ambiental y de lo afirmados por el estudiante? (20 puntos)

71 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- |                                                                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ● A. Los silicatos son característicos de minerales presentes en el suelo, por lo cual su presencia...                             | 2    |
| ● B. Las actividades humanas, como la construcción, pueden generar suspensiones de polvo rico en...                                | 5    |
| ● C. La espectroscopia IR permite identificar la interacción de enlaces Si-O de los silicatos, pero no...                          | 17 ✓ |
| ● D. La presencia de silicatos en el material particulado indica que estas partículas son de procesos únicamente fuentes naturales | 0    |



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

La mayoría estudiantes equivalentes a 71 % de la población demostraron un pensamiento crítico al reconocer que, la espectroscopia IR identifica enlaces específicos en este caso Si-O, pero no la determinación del origen del material particulado requiere un análisis con respecto a el contexto ambiental de Puente Aranda.

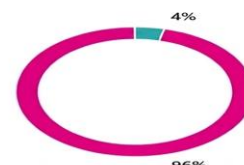
**Figura 53.**

#### *Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

3. Durante la preparación del prototipo de recolección de material particulado en el momento de preparar los papeles filtro, un grupo de estudiantes decide aplicar una capa de 5 milímetros de grosor en lugar de una capa fina. Los estudiantes afirman que esto mejorará la eficiencia del experimento porque se recolectará más partículas. Considerando los principios aprendidos en clase sobre el análisis gravimétrico e instrumental ¿Cuál cree usted que es la mejor evaluación para la decisión tomada por los estudiantes? (20 puntos)

96 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- |                                                                                                              |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ● A. Es una decisión con fundamento físico, ya que una capa viscosa de ese grosor efectivamente aumenta ...  | 0    |
| ● B. Es una decisión perjudicial; el exceso de vaselina genera un error en la lectura de la señal en el...   | 23 ✓ |
| ● C. Es una decisión acertada, para el control de la humedad, dado que la vaselina es una sustancia...       | 1    |
| ● D. Es una decisión pertinente pues la vaselina impide las reacciones oxidación reduciendo ayudando a la... | 0    |



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

Para esta pregunta 96% de los alumnos evidencia una comprensión profunda de la metodología experimental. Reconociendo que un exceso de la vaselina puede ser una matriz interferente directa en la señal del espectro IR, por enmascaramiento, demostrando el dominio y el control de esta variable en el laboratorio.

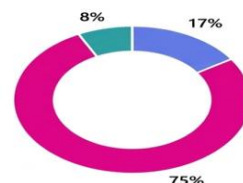
**Figura 54.**

#### *Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

4. Durante la recolección de datos en la bitácora, un grupo de estudiantes nota que el color de la vaselina cambió de transparente a gris oscuro en 72 horas. Un integrante afirma que la vaselina se oxidó al estar en contacto con el aire ¿Cuál es su observación para este planteamiento? (10 puntos)

75 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- |                                                                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ● A. Es una observación válida, ya que los hidrocarburos de la vaselina...                                  | 4    |
| ● B. Es una observación limitada, aunque ocurre una reacción el cambio de color es un indicador físico d... | 18 ✓ |
| ● C. Es una observación coherente, puesto que el color indica que hay masa presente en el prototipo...      | 2    |



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

El 75% de los encuestados lograron diferenciar entre una reacción química (oxidación) y un indicador físico (acumulación de masa), reconocieron que el cambio de color es una evidencia directa de la efectividad del prototipo para capturar material particulado.

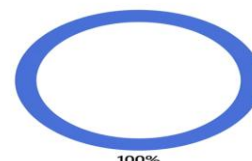
**Figura 55.**

*Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

5. Se necesita pesar un contaminante del aire que se encuentra en forma de partículas sólidas cuál será el procedimiento más adecuado es: (10 puntos)

100 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- |                                                                                          |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ● A. Filtración, haciendo pasar el aire por un material poroso.                          | 24 ✓ |
| ● B. Destilación, separando sustancias mediante cambios de estado.                       | 0    |
| ● C. Sublimación, trasformando el sólido directamente en gas.                            | 0    |
| ● D. Centrifugación, utilizando el movimiento circular para la separación de sustancias. | 0    |



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

Este ítem representa un indicador de eficiencia alto equivalente a 63% debido a que como se resalta en el anexo AB esta pregunta esta resaltada porque presentar índice de respuesta correcta por debajo de la media equivalente a 37% por ello al observar que el 100% de los estudiantes reconocen el método de filtración como el procedimiento apropiado para realizar análisis gravimétricos. Demuestra las habilidades de comprensión experimental por parte de los estudiantes para realizar análisis más complejos.

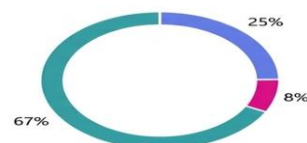
**Figura 56.**

*Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*

6. Si el pH de una muestra recolectadas por estudiantes del colegio Luis Carlos Galán del curso 1101 tiene exactamente 7.0 y la densidad es media con respecto a la densidad del agua ¿qué puede inferir usted sobre la actividad industrial si el prototipo de recolección de material particulado estuvo 15 días expuesto en inmediaciones a la estación de Transmilenio pradera localizada en la estación de Puente Aranda ? (20 puntos)

67 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- |                                                                                                       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ● A. Los indicadores de pH como la fenolftaleína cambian de color según el rango de acidez o...       | 6    |
| ● B. Hay una neutralización ácido – base por eso se la fenolftaleína cambio a color rosado en este pH | 2    |
| ● C. sugiere una baja presencia de gases de combustión acida y una predominancia de polvo...          | 16 ✓ |
| ● D. la densidad y el pH no ayudan a predecir los compuestos de material particulado solo la...       | 0    |



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

Para esta pregunta el 33% de la población no reconocieron la relación de las variables fisicoquímicas (pH neutro y densidad) con la baja presencia de gases precursores de acidez como lo son los sulfatos y nitratos. El 67% restante lograron concluir que antes la ausencia de señales ácidas, la muestra está compuesta principalmente de material inerte o material biológico

**Figura 57.**

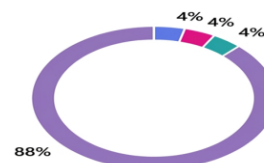
*Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms*



7. ¿Cómo puede influir el material particulado presente en la atmósfera sobre el funcionamiento de los ecosistemas? (10 puntos)

88 % de los encuestados respondió correctamente a esta pregunta.

- A. Afecta principalmente el desarrollo de las plantas del ecosistema. 1
- B. Impacta de forma directa algunos animales del ecosistema. 1
- C. Disminuye gradualmente la cantidad radiación solar. 1
- D. Reduce la luz solar, altera temperatura y afecta los procesos de fotosíntesis. ✓ 21



Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

Con respecto en comparación entre la prueba de entrada y de salida el porcentaje de acierto para esta pregunta fue de 21% a 88% confirmando que los estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento dejaron de ver las contaminantes partículas de mugre para comprenderlas como un agente que puede afectar el equilibrio del ecosistema.

**Figura 58.**

### Evaluación prueba de salida mediante la plataforma Microsoft Forms

8. Al analizar los resultados del espectro IR en el laboratorio de la UPN, se observó un pico muy ancho en la región de 1 002 cm<sup>-1</sup> (silicatos) y una señal de 1643 cm<sup>-1</sup> (carbono /hollín). Si se sabe que el colegio LUIS Carlos Galán Sarmiento está cerca de avenidas y zonas industriales ¿Cómo explicaría usted los picos encontrados en el espectro y el entorno de la localidad de puente Aranda? (10 puntos)

[Más detalles](#)

24  
Respuestas

Respuestas más recientes

"Yo creo que los picos que vimos en el espectro IR SE EXPLICAN SÚPER FÁCIL..."  
"los picos reflejan la contaminación ambiental del sector: los silicatos provienen..."  
..."

Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Microsoft Forms (2026).

**Tabla 8.**

Análisis de las 24 respuestas dadas por los estudiantes para la pregunta 8 de la prueba de salida.

| Nivel de las respuestas | Tipo de respuesta              | Cantidad |
|-------------------------|--------------------------------|----------|
| Básico                  | Explicación superficial        | 6        |
| Intermedio              | Interpretación correcta        | 11       |
| Avanzado                | Análisis científico y correcto | 6        |
| Sin respuesta           | -----                          | 1        |

Elaboración (2026).

El análisis de esta pregunta revela un avance significativo con respecto a las habilidades científicas de los estudiantes del curso 1101 el 71 % de la población equivalentes a 17 alumnos obtuvieron la capacidad de interpretar las señales dadas en la información y vincularlas a su realidad en la localidad de Puente Aranda.

Esta pregunta permitió evaluar con éxito:

1- La interpretación instrumental: los alumnos leyeron correctamente el espectro IR identificando las señales a que son correspondientes

2- Relación química-ambiental: lograron asociar la naturaleza química de los compuestos con su fuente de emisión

3- Contextualización territorial: articularon estos hallazgos con la dinámica de la localidad, señalando el alto tráfico vehicular y la actividad industrial.

Los resultados evidencian que los alumnos dejaron de percibir la química como algo abstracto, para apropiarse de ella como una herramienta para poder comprender y argumentar y explicar una problemática en este caso la calidad del aire de su propio entorno.

#### 9.4.5 Análisis de la fase IV ABP

Esta fase no solo represento únicamente el cierre de este proyecto investigativo, sino el espacio de la validación experimental y analítica donde la teoría se contrastó con la realidad del entorno de más cercano de los estudiantes. El análisis de las actividades realizada en esta fase permite establecer una relación directa entre la práctica experimental en el aula y el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

La caracterización e identificación de algunos compuestos químicos se logró mediante un proceso escalonado. Mientras que en fases previas los alumnos realizaron el proceso para el diseño del prototipo, la fase IV el uso de la espectroscopia IR y la gravimetría permitió que los estudiantes dejar ver a el material particulado como algo teórico para comenzar a medirlo.

La respuesta a la pregunta problema se hace evidente cuando los estudiantes utilizan los datos interpretados en el espectro IR y determinan compuestos como silicatos para explicar las condiciones de la calidad del aire en la localidad de Puente Aranda. Esto demuestra que la química instrumental como componente de la educación superior puede ser apropiada en la educación media si se enmarca una problemática de interés.

Respecto a objetivo general el escenario donde se consolido la caracterización fisicoquímica, fueron los resultados obtenidos de pH e identificación de silicatos y carbonaros por espectroscopia IR los que permitieron a los estudiantes definir los compuestos más característicos de la localidad. Al ser un proceso de caracterización real donde el estudiante actúo como investigador activo, cumpliendo así el objetivo de integrar sus conocimientos adquiridos con el enfoque del PRAE de la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento.

Con respecto al objetivo específico 1: al contrastar la prueba de entrada con la de salida, se observa que el conocimiento de los estudiantes tuvo un avance sobresaliente del 4% al 71% en la capacidad de interpretar un espectro IR consolidando habilidades científicas sólidas.

Ahora bien, el objetivo dos se cumplió y se evidencio esto en el análisis de las bitácoras y el laboratorio de fase IV confirmados que el prototipo de bajo costo fue una herramienta didáctica y eficiente. En esta última etapa se evidencio pensamiento crítico de los estudiantes donde el 96% identificaron como la matriz de la vaselina puede ser un interferente si no se usa con precaución, además se resalta habilidad para reconocer y como evitar los errores que pueden llegar a el equipo de espectroscopia IR para lectura.

Por último, el objetivo específico 3 la cuantificación se realizó de varias formas la primera se determinaron valores de pH, densidad, sobre todo una masa especifica obtenida por parte de los estudiantes como el fundamento para la lectura antes de espectroscopia IR, aunque los datos obtenidos de las masas de material particulado son pequeños no afectan el cumplimiento de este

objetivo debido a que siempre se habló de una cantidad cuantificable mas no de una especifica como tal. La combinación de estas variables permitió una identificación integral de los compuestos cumpliendo claramente el objetivo de la cuantificación y el reconocimiento químico de los compuestos del material particulados presente en la muestra recolectadas por los estudiantes

## **10.Conclusiones.**

- Al dar respuesta a la pregunta de investigación, este proceso permitió concluir que la caracterización cualitativa y cuantitativa del material particulado (PM), desarrollado bajo el enfoque (ABP) aprendizaje basado en proyectos, constituyó una estrategia pedagógica y científica para el desarrollo de habilidades procedimentales en el aula de clase. Se cumplió a cabalidad el objetivo general al caracterizar con rigor las muestras recolectadas por parte de los estudiantes del curso 1101 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.
- Con respecto al objetivo específico número uno, el diagnóstico de las percepciones iniciales de los estudiantes sobre la calidad del aire funcionó como una línea base para estructurar la intervención pedagógica. Al contrarrestar los saberes previos de los alumnos con las realidades del entorno industrial en la localidad Puente Aranda.
- Respecto al segundo objetivo específico, la implementación del modelo ABP a partir de una problemática real e identificada en el aula demostró ser un motor de motivación para los estudiantes ya como investigadores activos en el proceso. El diseño, la construcción y la validación autónoma de un prototipo de bajo costo permitió a los alumnos apropiarse de su propio proceso de aprendizaje. Esta metodología demostró que la resolución de problemas contextualizados no solo promueve las habilidades procedimentales esenciales en la Ciencias Naturales, sino que fomenta el trabajo colaborativo para dar soluciones a fenómenos que afectan directamente a la salud de una comunidad específica.
- Frente al tercer objetivo específico, se validó la viabilidad de las técnicas instrumentales avanzadas orientadas a la educación media para la identificación de los compuestos de material particulado. Los estudiantes integraron con éxito la cuantificación de las masas en los procesos gravimétricos alcanzando una efectividad excelente en las condiciones de la institución educativa, La apropiación mediante la espectroscopia IR fue fundamental para los estudiantes, debido a que 17 alumnos finalmente demostraron apropiación de conceptos.
- Finalmente, la efectividad de la intervención se consolida desde el enfoque cualitativo a través de los registros rigurosos de las bitácoras y la formulación de las propuestas colectivas de mitigación ambiental, tales como el diseño de corredores verdes y el control de las superficies no pavimentadas en las inmediaciones el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento y la localidad de puente Aranda. Esas acciones contribuyen a la evidencia de una formación científica, donde el conocimiento no se limita a mediciones técnicas, sino que se traduce en un pensamiento crítico orientado a la sostenibilidad. El vínculo establecido entre la Universidad pedagógica y el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento demuestra que la alfabetización científica es una herramienta de Transformación Social indispensable para la salud de la comunidad y el equilibrio de los ecosistemas urbanos.



## **11. Recomendaciones**

### **Para los estudiantes:**

1. Se recomienda a los estudiantes profundizar en la relación entre la física clásica y la química analítica conceptos como fuerza, presión, densidad no deben verse como temas aislados, sino como la base para comprender fenómenos complejos como la dispersión de contaminantes y la calibración de instrumentos.
2. Es importante inter analizar las normas de seguridad en el laboratorio, uso de guantes, bata y gafas no depende de la percepción del riesgo, sino de un protocolo estandarizado la formación científica, existe rigurosidad en el ámbito de la protección personal para prevenir exposiciones de microtrazas sustancias peligrosas que no son detectables a simple vista
3. Si invita los estudiantes a reconocer que el error experimental es parte del aprendizaje documentar los fallos en el prototipo como el desprendimiento del material por vibración es tan valioso como un resultado exitoso para un análisis crítico de la ciencia.

### **Para el colegio Luis Carlos Galán Sarmiento:**

1. Se le recomienda implementar jornada de reconocimiento de laboratorio de química la dificultad detectada para medir la densidad sugiere que los estudiantes necesitan mayor contacto con la instrumentación volumétrica y gravimétrica básicas antes de avanzar con una técnica mental compleja además se sugiere también revisar las tuberías ya que se evidenció cómo estás están afectando el pH y la calidad del agua en el laboratorio de química.
2. Dado el éxito del proyecto se recomienda que la metodología de aprendizaje basado en proyectos se mantenga como un eje transversal en el programa de Sistemas Ambientales y Sociedades SAS, permitiendo que en el laboratorio sea un espacio de solución de problemas locales y no de una repetición de guías ya elaboradas sin contextualización específica.

### **Para la Universidad Pedagógica Nacional:**

1. Se recomienda continuar apoyando estos proyectos que llevan la química instrumental al aula de bachillerato, la UPN debe seguir siendo el puente que provee el acceso a los equipos de alta tecnología para validar los procesos de ciencia realizados en los colegios.
2. Crear prácticas de laboratorio divulgativas contextualizadas motivacionales y focalizadas en contextos reales para que los estudiantes antes de selecciona una carrera puedan observar estos instrumentos como estímulo para estudiar ciencias exactas y aplicadas.

### **Para futuros investigadores:**

1. Realizar estudios con este modelo de prototipo en vista de que se acerque el fenómeno del niño reconociendo que este prototipo es susceptible a daños por la humedad.
2. Realizar estudios con otro tipo de espectroscopia se sugería absorción atómica en vista de que en la marcha de acciones se identificaron trazas de plomo y al ser un metal no puede ser identificado por el método de espectroscopia IR

### **Para la Comunidad de la localidad de puente Aranda:**

1. Se les recomienda a los habitantes de la localidad utilizar los resultados de estudio para exigir pavimentación de las calles y crear barreras forestales.

2. Promoverá limpieza de fachadas y la siembra de especies como el sauce llorón en los perímetros industriales entendidos que la vegetación actúa como un filtro físico real ante el material particulado que los estudiantes lograron identificar y cuantificar.

## 12. Referencias bibliográficas

Alcaldía de Copacabana. (2023). semáforo de colores en la calidad del aire. <https://www.copacabana.gov.co/NuestraAlcaldia/Salaprensa/Paginas/sem%C3%A1foro-de-colores-en-la-calidad-del-aire-.aspx>

Arguello Lagos, D.I., Ipila Gualy, & Torres Garzón J.S. (2024). Aprendizaje del concepto de lluvia ácida, uno de los principales agentes contaminantes de la capa de ozono. *Boletín 69, práctica pedagógica y didáctica en Química*. Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional.

Ayerbe, P. y Perales, F. J. (2020). El Aprendizaje Basado en Proyectos en la enseñanza de las Ciencias de Secundaria. Un estudio de caso sobre la salud del suelo. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 5-23. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v38-n2-ayerbe-perales>

Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico: Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo* (23. ed). Siglo XXI Editores. (obra original publicada en 1938).

Bayona, J. P. (2021). Formulación proyecto-caracterización química de material particulado. *Diario la opinión*.

Bell, M.L., Dominici, F., Ebisu, K., Zeger, S. I., & Samet, J.M. (2007). Spatial and Temporal variation in PM 2.5 chemical composition in the United States for health effects studies. *Environmental Health Perspectives* (7), 989-995 <https://doi.org/10.1289/ehp.9621>

Brook, R.D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease circulation, 121(21)2331-2378. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0b013e3181dbee1>

Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., Woodward, P. M., y Stoltzfus, M. W (2018). Experiment 29: Qualitative analysis. In *laboratory experiments Chemistry the central science* (14 4 ed., pp.343-366). Pearson

Calidad del aire ambiente. (2021). OPS/OMS / Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/calida-aire/calidad-aire-ambiente>

Cao, J., Shen, Z., Chow, J. C., Watson, J.G., Lee, S., Tie X., Hoo, K. Wang, G.G., & Han, Y. (2017). A review of current knowledge concerning PM<sub>2.5</sub> chemical composition and its impact on aerosol optical properties. *Atmospheric chemistry and physics*, 17(17), 9485-9518. <https://doi.org/10.5194/acp-17-9485-2017>

Chow, J.C., Watson, J. (2002) Chemical composition and its measurement. In J.D. Spengler, J.M. Samet, & J.F. McCarthy (eds), *indoor air quality handbook* (pp.2.1-2.43). McGraw-Hill.

Cloudrise. (2023). *valores: una paleta de colores en escala de grises (ID:1937291)* Clip Studio Assets. <https://assets.clip-studio.com/es-es/detail?id=1937291>

Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento IED (2025, marzo). Agenda 2025 [documento PDF]. Red Académica. <https://www.redacademica.edu.co7site/default/file/2025-03/0.%20AGENDA%202025.pdf>

Colegio Luis Carlos galán sarmiento IED (2025, marzo). *P.E.I. galanista: última* [ versión documento PDF]. Red Académica <https://www.redacademica.edu.co/site/default/files/2025-03/P.E.I.%20GALANISTA%20%20%C3%BAltima%20%versi%C3%B3n.pdf>

Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). (2025, 24 junio). *US EPA*. [https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20\(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire)

Díaz-Barriga, A.(1996). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica* <https://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas-Angel%20D%C3%ADaz.pdf>

Flórez Macana, J.S. (2025). *Conociendo la atmósfera: el guardián del planeta con estudiantes de grado 11º*. (Documento no publicado). Universidad pedagógica Nacional. Facultad Ciencia y Tecnología

García, X., & Soto. L. (2023). EL ABP como una estrategia para el desarrollo de la autonomía el pensamiento crítico en la educación ambiental. *enseñanza de las ciencias*, 41(1)89-105.

García, V. & Pérez, M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): experimentación en laboratorio, una estrategia de enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 17(2), 284-307

Geografía y sistemas ambientales y sociedades: el diseño del currículo escrito en SAS (nueva guía 2026). (s.f.). *espacio profesores*. <https://espacioprofesores.com/geografia-y-sistemas-ambientales-y-sociedades/s/el-diseño-del-curriculo-escrito-ensas-nueva-guia-2026#:v:text=en%20esta%20secci%C3%B3n%abordaremos%20los,poblaciones%20humanas%20y%20sistemas%20urbanos>

Google. (2026). *Trayecto desde Colegio Luis Carlos Galán sarmiento al Polideportivo el Jazmín* [mapa]. <http://www.google.com/maps>

Herrera, A. (2014). *Ley de Bouguer-Lambert-Beer*. Universidad de veracruzana. <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/L.-Ley-de-Bouguer-Lambert-Berr-0.pdf>

ICONTEC. (2010). *NTC 3662: Calidad del aire. determinación de la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente. Método gravimétrico*.

Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD). (s.f). *Vistas del parque El Jazmín* [Fotografías]. <https://www.idrd.gov.co/parques-y-escenarios/parque-el-jazmin>.

Instituto para la salud Geoambiental. (2024,9 abril). *Material particulado*. <https://www.saludgeoambiental.org/mateial-particulado/>

Kadzioolka-Gawel, M., Czaja, M., DulsiM., Krzkawsaki, T., Szubka. M. (2021). Impact of high temperatures on aluminoceladonite studied by Mössbauer, Raman, X-ray photoelectron spectroscopy. *Mineralogy and Petrology*,115, (4),431-443. <http://doi.org/10.1007/s00710-021-00753-z>

Kilpatrick, W.H. (1918). The project method. *Teachers Collage Record*,19(4),319-335.

Kim, K.H., Jahan, S.A., Kabir, e., &Brown, R.J.C (2013). A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Enviromental Pollution*,180,257-271. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.05.019>

María, S.F., Russell, L.M., Turpin, B, I., & Porcja, R.J. (2002). FTIR measurements of functional groups and organic mass in aerosol samples over the Caribbean. *Atmospheric Environment*,36(33),5185-5196. [https://www.researchgate.net/publication/222671370\\_FTIR\\_measurements\\_of\\_functional\\_groups\\_and\\_organic\\_mass\\_in\\_aerosol\\_samples\\_over\\_the\\_Caribbean](https://www.researchgate.net/publication/222671370_FTIR_measurements_of_functional_groups_and_organic_mass_in_aerosol_samples_over_the_Caribbean)

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje: Ciencias Naturales* (V.2, pp.37-38). Colombia aprende. [https://colombiaaprende.edu.co/site/default/files/files\\_public2022-06DBA\\_C.Naturales-min.pdf](https://colombiaaprende.edu.co/site/default/files/files_public2022-06DBA_C.Naturales-min.pdf)

Ministerio de Educación Nacional. (2023,23 de mayo). *sistema institucional de evaluación de los estudiantes (SIEE)*. <https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-397381.html>.

Ministerio de Medio Ambiente. (2017,1 noviembre). *Resolución 2254 de 2017* Alcaldía Mayor de Bogotá <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Noma1.jsp?=82634#:~:text=par%C3%A1grafo%201%C2%B0..y%2037%20%C2%B5q/m3%20respectivamente>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operaciones de sistema de vigilancia de la calidad del aire*.

National Institute of standars and technology. (2023). NIST Chemistry WebBook, SRD69. <https://webbook.nist.gov/chemistry/>

Navarro, A., & Pérez M. (2022). Impacto del aprendizaje basado en proyectos en la redención conceptual de la química analítica y en educación media. *Revista iberoamericana de educación en ciencias.*, 15(3),45-62

Net-Interlab. (2020). Balanza granataria: que es, tipos y funcionamiento. <https://net-interlab.es/balanza-granataria/>

Nieto, L. (2008). *Determinación de las propiedades espectroscópicas y el estudio de reacciones en fase heterogénea de nuevos compuestos orgánicos oxigenados presente en la troposfera*

[Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata]. SEDICI. <http://sedici.unip.edu.ar/handle/10915/2248>

Núñez, J., Wang, Y., Bäumer, S., y Boersma, A. (2020). Inline infraed chemical Identification of particulate Matter. *Sensors*, 20(15), 4193. <https://doi.org/10.3390/s20154193>

Palacios, D., & Zafra, C. (2014, 3 febrero). Evaluación de la calidad del aire mediante Un laboratorio móvil: puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería de Antioquia* recuperado el 04 agosto de 2025, de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0120-62302014000200014>

Polvo que circula en Bogotá. (2021, 18 abril). *¿conoces qué es el material particulado o el polvo que circula en Bogotá?* <https://bogota.gov.co/mi-cuidad/ambiente/que-es-el-materail-particulado-o-polvo-en-el-aire>

Pulido Gaviria, S. M., Torres Garzón, J.S., & Amado Cely L.E. (2023). Enseñanza PH en tratamientos de agua lluvia y residual mediante la educación experimental. *Boletín Práctica Pedagógica y Didáctica en Química Departamento de Química*, (68). Universidad Pedagógica Nacional.

Querol, X., Alastuey, A., Rodríguez, S. Plana, F., Mantil., Ruiz, Cz, C.R (2004). Speciation and origin of PM in Spain. *Atmospheric environment*, 38(38), 6547-6555. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.08.017>

Reff, A., Turpin, B. J., & Davidson, C. I. (2002). The use of FTIR for the speciation of size-segregated ambient particulate matter. *Atmospheric Environment*, 36(34), 5461-5473.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change* (3rd ed.). John Wiley & Sons

secretaría de Educación pública (2022). *Metodología ABP*. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/Metodologia-ABP-Final.pdf>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2026). *Consulta de datos histórico y en tiempo real*. Red de monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá -IBOCA. <http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/176/consulta-de-datos/>

Toro- López M., Toro López M., & Toro López, J.L. (2020). Aprendizaje Basado en Proyectos y contribución a la alfabetización científica. *Revista Electrónica Educare*, 24 (1), 1-17 <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>

U.S. Enviromental Protection Agency. (2019). *Integrated science assessment for particulate matter* (Report NO.EPA/600/R-19/188). <https://ww.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-mater>

Varrica, D., Tamburo, E., Vultaggio, M., & Di Carlo, I. (2019). Spectral Analysis and Soluble Components of PM10 And PM2.5 Particulate Matter over the Urban Area of Palermo (Italy) during Normal Days and Saharan Events. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2507. [https://www.researchgate.net/publication/334466324\\_ATR-](https://www.researchgate.net/publication/334466324_ATR-)

FTIR\_Spectral\_Analysis\_and\_Soluble\_Components\_of\_PM10\_And\_PM25\_Part particulate\_Matter\_ over\_the\_Urban\_Area\_of\_Palermo\_Italy\_during\_Normal\_Days\_and\_Saharan\_Events

Veres, P. (2005). *FTIR Analysis of Particulate Matter Collected on Teflon Filters in Columbus, OH* [Tesis de pregrado, The Ohio State University].

Watson, J. G., Chow, J. C., & Lowenthal, D. H. (2017). and mass measurement methods: A review. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 67(6), 617-640.

Westreicher, G. (2025). Método Científico – Que es, características y como aplicarlo. *Economipedia*. <https://www.economipedia.com/definiciones/metodo-cientifico.html>

World Bank. (2020). ¿Are all air pollution particles equal? *How constituents and sources of fine air pollution particles (PM2.5) affect health*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/810141630705865331/pdf/Are-All-Air-Pollution-Particles-Equal-How-Constituents-and-Sources-of-Fine-Air-Pollution-Particles-PM2-5-Affect-Health.pdf>

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM 2.5 and PM1), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

### 13.ANEXOS

#### Anexo A.

Prueba diagnóstica

Universidad pedagógica nacional  
Facultad Ciencia y Tecnología-Departamento de química  
Programa: Licenciatura en Química  
Prueba diagnóstica

Nombre:

#### Apreciado(a) estudiante:

la presente información, recolectada mediante el presente instrumento, será utilizada únicamente con fines educativos e investigativos. En este sentido, se solicita el favor de contestar de la forma más sincera posible.

Gracias por su participación.

1. El medio ambiente es un sistema abierto. Esto es relevante porque:

A. Permite que el aire y el agua circulan libremente en la tierra, permite el intercambio de calor con el espacio exterior.

B. Se presenta un intercambio constante materia y energía con el entorno mediante procesos físicos y químicos.

C. Implica el flujo de materia y energía, lo que fundamenta importancia de los ciclos biogeoquímicos

D. Favorece la interacción entre los sistemas vivos y no vivos, manteniendo el equilibrio del ecosistema

2.La entropía se relaciona con la contaminación atmosférica porque ciertos componentes en el aire:

A. Generan caos en el ambiente, entendido como el choque constante de moléculas del sistema.

B. Presenta una acidez en el aire que afecta suelos y fuentes de aguas cercanas.

C. La forma que el sistema absorbe y disipa la energía térmica, generando así un aumento del desorden en el entorno.

D. Permanecen suspendidos dichos compuestos suspendidos en la atmósfera y se dispersan por acción del viento.

3. En un proyecto sobre contaminación atmosférica, el reconocimiento de las fuentes fijas y móviles es importante porque:

A. Permite diferenciar el origen de las emisiones, lo cual influye es clave para el diseño de leyes, la aplicación de normas y la creación estrategias de mitigación.

B. Facilita la identificación de la procedencia del contaminante, ya sea de origen natural o antropogénico.

C. Permite establecer metodologías diferenciadas para la cuantificación y el monitoreo de contaminantes según el tipo de fuente.

D. Ayuda a clasificar las emisiones según su comportamiento geográfico y su impacto específico en la calidad del aire local.

4. El PM (material particulado) contribuye al calentamiento global porque:

A. Incrementa humedad del aire y favorece la formación de lluvia ácida

B. Contiene componentes que absorben la radiación solar alterando el balance energético del planeta

C. Aumenta la visibilidad atmosférica al reflejar la luz solar de manera uniforme

D. modifica las propiedades de las nubes, influyendo en la retención de calor de la atmósfera

5. Si necesita pasar un contaminante del aire que se encuentra en forma de partículas sólidas cuál será el procedimiento más adecuado es:

A. Filtración, haciendo pasar el aire por un material poroso

B. Destilación, separando sustancias mediante cambios de estado

C. Sublimación, transformando el sólido directamente en gas

D. Centrifugación, utilizando el movimiento circular o para la separación de sustancias

6. Cuando se mide la contaminación del aire usando el método gravimétrico, utilizando filtración simple para recolectar PM ¿Cuál es una de las principales limitaciones del procedimiento?

A. Puede alterar o dañar la muestra durante el proceso de recolección

B. El procedimiento requiere de tiempo prolongados para obtener resultados.

C. La medición permite conocer la masa total retenida, pero no indica la composición química del contaminante

D. El método solo puede ser aplicado solo una vez por cada montaje del equipo de filtración simple

7. ¿Cómo puede influir el material particulado presente en la atmósfera sobre el funcionamiento de los ecosistemas?

A. Afecta principalmente el desarrollo de las plantas del ecosistema

B. Impacta de forma directa algunos animales del ecosistema

C. Disminuye gradualmente la cantidad radiación solar

D. Reduce la luz solar, altera temperatura y afecta los procesos de fotosíntesis

8. ¿Qué tipo de información suele usarse cuando se comunica a una población sobre la calidad del aire?

A. Datos ambientales generales del entorno.

B. Resultados obtenidos a partir de mediciones del aire.

C. Comparaciones realizadas entre lugares.

D. Datos, comparaciones y resultados que muestran si el aire está limpio de PM.

#### RUBRICA DE PRUEBA DIAGNOSTICA

| Proyección fase del ABP                       | pregunta | Opción correcta de respuesta |
|-----------------------------------------------|----------|------------------------------|
| Fase I: Planeación y desafío / pregunta guía  | 1        | C                            |
| Fase I: Planeación y desafío / pregunta guía  | 2        | C                            |
| Fase I: Planeación y desafío / pregunta guía  | 3        | A                            |
| Fase I: Planeación y desafío / pregunta guía  | 4        | B                            |
| Fase II: investigación e implementación       | 5        | A                            |
| Fase II: investigación e implementación       | 6        | C                            |
| Fase III: análisis y creación                 | 7        | D                            |
| Fase IV: presentación, reflexión y evaluación | 8        | D                            |

Elaboración propia (2026).

## Anexo B.

### Diapositivas para de apoyo para el tema de atmosfera

**MATERIAL PARTICULADO UN ACERCAMIENTO CUALITATIVO A SUS COMPONENTES CON ESTUDIANTES DE GRADO ONCE DEL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO**

Maestro en formación: JOHN FLOREZ

## La Atmósfera

Maestro en formación: JOHN FLOREZ

## ¿Qué es la atmosfera?

La atmosfera es una capa gaseosa que rodea al planeta, la fuerza de gravedad impide que se escape a el espacio.

### Composición de la atmósfera

- 75% de Nitrógeno
- 22,6% Oxígeno molecular
- 1% Vapor de agua
- 1.3% Argón
- 0.1% Dióxido de carbono, neón, helio, metano, kriptón, monóxido de carbono y dióxido de azufre

Tomado de : [https://www.caib.es/sites/atmosfera/es/la\\_atmosfera\\_3198/](https://www.caib.es/sites/atmosfera/es/la_atmosfera_3198/)

### VIDEO INFORMATIVO

■ <https://www.youtube.com/watch?v=8hfpuglSs10>

### Capas de la atmósfera

### CAPAS DE LA ATMÓSFERA

### Troposfera:

Es la capa mas baja de la atmosfera. Contiene la mayor parte de las nubes ,allí se desarrollan los procesos meteorológicos y climáticos (lluvia, nieve, viento)

Mide aproximadamente 10 kilómetros.

Vuelos comerciales.

### Estratosfera:

Algunos aviones supersónicos vuelan en esta capa por que es muy estable. En esta región se encuentra la capa de ozono, que absorbe los nocivos rayos ultravioletas del sol. Es una capa fría, la temperatura mas elevada es 0 grados Celsius.

### Mesosfera :

Su temperatura es de -90 grados Celsius. La mayor parte de los meteoritos se queman en esta capa.

### Software los ojos de la nasa

■ <https://science.nasa.gov/eyes/>

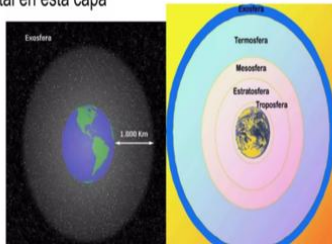
### Termosfera o ionosfera:

La temperatura es muy alta (cerca 1000 grados centígrados) esto se debe a la absorción de radiaciones. Así mismo se dan procesos de ionización. Es la capa donde orbital algunos satélites, la velocidad de los gases es muy alta, aquí se encuentran las auroras boreales. Las moléculas de los gases están muy separadas.



## Exosfera:

Es el límite superior de la atmósfera. Es la transición al espacio exterior. Algunos satélites orbital en esta capa



## Presión atmosférica

- Es la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie de la tierra y sobre todos los cuerpos, sometida acción de la gravedad distribuida por unidad de área



Tomado de : [profesorenlinea.cl/fisica/PresionAtmosferica.htm](http://profesorenlinea.cl/fisica/PresionAtmosferica.htm)

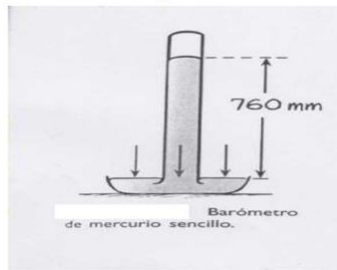
## Video informativo

- <https://www.youtube.com/watch?v=8cE3Mk8VmiM>

| UNIDADES DE PRESIÓN   |         |                                                                                      |
|-----------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad                | Símbolo | Equivalencia                                                                         |
| Atmósfera             | atm     | 1 atm = 1 kg/cm <sup>2</sup>                                                         |
| Pascal                | Pa      | 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>                                                            |
| Bar                   | bar     | 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> = 0.987 atm = 750 mmHg |
| Milímetro de mercurio | mmHg    | 1 mmHg = 0.0013 bar                                                                  |

Tomado de : <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/unidades-de-presion/>

## Medición de la presión atmosférica



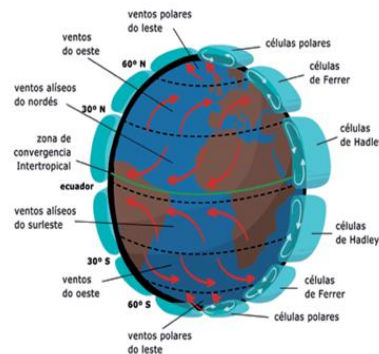
Tomado de : <https://www.icecupe.com/blog/que-es-la-circulacion-atmosferica.html>



Tomado de : <https://www.icecupe.com/blog/que-es-la-circulacion-atmosferica.html>

La circulación atmosférica viene determinada por:

- La diferencia constante de temperatura que existe entre el ecuador y los polos.
- La rotación de la Tierra.
- La presencia de masas continentales.

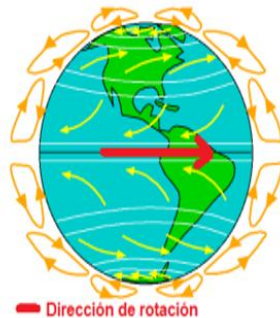


Tomado de : <https://www.icecupe.com/blog/que-es-la-circulacion-atmosferica.html>

## Funcionamiento de los vientos

- Vientos contraalisios
- Vientos alisios
- Vientos occidentales

## Efecto de Coriolis



Tomado de : <https://www.icecupe.com/blog/que-es-la-circulacion-atmosferica.html>

## CONTAMINACIÓN EN EL PLANETA



## Principales Efectos Nocivos

Contaminación:  
Gases Tóxicos



Destrucción de  
Capa de ozono



Efecto invernadero



## Gases tóxicos

### 1. Monóxido de carbono(CO)

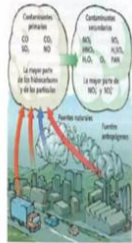
- Fuentes: Combustión incompleta de combustibles fósiles, y materia orgánica en descomposición.
- Efectos a la salud: bloquea el transporte de oxígeno en la sangre, y causa problemas de circulación.

### 2. Dióxido de azufre o Anhídrido Sulfúrico(SO<sub>2</sub>)

- Fuentes: Quema de combustibles fósiles y erupciones volcánicas
- Efectos en la salud: Problemas respiratorios, causa lluvia ácida

### 3. Dióxido de nitrógeno o Anhídrido Nitrroso(NO<sub>2</sub>)

- Fuente: Quema de combustibles, actividad de generación de electricidad
- Efectos en la salud: Problemas respiratorios



Gracias por su atención

## BIBLIOGRAFIA

- Sección de atmósfera-La atmósfera. (s. f.). <https://www.caib.es/sites/atmosfera/es/la-atmosfera-3198/>
- CEUPE.(s.f.)¿Qué es la circulación atmosférica? <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-circulacion-atmosferica.html>

Elaboración propia (2026).

## Anexo C.

Actividad sobre atmosfera

### COLEGIO LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO

#### Actividad: desafío del investigador atmosférico

Elaborada por: JOHN STIVEN FLOREZ DOCENTE EN FORMACIÓN

DORA AMADO DOCENTE TITULAR

### Objetivo:

Analizar el material particulado a partir de la atmosfera como un sistema dinámico, reconociendo propiedades físicas como la presión y circulación atmosférica que influyen en el transporte y la permanencia de contaminantes en el entorno, mediante el uso de herramientas de monitoreo satelital.

### 1. Desafío

Si la atmosfera funciona como un contenedor dinámico que retiene gases y partículas, y la circulación del viento las transporta por toda la ciudad de Bogotá ¿Cómo podemos evidenciar qué componentes viajan en el aire circundante del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento si son indetectables para el ojo humano?

### 2.Evidencia haciendo uso de del software ojos de la NASA

#### Instrucciones:

- 1.Ingresar al software ojos de la NASA mediante este enlace <https://science.nasa.gov/eyes/>
- 2.Observar de forma integral una proyección del planeta en forma satelital
- 3.Localizar a través de giros en el globo terráqueo Sudamérica y ubicar la zona de Colombia y (la zona andina donde se encuentra Bogotá).
- 4.Dirigirse a el icono “Carbon monoxide” o “Aerosols”

5. Dar clic donde considere la ubicación de Bogotá y registrar el valor ppb o ppm según corresponda.

Valor detectado: \_\_\_\_\_

Color predominante en la zona:

\_\_\_\_\_

#### Análisis

¿Qué relación hay entre la pregunta del desafío inicial con la magnitud que ves y la magnitud de la mancha que se observa sobre la zona seleccionada?

¿Qué condiciones de atmosféricas cree que favorecen que esas partículas se queden atrapadas sobre el colegio en lugar de dispersarse?

Si el viento circundante aumenta su velocidad hacia el occidente, ¿Qué pasaría con el valor registrado por usted anteriormente: aumenta o disminuye? justifique su respuesta?

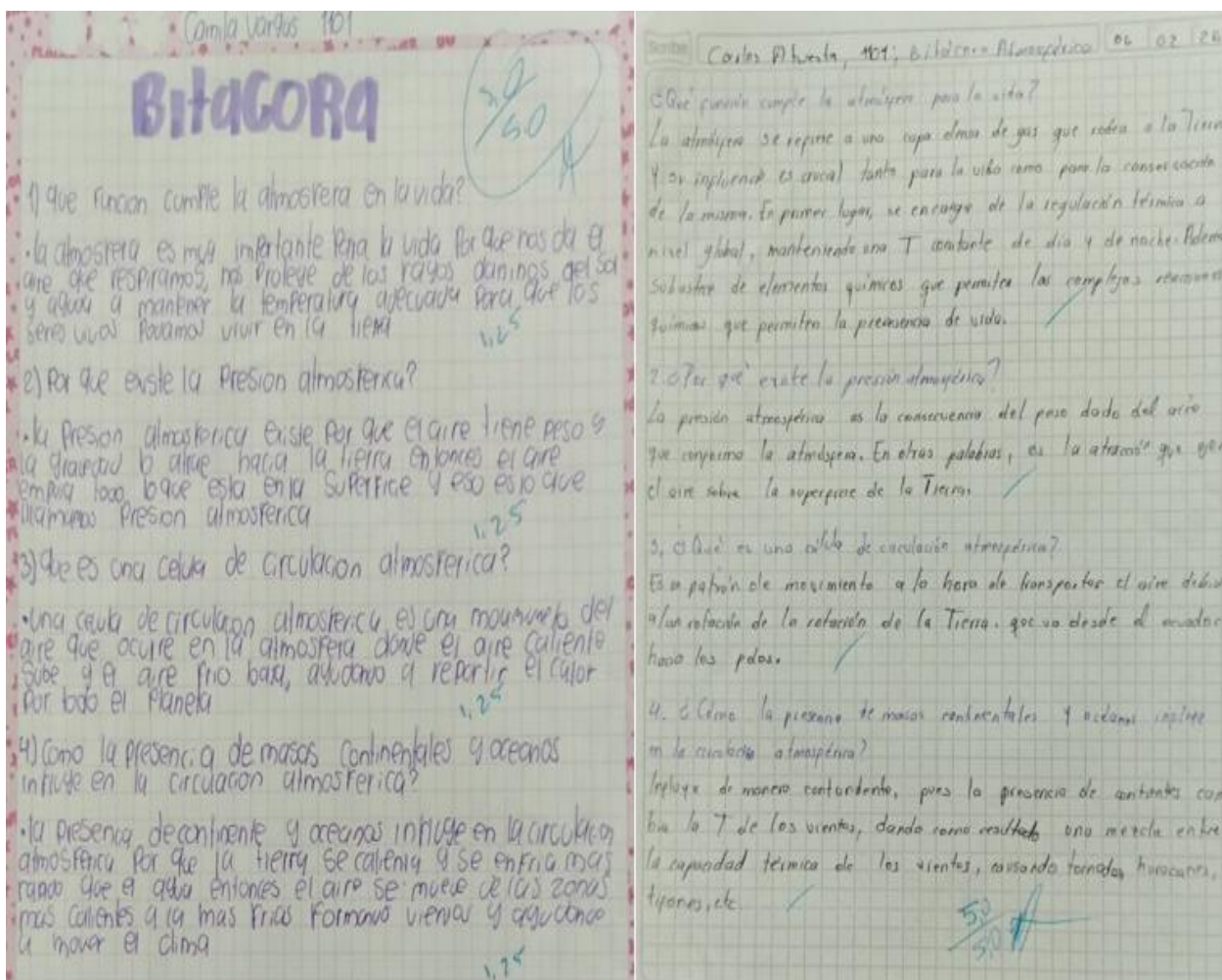
#### Notas:

- 1- Todas las preguntas deben de ser contestadas
- 2- El grupo puede optar por hacer la entrega haciendo uso de estrategias didácticas como infografía o poster, con el fin de ser socializado de manera visual.

Elaboración propia (2026).

## Anexo D.

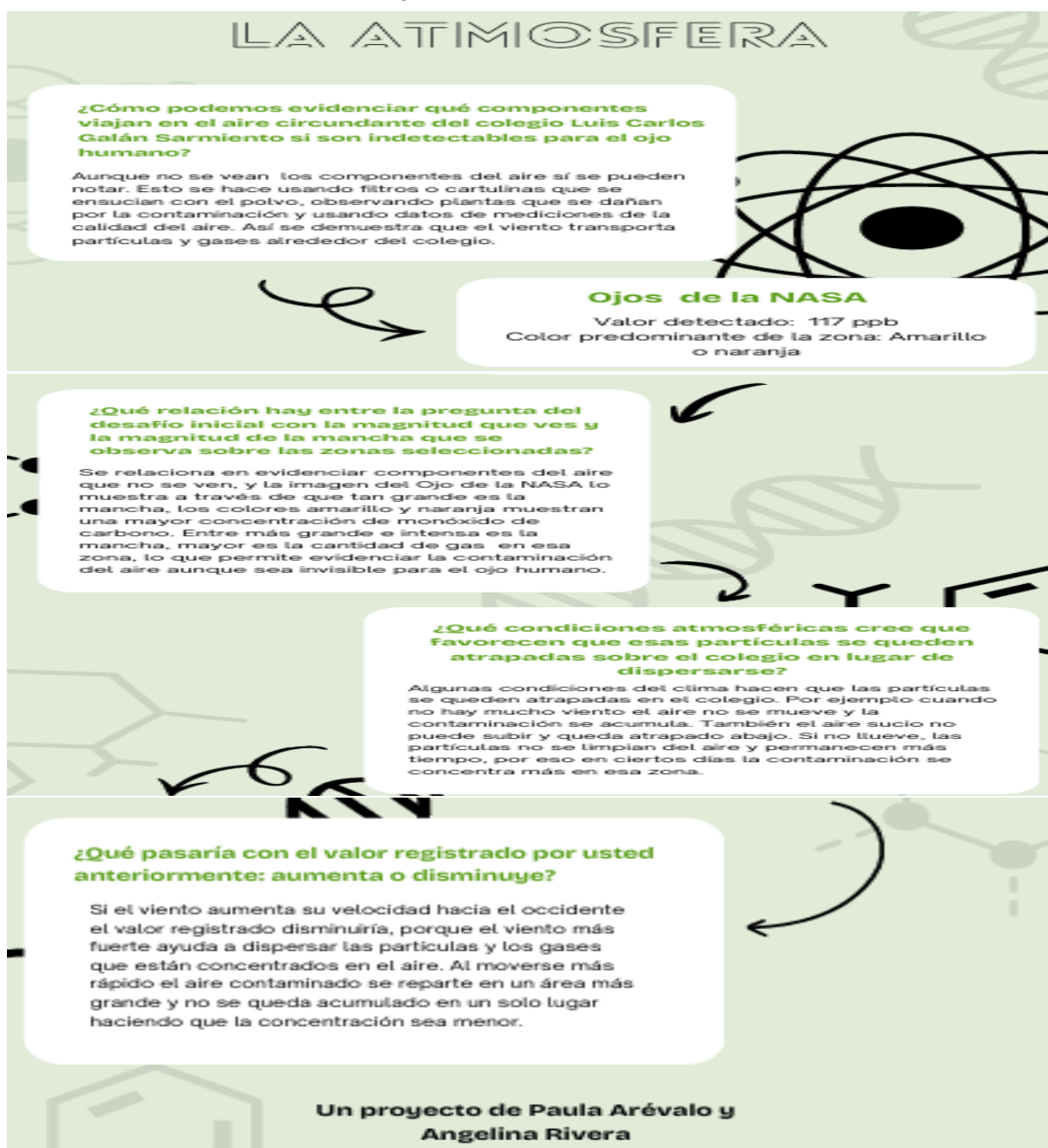
### Bitácoras sobre la atmosfera realizada por los estudiantes



Nota: Elaboración propia (2026). Adaptado de las bitácoras escritas por los estudiantes.

## Anexo E.

Infografía realizada por estudiantes



Nota: Elaboración Paula Arévalo y Angelina Rivera estudiantes del curso 11-01 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento (2026).



## Anexo F.

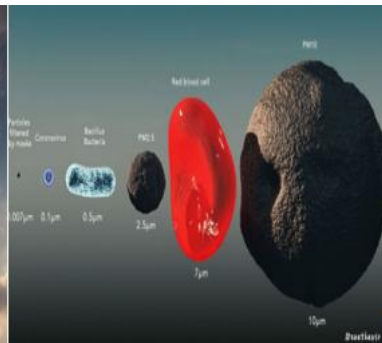
Infografía realizada por estudiantes.



Nota: Elaboración David leal y Allison Moreno estudiantes del curso 1101 del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento (2026).

## Anexos G

### Diapositivas de apoyo para la introducción del material particulado



#### Enlaces informativos

- <https://www.youtube.com/watch?v=aW8Wuobv6E>
- <https://www.youtube.com/watch?v=jxstcnoQa18>



#### Calidad del aire en Bogotá

- <http://boca.ambientebogota.gov.co/mapa/>
- <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/home/text/1521>



#### Compuestos químicos pertenecientes a PM 10

| Categoría química  | Compuesto / especie               | Formula                          | tipo                          | Fuente típica                              |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Silicatos          | Silica / silicatos                | (SiO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> | ión/anión/mineral insoluble   | material de construcción o polvo del suelo |
| Mineral            | Óxido de aluminio                 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | Óxido mineral                 | Artesa, suelos                             |
| Mineral            | Óxido de hierro                   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | Óxido metálico                | Suelo, polvo                               |
| Carbonatos         | Carbonato (abundante como caliza) | (CO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup> | ión/anión/mineral carbonatado | Construcción y suelos                      |
| Salas minerales    | Cloruro de sodio                  | NaCl                             | Sal inorgánica                | Aerosol marino, polvo                      |
| Fosfatos           | Fosfatos                          | (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> | ión/anión                     | Materia biológica, suelo                   |
| Carbonos metálicos | Magnesio                          | Mg <sup>2+</sup>                 | ión / catión                  | Polvo mineral                              |
|                    | Calcio                            | Ca <sup>2+</sup>                 | ión / catión                  | Carbonatos del suelo                       |
|                    | Sodio                             | Na <sup>+</sup>                  | ión / catión                  | Aerosol marino                             |
|                    | Potasio                           | K <sup>+</sup>                   | ión / catión                  | Suelo, biomasa                             |
| Metales            | Cobre                             | Cu                               | Metal                         | Emisiones de frenos                        |
|                    | Zinc                              | Zn                               | Metal                         | Emisiones de frenos                        |
|                    | Hierro                            | Fe                               | metal                         | Emisiones de frenos                        |
| Material carbonoso | Carbono orgánico (OC)             | Orgánico                         | Orgánico                      | Emisiones de combustión                    |
|                    | Carbono elemental (EC)            | Holín                            | carbonoso                     | Emisiones de combustión                    |

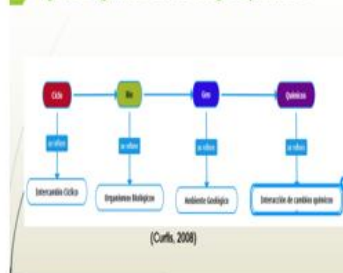
Nota: Adaptado de Seinfeld & Pandis (2016), Querol (2004), WHO (2021) y EPA (2019)

#### Compuestos químicos pertenecientes a PM 2.5

| Categoría química      | Compuesto / especie    | Formula                                         | tipo           | Fuente típica                |
|------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|----------------|------------------------------|
| Material carbonoso     | Carbono orgánico (OC)  | Orgánico                                        | Orgánico       | Reacciones secundarias       |
|                        | Carbono elemental (EC) | Holín                                           | carbonoso      | Diésel, combustión           |
| Iones secundarios      | Sulfatos               | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                   | Anión          | Oxidación de SO <sub>2</sub> |
|                        | Nitratos               | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                    | Anión          | NO <sub>x</sub> vehicular    |
|                        | Ammonio                | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                    | Catión         | Neutralización ácida         |
| Compuestos secundarios | Sulfato de amonio      | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Sal secundaria | Aerosol fino                 |
|                        | Nitrato de amonio      | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | Sal secundaria | Aerosol fino                 |
| Orgánicos tóxicos      | PAHs                   | Hydrocarburos aromáticos policíclicos           | orgánico       | combustión incompleta        |
| Metales pesados        | Plomo                  | Pb                                              | Metal          | Industria, combustión        |
|                        | Vanadio                | V                                               | Metal          | Combustibles fósiles         |
|                        | Níquel                 | Ni                                              | Metal          | Petróleo, industria          |
|                        | Cadmio                 | Cd                                              | Metal          | Industria                    |

Nota: Adaptado de Seinfeld & Pandis (2016), Querol (2004), WHO (2021) y EPA (2019)

#### ¿Qué significa Ciclo Biogeoquímico?





Tomado de: <https://www.escuela21.com/curso/2018/01/01/ciclo-del-azufre/>



Tomado de: <https://cienciasbiologicas.com/ciclo-del-agua/>

## Referencias bibliográficas

- [Ambiente.gov.ar](https://www.ambiente.gov.ar/). (2015, 18 junio). Secretaría de Ambiente lanza sistema que alerta el estado de calidad del aire en Bogotá (Video). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=00000000000>
- David Fernando Pineda Páez. (2018, 7 junio). Material particulado (Video). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=00000000000>
- Mapa de calidad del aire de Bogotá. (n. d.). <https://www.ambiente.gov.ar/>
- Álvarez, D. O. (2023, 25 agosto). Ciclo del carbono - Qué es, sus etapas e importancia. Concepto. <https://concepto.de/ciclo-del-carbono/>
- Álvarez, D. O. (2023b, septiembre 25). Ciclo del nitrógeno - Qué es, etapas y su importancia. Concepto. <https://concepto.de/ciclo-del-nitrogeno/>
- Álvarez, D. O. (2025a, enero 9). Ciclo del azufre - Qué es, en qué consiste y sus etapas. Concepto. <https://concepto.de/ciclo-del-azufre/>
- Álvarez, D. O. (2025a, enero 9). Ciclo del agua - Qué es, en qué consiste y sus etapas. Concepto. <https://concepto.de/ciclo-del-agua/>



## **Anexo H**

Instrumento de evaluación para el cierre de la fase I del ABP: planeación y desafío

**COLEGIO LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO**

**Instrucciones para preparación para exposición**

Fase I: planeación y desafío

**Elaborada por: JOHN STIVEN FLOREZ DOCENTE EN FORMACIÓN**

**DORA AMADO DOCENTE TITULAR**

### **Objetivo del instrumento:**

Evaluar las habilidades adquiridas por parte de los estudiantes por medio de la argumentación científica.

Recolección de saberes

Actividad 1. nube de palabras

Propósito: sirve como un esquema mental para ayudar a el estudiante a identificar conceptos claves.

Herramienta: NubeDePalabras.es

Link: <https://www.nubedepalabras.es/>

Instrucciones: seguir el paso a paso dado por el maestro en formación en clase

Actividad 2. Ensayo argumentativo

Propósito: fomentar en el estudiante la toma decisiones y una postura lógica la cual debe defender a partir de las siguientes tesis ¿En qué medida las emisiones de material particulado generadas en la zona industrial de Puente Aranda pueden justificarse dentro de un modelo de desarrollo económico y social sostenible, considerando sus efectos sobre la salud pública, la calidad del aire y el bienestar de la comunidad?"

Justificación: el trabajo realizado este articulado con conceptos de Química Y SAS (sistemas ambientales y sociedades) al ser esta ultima una asignatura multidisciplinar

| Parámetros de evaluación | Superior (5.0-4.6)                                       | Alto (4.5-4.0)                                    | Básico (3.9-3.0)                                             | Bajo (2.9-1.0)                        | calificación |
|--------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Comprensión del tema     | Demuestra dominio del tema y explica con claridad.       | Comprende el tema.                                | Comprensión parcial del tema, con algunas ideas poco claras. | No demuestra comprensión del tema     |              |
| Argumentación            | Utiliza evidencia sólida para sostener su tesis          | Presenta argumento adecuados, pero poco profundos | Tesis confusa                                                | No hay argumentos o son irrelevantes. |              |
| Organización del texto   | Introducción, desarrollo y conclusiones bien elaborados. | La estructura es clara, pero con algunas fallas.  | Organización confusa.                                        | No hay in lió conductor.              |              |

Nota. Elaboración propia, basada en las directrices del Ministerio de Educación Nacional bajo el decreto 1290 de 2009, compilado en el 1075 del 2015.

Actividad 3: exposición sobre los temas visto en clase a partir de los ciclos biogeoquímicos

Propósito: Evaluar la capacidad de los estudiantes para articular todo lo aprendido en clase de forma que se pueda integrar a la problemática de la calidad del aire en la localidad de Puente Aranda.

Instrucciones para la exposición:



## Anexo I

Consentimientos informados por parte de los acudientes de los estudiantes del curso 1101

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Institución:** Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento  
**Curso:** 1101  
**Docente titular:** Dora Amado  
**Responsable del proyecto:** John Flórez  
**Título del trabajo de grado:**  
"Material particulado: un acercamiento cualitativo con estudiantes de grado 11 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento"

Por medio del presente documento, se informa a los padres de familia y/o acudientes que su hijo(a) participará en un proyecto académico correspondiente a un trabajo de grado de carácter educativo, formativo e investigativo.

El proyecto tiene finés exclusivamente académicos y educativos, orientados al fortalecimiento del aprendizaje en ciencias y educación ambiental, a través del estudio del material particulado.

**Autorización**

Yo, como padre/madre o acudiente legal, autorizo de manera **libre, voluntaria e informada**:

- La participación de mi hijo(a) en las actividades del proyecto.
- La toma y uso de **imágenes, fotografías y registros audiovisuales** donde pueda aparecer mi hijo(a).

Declaro que dichas imágenes y registros serán utilizados únicamente con fines académicos, educativos e investigativos, tales como trabajo de grado, informes, sustentaciones y socializaciones institucionales.

**No se autoriza** el uso con fines comerciales, publicitarios, lucrativos ni en redes sociales personales o plataformas no académicas.

**Datos del estudiante**

Nombre: Jonathan Samuel Camacho Pinzón  
Curso: 1101

**Datos del acudiente**

Nombre: Alicia Pinzón Adila  
Documento: 52214 019  
Teléfono: 3132505849

**Firma de autorización**

Con mi firma, manifiesto mi consentimiento informado para la participación de mi hijo(a) y el uso académico de sus imágenes dentro del marco del proyecto.

Firma del acudiente: Helena Pinzón, Alicia Pinzón  
Nombre: Alicia Pinzón Adila  
Fecha: 13/02/2016

Elaboración propia (2026).

## Anexo J

Observación cualitativa del material particulado mediante el estereoscopio

### COLEGIO LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO

**Introducción y preparación previa para Práctica de Laboratorio: Observación Cualitativa del Material Particulado a través de un Estereoscopio**

**Elaborada por: JOHN STIVEN FLOREZ DOCENTE EN FORMACIÓN**

**DORA AMADO DOCENTE TITULAR**

## 1.Objetivo

Observar y comparar la presencia de material particulado suspendido en el ambiente utilizando filtros impregnados con vaselina, un estereoscopio y una tabla de grises como escala cualitativa de contaminación.

## 2.Fundamento teórico

El material particulado (PM) “es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire que puede tener efectos adversos en la salud respiratoria y cardiovascular” (EPA,2025). Las partículas más pequeñas (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) son especialmente peligrosas. Para detectar este material de manera sencilla, se pueden emplear filtros impregnados con vaselina que atrapan partículas suspendidas en el aire. Luego, al ser observados con un estereoscopio, revelan la acumulación de partículas. Para facilitar la comparación y hacer más objetiva la observación, se utiliza una tabla de grises, que muestra diferentes niveles de opacidad o coloración debido a la acumulación de partículas, desde un gris claro (baja contaminación) hasta un gris oscuro (alta contaminación). Esta escala es una herramienta visual cualitativa para evaluar el grado de contaminación según el ennegrecimiento del filtro

## 3. Materiales por grupo

2 papeles filtro

1 sobre blanco

1 pincel

Vaselina

Cinta adhesiva

Estereoscopio

Tabla de grises impresa (escala del 0 al 100)

Lupa (opcional)

## 4. Procedimiento

4.1. Entrega de materiales: Cada grupo recibe un sobre blanco con dos papeles filtro.

4.2. Delimitación del área de análisis: Dibujar un cuadrado de 2 cm × 2 cm en el centro de cada papel.

4.3. Preparación del filtro: a. Aplicar vaselina en el área delimitada del primer filtro. b. Dejar el segundo filtro limpio para usar como control.

4.4 Selección del sitio de exposición: Elegir un sitio con probable presencia de material particulado (ej. cocina, calle, garaje).

4.5. Instalación: Fijar ambos filtros en el lugar elegido usando cinta adhesiva

4.6. Exposición: Dejar los filtros en exposición por 72 horas.

4.7. Recolección: Retirar los filtros y guardarlos en el sobre blanco.

4.8. registro y observación a. Observar los filtros con estereoscopio.

b. Comparar visualmente con la tabla de grises para determinar el nivel de contaminación (de 0 a 100).

c. Registrar el nivel asignado a cada filtro según el oscurecimiento. (fotografías)

d. Comparar los niveles de diferentes sitios y discutir fuentes posibles del material particulado.

## 5. Resultados: Evidencias fotográficas

### 6. Análisis

¿Cuál sitio mostró mayor contaminación según la tabla de grises? ¿Cómo se compara el filtro impregnado con el filtro limpio? ¿Qué factores pueden explicar las diferencias entre sitios? ¿Hay evidencia de partículas visibles (polvo, hollín, pelusas)?

### 7. Conclusiones

Cada grupo debe mencionar al menos tres conclusiones relacionadas con: La contaminación en su entorno. La utilidad del método cualitativo. La relación entre la actividad humana y los niveles de PM.

### 8. Evaluación

Cada grupo de estudiantes realizara mínimo de 5 diapositivas donde explique y sustente su observación respondiendo las preguntas del análisis y las conclusiones además de las observaciones referentes a material particulado  
Participación en la práctica (10%)

Calidad de la preparación del filtro (25%)

Uso correcto del estereoscopio y escala de grises

(15%) Análisis de datos

(25%) diapositivas y sustentación (25%)

## 9. Referencias bibliográficas

Organización Mundial de la Salud. (2021). Contaminación del aire. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

EPA. (2022). Particulate Matter (PM) Basics. Recuperado de: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Botkin, D. B., & Keller, E. A. (2014). Ciencias Ambientales: La Tierra como un sistema. Editorial Reverté. Escalante, I. (2009, mayo 17). Escala de grises para ver el negro como negro. DENBORA.

<https://denbora.org/foroa/viewtopic.php?f=3&t=5696&sid=04abe8be319aeb26bc6f111874dd355>

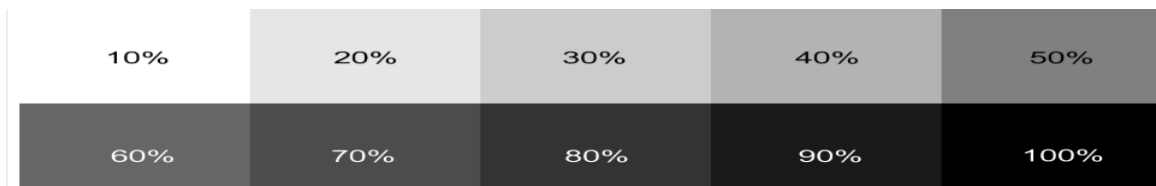
Flórez, J. S. & Amado, D. (s.f.). Introducción y preparación previa para práctica de laboratorio: Observación cualitativa del material particulado a través de un estereoscopio. Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento

Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). (2025, 24 junio). US EPA. [https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20\(tambi%C3%A9n,se%20encuentra%20en%20el%20aire](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20(tambi%C3%A9n,se%20encuentra%20en%20el%20aire)

Elaboración propia (2026).

## Anexo K

Escala de grises



Nota: Adaptado de Cloudrise (2023). Valores: una paleta de colores en escala de gris

## Anexo L

Porcentaje de material particulado determinado por parte de los estudiantes

Porcentaje de 100% = 3  
98% de porcentaje más bajo de  
blancos  
Luego de la Regla de 3 = nos da como  
resultado = 2,94% m/m  
Luego para hallar el resultado del  
peso del material particulado  
dividimos el resultado anterior por  
100 y lo multiplicamos por la masa  
de el papel filtro los que nos da  
0,019404g

Nota: Elaboración propia (2026). Adaptado de los análisis de los estudiantes

## Anexo M

Propuesta de adhesivo y material por parte de los estudiantes para creación de prototipo

**Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento**

**Propuesta de adhesivo y material para creación de prototipo**

**Elaborada por: JOHN STIVEN FLOREZ MAESTRO EN FORMACIÓN DORA AMADO  
DOCENTE TITULAR**

### 1.Objetivo

Observar y comparar la presencia de material particulado suspendido en el ambiente utilizando materiales y adhesivos propuestos por los estudiantes del curso 1101 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.

### 2.Fundamento teórico

El material particulado (PM) “es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire que puede tener efectos adversos en la salud respiratoria y cardiovascular” (EPA,2025). Las partículas más pequeñas ( $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ ) son especialmente peligrosas. Para detectar este material de manera sencilla, se pueden emplear filtros impregnados con vaselina u otros materiales y adhesivos que puedan atrapar partículas suspendidas en el aire. Luego, al ser observados con un estereoscopio, revelan la acumulación de partículas.

### 3. Materiales por grupo

Material propuesto como contenedor  
Adhesivo propuesto  
Cono de cartón (cono de papel higiénico)  
balanza  
Cinta adhesiva  
Estereoscopio

Lana

Cinta

Tijeras punta roma

Lupa (opcional)

### 4. Procedimiento

- 4.1. cada grupo prepara la solución del adhesivo según las indicaciones dadas por medio de la propuesta empleada.
- 4.2. Delimitación del área de análisis:  
Dibujar un cuadrado de 2 cm × 2 cm en el centro de cada material contenedor.
- 4.3. Registrar la masa del material contenedor
- 4.4 Impregnar con adhesivo propuesto el material contenedor
- 4.5. Registrar la masa del material contenedor y el adhesivo.
- 4.6. Hacer un solo sistema con el cono de cartón y el material contenedor impregnado.
- 4.7. Registrar masa del sistema creado
- 4.8. realizarle un amarre con la lana de tal modo que el prototipo pueda ser colgado en un lugar específico y seleccionado.
- 4.8 Registrar masa
- 4.9 exponer el prototipo por 15 días
5. Diligenciar la bitácora con evidencia fotográfica donde se observe el proceso de recolección de material particulado

5.1 Transportar el prototipo con precaución a el laboratorio de colegio

5.2 Registrar la masa total del prototipo

5.3 Registrar el material contenedor

5.4 Observar en el estereoscopio si es posible

## **6. Análisis**

¿existió algún cambio en la masa del material contenedor?

¿Su adhesivo fue adecuado

¿Hay evidencia de partículas visibles (polvo, hollín, pelusas)?

## **7. Conclusiones**

Cada grupo debe mencionar al menos tres conclusiones relacionadas la eficiencia de su prototipo.

## **8. Evaluación**

Cada grupo de estudiantes realizara bitácora donde en ella dará solución a los ítem 6 y 7

## **9. Referencias bibliográficas**

Organización Mundial de la Salud. (2021). Contaminación del aire. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

EPA. (2022). Particulate Matter (PM) Basics. Recuperado de: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Botkin, D. B., & Keller, E. A. (2014).

Ciencias Ambientales: La Tierra como un sistema. Editorial Reverté. Escalante, I.

(2009, mayo 17). Escala de grises para ver el negro como negro. DENBORA.

<https://denbora.org/foroa/viewtopic.php?f=3&t=5696&sid=04abe8be319aeb26bc6f111874dd355>

Flórez, J. S. & Amado, D. (s.f.). Introducción y preparación previa para práctica de laboratorio: Observación cualitativa del material particulado a través de un estereoscopio. Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento

Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). (2025, 24 junio). *US EPA*.

[https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20\(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire)

Elaboración propia (2026).

## ANEXO N

Bitácora diligenciada por parte de los estudiantes donde se evidencia el seguimiento a el material y adhesivo propuesto en clase.

Bitácora instrumento recolector de PM

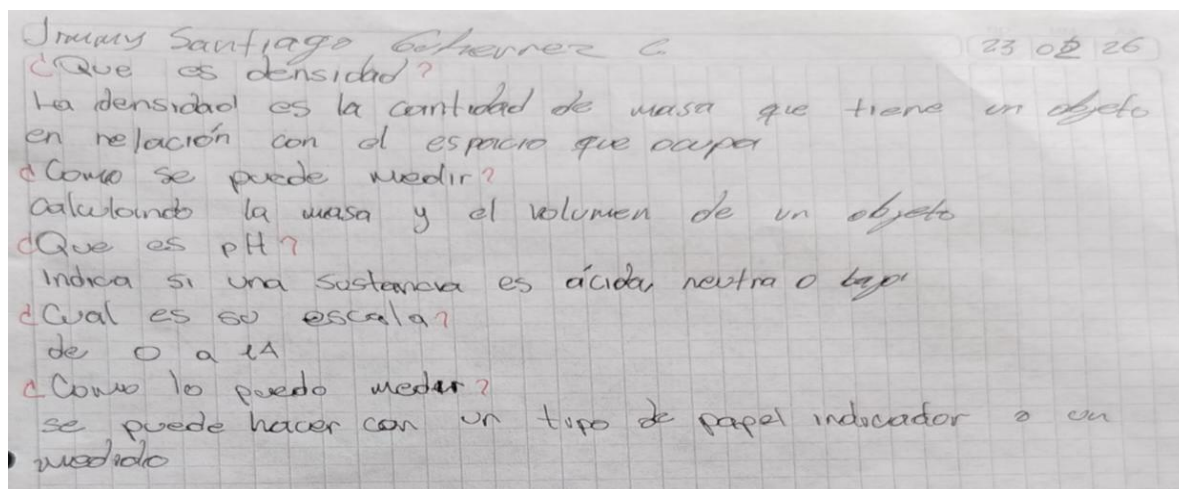
Nombre: Karen Coral, Danna García, Salome Silva, Valentina Zambrano

| fecha              | Ubicación/lugar (recolector de PM)                     | Condiciones meteorológicas (temperatura, presión y radiación solar)                                                                                                                                                                                                                        | Descripción de PM presente en el instrumento                                                                                                                                                                        | Operador (nombre del estudiante) | Evidencia fotográfica                                                               |
|--------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 de febrero 2026 | Bogotá, La ponderosa, Barrio el sol, casa, parqueadero | Temperatura mínima, $\approx 11^{\circ}\text{C}$<br>Temperatura máxima, $\approx 17^{\circ}\text{C}$<br>Presión atmosférica, $\approx 1\,030\text{ hPa}$<br>Radiación solar, Moderada a alta al mediodía                                                                                   | El día de instalación del instrumento el instrumento no muestra cambios inmediatos por lo cual la coloración de su filtro es igual a la que este tenía cuando fue construido                                        | Danna García                     |   |
| 16 de febrero 2026 | Bogotá, La ponderosa, Barrio el sol, casa, parqueadero | Temperatura mínima, $9^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$<br>Temperatura máxima, $16^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$<br>Presión atmosférica, Aproximadamente $1\,015\text{ hPa}$<br>Radiación solar / UV, Índice UV moderado ( $\sim 4$ ); $\sim 10\text{ h}$ 4 min de sol diario | Se presenta el instrumento en el cual en el centro del papel hay una capa fina de partículas de un color gris claro, identificando que puede ser por el hollín de la combustión del carro, o carros presentes en el | Valentina Zambrano               |  |

Nota: Elaboración propia (2026). A partir del registro de datos de los estudiantes.

## Anexo O

Preguntas orientadoras acerca de densidad y pH





Elaboración propia (2026).

## Anexo P

### Intervención pedagógica para los temas de densidad y pH

**DENSIDAD**

Es una propiedad física que mide la cantidad de materia (masa) contenida en un espacio determinado (volumen).

$\rho = \frac{m}{V}$

**INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA DENSIDAD**

picnómetro  
instrumento de laboratorio de vidrio borosilicato diseñado para medir con alta precisión la densidad

**¿QUE ES EL pH?**

(potencial de hidrogeno) es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

**ESCALA DE PH**

Ácido      Neutro      Alcalino

$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$

$\text{CH}_3\text{COOH}$   $K_a = 1.74 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

$\text{H}_3\text{PO}_4$   $K_a = 7.25 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$

$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$

$\text{H}^+$

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

$\text{pH} = 10^{\text{pH}}$

$\text{OH}^-$

$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$

$\text{pOH} = 10^{\text{pOH}}$

$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$

$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$

**CURVAS DE pH**

Curva de titulación de una base      Curva de titulación de un ácido

Punto de equivalencia      Punto de equivalencia

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- A.Cierta Ciencia. (2022, 14 noviembre). ¿Qué es la Densidad? Aplicaciones Fórmula (Fácil y Rápido) | FÍSICA | QUÍMICA [Video]. YouTube. <https://youtu.be/...>
- ESCO-Picnómetro de Vidrio Calibrado - Inversiones JMSA. (s. f.). <https://inversionesjmsa.com/productos/picnometro-de-vidrio-calibrado/>
- Georg, S. (2022, 26 junio). pH and Acidity: Chemistry Steps. <https://general.chemistry.com/genchem/acid-and-acidity/>
- Industar. (2024, 3 marzo). ¿Qué es el pH y como se mide? (Industar Perú). <https://industarperu.com/blogs/de-medicamentos-el-ph-y/>
- WissensSync. (2016, 24 noviembre). pH y pOH Constante de acidez para ácidos débiles [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=...>
- C. V. A. (s. f.). CIENCIA RUTINARIA. <https://www.rutinaria.com/2023/03/>
- CK-12 Foundation. (s. f.). CK-12 Foundation. <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-chemistry-second-edition/section/14.7/related-content/>
- Flowers, P., Theopold, K., Langley, R., & Robinson, W. R., PhD. (2022, 2 junio). 14.7 Titulaciones ácido-base - Química analítica [OpenStax]. <https://openstax.org/r/chem147-openstax>

Elaboración propia (2026).

## Anexo Q

### Reconocimiento de conocimiento acerca del método gravimétrico por parte de los estudiantes

1-Quiz **La gravimetría es una técnica analítica que se basa en medir:**

|                                                                                         |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| <input type="checkbox"/> El volumen de una sustancia                                    | × | 0 |
| <input type="checkbox"/> La concentración por cambio de color                           | × | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> La masa de un analito o de un compuesto relacionado | ✓ | 5 |
| <input type="checkbox"/> El pH de una solución                                          | × | 1 |
| <input type="checkbox"/> Sin respuesta                                                  | × | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

2-Quiz Si un filtro pesa 1.2450 g y después de recolectar material particulado pesa 1.2485 g, la masa recolectada es:

|                          |               |   |   |
|--------------------------|---------------|---|---|
| <input type="radio"/>    | 0.0035 g      | ✓ | 2 |
| <input type="radio"/>    | 0.0025 g      | ✗ | 1 |
| <input type="radio"/>    | 0.035 g       | ✗ | 2 |
| <input type="radio"/>    | 0.00035 g     | ✗ | 2 |
| <input type="checkbox"/> | Sin respuesta | ✗ | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 60 s

3-Quiz El principal instrumento utilizado en gravimetría es:

|                          |                   |   |   |
|--------------------------|-------------------|---|---|
| <input type="radio"/>    | Bureta            | ✗ | 0 |
| <input type="radio"/>    | Balanza analítica | ✓ | 6 |
| <input type="radio"/>    | pH-metro          | ✗ | 0 |
| <input type="radio"/>    | Espectrofotómetro | ✗ | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Sin respuesta     | ✗ | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

4-Quiz La principal ventaja de la gravimetría es:

|                          |                                                  |   |   |
|--------------------------|--------------------------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/>    | Es muy rápida                                    | ✗ | 0 |
| <input type="radio"/>    | No requiere cálculos                             | ✗ | 0 |
| <input type="radio"/>    | Tiene alta exactitud si se realiza correctamente | ✓ | 7 |
| <input type="radio"/>    | No necesita balanza                              | ✗ | 0 |
| <input type="checkbox"/> | Sin respuesta                                    | ✗ | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

5-Quiz La gravimetría es considerada un método:

|                          |                                     |   |   |
|--------------------------|-------------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/>    | Instrumental moderno exclusivamente | ✗ | 4 |
| <input type="radio"/>    | Cualitativo básico                  | ✗ | 2 |
| <input type="radio"/>    | Cuantitativo clásico                | ✓ | 0 |
| <input type="radio"/>    | Espectroscópico                     | ✗ | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Sin respuesta                       | ✗ | 0 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

6-Quiz En análisis ambiental, la concentración de material particulado suele expresarse en:

|                          |                          |   |   |
|--------------------------|--------------------------|---|---|
| <input type="radio"/>    | g/L                      | ✗ | 0 |
| <input type="radio"/>    | mol/L                    | ✗ | 1 |
| <input type="radio"/>    | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | ✓ | 3 |
| <input type="radio"/>    | kg/mL                    | ✗ | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Sin respuesta            | ✗ | 2 |

⌚ Límite de tiempo de 20 s

Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

## Anexo R

### Presentación introducción gravimetría



# GRAVIMETRIA

Maestro en formación:  
John Florez

### ¿que es la gravimetría ?

**Definición:** La gravimetría es una técnica analítica, tanto en química medición precisa de la masa de un analito.

Con respecto a el PM. La gravimetría no es una receta, sino el **análisis de la masa para conocer la composición del aire.**

En nuestro caso, medimos el Material Particulado PM10/2.5 capturado en filtros expuestos en Puente Aranda.



### Principio de conservación

**La materia no se crea ni se destruye**

Principio establecido por Lavoisier que fundamenta toda la gravimetría

**El aumento de peso = masa de contaminantes**

El peso adicional en nuestros filtros tras la exposición representa exactamente la masa de contaminantes capturados

### Métodos Clásicos vs. Instrumentales

⚠️ ¡Atención! Aunque usemos balanzas electrónicas modernas, la gravimetría es un **Método Clásico** porque el dato final proviene de la estequiometría y la masa directa, no de la liberación de la energía como en la espectroscopia.

1

**Métodos Clásicos**

Basados en masa y estequiometría

2

**Métodos Instrumentales**

Basados en energía radiante

### Fuentes de Error en el Pesaje

**Humedad Ambiental**

El agua puede condensarse en el filtro y alterar las decimilésimas

**Corrientes de Aire**

Pequeños movimientos de aire afectan la medición precisa

**Vibraciones**

Cualquier movimiento externo puede interferir con la lectura

**Grasa Cutánea**

El contacto directo con las manos contamina el peso

El uso de pinzas y desecadores es obligatorio para garantizar resultados confiables.

### Tipos de Métodos Gravimétricos



**Precipitación**

Formación de sólidos insolubles (ej. AgCl)



**Volatilización**

Medición de gases perdidos



**Electrodeposición**

Deposito de metales por corriente



**Filtración Ambiental**

Nuestro método de captura mecánica en medio poroso

### Tratamiento de Datos: para el prototipo

⚠️ ¡Cuidado! Ignorar el peso de la vaselina genera un falso positivo de contaminación.

$$\text{Masa de PM} = m_{\text{final}} - (m_{\text{filtro}} + m_{\text{vaselina}})$$

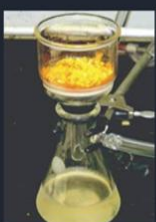
#### Conversión de Unidades

Transformar gramos (g) a microgramos (µg) para obtener la concentración final en µg/m³

#### Comparación Normativa

Contrastar con la normativa de calidad del aire de Bogotá

### Aplicaciones en la Vida Real



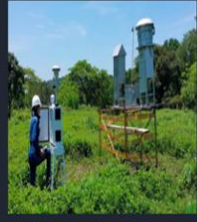
**Análisis de Minerales**

Control de calidad en explotación minera



**Análisis de Alimentos**

Determinación de composición nutricional



**Red de Calidad del Aire**

Monitoreo oficial de la RMCA B en Bogotá

La gravimetría es fundamental para el monitoreo oficial de la calidad del aire y la protección de la salud pública.

## Gravimetría directa

**Análisis cuantitativo** → **Medición de masa** → **Análisis/ compuesto relacionado** → **Pesada**



# ¡Gracias!

### Referencia bibliográficas

- Harris, D. C. (2016). *Análisis Químico Cuantitativo* (9ª ed.). Reverté. (Referencia clave para los fundamentos de balanza analítica y errores gravimétricos).
- Ladino Ospina, Y. (2023). *Guías de Laboratorio: Geociencias*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 2254 de 2017: Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente*. Bogotá, Colombia
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Bogotá*. Secretaría Distrital de Ambiente.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). APHA-AWWA-WEF.
- Baird, D., & Cann, M. (2014). *Química Ambiental* (5ª ed.). Reverté.

Elaboración propia (2026).

## **Anexo S.**

Creación de prototipo final para recolección de material particulado

### **Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento**

creación de prototipo final para recolección material particulado

**Elaborada por: JOHN STIVEN FLOREZ MAESTRO EN FORMACIÓN DORA AMADO DOCENTE  
TITULAR**

#### **1.Objetivo**

Construir un prototipo de recolecciones material particulado por parte los estudiantes del curso 1101 del Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento.

#### **2.Fundamento teórico**

El material particulado (PM) “es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire que puede tener efectos adversos en la salud respiratoria y cardiovascular” (EPA,2025). Las partículas más pequeñas (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) son especialmente peligrosas. Para detectar este material de manera sencilla, se pueden emplear filtros impregnados con vaselina u otros materiales y adhesivos que puedan atrapar partículas suspendidas en el aire. Luego, al ser observados con un estereoscopio, revelan la acumulación de partículas.

#### **3. Materiales por grupo**

Material contenedor (2-papeles filtros cuantitativos)

Adhesivo (vaselina)

Cono de cartón (cono de papel higiénico)

balanza

Cinta adhesiva

Lana

Cinta enmascarar

Tijeras punta roma

Lupa (opcional)

#### **4. Procedimiento**

- Pese el papel filtro limpio y seco

- Delimitación del área de análisis: Dibujar un cuadrado de 2 cm × 2 cm en el centro de cada material contenedor (recuerde que se debe hacer con punto muy pequeños porque el grafito del lápiz altera la masa del papel filtro)
- Una el cono al papel filtro con ayuda de la cinta adhesiva o de enmascarar
- Cada papel filtro debe estar en un extremo del cono de papel higiénico
- Registre la masa del sistema
- En el área cuadrada anterior mente de marcada impregné 0.05 a 0.1 g de vaselina corroboré con la balanza (recuerde que un exceso de vaselina puede generar problemas en la lectura en el equipo de espectroscopia IR)
- Registre el valor de la masa del sistema
- con ayuda de la lana realice un amarre para el sistema anteriormente realizado
- registre la masa
- Exponer el prototipo y un lugar donde los integrantes del grupo evidencien alto flujo de material particulado.
- Con ayuda de la lana minimice el movimiento del prototipo
- Es ponerlo por 15 días

Al momento de transportar la muestra al laboratorio de química del colegio Luis Carlos Galán si es

Necesario use las cajas de Petri para el papel filtro con la muestra de material particulado para evitar pérdidas de este

5. Diligenciar la bitácora con evidencia fotográfica donde se observe el proceso de recolección de material particulado

#### **6. Referencias bibliográficas**

Organización Mundial de la Salud. (2021). Contaminación del aire. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

EPA. (2022). Particulate Matter (PM) Basics. Recuperado de: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Botkin, D. B., & Keller, E. A. (2014). Ciencias Ambientales: La Tierra como un sistema. Editorial Reverté. Escalante, I. (2009, mayo 17). Escala de grises para ver el negro como negro. DENBORA. <https://denbora.org/foroa/viewtopic.php?f=3&t=5696&sid=04abe8be319aeb26bc6f111874dd355>

Flórez, J. S. & Amado, D. (s.f.). Introducción y preparación previa para práctica de laboratorio: Observación cualitativa del material particulado a través de un estereoscopio. Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento

Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). (2025, 24 junio). US EPA. [https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20\(tambi%C3%A9n,se%20encuentra%20en%20el%20aire](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20(tambi%C3%A9n,se%20encuentra%20en%20el%20aire)

Elaboración propia (2026).

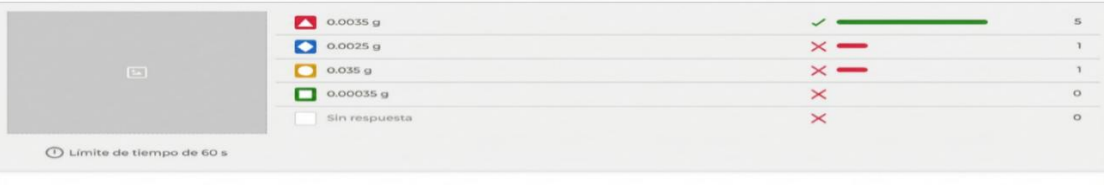
## Anexo T

### Quiz final de gravimetría mediante la plataforma Kahoot

1-Quiz La gravimetría es una técnica analítica que se basa en medir:



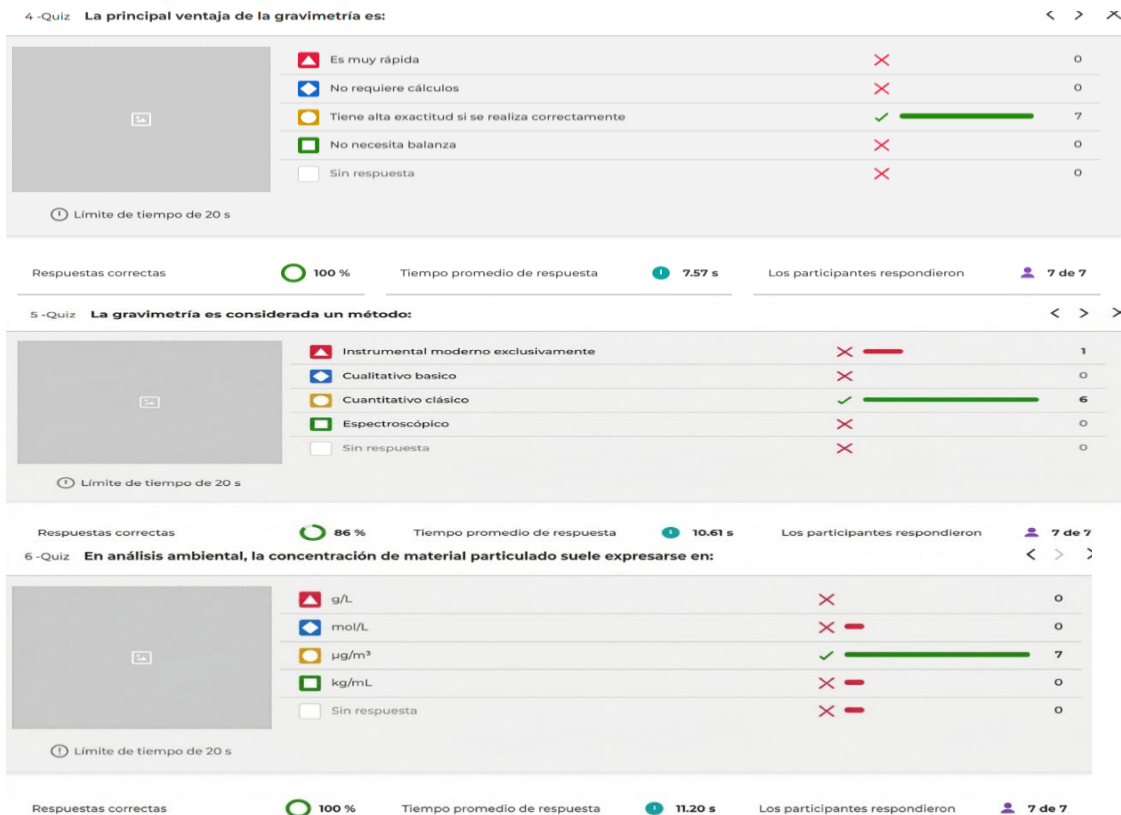
2-Quiz Si un filtro pesa 1.2450 g y después de recolectar material particulado pesa 1.2485 g, la masa recolectada es:



3-Quiz El principal instrumento utilizado en gravimetría es:



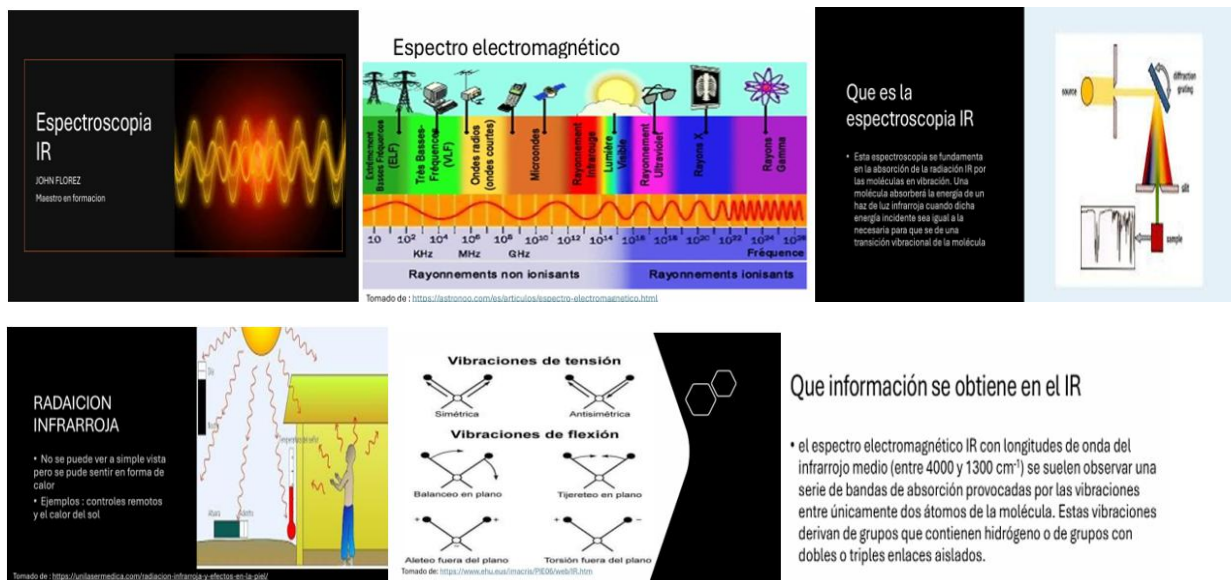




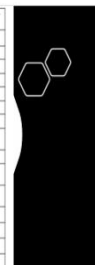
Nota: Elaboración propia mediante la plataforma Kahoot (2026).

## Anexo U

### Introducción a la espectroscopia IR



- Es la denominada zona de la huella dactilar (flexión de enlaces CH, CO, CN, CC, etc.). En esta zona de longitudes de onda, pequeñas diferencias en la estructura y constitución de las moléculas dan lugar a variaciones importantes en los máximos de absorción.

[illegible]

**Especro de infrarrojo**

c1ccccc1CC



- Simoes, C. (2025, 1 septiembre). *De las ondas de radio a los rayos gamma: un viaje a través del espectro electromagnético* | Astronoo. Astronoo. <https://astronoo.com/es/articulos/espectro-electromagnetico.html>
- **Radiación infrarroja y efectos en la piel – UNILASER MÉDICA.** (s. f.). <https://unilasermedica.com/radiacion-infraroja-y-efectos-en-la-piel/>
- **Técnicas - Espectroscopia Infrarroja - Caracterización de Materiales Cristalinos.** (s. f.). <https://www.scribd.com/document/395685185/Espectroscopia-Infrarroja>
- Marín, S. F., Russell, L. M., Turpin, B. J. y Porcía, R. J. (2002). FTIR measurements of functional groups and organic mass in aerosol samples over the Caribbean. *Atmospheric Environment*, 36(33), 5185-5196.
- National Institute of Standards and Technology [NIST]. (2023). *NIST Chemistry WebBook*, SRD 69. Departamento de Comercio de EE. UU. <https://webbook.nist.gov/chemistry/>
- Querol, X. (2004). *Estrategias para el control de las emisiones de material particulado*. Red Iberoamericana de Investigación sobre Contaminación Atmosférica.
- Seinfeld, J. H., y Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3<sup>ra</sup> ed.). John Wiley & Sons.

Bitácora del prototipo de recolección de material particulado creado por los estudiantes.

| Fecha          | Ubicación/lugar<br>(recolector de PM)                              | Condiciones meteorológicas<br>(temperatura, presión y radiación solar)                                                                                                                                   | Descripción de PM presente en el instrumento                                                                                                                                 | Operador<br>(nombre del estudiante) | Evidencia fotográfica                                                                 |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 2- marzo -2026 | avenida de las Américas con avenida 68 sentido occidente - oriente | Temperatura mínima, $\approx 10^{\circ}\text{C}$<br>Temperatura máxima, $\approx 22^{\circ}\text{C}$<br>Presión atmosférica, $\approx 1\,025\text{ hPa}$<br>Radiación solar, Moderada a alta al mediodía | El día de instalación del instrumento el instrumento no muestra cambios inmediatos por lo cual la coloración de su filtro es igual a la que este tenía cuando fue construido | Danna García                        |  |

|              |                                                                    |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                             |             |                                                                                     |
|--------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-marzo-2026 | avenida de las Américas con avenida 68 sentido occidente - oriente | Temperatura mín., 8 °C<br>Temperatura máx., 20 °C – 21 °C<br>Presión atmosférica, ~1 024 hPa<br>Radiación solar medio alta 6-8 | El prototipo presenta algunos cambios a simple vista; siendo identificado por su coloración de partículas adheridas.                                                        | Karen Coral |  |
| 6-marzo-2026 | avenida de las Américas con avenida 68 sentido occidente - oriente | Temperatura mínima, ≈ 10 °C<br>Temperatura máxima, ≈ 19 °C<br>Presión atmosférica, ≈ 1 024hPa<br>Radiación solar, moderada 5   | Siendo el día 4 de la instalación del prototipo se nota de forma visible como las partículas se adhieren a el papel filtro se evidencia que aun la vaselina no se ha secado | Karen Coral |  |

Elaboración propia (2026).

## Anexo W.

### Guía de laboratorio de gravimetría y espectroscopia IR

#### Determinación gravimétrica y caracterización del material particulado PM 10 y 2.5 con identificación infrarroja

Elaborada por John Stiven Florez docente en formación

Dora amado docente titular

#### Introducción

el material particulado es 1 de los contaminantes más críticos de la atmósfera. Este compuesto por partículas líquidas suspendidas en el aire que pueden variar de tamaño y de composición y su origen dentro de las fracciones más relevantes se encuentran:

- PM 10 partículas con un diámetro menor a 10 micrómetros que afectan principalmente las vías respiratorias superiores
- PM 2.5: partículas con un diámetro menor o igual a 2,5 micrómetros, capaces de penetrar los oleoductos pulmonares y entrar en el Torrente sanguíneo.

En esta práctica se busca no solo recuperar y cuantificar gravimétricamente en material particulado presente en los filtros impregnados de vaselina, sino también caracterizarlo mediante espectroscopia infrarroja (IR). La técnica IR Permitirá identificar los grupos funcionales y posibles compuestos presentes de material particulado, completando La visión gravimétrica con un análisis químico cualitativo.

Cada grupo de estudiantes deberá preparar una presentación final, Donde se incluirán los resultados experimentales (masa pH densidad espectro IR) y un análisis con compuesto específico asignado por los docentes explicando:

1-Origen de los compuestos dentro del material particulado



2- efectos en la salud humana y en el medio ambiente

3-una solución viable para mitigar su emisión, evitando propuestas inviables como eliminación de construcciones o la prohibición de vehículos.

## Objetivos

### General

Recuperar, cuantificar y caracterizar el material particulado (PM 10 y 2.5) presentes en los filtros de aire mediante el método gravimétrico y espectroscópico y relacionados con sus efectos ambientales y en la salud.

### Específicos

- Observar y describir las características del material particulado retenido en los filtros
- determinar la masa recuperada del material particulado A través de técnicas de secado y gravimetría
- Medir parámetros fisicoquímicos (pH y densidad) en soluciones obtenidas durante el lavado de filtros
- Identificar los grupos funcionales presentes en el material particulado utilizando espectroscopia infrarroja.
- Elaborar una presentación en la que se analice un compuesto asignado su origen, efectos en la salud y una solución viable para reducir su impacto.

## Marco teórico

### 1. material particulado (PM10y 2.5)

El material particular es una mezcla compleja de sólidos y líquidos suspendidos en el aire, compuesta por polvo, metales, carbono elemental y compuestos inorgánicos como polen, cenizas y otros contaminantes.

PM 10: generado principalmente por los procesos de construcción, polvo de carreteras y actividades industriales.

PM 2.5: Asociado con la combustión de motores, quema de biomasa y reacciones químicas en la atmósfera.

Estos contaminantes se relacionan con los efectos en la salud” como el asma, enfermedades cardiovasculares y mayores riesgos en la mortalidad prematura”(OMS,2021)

### 2.Gravimetria en la contaminación de PM

El método Grey métrico permite cuantificar la masa de PM mediante la diferencia de peso en los filtros antes y después de la recolección y el lavado controlado.” Este método es económico, accesible y ampliamente utilizado en laboratorios ambientales”(EPA,2016).

### 3.Espectroscopia Infrarroja (IR)

“La espectroscopia infrarroja es una técnica de análisis que permite identificar a grupos funcionales presentes en los compuestos químicos mediante la absorción de la radiación infrarroja en distintas longitudes de onda” (Bacardi,2019).

- Permite determinar si el material particulado contiene compuestos como sulfatos, nitratos, carbonilos, hidrocarburos aromáticos o metales unidos a moléculas orgánicas.
- Cada grupo funcional tiene bandas características en el espectro lo que permite identificar de forma asertiva los compuestos mediante las vibraciones de los enlaces de cada compuesto o molécula.

El uso de la espectroscopia IR para esta práctica “fortalece la relación entre el análisis fisicoquímico del material particulado y la identificación de contaminantes específicos” (Smith,2011)

## Materiales

1-papel filtro con la muestra de PM

1-filtro limpio y seco

1-embudo de vidrio

1-frasco lavador

1-crisol de porcelana

1-pinza para crisol

2-beaker de 250 mL

1-probeta de 100mL

1-pipeta de 5 mL

1-pHmetro

1-Balanza

1-Estufa

### Reactivos

- Agua destilada
- Fenolftaleína
- azul de metileno
- azul de bromotimol

### procedimiento

1. Observe cuidadosamente el material particulado presente en el filtro
2. Registro y pese en material particulado obtenido en el papel filtro
3. monte el sistema de filtración utilizando ahora con nuez y triángulo de porcelana  
nota: En caso de no contar con el material realice una filtración simple con un Erlenmeyer y un embudo de vidrio.
4. Coloque el nuevo papel filtro en el embudo.
5. Con ayuda del frasco lavador sin agua, sople el aire para desprender el material particulado de papel filtro original hacia el nuevo.
6. Posteriormente, agregue agua destilada en alícuotas de 10mL sobre el papel filtro para rastrear las partículas restantes hacia el embudo.
  - Cada 10mL recolectados, mida el pH y la densidad de la solución repite este proceso hasta completar 50 mL
7. Recoger material particulado en el papel filtro nuevo trasládalo cuidadosamente a un crisol previamente lavado y seco
8. Lleve el crisol con el filtro a un baño María para secar la muestra

9. Una vez seco, pese nuevamente cristal para determinar la masa del material particulado recuperado.

10. Repite el procedimiento si es necesario hasta asegurar el secado completo.

11. Calcula el porcentaje de recuperación con la fórmula:

$$\%Recuperacion = \frac{masa recuperada}{masa inicial del papel filtro con PM} * 100$$

12. Llevar la muestra después de garantizar que esté seca a el equipo de espectroscopia IR

13. Obtenga el espectro IR Y registre las bandas de absorción más relevantes

14. identifique los grupos funcionales presentes

Producto final de la práctica

cada grupo de estudiantes entregará:

datos experimentales

- Masa inicial, final y recupera
- valores de pH con las gráficas correspondientes
- densidad en cada fracción de 10 mL

Estos datos deben ser analizados y entregados a modo de informe.

### Parte #2 sustentación debe incluir:

1. Espectro IR con interpretación de los grupos funcionales
2. origen de los compuestos dentro del material particulado
3. efectos en la salud y en el ambiente
4. una propuesta de solución viable y realista para mitigar su emisión

nota: la propuesta presentada debe ser viable, sostenible y fundamentada en la realidad. No se considera aceptable las soluciones como "eliminar las construcciones "o "prohibir la producción de vehículos" ya que no son factibles en la práctica. En su lugar se espera que las alternativas estén orientadas hacia estrategias sustentables, sostenibles y

técnicamente aplicables tales como el uso de tecnologías más limpias sistemas de control de emisiones eficiencia energética o prácticas de reducción y mitigación del impacto ambiental.

#### Conclusiones

Los estudiantes deben redactar conclusiones integrando:

- La eficiencia de la recuperación gravimétrica
- la relación entre el PH, densidad y la composición química PM
- La importancia de la espectroscopia YR como herramienta de identificación

#### Referencias bibliográficas

- Agencia de protección Ambiental de EE, UU. (EPA). (2016). Particulate Matter (PM) Pollution <https://www.epa.gov/pm-pollution>

- Organización mundial de la salud (OMS). (2011). Air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) Ginebra: OMS.
- Smith, B. C. (2011). Fundamentals of Fourier Transform infrared spectroscopy (2<sup>nd</sup> ed.). CRC Press.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). Atmospheric chemistry and physics : from Air Pollution to Climate Change (3<sup>rd</sup> ed.). Wiley.
- Bacardi Godoy, C. (2019). Preparación de hidroglases derivados de poliésteramidas para su utilización en aplicaciones biomédicas [trabajo de grado, Universitat Politècnica de Catalunya] <http://hdl.handle.net/2117/171572>

Elaboración propia (2026).

## Anexo X

### Determinación de la densidad picnómetro de 5 mL

| Volumen de la muestra | Valor de masa | densidad | Evidencia fotográfica                                                                |
|-----------------------|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Picnómetro solo       | 9.221         | -----    |  |

Elaboración propia (2026). Nota laboratorio realizado por el investigador JOHN FLOREZ en las instalaciones universidad Pedagógica Nacional

## Anexo Y.

Medición del pH al filtrado la muestra recolectada

| Volumen mL | pH   | Evidencia fotográfica                                                              |
|------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 20         | 6.41 |  |

Elaboración propia (2026). Nota laboratorio realizado por el investigador JOHN FLOREZ en las instalaciones universidad Pedagógica Nacional.

## Anexo Z

Identificación de iones a partir del solido de la muestra recolectada

| SOLIDO       | COMPUESTO ADICIONADO | EVIDENCIA FOTOGRAFICA                                                                |
|--------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| MUESTRA SOLA | *****                |  |
| MUESTRA SOLA | AGUA                 |  |

Elaboración propia (2026). Nota laboratorio realizado por el investigador JOHN FLOREZ en las instalaciones universidad Pedagógica Nacional.

## Anexo AA.

### Datos del informe de laboratorio de gravimetría realizado por los estudiantes

Datos experimentales de la masa y el pH en cada lavado.

| Volumen | PH  | Masa del vaso + solución (g) |
|---------|-----|------------------------------|
| 10      | 5.0 | 13.0                         |
| 20      | 4.6 | 28.31                        |
| 30      | 5.8 | 34.24                        |
| 40      | 5.3 | 47.2                         |
| 50      | 5.2 | 56.16                        |

Datos gravimétricos para el cálculo del porcentaje de recuperación.

| Concepto                                            | Masa (g) |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Masa del filtro limpio                              | 0.95     |
| Masa del filtro con material particulado            | 1.58     |
| Masa inicial con material particulado               | 0.63     |
| Masa del crisol vacío                               | 3.00     |
| Masa del crisol + filtro seco + material recuperado | 4.55     |
| Masa recuperada con material particulado            | 0.66     |

Nota. Adaptado de informe de laboratorio: análisis de material particulado, (Murcia J, Jiménez S, Cruz. E y Aranda. M,2026).

## Anexo AB

### Prueba de salida

**Universidad pedagógica nacional**  
**Facultad Ciencia y Tecnología-Departamento de química**  
**Programa: Licenciatura en Química**  
**Prueba de salida**

Nombre:

**Apreciado(a) estudiante:**

la presente información, recolectada mediante el presente instrumento, será utilizada únicamente con fines educativos e investigativos. En este sentido, se solicita el favor de contestar de la forma más sincera posible.

Gracias por su participación.

1. El medio ambiente es un sistema abierto. Esto es relevante porque:

A. Permite que el aire y el agua circulan libremente en la tierra, permite el intercambio de calor con el espacio exterior.

B. presenta un intercambio contante materia y energía con el entorno mediante procesos físicos y químicos.

C. Implica el flujo de materia y energía, lo que fundamenta importancia de los ciclos biogeoquímicos

D. Favorece la interacción entre los sistemas vivos y no vivos, manteniendo el equilibrio del ecosistema

2.Durante el análisis de material particulado recolectado en la localidad de Puente Aranda cerca de las obras de construcción del nuevo puente de la avenida de las Américas con calle 13 (carrera 50), un estudiante identifica mediante sus resultados de espectroscopia IR

señales compatibles con silicatos. A partir de este resultado, afirma que el origen de estas partículas es principalmente natural.

Considerando la información ¿Cuál de las siguientes opciones representa una mejor evaluación del contexto ambiental y de lo afirmados por el estudiante?

Los silicatos son característicos de minerales presentes en el suelo, por lo cual su presencia confirma un origen natural.

A. Las actividades humanas, como la construcción, pueden generar suspensiones de polvo rico en silicatos, por lo cual su presencia confirma un origen antropogénico (humano).

B. La espectroscopia IR permite identificar la interacción de enlaces Si-O de los silicatos, pero no brinda información con respecto a él origen de los de estos compuestos

C. La presencia de silicatos en el material particulado indica que estas partículas son de procesos únicamente fuentes naturales

3. Durante la preparación del prototipo de recolección de material particulado en el momento de preparar los papeles filtro, un grupo de estudiantes decide aplicar una capa de 5 milímetros de grosor en lugar de una capa fina.

Los estudiantes afirman que esto mejorar la

eficiente del experimento porque se recolectara más partículas.

Considerando los principios aprendidos en clase sobre el análisis gravimétrico e instrumental

¿Cuál cree usted que es la mejor evaluación para la decisión tomada por los estudiantes?

A. Es una decisión con fundamento físico, ya que una capa viscosa de ese grosor efectivamente aumenta la retención de partículas.

B. Es una decisión perjudicial; el exceso de vaselina genera un error en la lectura de la señal en el espectro IR por enmascaramiento a causa del exceso de la matriz orgánica interfiriendo con la señal del material particulado.

C. Es una decisión acertada, para el control de la humedad, dado que la vaselina es una sustancia hidrofóbica evitando que el papel filtro absorba agua del ambiente durante la exposición del prototipo.

D. Es una decisión pertinente pues la vaselina impide las reacciones oxidoreducción ayudando a la conservación de la muestra de material particulado.

4. Durante la recolección de datos en la bitácora, un grupo de estudiantes nota que el color de la vaselina cambio de transparente a gris oscuro en 72 horas. Un integrante afirma que la vaselina se oxida al estar en contacto con el aire ¿Cuál es su observación para este planteamiento?

A. Es una observación válida, ya que los hidrocarburos de los hidrocarburos de la vaselina reaccionan con el oxígeno dando como producto el color gris observado.

B. Es una observación limitada, aunque ocurre una reacción el cambio de color es un indicador físico del material particulado atrapado en la matriz diseñada.

C. es una observación coherente, puesto que el color indica que hay masa presente en el prototipo de material particulado.

5. Se necesita pesar un contaminante del aire que se encuentra en forma de partículas sólidas cuál será el procedimiento más adecuado es:

A. Filtración, haciendo pasar el aire por un material poroso.

B. Destilación, separando sustancias mediante cambios de estado.

C. Sublimación, transformando el sólido directamente en gas.

D. Centrifugación, utilizando el movimiento circular para la separación de sustancias.

6. Si el pH de una muestra recolectada por estudiantes del colegio Luis Carlos Galán del curso 1101 tiene exactamente 7.0 y la densidad es media con respecto a la densidad del agua ¿qué puede inferir usted sobre la actividad industrial si el prototipo de recolección de material particulado estuvo 15 días expuesto en inmediaciones a la estación de Transmilenio pradera localizada en la estación de Puente Aranda?

A. Los indicadores de pH como la fenolftaleína cambian de color según el rango de acidez o basicidad de la solución y por eso el cambio de color a rosado a este pH

B. Hay una neutralización ácido – base por eso se la fenolftaleína cambio a color rosado en este pH

C. sugiere una baja presencia de gases de combustión ácida y una predominancia de polvo inerte o material particulado de orden biológico.

D. la densidad y el pH no ayudan a predecir los compuestos de material particulado solo la espectroscopia IR

7. ¿Cómo puede influir el material particulado presente en la atmósfera sobre el funcionamiento de los ecosistemas?

A. Afecta principalmente el desarrollo de las plantas del ecosistema.

B. Impacta de forma directa algunos animales del ecosistema.

C. Disminuye gradualmente la cantidad radiación solar.

D. Reduce la luz solar, altera temperatura y afecta los procesos de fotosíntesis.

8. Al analizar los resultados del espectro IR en el laboratorio de la UPN, se observó un pico muy ancho en la región de  $1002\text{ cm}^{-1}$  (silicatos) y una señal de  $1643\text{ cm}^{-1}$  (carbono /hollín). si se sabe que el colegio LUIS Carlos Galán Sarmiento está cerca de avenidas y zonas industriales ¿Cómo explicaría usted los picos encontrados en el espectro y el entorno de la localidad de puente Aranda?

**Respuesta:**

#### RUBRICA DE PRUEBA DIAGNOSTICA

| Proyección fase del ABP                      | pregunta | Opción correcta de respuesta |
|----------------------------------------------|----------|------------------------------|
| Fase I: Planeación y desafío / pregunta guía | 1        | C                            |
| Fase III: análisis y creación                | 2        | C                            |
| Fase III: análisis y creación                | 3        | B                            |
| Fase II: investigación e implementación      | 4        | B                            |
| Fase II: investigación e implementación      | 5        | A                            |

|                                               |   |                                                |
|-----------------------------------------------|---|------------------------------------------------|
| Fase III: análisis y creación                 | 6 | C                                              |
| Fase III: análisis y creación                 | 7 | D                                              |
| Fase IV: presentación, reflexión y evaluación | 8 | Sujeta a el pensamiento crítico del estudiante |

Elaboración propia (2026).