

**ENSEÑANZA DE LA INVERSIÓN TÉRMICA Y SU RELACIÓN CON LA
ACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA TROPÓSFERA**

Jenyffer Alejandra Lozano Morales

2015246036

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ D.C.

2020

**ENSEÑANZA DE LA INVERSIÓN TÉRMICA Y SU RELACIÓN CON LA
ACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA TROPÓSFERA**

Trabajo de grado para optar al título de Licenciada en Física

Jenyffer Alejandra Lozano Morales

Asesora

María Cristina Cifuentes Arcila, Ph. D.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ D.C.

2020

Dedicatoria

A mi madre, quien, con su amor infinito ha sido mi base e inspiración para lograr cada uno de mis sueños.

A mi hermana, cuyo apoyo incondicional y ejemplo a logrado impulsarme cada vez aún más alto.

A María del mar Duarte, mi gran amor, por la constante motivación e infinita paciencia que tuvo conmigo a lo largo de toda la carrera.

A Andrés Ospina, mi gran amigo y hermano, por ofrecerme siempre su apoyo e incondicional amistad.

Agradecimientos

A mi maestra y sabia consejera, Clara Inés Chaparro Sosa, por su incalculable apoyo durante todo éste arduo proceso.

A mi asesora María Cristina Cifuentes Arcila, por su buena disposición para orientar y fortalecer con precisión mi proceso investigativo.

Y finalmente, a todas y cada una de las maestras y maestros del departamento de física, y a Sandrita nuestra secretaria, personas que a lo largo de mi formación como maestra me han otorgado copiosos y fundamentales conocimientos que de seguro serán de enorme provecho para mi vida como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	LA INVERSIÓN TÉRMICA Y SU RELACIÓN CON LA ACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA TROPÓSFERA.....	5
2.1	La tropósfera como elemento de estudio	7
2.2	Las corrientes de convección, la circulación de gases y las partículas contaminantes	9
2.3	Las inversiones térmicas, acumulación de gases y contaminación de la troposfera	12
2.4	Consecuencias de la inversión térmica en la salud humana	14
3	LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL AMBITO ESCOLAR.....	18
3.1	La actividad experimental en las dinámicas de construcción de conocimiento científico	18
3.2	La actividad experimental para la construcción de conocimiento científico escolar	21
4	FUNDAMENTO PEDAGÓGICO, DIDACTICO Y CURRICULAR	25
4.1	Fundamento pedagógico-didáctico de la propuesta.....	25
4.2	Los referentes curriculares de la propuesta de enseñanza	28
5	PROPUESTA DE ENSEÑANZA	31
5.1	Primera fase de la propuesta	33

5.2	Segunda fase de la propuesta	35
5.3	Tercera fase de la propuesta.....	42
5.4	Síntesis de la propuesta de enseñanza.....	43
6	CONCLUSIONES.....	46
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
8	ANEXOS	53
8.1	ANEXO A.....	53
8.2	ANEXO B.....	55
8.3	ANEXO C.....	59
8.4	ANEXO D.....	60

1 INTRODUCCIÓN

Las investigaciones en didáctica de las ciencias naturales señalan que la enseñanza de las ciencias, en la escuela secundaria, debe ofrecer ricas y variadas oportunidades para que el estudiantado construya conocimientos sobre el mundo natural (Lacueva, 2006), desarrolle las habilidades necesarias para resolver problemas y realizar investigaciones científicas escolares (Pozo, *et al*, 1994), y desarrolle un pensamiento crítico y reflexivo sobre las complejas relaciones entre actividad humana, medio ambiente, salud y la calidad de vida a las personas (Arenas, 2007).

En relación al último objetivo es de resaltar que diversos organismos nacionales e internacionales como el Ministerio de Educación Nacional (MEN), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, las Ciencias y la Cultura (Unesco), el Consejo de Ministros de Educación de la Comunidad Europea, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), han hecho un llamado a involucran con urgencia actividades de enseñanza que promuevan la formación de ciudadanos críticos y promotores del cambio social y ambiental que necesitamos (Gil y Vilches, 2006).

Lastimosamente, estos objetivos no siempre se alcanzan debido a los diversos problemas que subyacen a la enseñanza de las ciencias naturales. Uno de los problemas más representativos -a juicio de la investigadora- es el papel que se da a la actividad experimental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Esto se debe a diferentes factores que van desde la falta de material de laboratorio (problema material) o la falta de formación para utilizar el material con el que se cuenta (problema intelectual), hasta el tipo de actividad experimental que se propone a los estudiantes (problema epistemológico-metodológico). A este último factor me referiré en los siguientes párrafos.

Muchos de los *laboratorios escolares* que realizan los estudiantes en las clases de ciencias naturales, tanto en el contexto nacional como en el internacional, corresponde a *prácticas verificativas altamente estructuradas*, como las planteadas en los libros de texto o en manuales de laboratorio. Son verificativas porque su propósito principal es la comprobación de los hechos, principios, leyes y conceptos científicos estudiados previamente en las clases

teóricas (Garzón, 2014). También son altamente estructuradas porque preestablecen el procedimiento a seguir durante su desarrollo (montajes y medidas), así como el análisis que se debe hacer de los datos para construir las conclusiones que se presuponen se deben elaborar al final de la experiencia (Flores, Caballero y Moreira, 2009).

Lastimosamente, estos laboratorios no permiten establecer relaciones significativas entre la dimensión teórica y la dimensión experimental en los procesos de construcción de conocimientos científico escolar (Malagón, Sandoval y Ayala, 2011). Ni siquiera propician el establecimiento de la relación asimétrica y jerárquica entre teoría y experimento que los fundamentan, en la que *“la teoría es lo primero y primordial, lo que antecede y acompaña al experimento, y por supuesto lo que resulta de él”* (Ferreirós y Ordóñez, 2002). Al respecto la investigación de Abrahams y Millar (2008) indica que durante estos laboratorios los estudiantes suelen hacer con los objetos lo que los maestros pretenden, pero difícilmente llegan a utilizar las ideas científicas previamente estudiadas para guiar sus acciones y reflexionar sobre los datos que recogen. Esto resultados nos recuerdan que las ideas teóricas no “emerge” directamente de la experimentación, no importa cuán cuidadosamente ésta sea orientada y acotada por el/la maestra (Abrahams y Millar, 2008). También nos recuerdan que los procesos de construcción de conocimientos sobre el mundo natural demanda complementariedad, interdependencia y diálogo entre la dimensión teórica y la dimensión experimental (Amelines y Romero 2017; Koponen y Mäntylä, 2006).

Por otra parte, también es común que estos laboratorios no propicien el desarrollo de las habilidades necesarias para resolver problemas y para realizar investigaciones científicas escolares. El hecho de que estos laboratorios promuevan una relación asimétrica y jerárquica entre teoría y experimento, aunado a la adopción de un diseño altamente estructurado a modo de receta de cocina, limita -por no decir anula- las oportunidades de los estudiantes para formular preguntas de indagación, hacer predicciones de resultados basado en sus conocimientos previos, formular hipótesis, diseñar procesos y experimentos, construir aparatos, hacer inferencias, establecer relaciones, construir generalizaciones, evaluar métodos, comparar resultados y conclusiones, etc. Más aún, lo que termina comunicando estos laboratorios es una imagen teoreticista, descontextualizada, rígida, algorítmica, infalible, a problemática y ahistórica de los procesos y prácticas de la investigación científica,

en palabras de Fernández, Gil y Vilches (2005) una imagen empobrecida y distorsionada de las ciencias.

Finalmente, estos laboratorios tampoco fomentan el desarrollo un pensamiento crítico y reflexivo sobre las complejas relaciones entre actividad humana, medio ambiente, salud y la calidad de vida a las personas, porque de manera infortunada dan mucha importancia a la verificación de las ideas teóricas científicas. Adicionalmente, porque la especialización disciplinar desde la cual se formulan, aunque ha sido fundamental para el desarrollo de las ciencias, ha mostrado limitaciones a la hora de hacer frente a algunos de los problemas del mundo natural y social (MEN, 2006), tales como la ruptura del equilibrio ecológico, el deterioro ambiental, las diversas formas de contaminación, lo problemas de salud pública. En palabras de MEN, estos problemas demandan abordajes “*más transversales, multidimensionales y desde la perspectiva de diversas disciplinas*” (2006, 102).

Quizá esta problemática es responsable de la falta de interés, sino rechazo, de muchos estudiantes por el aprendizaje de las ciencias (Fernández, Gil Pérez, Valdés y Vilches, 2005). Esto hace que sea necesario establecer en los procesos de enseñanza relaciones dinámicas entre aspectos metodológicos, epistemológicos, teóricos propios de las ciencias, la didáctica y la pedagogía, que permitan usar coherentemente el potencial de la actividad experimental para el aprendizaje de las ciencias (Flores, et al. 2009),y además contribuir en el desarrollo de habilidades esenciales para: la resolución de problemas, la toma de decisiones, el fomento del pensamiento crítico y reflexivo, como procesos interrelacionados e interdependiente, proveyendo así a los estudiantes de elementos fundamentales en la formación de valores para una mejor convivencia en sociedad, (Agustín, et, al. 2011), por ende, es crucial idear y llevar a cabo la construcción de propuestas de enseñanza que consigan transitar de un proceso de transmisión de información a un proceso en donde el estudiante sea quien construya su propio conocimiento, permitiendo mitigar de manera paulatina pero acertada el anterior panorama descrito.

En consecuencia, el presente trabajo de grado tuvo como propósito dar respuesta a la pregunta desencadenante que oriento esta investigación *¿Qué propuesta de enseñanza es pertinente para orientar un proceso de construcción de conocimiento escolar de la inversión térmica y*

su relación con la acumulación de contaminantes troposféricos, en estudiantes de grado decimo?

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, se propuso los siguientes objetivos, estableciendo como objetivo general, *Construir una propuesta de enseñanza que permita orientar un proceso de construcción de conocimiento escolar de la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes troposféricos para estudiantes de grado decimo*, y como objetivos específicos, a) *Indagar sobre la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes en la tropósfera.* b) *Establecer los fundamentos pedagógicos, didácticos y curriculares que orientan el diseño de la propuesta de enseñanza.* c) *Diseñar las actividades de enseñanza: el modo en que se llevara a cabo la enseñanza y los medios que la apoyarán.* d) *Evaluar el proceso de implementación de las actividades de enseñanza con el propósito de ajustarlas.*

VISIÓN GENERAL DEL CONTENIDO

A manera de síntesis, este trabajo está desarrollado en cinco capítulos.

En el primer capítulo se realiza una descripción de los elementos principales que componen el proceso de inversión térmica y las relaciones presentes entre ellos, como factores determinantes en la acumulación de contaminantes en la troposfera, para esto se vinculan conocimientos disciplinares de la física, química, biología, y ciencias ambientales.

En el segundo capítulo se una revisión de algunos elementos que caracteriza a la actividad experimental en los procesos de investigación científica y en el ámbito escolar y como estos son llevados a cabo.

En el tercer capítulo se presenta los fundamentos, pedagógicos –didácticos y curriculares que se tuvo en cuenta para la construcción de la propuesta de enseñanza.

En el cuarto capítulo se presenta la propuesta de enseñanza, describiendo detalladamente cada una de las fases y actividades que fueron diseñadas.

En el quinto capítulo, se presentan las reflexiones finales de la investigación realizada a manera de conclusión.

2 LA INVERSIÓN TÉRMICA Y SU RELACIÓN CON LA ACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA TROPÓSFERA

Desde la aparición del fuego y su uso para la producción de calor, por parte del ser humano, hasta los procesos industriales de la actualidad, se ha arrojado al aire a través de múltiples formas y de manera continua, una cantidad desmesurada de elementos químicos, físicos y biológicos que lo contaminan. Estas dinámicas traen consigo resultados alarmantes como el impacto negativo que han generado estos contaminantes en el medio ambiente, representándose a través del deterioro de diversos ecosistemas y la salud de todos los seres vivos que lo habitan, a este panorama se suman otros problemas como lo es el acelerado crecimiento de la población mundial y la tala indiscriminada de bosques nativos, los cuales, en conjunto han contribuido a que la contaminación atmosférica se convierta en un problema global de una magnitud considerable, tanto que organizaciones mundiales como la OMS (Organización Mundial de la salud) dentro de su reporte anual para el año 2017 estimó que aproximadamente el 90% de las personas de todo el mundo se encontraban respirando aire contaminado.

En Colombia, esta problemática ambiental toma protagonismo en las tres grandes urbes Bogotá, Medellín y Cali, al ser éstas, según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y las CAR (Corporaciones autónomas regionales), las ciudades con mayor contaminación atmosférica de todo el país, y en donde sus principales causas es el uso de combustibles fósiles producidos por fuentes de emisiones fijas, móviles o aéreas, y las partículas suspendidas totales (PTS) generadas por parte de los establecimientos industriales y termoeléctricos.

En particular para la ciudad de Bogotá, la contaminación atmosférica se ha convertido en una prioridad dentro de otras problemáticas propias de un centro urbano, pues el deterioro significativo de la calidad del aire ha ocasionado que en distintos momentos del primer semestre del año, la Alcaldía mayor de Bogotá considere necesario decretar en emergencia ambiental la ciudad, y además implementar diferentes medidas y restricciones en el sector de industria y movilidad, con el objetivo de que las condiciones de la calidad del aire mejoren

de manera sostenible, pues estas situaciones no solo representan una seria amenaza para el medio ambiente, sino también para la salud y la calidad de vida de sus habitantes.

Las autoridades ambientales y distintos medios de comunicación han explicado que dichas emergencias ambientales presentadas en la ciudad son el resultado de la acumulación de contaminantes sobre el cielo citadino, la cual es posible apreciar en forma de una nube grisácea de smog. Las causas otorgadas a dicho fenómeno son asignadas a procesos antropogénicos como las quemas forestales realizadas en los llanos orientales, la Orinoquia y Venezuela y procesos naturales como la inversión térmica, fenómeno que es común durante las condiciones de tiempo seco, dadas entre los meses de diciembre y marzo, y que en ocasiones se extiende hasta el mes de Julio a causa de alteraciones meteorológicas.

Por lo anterior es fundamental reconocer que ante estos episodios ambientales es necesario ampliar e intensificar desde diversos sectores, el esfuerzo orientado a favorecer la condición del aire en la ciudad de Bogotá.

Para el caso de la enseñanza, es importante que estos esfuerzos permitan orientar a las personas hacia un mejor conocimiento de ésta problemática, y para ello es necesario que el análisis de procesos como la inversión térmica sean llevados al contexto escolar, lugar en donde al usarla como una situación desencadenante y propia del contexto de un habitante de la ciudad de Bogotá, permita propiciar el desarrollo de un pensamiento crítico y reflexivo sobre las complejas relaciones entre actividad humana, medio ambiente, salud y la calidad de vida a las personas.

En consecuencia, con lo anterior se construye una propuesta de enseñanza que se centra en el proceso natural de la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes en la troposfera, pero para esto se requiere entender un poco más a profundidad las relaciones existentes entre estos dos elementos. Es así que en esta sección se hará una descripción más detallado de estas relaciones y los elementos principales que la componen, vinculando los conocimientos disciplinares de la física, química y las ciencias ambientales, para ello se iniciara con conocer más sobre la región denominada tropósfera, lugar en que se da este tipo de procesos naturales, como se encuentra configurada y como dicha configuración propende el surgimiento de inversiones térmicas, en segundo lugar se hace una revisión de las

corrientes de convección, como se producen y su papel en el transporte de contaminantes, en tercer lugar se caracteriza el proceso de inversión térmica y la forma en como éste se desarrolla y por último, las consecuencias que trae consigo para la salud del ser humano este tipo de procesos en ambientes con presencia de contaminantes.

2.1 La tropósfera como elemento de estudio

La tropósfera, es una de las zonas diferenciadas que conforman la capa gaseosa que rodea la tierra, recibe este nombre según la configuración atmosférica, llamada estratificación térmica o distribución vertical de temperaturas medias, la cual establece una organización a partir de la relación existente entre el cambio de la temperatura con la altitud, ésta altitud es cercana a un valor de los 9 km sobre los polos, 18 km sobre el ecuador, y posee una media de los 15 km.

Esta región es sustancialmente importante debido a que contiene aproximadamente el 80% de toda la masa de la atmosfera, y se organiza a través de su composición química en los siguientes porcentajes, un 78.05% Nitrógeno (N_2), 20.946% Oxígeno (O_2), 0.934% Argón (Ar), 0.0314% Dióxido de Carbono (CO_2), 0.00182% Neón (Ne) y 0.00052% Helio (He), así como polvo en suspensión y otros gases menos representativos (Kr, H_2 , CO, CH_4 , O_3 , Xe, NH_3 , NO_2), este conjunto de gases en su mayoría poseen una concentración y composición constante, lo que permite que sea tratado como un solo gas, cuyo peso molecular es de 0,028964 Kg/mol, y recibe el nombre de aire seco, de esta forma es posible afirmar que el aire seco obedece dentro de los valores de las presiones y temperaturas observadas en la troposfera, a la ley que gobierna un gas ideal (Glynn y Heinke, 1999), esto es posible expresarlo de la siguiente manera:

$$p = R\rho T \quad (1)$$

Donde, p = Presión (N/m^2)

ρ = Densidad (Kg/m^3)

T = Temperatura (K)

R = Constante de los gases para aire seco 287.0 (J/Kg*K)

De acuerdo con la ecuación, es posible señalar que, para el caso de la presión y la temperatura, ninguna se encuentra determinada por la otra, lo que significa que el aire caliente puede poseer una presión alta y de igual forma el aire frío una presión baja.

Como producto de esta configuración enunciada anteriormente, la tropósfera termina siendo la región en la que se localiza y se forman todos los fenómenos meteorológicos y los procesos de acumulación de contaminantes que son arrojados desde la superficie terrestre, un ejemplo de este último aspecto se evidencia en los primeros 500 m de altura desde la superficie terrestre, denominados la capa sucia, pues allí se concentra el polvo en suspensión procedente de los desiertos, los volcanes y la contaminación, este polvo tiene un papel importante para el paso del vapor de agua atmosférica a agua líquida, pues actúa como núcleo de condensación que facilita dicho proceso.

Por otra parte, este proceso de condensación del agua es posible dado que la mayor cantidad del vapor de agua atmosférica se encuentra en los primeros 5 Km de altitud, sin embargo, su concentración depende directamente de las diferencias de presión y temperatura existentes en dicha zona; adicional a esto el vapor de agua en la tropósfera tiene un papel fundamental en la creación de importantes flujos convectivos de aire, verticales y horizontales que dan lugar a las precipitaciones, aparición de viento y nubes.

Las masas de aire que componen los flujos convectivos, aumentan su temperatura, a partir de la radiación recibida del sol y el calor emitido por la superficie terrestre, que son sus principales fuentes de calor, éstos en conjunto, ocasionan que la temperatura sea máxima en su parte inferior (Capa límite de superficie), y posea un valor medio de temperatura de alrededor de los 15°C, a partir de ahí la temperatura comienza a descender con la altura con una razón de cambio de 6.5°C por cada 100 m de altura, hasta llegar a -70°C en el límite superior de la troposfera llamado tropopausa, esto se debe a que con el aumento de la altura la cantidad de gases atmosféricos sobre determinado punto será cada vez menor, y por tanto, la presión atmosférica también disminuye, siendo así que para una presión baja las masas de aire tengan permitido expandirse, llevando a que las moléculas de aire se alejen entre sí, ocasionando una disminución en la temperatura de las masas de aire en general, la velocidad en que se da ésta disminución en la temperatura, se conoce como gradiente adiabático y se expresa a partir de la tasa de decaimiento o gradiente negativo neto, que para la tropósfera, -

en promedio espacial y temporal se encuentra en un valor aproximado de 5 K/Km, o $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Martin, 1996).

De esta manera en la parte más baja de la troposfera, el aire es más cálido y por lo tanto menos denso, por lo que tiende a ascender por efecto de la diferencia de densidades, mientras que en la parte más alta el aire frío es más denso y tiende a descender por otra zona en donde no hay un ascenso vertical del aire cálido, produciendo con ello un efecto de mezclado vertical, no obstante aunque esta se define como una regla general en cuanto al comportamiento de las masas de aire en la troposfera, es posible encontrar zonas en las que existen perturbaciones del gradiente térmico vertical (GTV) debido a enfriamientos y calentamientos desiguales, producidos por: el sol, la radiación saliente del suelo, el transporte de calor por los vientos y corrientes oceánicas, dando así razón a los cambios abruptos de temperatura durante un día cualquiera, (Glynn y Heinke, 1999) que en ocasiones provocan, que la temperatura incremente con la altura, a este último hecho se le define como inversión térmica (Benito y Campo, 2004).

En otras palabras, si con la altura la temperatura disminuye en suficiente proporción, los contaminantes ascenderán con el aire, de acuerdo a ello se irán dispersando, y disminuyendo su concentración, hasta alcanzar la estratosfera, donde los vientos en alturas los diseminan completamente, de manera contraria cuando no hay corrientes ascendentes de aire existe dificultad para que se produzca la dispersión de los contaminantes. Una situación que se concibe como bastante grave y que se da cuando existe inversión térmica. Sin vientos importantes, temperaturas bajo cero y una gran estabilidad atmosférica no hay dispersión ni dilución de los contaminantes.

2.2 Las corrientes de convección, la circulación de gases y las partículas contaminantes

Las corrientes de convección, son el resultado de la transferencia de calor dada por una distribución no uniforme de temperaturas en un determinado fluido (gases y líquidos) que se encuentra inmerso en un campo gravitatorio, éstas diferencias de temperaturas trae consigo una variación en la densidad, lo cual origina una circulación de la materia, debido a que el

fluido de menor temperatura al ser más denso desciende a las zonas más bajas, desplazando el fluido que se encuentra a mayor temperatura y menor densidad, el cual ascenderá a las zonas más altas, tal como se muestra en la ilustración 1. En otras palabras, se denomina convección a todo proceso de transferencia de calor entre dos zonas a distinta temperatura como consecuencia del movimiento de materia caliente hacia las zonas frías y de materia fría hacia las zonas calientes (Martin, 2011).

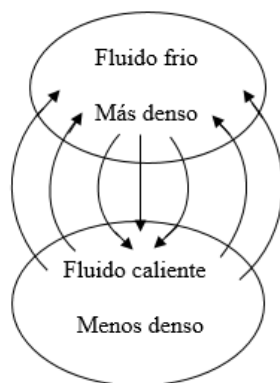


Ilustración 1: Desplazamiento de fluidos por diferencias de densidades.

En el caso particular de la atmosfera, la convección es uno de los procesos físicos más importantes, pues en conjunto con el movimiento de rotación terrestre establecen el inicio de la compleja y extensa cadena de eventos que se originan y desarrollan en la capa limite atmosférica (CLA)¹, esto incorpora desde el más simple de los procesos, como la formación de una nube hasta la manifestación de un tornado.

Para una mejor comprensión de estos procesos que son resultado de la naturaleza de las corrientes de convección atmosféricas, es necesario dejar de un lado la idea de la flotabilidad de cuerpos discretos y coherentes y considerar dichas corrientes, como los movimientos que surgen en el momento que la gravedad actúa sobre variaciones en la densidad del aire, estas últimas pueden ser causadas por múltiples factores tales como: variaciones en la presión, en la temperatura y la concentración de sustancias que se encuentran disueltas en el aire. (Quintana, Sierra & Carnesoltas, 2010)

¹ Sección o porción de un fluido, que se encuentra en contacto con una superficie (Sólida o líquida) donde tienen lugar importantes intercambios de momento, calor o de masa entre ambos. (Quintana, Sierra & Carnesoltas, 2010).

Dicha concentración de sustancias tiene su origen en diversos factores físicos y meteorológicos, dentro de los cuales, uno de los más importantes y que se relaciona directamente con las dinámicas producidas en el sistema suelo-atmosfera es conocido como estabilidad atmosférica, la cual es una condición de equilibrio² entre las temperaturas de una masa de aire y el aire circundante a la misma, que ocasiona una alteración en el flujo normal de las corrientes convectivas, (Reyes, 2001) propiciando así, el estacionamiento de masas de aire, humedad, y contaminantes, en la troposfera, (Velásquez, 2016).

Dentro de estos contaminantes³ naturales y antropogénicos, el material particulado⁴ se destaca por sus características únicas (Forma, tamaño, composición química y permanencia en la atmosfera) entre los contaminantes atmosféricos y su potencial impacto para la salud del ser humano y el medio ambiente, pues éste es una combinación de compuestos orgánicos e inorgánicos en forma líquida y sólida que se encuentran suspendidos en la tropósfera, y los cuales han sido clasificados de múltiples formas, sin embargo la más común se realiza de acuerdo a los parámetros básicos más importantes: origen y tamaño, este último aspecto es crucial en términos de su comportamiento y por lo tanto su distribución en determinadas regiones de la atmosfera.

El material particulado según su origen, se organiza en partículas primarias y secundarias. las partículas primarias son todas a aquellas partículas que se emiten directamente desde la fuente de contaminación a la atmosfera y las partículas secundarias todas aquellas que se forman en la atmosfera como producto de reacciones químicas en presencia de materiales gaseosos como el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el amoníaco (NH₃). Por otra parte, para la clasificación realizada de acuerdo a su tamaño, es necesario utilizar el diámetro aerodinámico⁵ (da) como un indicador de tamaño de la partícula, pues éstas por sus diversas formas (esferas, elipses, cubos, formas irregulares o geometría fractal, etc.) no permite una descripción a través de

² Condición de equilibrio idealizada desde la perspectiva de la termodinámica clásica.

³ Compleja mezcla de productos químicos y/o biológicos (metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)) (Billet et al., 2007) citado por Arciniegas (2011)

⁴ También conocidas como Aeropartículas, partículas suspendidas y material particulado o PM por sus siglas en ingles correspondientes a Particulate matter.

⁵ Es igual al diámetro de una partícula esférica de densidad unitaria que tiene la misma velocidad terminal que la partícula considerada

una sola dimensión geométrica real. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011)

Para esta clasificación del material particulado existen diferentes rangos, el mayor de ellos se conoce como Partículas Suspensas Totales (PST), son todas aquellas que poseen un diámetro aerodinámico menor de 100 micrómetros o micras (μm)⁶.

Sin embargo, a causa de su habilidad de penetración en el sistema respiratorio humano, la atención se ha centrado durante los últimos años, en las partículas menores a 10 μm (PM₁₀), las cuales se dividen en las siguientes fracciones:

- Fracción gruesa (PM_{2.5-10}), diámetro aerodinámico entre 2.5 y 10 micrómetros o micras (μm).
- Fracción fina (PM_{2.5}), diámetro aerodinámico menor a 2.5 μm .
- Fracción ultrafina (PM_{0.1}), diámetro aerodinámico menores a 1 μm .

Cualquiera de estos tres tipos de partículas puede ser primarias, ya sea de fuentes fijas (Centrales térmicas, centrales nucleares, procesos industriales, incineración de residuos), o fuentes móviles (Escape de los vehículos a diésel o gasolina, debido a que los procesos de combustión no son 100% eficientes) sin embargo, generalmente las partículas finas y ultrafinas en su gran mayoría son partículas secundarias, éstas tienen en la atmosfera periodos de vida que oscilan de días a semanas y desplazamiento de hasta 100 Km, desde su fuente de origen, por el contrario las partículas más grandes su periodo de vida media es relativamente corto al durar solo un par de minutos u horas, en la atmósfera, limitando así su desplazamiento dentro de una misma región. (OMS, 2005)

2.3 Las inversiones térmicas, acumulación de gases y contaminación de la troposfera

La inversión térmica (IT) es un proceso natural que se origina en las regiones media y baja de la tropósfera y es característico por la perturbación producida en el gradiente térmico

⁶ 1 μm = Una millonésima parte de un metro = 0,000 001 m = 1×10^{-6} m

vertical (GTV), en el cual, el valor de la temperatura contrario a su tendencia normal, presenta un aumento proporcional con la altitud.

Existen cuatro tipos de IT que se desarrollan dependiendo de las condiciones meteorológicas del momento, estas son: IT por subsidencia, IT frontal, IT marina y IT por radiación o nocturna.

IT por subsidencia: Se produce cuando una masa de aire seco y cálido (el cambio y aumento de la presión por el descenso eleva su temperatura) que desciende hasta un determinado nivel, se encuentra con una masa de aire húmedo y de menor temperatura ubicada en una zona inferior, existiendo así entre estas dos masas un límite en donde el cambio de la temperatura es abrupto, generando que la masa de aire de la zona inferior quede bloqueada y se obstruya el flujo ascendente.

IT frontal: Se genera cuando una masa de aire frío cercano a la superficie se aproxima a una masa de aire caliente desplazándola hacia mayores altitudes.

IT marina: Esta sucede con gran frecuencia contiguo a litorales de los continentes, costas y grandes lagos, cuando los vientos de bajas temperaturas que permanentemente recorren la superficie del agua, ingresan a zonas terrestres de forma abrupta ubicándose por debajo de una masa de aire a mayor temperatura.

IT por radiación o nocturna: Esta se produce cuando en las noches despejadas⁷, el suelo disminuye su temperatura por enfriamiento radiativo a una mayor velocidad en comparación con el proceso de ascenso y disminución de temperatura de las masas de aire en la troposfera, ocasionando así que el aire en contacto con la superficie se enfríe más rápido que el que está en las capas superiores a él, lo que genera una masa de aire caliente atrapada entre dos masas de aire frío.

En pocas palabras este tipo de procesos anteriormente descritos, generan que una capa de aire frío cercana a la superficie no pueda ascender impidiendo la circulación vertical del flujo de aire.

⁷ Ausencia de nubes

Este proceso ha sido caracterizado a través de diferentes parámetros, con el objetivo de estimar las condiciones idóneas para el retorno del flujo convectivo de masas de aire, estos parámetros son: *El espesor y la intensidad*, que se definen cada uno respectivamente como la diferencia en metros y de temperatura (en grados Celsius) existente entre el pico más alto de la IT y su punto de inicio desde la superficie, *la temperatura de ruptura*, es el valor requerido de temperatura (en grados Celsius), entre el pico y el punto de inicio de la IT para que sea posible un retorno de la circulación normal del flujo de masas de aire. y *la hora de ruptura*, es el momento en el cual se alcanza la temperatura de ruptura (García, Ramírez, Ulloa, Arias, & Pérez, 2012)

Este tipo de procesos naturales como las IT en sí mismo no representa ningún tipo de peligro para los seres vivos, sin embargo, este panorama se ve alterado cuando este proceso surge en entornos para los cuales la presencia de contaminantes atmosféricos es recurrente, pues la estabilidad atmosférica existente entre las masas de aire impide que los contaminantes puedan ascender y dispersaren en altitudes mayores. Un claro ejemplo de lo anterior se encuentra en las grandes ciudades en donde este proceso es posible evidenciarlo a través de la capa de Smog que se acentúa sobre el paisaje citadino, allí, los efectos nocivos que trae consigo la emisión diaria de grandes cantidades de contaminantes son percibidos en un grado mayor a través del impacto nocivo que genera a la salud respiratoria de los habitantes y los demás seres vivos.

2.4 Consecuencias de la inversión térmica en la salud humana

Las inversiones térmicas como se mencionó anteriormente tienen la posibilidad de retener diferentes elementos contaminantes en las regiones cercanas a la superficie a causa de la interrupción de la elevación del aire de las zonas más bajas, trayendo consigo niveles críticamente altos de contaminación atmosférica, que afectan a través de diferentes vías de exposición (inhalación, ingestión, absorción cutánea, transferencia placentaria, transmisión vía lactancia) la salud y bienestar de los seres humanos que habitan las regiones en las que se desarrolla dicho proceso de acumulación.

Los contaminantes participes de los procesos acumulativos, poseen diferentes niveles de toxicidad que varían dependiendo de una serie de factores que fueron seleccionados bajo la

premisa de la necesidad de comprender a mayor profundidad la interacción existente entre aspectos sociales y contaminantes ambientales, y porque algunas poblaciones⁸ son más vulnerables que otras a los efectos de salud de las sustancias tóxicas. (CCA, 2014), estos factores son: El grado de concentración del contaminante, la frecuencia y grado de exposición al que el sujeto se someta, y la relación exposición al contaminante – reacción biológica, este último aspecto se encuentra determinado por elementos que contribuyen en dicha vulnerabilidad, tales como, edad en la que ocurre la exposición, el estado nutricional, los factores de estilo de vida y los rasgos genéticos. (Comisión Europea De Salud Y protección al Consumidor, 2007)

Dentro de los contaminantes aéreos que más riesgo representan para la salud humana se encuentran los compuestos químicos gaseosos (Dióxido de nitrógeno, ozono troposférico, dióxido de azufre, monóxido de carbono, etc.) y el material particulado inhalable (PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀), cada uno de estos contaminantes producen efectos particulares en diferentes órganos y sistemas del cuerpo humano con diversos grados de intensidad (tabla 1), que en consecuencia amplían el espectro de respuestas biológicas, estas últimas han sido organizadas y categorizadas de forma piramidal en etapas subclínicas y clínicas: En la base se encuentra la población expuesta, seguido de la población que presenta acúmulos de contaminantes en su organismo, en un tercer nivel se haya la población que presenta cambios bioquímicos inciertos, seguido de quienes presentan cambios funcionales en su organismo, y finalmente las dos últimas etapas, se constituyen por las poblaciones que presentan morbilidad y mortalidad. (Oyarzún, 2010)

⁸ Para este documento el término “población” no se restringe a aquella perteneciente a la de un punto geográfico en específico, pues podría referirse una ciudad o pueblo, o de igual forma representar algún determinado subgrupo demográfico (Mujeres embarazadas, ancianos, niños, personas con comorbilidades respiratorias).

Tabla 1. Efectos de los contaminantes atmosféricos en órganos y sistemas del cuerpo humano.

<i>Sistema / Órganos</i>	<i>Contaminantes</i>	<i>Efectos (Corto y largo plazo)</i>
Respiratorio	Material particulado “respirable” (PM ₁₀) y fino (PM _{2,5})	Aumento de morbilidad respiratoria, disminución en la función pulmonar, interferencia en mecanismos de defensa pulmonar: fagocitosis y depuración mucociliar Síndrome bronquial obstructivo, menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio, mayor riesgo de cáncer en la edad adulta.
	Particulado ultrafino (PM _{0,1})	Mayor respuesta inflamatoria. (comparado con PM ₁₀ y PM _{2,5}), pasaje rápido a la circulación y a otros órganos.
	Ozono (O ₃)	Daño de células epiteliales, “bronquiolización” alveolar, disminución del desarrollo de CVF y VEF ⁹ .
	Dióxido de azufre (SO ₂)	Obstrucción bronquial, hipersecreción bronquial, bronquitis crónica.
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Hiperreactividad bronquial, aumento de síntomas respiratorios y exacerbaciones de asma, aumenta la respuesta a la provocación con alérgenos, disminución de la actividad mucociliar, posible decremento del desarrollo pulmonar.
Cardiovascular	Plomo (Pb)	Alteración del epitelio bronquiolar (células de Clara)
	Material particulado	Disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca ante el estrés
	Monóxido de carbono Plomo / Vanadio	Interfiere el transporte de O ₂ por la hemoglobina Mayor frecuencia de hipertensión arterial en población adulta
Unidad materno-fetal	Ozono (O ₃)	Comunicación interventricular
	Monóxido de carbono y PM _{2,5} (hidrocarburos aromáticos policíclicos: HAP)	Bajo peso de nacimiento, baja talla al nacer.
Sistema nervioso central y autonómico	Monóxido de carbono	Cefalea, irritabilidad, disminución de percepción auditiva y visual. Compromiso progresivo y letal de conciencia en concentraciones altas
	Plomo	Hiperquinesia, trastornos del aprendizaje; encefalopatía; cólicos intestinales
	Ozono (O ₃)	Daño cerebeloso en células de Purkinje
Renal	Cadmio y Vanadio	Toxicidad renal
	Plomo	Tubulopatía
Hematopoyético Óseo	Plomo	Anemia
	Plomo	Reemplazo del Ca ⁺² en los huesos produciendo descalcificación

Nota. Adaptado de “Contaminación aérea y sus efectos en la salud”. Copyright 2010 por Universidad Pedagógica Nacional.

Reimpreso con permiso.

Este tipo de identificación y organización de los efectos ocasionados a la salud humana por parte de los contaminantes atmosféricos ha traído consigo que múltiples países, entre ellos

⁹ CVF: Capacidad vital forzada; VEF₁: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

Colombia, pongan en marcha sistemas de monitoreo y alerta temprana de las concentraciones de sustancias químicas en el ambiente, permitiendo así a las autoridades estatales encargadas

Sentar bases para la realización de evaluaciones integrales de impactos en la salud ambiental, y apoyar en la definición y establecimiento de prioridades en cuanto a comunidades que requieran de una intervención urgente, tomando así decisiones más informadas con las cuales hacer frente a la complejidad de evaluar y mitigar los riesgos de la contaminación ambiental con el fin de proteger su salud. (CCA, 2014).

3 LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL AMBITO ESCOLAR

La actividad experimental (AE) a lo largo de muchísimos años ha sido un elemento clave para los procesos de investigación científica en la producción de conocimiento y para los procesos de enseñanza y aprendizaje en las clases ciencias. (Carracosa, Gil, y Vaches, 2006) Sin embargo la forma en que se asume para cualquiera de estos dos procesos se encuentra íntimamente ligado con la significación que le ofrece el sujeto y su finalidad. Es por esto que en el presente capítulo se realiza una revisión de algunos elementos que caracteriza a la AE en los procesos de investigación científica y en el ámbito escolar y como estos son llevados a cabo. Esto con el fin de reconocer aspectos que sirvan de base para la construcción de una imagen propia de la AE para esta investigación.

3.1 La actividad experimental en las dinámicas de construcción de conocimiento científico

La AE se reconoce como un proceso que de acuerdo con Cruz (2003) compromete al investigador con un resultado, que parte de una temática general o ampliada, hacia la definición de variables, formulación de hipótesis y concreción de pasos para establecer un resultado final, que genera información acerca de un fenómeno establecido. De acuerdo con Romero (2017) la AE debe ser vista desde una perspectiva cohesionadora, precisamente porque ésta se considera un elemento complementario a la teorización que se presenta como el primer caso para la investigación científica.

La AE se ha comprendido en la construcción de conocimiento desde diferentes visiones, algunos investigadores consideraban que esta era necesaria para la comprobación de hipótesis, que habían sido planteadas bajo la teoría, mientras que otros analistas la consideraban como la fuente misma del conocimiento, para el caso se tomara la AE como una actividad complementaria pero sustancial para la creación de conocimiento debido a su relevancia en el proceso investigador. Siguiendo con las contribuciones hechas por Romero (2017) es preciso considerar que ésta en conjunto con la teorización provee resultados que surgen de un proceso interactivo en donde estos dos elementos (teoría y experimentación)

intervienen en la construcción de explicaciones científicas, debido a lo cual se reconocen como una acomodación recíproca de las técnicas y de las teorías.

Bajo las premisas anteriormente expuestas, se considera la experimentación como parte esencial de la creación de conocimiento otorgándole entonces un papel igualmente significativo a la teorización, que históricamente se había reconocido como parte fundante y predecesora en la concreción de conocimiento. Haciendo alusión a la discusión que Nava (2017) plantea es necesario considerar que, en la estructuración del concepto de la experimentación y la especificación de la relevancia de ésta en la creación de conocimiento, surge una discusión adicional en donde se crea una dicotomía entre el sujeto investigador y el objeto de conocimiento, y la relevancia de cada uno de estos en el proceso investigador.

Desde este punto de vista si bien se otorga relevancia desde el proceso materialista en donde el objeto de conocimiento es relevante para el proceso investigativo y el proceso experimental, es necesario concebir que en muchos casos cuando se trata de la investigación el sujeto no se concibe como un ser alejado de sus convicciones y particularidades, de hecho, según Nava (2017) su condición de humano le otorga la posibilidad de impregnar el proceso cognoscente a partir de sus características propias, lo cual le brinda la posibilidad de establecer un proceso de investigación que se encuentra estructurado alrededor de sus perspectivas como investigador.

Haciendo alusión al objeto conocido y el investigador que conoce es preciso argumentar a la luz de los aportes de Henríquez (2010) que, aunque estos comúnmente se reconocen como dos polos en la relación que provee el conocimiento, que tienen una pugna inmensurable por establecerse como más relevante uno sobre el otro, la realidad es que no existe tal disparidad, precisamente porque el objeto conocido debe precisarse a la luz del sujeto conocedor, y el sujeto conocedor, en el proceso de experimentación, considera el objeto como fuente principal de información.

En este sentido, la AE para la construcción del conocimiento se considera dialógica debido a que es el lenguaje en el que se enmarca el proceso investigativo, el que demarca la obtención de datos específicos, y la reflexión sobre los mismos; así como simétrica en donde se le da una paridad de poder tanto a la teoría como a la práctica, e interdependiente, en donde la

dicotomía y los límites entre teoría y práctica son cada vez más difusos. (García, Guitart, Caminal de Mingo, Marchán, Agudelo, Pipitone, & Martín, 2016).

Ahora bien, como se ha mencionado con anticipación la construcción de conocimiento depende en buena medida de las particularidades del investigador, precisamente porque este preserva una visualización particular que ha sido creada a través del proceso social de su propia vida, no obstante, la ciencia como un proceso que se estructura a partir de una realidad, que se enmarca en el entorno social, se reconoce también como social, debido a lo cual se comprende que no solo se encuentra supeditada a las condiciones mismas del sujeto sino de la comunidad que lo rodea.

Algunos historiadores, filósofos y sociólogos de las ciencias han señalado que la ciencia es una actividad social a partir de la cual un grupo de personas crean conocimiento. Este grupo de personas constituyen comunidades investigadoras unidos por convicciones colectivas, que se encuentran influenciadas por sus realidades socioculturales, contextuales, situacionales, históricas, etc. A su vez, estas convicciones influyen en las representación y análisis que hacen de los fenómenos científicos (Fleck, Schäfer, Schnelle y Meana, 1986).

De esta manera la construcción semántica y práctica de la ciencia tiende a abandonar con el tiempo la visión clásica que se suele hacer en la idealización de la misma en donde esta se vislumbra como una actividad realizada por hombres con características definidas en un espacio específico, sino que pasa a realizarse de manera diaria al interior de la sociedad, como una práctica que puede o no ser realizada en un laboratorio, así como puede o no ser aplicada por una persona en su individualidad, o de hecho realizada por un colectivo.

Adoptando el hecho de que la ciencia se construye de manera social, vale la pena hacer hincapié en el concepto *construcción* evidentemente este obedece al precepto del constructivismo en donde considerando a Coll (1997) se afirma que “el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino que es un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos cada vez más complejos y potentes” otorgándole así validez a la idea que se había presentado con anticipación en donde coexisten el objeto conocido y el sujeto conocedor en un escenario de conocimiento horizontal que les otorga la

misma capacidad de modificar el conocimiento a ambos elementos que componen el estudio de las ciencias.

Siguiendo, se precisa como necesario establecer con los aportes de Zuñeda, Peso y Villagrà que a la experimentación como un proceso social que es potencialmente propicio para la creación de conocimiento se le ha otorgado desde Comte un espacio preferencial, considerando que de este procede un saber riguroso que inclusive tiene la capacidad de ocupar un proceso de análisis matemático, que inicia en la observación y consecuentemente se crea a partir de una percepción histórica

Finalmente vale la pena reconocer que para el presente proyecto de investigación se le otorga vital relevancia a la construcción de la ciencia a partir de la experimentación que puede realizarse en un espacio concreto como es el caso de un aula de clase, en donde los estudiantes como comunidad presentan la posibilidad de anexarse a una experiencia científica desde su necesidad particular de encontrar respuestas a los interrogantes planteados en su condición de espectadores de una clase magistral otorgándoles iniciativa para la observación y cuestionamiento de la realidad.

3.2 La actividad experimental para la construcción de conocimiento científico escolar

La AE en la enseñanza y aprendizaje de la física es un tema de investigación en la didáctica de las ciencias. Estas investigaciones muestran que los/las maestras, a pesar de ser conscientes del papel que tiene la AE para el proceso de creación de conocimiento significativo, y para la enseñanza de la ciencia, difícilmente logran combinar el contexto en el que se enmarca el proceso educativo y sus concepciones sobre la ciencia (Gil & Valdés, 1995), lo que provoca la infravaloración de la AE como un elemento para la práctica pedagógica.

Muchos maestras y maestros en el contexto del aula piensan que el papel de la AE es sustancial para la confirmación de la veracidad y exactitud de los conceptos abordados durante la clase, partiendo de lo que propone Romero e Izquierdo se asegura que estos actúan bajo una concepción teoricista, en donde la AE es realizada generalmente después de las

clases magistrales, y a partir de procesos y procedimientos de laboratorio definidos previamente, cuyo fin último es la generación de resultados que demuestren la veracidad de la teoría, con lo cual se otorga primacía a esta, con esto no se pretende indicar que esta forma en que los/las maestras asumen la AE se encuentre planeada erradamente, sin embargo si se realiza una crítica en el modo de proceder, como afirma Morcillo (2015) , este tipo de prácticas en el aula, no permite a los estudiantes comprender o ser críticos ante determinados fenómenos o situaciones de la vida cotidiana.

Otra de las percepciones que tienen las maestras y maestros y que suelen emplear en el aula de clase, que a su vez limita la utilización de la experimentación como actividad heurística a través de la cual se construye conocimiento, es la creencia de que la experimentación, como se ha visto con anticipación, se realiza de manera exclusiva al interior de un laboratorio. Ello implica un problema debido a que en múltiples ocasiones las instituciones educativas no cuentan con los espacios suficientes, para que la experimentación se realice de esta manera. Ante esta situación es necesario traer a colación los elementos que se exponen anteriormente en el presente documento, expresando la posibilidad de realizar la experimentación en otro tipo de espacio y/o situación, (Ver anexo D) lo que incluye una flexibilización de la misma.

Siendo que, existe la posibilidad de aplicar la experimentación en otros tipos de espacios, es necesario que tanto maestros como estudiantes asuman la clase de ciencias como un momento en el cual se logra incluir algunos elementos de la práctica científica como es el caso de la formulación de preguntas de investigación, formulación de hipótesis, trabajo en comunidades de investigación e inclusive la comunicación de resultados para ser refutados por investigadores futuros, ello en pro de establecer un empoderamiento por parte de los actores que hacen parte del proceso educativo (maestros y estudiantes) y mejorar la relación con el conocimiento.

Y es que es preciso considerar basándose en lo expuesto con anticipación y en las particularidades que deja al descubierto la investigación de Izquierdo, Sanmarti y Espineth (1999) que la intención de la inclusión de la experimentación, que se ha visto bastante abandonada en la clase de ciencias, no es convertir al estudiante en un científico, sino buscar un acercamiento consciente de éste a la ciencia, con el fin de crear un conocimiento significativo que pueda ser aprovechado para crear una visión crítica de su contexto. Se

reconoce que el fin máximo es que el estudiante con ayuda de el/la maestra tenga la posibilidad de plantear problemas, establecer constructos teóricos a través de una organización y reflexionar sobre sus hallazgos a partir de la experiencia.

Para la realización del presente acápite es necesario considerar en un primer momento que la física es una ciencia a partir de la cual se logra estudiar fenómenos naturales. Ello comprende aquello que se puede observar y experimentar por medio de los sentidos, a partir de la interacción que se puede presentar con el entorno. Bajo esta afirmación la enseñanza de la física debe ser de acuerdo con Ayala y otros (2011) acorde con la posibilidad de experimentación.

Por esto en este trabajo se asume que la experimentación, es un el elemento central del presente estudio, que permite al estudiante analizar su vivencia diaria, en busca de respuestas que pueden o no provenir de construcciones conceptuales dadas en el aula. Siendo, la experimentación un camino adicional al propuesto por la pedagogía convencional que se puede tomar en la búsqueda de mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje.

Así mismo, la experimentación permite disminuir la contraposición que existe entre el mundo de las ideas y el mundo sensible, manteniendo en el proceso sus diferencias ostensibles y por ende evitando la reducción del uno al otro al igual que otras dicotomías aparentes en las clases convencionales, lo cual ha requerido profundizar en la relación entre las prácticas experimentales y los procesos de formalización, algunos de estos elementos sobre lo que se basa la propuesta se enuncian de la siguiente manera:

Los esquemas conceptuales (producto de la organización de la experiencia previa o de la actividad teórica) orientan la actividad experimental, ya sea para ampliar la experiencia o para dinamizar la teorización de esa experiencia.

No existen esquemas conceptuales que no estén articulados a la experiencia sensorial: por ejemplo, los cuerpos cuasi rígidos de nuestra experiencia están a la base de los esquemas numéricos y espaciales con los cuales se organiza a la vez nuestra experiencia sensible y se configura el mundo físico (Ayala et al, 2011)

De esta manera se pueden generar una AE con la intención de plantear problemas conceptuales. En otros casos la intención de la AE se encuentra centrada en la construcción de una base fenomenológica o de hecho de observación con los que se destacan los rasgos relevantes del fenómeno. La organización de estos permite desarrollar el proceso de construcción de las magnitudes con las cuales quedan establecidos los aspectos del fenómeno que son tenidos en cuenta para la caracterización.

En conclusión, se reconoce que la construcción de conocimiento a partir de la experimentación le otorga un sentido mucho más complejo a la forma tradicional, exigiendo una transformación completa de la forma en la que se aplica la pedagogía, y también de las percepciones mismas del estudiante.

4 FUNDAMENTO PEDAGÓGICO, DIDACTICO Y CURRICULAR

Para que una propuesta de enseñanza sea coherente debe estar muy bien fundamentada en su conexión entre la teoría que la sustenta y la puesta en práctica de ésta. Es por esto que para el diseño de las actividades que constituyen la propuesta se articularon conocimientos científicos sobre la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes en la tropósfera (discutidos en el capítulo 1), conocimientos pedagógicos y didácticos y los referentes curriculares para las ciencias naturales establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para la educación media.

4.1 Fundamento pedagógico-didáctico de la propuesta

Para la organización de este apartado se toma como referente un marco constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, que permite establecer el tipo de actividades que se privilegian a lo largo del diseño de la propuesta de enseñanza y las cuales tienen en cuenta los niveles de complejidad de los procesos de pensamiento propios del rango de edad de los estudiantes de grado decimo (10°).

Con base en lo anterior, es necesario empezar por considerar que *“El aprendizaje requiere de la participación activa y constructiva del estudiante”* (Vosniadou, 2006) es decir, debe apropiarse de su aprendizaje a través de la toma de decisiones entorno a que aprender y cómo hacerlo, para ello, el/la maestra debe ofrecer ayuda en el entendimiento y dominio de nuevos conocimientos motivándolos a través del uso de su curiosidad y exploración innata, asimismo, ofrecer ambientes de aprendizajes desafiantes y cautivadores, evitando el surgimiento de situaciones que disponga a los estudiantes a adquirir roles pasivos durante largos periodo de tiempo. Es así, por ejemplo, que para el departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional hay trabajos de grado como el de Ramos y Berrios (2013), Hernández (2017), Téllez (2018), y Yaya y Barreto (2019), que han sido exitosos al incluir estos elementos, en sus propuestas de enseñanzas, por esta razón cuando se diseñan las actividades que se presentan en el siguiente capítulo (Capítulo 4) se realiza la incorporación de elementos como: actividades de tipo manual, (la construcción de artefactos, trabajos con aplicaciones multimedia interactivas, montajes experimentales con sus correspondientes observaciones), y actividades cooperativas, que permiten realizar por parte de los estudiantes

múltiples intervenciones en discusiones de clase (Mini-indagaciones, video – conversatorios, narraciones de experiencias).

Adicionalmente, es fundamental que, “*el aprendizaje sea visto primordialmente como una actividad social*” (Vosniadou, 2006) que permite a través de una atmosfera colaborativa: a) El surgimiento de interacciones motivadoras que involucran y mantienen al estudiante inmerso en el desarrollo de su trabajo académico, permitiendo con esto una mejora en la calidad de los trabajos entregados y el nivel de aprovechamiento que el estudiante da al contenido de las actividades, b) El desarrollo de competencias de liderazgo, comunicación y confianza ante la toma de decisiones y solución de problemáticas, esto a través de la interdependencia positiva que se desarrolla cuando cada uno de los miembros un equipo se visualiza a sí mismo y a sus pares como un todo ligado que comparten los éxitos y fallos realizados, estrechando de este modo la solidaridad ante las responsabilidades. (Gil y Alcover, 2005), para esto el/la maestra desempeña un rol de facilitador o guía, que observa e interactúa con los equipos de trabajo cuando estos lo requieran, haciendo sugerencias frente a la búsqueda de información o la forma más apropiada de proceder. (De la cruz, 2010) Este principio constructivista se incorpora en la propuesta de enseñanza del presente trabajo, a través de actividades donde toma lugar la organización de grupos de trabajos para los cuales se crea un ambiente de clase que permite que los recursos, opiniones y argumentos sean compartidos con otros estudiantes y el/la maestra, Corredor y Reyes (2013) para enseñar el problema de la flotación con niños también hacen uso de este tipo de actividades dando muy buenos resultados.

Por otra parte, se encuentran el aprendizaje a través del uso de *actividades significativas*, estas hacen referencia al tipo de actividades que, para su desarrollo inician con situar al estudiante en un contexto real propio de su vida cotidiana, con el objetivo de otorgar un sentido al contenido temático, y que éste se encuentre acorde a las transformaciones y necesidades de la sociedad, brindando con esto la oportunidad de que la imagen de actividades sin propósito y utilidad creada por los estudiantes, sea transformada en imagen donde las actividades además de ser percibidas como útiles y culturalmente relevantes para ellos, permitan definir acciones frente a hechos que suceden en su entorno. (Campos y Granados, 2015), permitiendo con esto superar un poco la fragmentación disciplinar a través

de las relaciones establecidas entre conocimientos que han aprendido de diferentes disciplinas a lo largo de su proceso escolar. Es por esto que la propuesta de enseñanza se construye entorno a la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes troposféricos, al ser ésta una problemática ambiental propia del contexto de Bogotá y que es en consecuencia, propia de la población de estudiantes de la ENSDMM quienes inicialmente inspiraron la construcción de dicha propuesta.

Asimismo, se hace necesario reconocer el papel fundamental que juega *el conocimiento previo en el aprendizaje de nuevos conocimientos*, pues diversas reflexiones desarrolladas en el campo de las investigaciones sobre enseñar ciencias invitan a las/los maestras a reconocer y a tomar como punto de partida las experiencias biográficas de sus estudiantes, dado que dichos saberes son las lentes interpretativas que los estudiantes utilizan para dar significado a sus experiencias escolares de aprendizajes. Este principio constructivista es resumido por Ausubel, Novak, y Hanesian (1983) así: *"si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente"* (p. 1). En consecuencia, con lo anterior y con el fin de que los estudiantes establezcan una relación entre lo que ya conocen y la nueva información ofrecida, el/la maestra debe incorporar actividades que, con antelación al desarrollo del contenido de la lección, propongan una discusión colectiva, acerca del tema que será abordado o de ser necesario incorporen la realización de tareas por parte de los estudiantes que los disponga en torno al tema a abordar. Para la propuesta de enseñanza, este elemento se incorpora en las dos actividades pertenecientes a la sesión I, allí para el desarrollo de la mini- indagación y el video- conversatorio, se plantean múltiples preguntas abiertas que permiten a los estudiantes a través de discusiones colectivas exponer las relaciones que consideran existen entre el material que visualizan y lo que ya saben.

Y finalmente, pero no menos importante, es elemental priorizar el aprendizaje alcanzado a través de actividades que anteponen la comprensión del contenido expuesto y organizado alrededor de explicaciones por encima de la memorización de procedimientos y hechos aislados, Vosniadou, (2006) expone que el proceso de comprensión no solo permite al estudiante trasladar los conocimientos construidos a otro tipo de situaciones, sino que

adicionalmente imposibilita que el contenido sea fácilmente olvidado, contrario a lo que sucede con el contenido memorizado, adicionalmente, Chapman (2015) destaca el impacto que posee comprensión del contenido al momento de promover en los estudiantes un pensamiento divergente y flexible, que posibilita la modificación de concepciones frente a un determinado campo, para esto el/la maestra debe brindar a los estudiantes oportunidades en las que pueda pensar y hablar con otros estudiantes acerca del contenido temático, con el fin de clarificar y entender como éste puede aplicarse en muchas otras situaciones. (Vosniadou, 2006), para el caso de la propuesta durante las tres sesiones en la que se organiza las diferentes actividades, se incorporan procesos de discusión y reflexión grupal e individual con el uso de video- conferencias orientadas a través de diversas preguntas, en torno a la contaminación ambiental, la contaminación atmosférica y el impacto, que genera los procesos de acumulación de contaminantes en la troposfera sobre la salud del ser humano.

4.2 Los referentes curriculares de la propuesta de enseñanza

Los lineamientos emanados del MEN establecen un horizonte para la organización de los procesos educativos en las instituciones educativas del país. La propuesta del MEN enfatiza en la formación de ciudadanos competentes, entendido el ser competente como *“el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, socio afectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible, eficaz y consentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores”* (MEN, 2016, p. 3). En consecuencia, el enfoque de formación de ciudadanos competentes incluye saber, saber ser y saber hacer, así como querer pensar, ser y hacer.

Desde esta conceptualización, el MEN ha establecido las competencias mínimas que los estudiantes deben alcanzar en los diferentes niveles de escolaridad para las diferentes áreas obligatorias y fundamentales de la educación formal, principalmente en los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA). Es de aclarar que, el documento Lineamientos Curriculares también aporta puntos de apoyo y orientaciones generales para el diseño curricular en las escuelas, aunque no está inscrito en la lógica de la enseñanza y aprendizaje por competencias.

Para la organización de esta propuesta en primer lugar se retoma la idea dispuesta en los lineamientos curriculares, que destaca la importancia de ayudar a los estudiantes a través del desarrollo de actividades escolares, a establecer encadenamientos de relaciones causa – efecto, pues este tipo de pensamiento no solo se encuentran a la base del pensamiento causal propio de las ciencias físicas, sino que también es usado por el ser humano para la construcción de explicaciones de situaciones correspondiente no solo al campo de las ciencias naturales, por esta razón las actividades establecen una serie de relaciones causales, en el aspecto social y natural, tales como: la relación existente entre el impacto que genera las actividades humanas sobre el medio ambiente y su deterioro a causa de los altos niveles de contaminación, la variación de la temperatura y el establecimiento de flujos convectivos o no convectivos de masas de aire, la incorporación de procesos naturales como la inversión térmica a escenarios ciudadanos y las crisis ambientales que esto trae consigo a causa de la acumulación de contaminantes, el cambio de determinadas acciones desde un aspecto personal hasta un aspecto colectivo y las transformaciones físicas positivas del entorno que rodea al individuo.

En segundo lugar, se recoge de los Estándares Básicos de Competencias planteados para los ciclos escolares de los grados 10^a y 11^a, cuatro competencias que se relacionan y fundamentan la pertinencia del propósito que plantea la propuesta de enseñanza de este trabajo y de sus actividades al enfocar en la construcción y desarrollo de éstas, competencias que *“promuevan una educación crítica, ética, tolerante con la diversidad y comprometida con el medio ambiente”* (p.6), la propuesta busca fortalecer esta competencia mediante las actividades, al permitir al estudiante enfrentar retos y ser propositivo en la solución de los problemas de su entorno, además de construir una responsabilidad ambiental que lo conlleven a reflexionar y analizar las problemáticas ambientales de su localidad y su región. Adicionalmente, es necesario incorporar *la relación de diferentes ciencias naturales para entender el entorno donde viven los organismos, las interacciones que se establecen y explicar las transformaciones de la materia”*. (MEN, 2006, p. 13), con el objetivo de fomentar en los estudiantes las capacidades de abstracción y utilización de modelos explicativos y predictivos, esto se refleja en la propuesta, mediante el uso actividades de tipo experimental que utilizan como elemento sustancial la capacidad de asombro innata del estudiante.

Asimismo, dentro de las competencias ciudadanas que fomentan la conciencia ambiental desde una perspectiva de construcción de conocimiento, se considera esencial incluir una competencia orientada a la defensa del medio ambiente. Esta se enuncia textualmente de la siguiente manera, “*Comprendo la importancia de la defensa del medio ambiente, tanto en el nivel local como global, y participo en iniciativas a su favor*”. (MEN, 2006, P. 178), relacionándose con la propuesta de enseñanza desde la búsqueda de un trasfondo de responsabilidad ambiental y social, que es posible destacar a través de las distintas actividades de reflexión y discusión acerca de la contaminación ambiental y las acciones que podrían aportar a la mitigación de dicho problema y finalmente, desde el área de las ciencias sociales, la competencia “*explico y evalúo el impacto del desarrollo industrial y tecnológico sobre el medio ambiente y el ser humano*” (MEN, 2006, p 39). se relaciona con las actividades que pretende en los estudiantes fomentar la construcción de explicaciones a las implicaciones, origen y/o relaciones de los problemas medioambientales.

5 PROPUESTA DE ENSEÑANZA

En este capítulo presento una propuesta para la enseñanza del proceso de inversión térmica y su relación con la concentración de contaminantes troposféricos, orientada a la construcción de conocimientos sobre el mundo natural, el desarrollo de habilidades esenciales para la resolución de problemas y la toma de decisiones, y el fomento del pensamiento crítico y reflexivo sobre las complejas relaciones entre actividad humana, medio ambiente, salud y la calidad de vida, como procesos interrelacionados e interdependiente. En otras palabras, una propuesta que tienen como propósito la formación de ciudadanos capaces de presentar y defender de forma argumentada sus posiciones, que demuestran responsabilidad ante las problemáticas ambientales, así como una apropiación de los conocimientos sobre el mundo natural.

Tomando como base los referentes disciplinares (de las ciencias), pedagógico y didácticos y curriculares discutidos en los capítulos previos, diseño las actividades privilegiando los siguientes aspectos: a) la inclusión de actividades que permitan a los estudiantes externar y expresar sus conocimientos y creencias previas sobre la contaminación ambiental en general y atmosférica en particular, los impactos que genera las actividades humanas en el medio ambiente, y los efectos nocivos que produce los procesos de acumulación de contaminantes para la salud del ser humano b) la incorporación de problemáticas propias de los contextos de los estudiantes, como lo es particularmente el proceso de inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes troposféricos, c) el privilegio de actividades manuales e intelectuales como la construcción de una caja convectiva, la realización de un montaje experimental en torno al proceso de inversión térmica (procesos convectivo y no convectivos), mini-indagaciones y video-conversatorios, d) la inclusión del ejercicio de reflexión y discusión en pequeños grupos (intragrupo) y entre todos los miembros de la clase en relación a: los problemas de contaminación ambiental de la actualidad, los agentes contaminantes y sus fuentes de emisión, las relaciones existentes entre el tamaño del material particulado y el impacto generado a la salud humana, las relaciones existentes entre los cambios de temperatura, densidad y los procesos convectivos que surgen a partir de estos, acciones particulares y colectivas orientadas a la mitigación de las problemáticas ambientales

por causa de la contaminación del aire y e) el fomento del trabajo colaborativo en grupos para el desarrollo de las actividades propuestas.

He de notar que, inicialmente diseñé esta propuesta para estudiantes de grado décimo de la Escuela Normal Superior Distrital María Montessori, institución en la que realicé mis cuatro prácticas pedagógicas. No obstante, dada las medidas de aislamiento preventivo adoptadas ante la pandemia por COVID-19, y, en consecuencia, la implementación de procesos de enseñanza remotos con mediación tecnológica en esta institución tuve que adaptar las actividades a las particularidades de los procesos de enseñanza remotos. Esta contingencia, como enuncia Albán (2010), la asumí como una oportunidad de renovar los contenidos y las estrategias de enseñanza de estos.

Adicionalmente, quiero resaltar, que previo a la construcción finalizada de la propuesta de enseñanza plasmada en este trabajo, realicé como prueba piloto a través del uso de la enseñanza remota con mediación tecnológica, la implementación de cinco (5) actividades orientadas a la enseñanza de la temática “inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes atmosféricos” con una población de treinta estudiantes de la asignatura de física del primer semestre escolar de 2020, pertenecientes al grado 101 de la ENSDMM, esto lo realicé con el objetivo de poder evaluar la pertinencia, extensión, grado de complejidad, dificultades y oportunidades de aprendizaje que ofrecían las actividades, con el fin de realizar con ayuda de mi asesora y tutor de práctica pedagógica, los análisis y orientaciones pertinentes a los resultados de mi experiencias, y así poder realizar las respectivas correcciones y modificaciones a las actividades, que finalmente darían como resultado la propuesta de enseñanza que expongo más adelante en este mismo capítulo.

A continuación, presenté las actividades que constituyen la propuesta organizadas en tres fases: a) exploración, b) estructuración y c) transferencia y valoración. En la primera fase (de exploración) se realiza la construcción del contexto de la contaminación ambiental en general y de la contaminación atmosférica en particular. En la segunda fase (de estructuración) se desarrolla la temática inversión térmica, iniciando por la introducción de elementos conceptuales pertenecientes a ésta, tales como: los contaminantes aéreos (Gases y material particulado), fuentes de emisión y unidades de medición empleadas en la calidad del aire. Finalmente, en la tercera fase (de transferencia y valoración) se reflexiona en torno al impacto

que trae consigo los problemas de contaminación atmosférica sobre la salud humana y las posibles acciones para la mitigación de éste. Es de aclarar que para la organización de estas fases -adicionalmente- tuve en cuenta los tres componentes de acciones dentro del aula propuestos por Ministerio de Educación Nacional (MEN).

5.1 Primera fase de la propuesta

El objetivo de la primera fase es reflexionar individual y colectivamente sobre los impactos que generan las actividades humanas en el medio ambiente, en general, y sobre la existencia de cambios en la calidad del aire en la ciudad de Bogotá en determinadas épocas del año.

Para promover el logro de este objetivo se proponen dos actividades: un video-conversatorio sobre el impacto de las acciones del hombre en el medio ambiente y una mini-indagación sobre los cambios en la calidad del aire de la ciudad de Bogotá en diferentes épocas del año.

La primera actividad consiste en observar un video animado sobre el deterioro que ha sufrido el medio ambiente a causa de algunas de las acciones de los seres humanos, como, por ejemplo, la tala de árboles para producción de papel, el vertimiento de sustancias tóxicas a los océanos, la caza indiscriminada de algunos animales y la emisión de gases contaminantes por parte de las industrias. Se sugiere el video “*Man*” de Steve Cutts (2012), que se encuentra disponible en la internet a través del localizador universal de recursos (URL): <https://www.youtube.com/watch?v=WfGMYdalCIU>.

La observación del video se complementa con una discusión colectiva (conversatorio) sobre los agentes, las causas, las fuentes y los problemas de contaminación ambiental. La discusión se estimula planteando preguntas abiertas, las cuales, por su grado de apertura se caracterizan por motivar al estudiante en la búsqueda de información, y reelaboración de sus ideas, adicionalmente, favorecen la participación y la implicación en los procesos de aprendizaje por parte del estudiante al permitir la emisión de respuestas desde sus propias ideas. (Márquez & Montserrat, 2006). Por ello se pretende que los estudiantes participen en el proceso de formulación de estas preguntas. Algunos ejemplos de estas, son: En nuestra ciudad, Bogotá, ¿Cómo crees que se manifiesta la contaminación ambiental?, ¿Cuáles consideras que son los

principales agentes contaminantes?, ¿Qué fuentes de contaminación conoces? ¿Qué importancia tiene el medio ambiente para nuestra vida?

Es de resalta que esta discusión colectiva permite al maestro identificar las ideas, temas y conocimiento que tienen sus estudiantes, y le sirven de base para orientar el desarrollo de las actividades posteriores.

La segunda actividad, (Ver anexo A) consiste en la visualización e interacción por parte de los estudiantes de un fotorreportaje titulado “*Así cambia el aire de Bogotá cuando hay menos vehículos*”, el cual expone a través de un archivo fotográfico y la yuxtaposición de sus imágenes, el contraste entre dos escenarios del cielo de la ciudad de Bogotá en diferentes épocas del año, a causa de la quema de combustibles fósiles por parte del parque automotor y las fabricas e industrias, dejando en evidencia la contaminación del aire en la ciudad. El primer escenario aéreo se registró en horas picos del tráfico vehicular en la ciudad entre las fechas del 19 y 20 de diciembre del 2018, y el segundo se registró el 7 de enero del 2019, fecha en la que el distrito reporto una reducida circulación de automotores, y una disminución en los ritmos de trabajo por parte de una porción de fábricas e industrias. Este fotorreportaje se encuentra disponible en la internet a través de la siguiente URL <https://www.eltiempo.com/bogota/como-cambia-el-aire-de-bogota-con-menos-carros-169376>.

Luego del proceso de interacción con la página web, y la observación realizada, se propone al estudiante responder una serie de preguntas respecto a las diferencias y similitudes existentes entre las dos imágenes, las causas y consecuencias de este tipo de fenómenos de contaminación, las relaciones existentes entre: las fechas del registro fotográfico, las condiciones climatológicas de Bogotá, y el aumento en la contaminación del aire, y finalmente las consecuencias que este tipo de situaciones ambientales puede traer para la salud del ser humano. El/la maestra sugiere a los estudiantes para la resolución de estas preguntas realizar observaciones sistemáticas del cielo (mismos lugares, horas, objetos referentes, nitidez) que le permitan elaborar una comparación de la información presentada en el fotorreportaje con la que se encuentra en diversas fuentes de información externas y las experiencias de ellos mismo u otros individuos.

Al finalizar la fase se invita a las/los estudiantes a diseñar un diario de campo (en físico o a través de alguna herramienta digitales) para que allí registren sus comentarios, percepciones y opiniones acerca de la temática y del desarrollo de las actividades, así como también, percepciones frente a la discusión realizada, y momentos de mayor trascendencia e interés durante la fase.

5.2 Segunda fase de la propuesta

El objetivo de la segunda fase es realizar la introducción de la temática de la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes en la tropósfera.

Con el fin de alcanzar dicho objetivo se introducen de manera progresiva una serie elementos conceptuales (Contaminantes aéreos, estabilidad atmosférica y convección) a través de cinco actividades propuestas, las cuales son: a. Un recorrido interactivo y descriptivo por la página virtual del Índice Bogotano de Calidad de Aire (IBOCA) b. Un video-conversatorio sobre las dimensiones micro en la escala de longitud. c. Una socialización de las dimensiones físicas del material particulado. d. Construcción de una cámara de convección. e. Realización de un montaje experimental para la réplica a escala del proceso de inversión térmica (estabilidad atmosférica).

En **la primera actividad**, inicialmente el/la maestra deberá explicar que se trata de una actividad en la cual se espera que los estudiantes se motiven en profundizar en el tema planteado, posteriormente realizará una pequeña presentación a los estudiantes en la que exponga la existencia de los contaminantes aéreos, su clasificación y las unidades de medidas empleadas para su medición. Destaque en la exposición como la indagación de estos elementos es fundamental para una mayor comprensión de la lectura y seguimiento de los valores indicadores de riesgo ambiental expuesto por las entidades encargadas en sus diferentes plataformas de difusión, finalice su exposición mencionando la importancia que tiene para la prevención de emergencias ambientales, la recolección constante de información acerca de las concentraciones de contaminantes en el aire de Bogotá. (No se proporciona el libreto de esta exposición ni de las siguientes en el desarrollo de la propuesta, pues no es lo

más eficiente debido a que el/la maestra podrá hacer libremente las adaptaciones que considere necesarias para el grupo de estudiantes correspondiente)

Seguido de esto se propone a los estudiantes realizar un recorrido interactivo en la página virtual del IBOCA, que se ubica en el siguiente URL <http://iboca.ambientebogota.gov.co/mapa/> allí podrán visualizar, en tiempo real y por estaciones de monitoreo:

a. Las concentraciones de contaminantes atmosféricos presente en el aire de la ciudad y tres tipos de contaminantes aéreos: PM_{2,5}, PM₁₀, O₃, estos se encuentran organizados a través de un índice de medida establecido a partir del riesgo asociado a la salud que trae consigo cada contaminante, el cual se ilustra a través de diferentes colores b. la ubicación de cada una de las RMCAB (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá), c. Reportes y pronósticos de los últimos 7 días y 24h, para cada uno de los contaminantes d. Recomendaciones y acciones voluntarias para que la ciudadanía contribuya a mantener o mejorar la calidad del aire de la ciudad.

En esta parte de la actividad se busca que los estudiantes conozcan la forma en que el distrito de Bogotá difunde e ilustra de forma sencilla, oportuna y clara el riesgo ambiental por contaminación atmosférica, para esto se pide a cada uno de los estudiantes elegir uno de las trece (13) estaciones de medición fija automáticas expuestas en el mapa interactivo, y con la información que ésta expone al interactuar en el mapa, consignar en su diario de campo una breve descripción con sus propias palabras, de las condiciones y valores que presenta dicha estación de monitoreo para la hora de la realización de la actividad.

La segunda actividad, consiste en la visualización de un video ilustrativo sobre las escalas de longitud a nivel macro y micro presentes en el universo, donde se toma como referencia las dimensiones métricas del ser humano, en él se realiza un recorrido por las diferentes escalas de longitud, partiendo de la unidad de medida (Metro) hasta la escala de años luz, y luego se realiza una regresión, pero esta vez llegando hasta la escala de femtómetros. Éste video se titula “Ojo cósmico: la escala del universo” y se encuentra disponible en la web a través del URL <https://www.youtube.com/watch?v=I-uKwWNVowM>

Posteriormente, el/la maestra genera una conversación con los estudiantes en relación a las escalas de longitud expuestas en el video, centrando la atención en la escala micro, allí se busca que los estudiantes discutan acerca de las formas en que ellos relacionan las dimensiones de esta escala con objetos o cosas conocidas que hacen parte de sus vidas cotidianas, luego de esto el/la maestra debe dirigir la discusión hacia las escalas de longitud micro y nano en las que podemos ubicar los contaminantes que percibimos a través de nuestros sentidos, con la intención de que los estudiantes puedan ampliar su rango de conocimiento entorno a las respectivas dimensiones que poseen los contaminantes aéreos en suspensión. Para orientar esta discusión se propone el/la maestra plantear preguntas tales como: Dentro de la escala de longitud expuesta, ¿Cuál consideras que es la escala en la que se ubica la célula más pequeña del ser humano?, desde tu experiencia ¿Con qué objetos o cosas podrías analogar algunas de las escalas de longitud expuestas en el video?, ¿Cuáles son las cosas u objetos más pequeños y grandes que puedes imaginar? Para profundizar en la construcción de las respuestas se propone a el/la maestra disponer quince minutos para que los estudiantes organizados en grupos de máximo tres (3) integrantes, debatan y consensuen entre ellos las respuestas a las preguntas planteadas acerca de la temática o realicen una búsqueda por internet a través de cualquier medio digital disponible.

La tercera actividad se desarrolla a través de una aplicación multimedia interactiva que permite de manera libre a los estudiantes realizar un recorrido por la visualización de diferentes ejemplos de elementos que según sus dimensiones se ubican dentro del nivel micro de la escala de longitud, este recorrido tiene como punto de partida la escala milimétrica hasta llegar a la escala de picómetros¹⁰, esta aplicación se encuentra en la URL <https://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/>

El/la maestra debe brindar a los estudiantes un tiempo adecuado para que realicen la respectiva observación en la aplicación, posterior a ello, cada uno de los estudiantes deberá de acuerdo a sus conocimientos ubicar dentro de la escala de longitud expuesta en la página interactiva, el tamaño que consideran posee el Material particulado (PM) presente en las

¹⁰ 1 pm= 10^{-12} m = 0.000000000001 m = 1/1,000,000,000,000 m = Una trillonésima parte de un metro

capas de smog que visualizan en el cielo de la ciudad, luego de presentadas las respuestas de los estudiantes, el/la maestra debe realizar una pequeña exposición acerca de los aspectos físicos y químicos generales (Características, propiedades y factores que lo producen) del PM.

Finalmente, los estudiantes deberán realizar una búsqueda que plasmarán en su diario de campo, acerca de las características generales del tapabocas N95 y su papel como medida útil de protección ante la contaminación del aire en Bogotá, con el fin de que cada estudiante a partir de la indagación hecha construya un argumento, en donde explique a una persona mayor de 70 años si es o no importante, el uso de un tapabocas N95 durante las emergencias ambientales a causa de la mala calidad del aire, que se presentan en la ciudad de Bogotá, esto con el fin de fortalecer en ellos, la capacidad para determinar qué conocimiento es relevante y útil para la construcción de posibles soluciones en una problemática de una situación particular.

En la cuarta actividad se propone la elaboración de una caja de convección, para hacer énfasis en la observación del comportamiento de las corrientes de humo dentro de la caja, con ello se espera que los estudiantes puedan evidenciar y analogar el movimiento del humo con las corrientes convectivas de aire presentes en la troposfera, familiarizándose así con elementos conceptuales claves para la comprensión del proceso de inversión térmica como lo son la convección, temperatura y densidad.

La actividad se inicia comunicando a los estudiantes lo que se va hacer y cómo se hará, para esto el/la maestra explica lo que es una caja convectiva y como se construye, para este último aspecto los estudiantes deberán visualizar el video “Convection - Smoke Flow | English | See Air Flow!” que se encuentra disponible en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=O3Z-lioH2k0> el cual expone: los materiales y su modo de empleo, y guiara el proceso de elaboración de la caja convectiva, sin embargo el/la maestra deberá hacer un acompañamiento en el paso a paso de la construcción (Ver anexo B). Es necesario aclarar que existen en la internet diferentes modelos de cajas convectivas y su realización, sin embargo, la destinada para esta actividad fue seleccionada pensando en los bajos costos y/o esfuerzos que trae consigo para los estudiantes su respectiva construcción.

Luego de realizar la construcción de la caja convectiva, ésta será puesta a prueba. Se introduce la vela plana encendida por el lado dispuesto de la caja y se sitúa debajo del cilindro 1, (Véase ilustración 2) que se encuentran en la parte superior de la caja, posteriormente se vuelve a tapar de modo tal que sea posible regular la salida y entrada de aire solo por los cilindros, seguido a esto, se enciende la varita de incienso y se ubica parcialmente dentro del cilindro 2, de modo tal que, a través de él, el humo liberado por la vela ingrese y se acumule al interior de la caja, (Véase ilustración 3) allí el aumento de la temperatura del aire a causa del calor producido por la vela encendida, producirá una disminución de la densidad del aire y humo mezclado al interior de la caja, generando así un flujo ascendente de éstos, desde la llama de la vela hasta el cilindro 1, por el cual se hará visible la salida del humo.

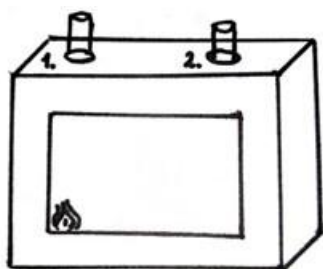


Ilustración 2: Vela debajo del cilindro 1.

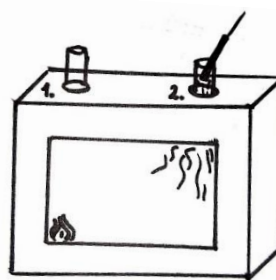


Ilustración 3: Varita dentro parcialmente del cilindro

Durante la realización de la experiencia el/la maestra discute con los estudiantes sobre la construcción y el papel que ellos piensan que cumple cada elemento de la caja. Finalmente, el/la maestra pedirá a los estudiantes pensar en una forma de explicar cómo funciona la caja convectiva, y hará énfasis en la discusión sobre los conceptos relacionados al calor, el cambio de temperatura, la densidad, y la convección, con el fin de animar a los estudiantes a indagar y profundizar más acerca de estos.

Esta experiencia se considera importante porque a partir de la construcción de la caja convectiva, los estudiantes pueden dar cuenta de los elementos requeridos para hacer posible el surgimiento de un proceso convectivo.

Finalmente, para **la quinta actividad** se aborda directamente la inversión térmica como una forma de estabilidad convectiva, que se relaciona con los procesos de acumulación de contaminantes en la tropósfera, con este fin, el/la maestra iniciara con una breve exposición

acerca de la inversión térmica: ¿Qué es?, los diferentes tipos de inversión térmica que existen, cómo y en qué lugar de la atmosfera se forma, ¿Qué efectos trae consigo en el lugar de la atmosfera en que se forma? y las condiciones meteorológicas necesarias para el surgimiento de dicho proceso, posteriormente, se dará un corto tiempo el cual se aconseja no ser mayor a veinte (20) minutos en donde los estudiantes podrán presentar sus respectivas opiniones frente al tema expuesto haciendo uso de sus experiencias personales, para esto el/la maestra realizara la pregunta: ¿Existe alguna situación en particular en la que has identificado este tipo de proceso en tu ciudad? De ser afirmativa la respuesta, se pedirá al estudiante narrar brevemente dicha situación resaltando elementos meteorológicos que recuerde fueron relevantes en dicho momento; aproveche esta discusión para aclarar que la inversión térmica es un proceso natural y por ende no solo se produce en las grandes ciudades, pero que sus efectos si dependen de las condiciones de contaminación del lugar en que se origina. Seguido a esto, el/la maestra organizará a los estudiantes en grupos de tres integrantes, y se procederá a organizar los materiales para la realización de un montaje experimental (Ver anexo C) de bajo costo que permite, entender y analogar a escala antropométrica lo que ocurre con el ascenso de las masas de aires en la tropósfera y las implicaciones que trae consigo en el transporte de contaminantes.

La ejecución de este montaje constará de dos momentos, para los cuales el/la maestra comunicará y pedirá con antelación a los estudiantes registrar en su diario las observaciones realizadas.

El primer momento se destinará a la analogía a escala del perfil natural de la troposfera terrestre y el mezclado vertical de las masas de aire que allí se presenta. Para ello los estudiantes dispondrá de los dos recipientes de la siguiente manera: El recipiente A, el cual posee agua caliente, se localizará en la parte inferior y el recipiente B que posee agua fría y de color, se ubicará sobre la parte superior del recipiente A, (Véase ilustración 4), luego se retirará muy lentamente la lámina que separa respectivamente y entre sí, los dos bordes de los recipientes, dando paso a el efecto de mezclado que se produce a causa de la flotación existente entre fluidos de diferentes densidades y temperaturas.

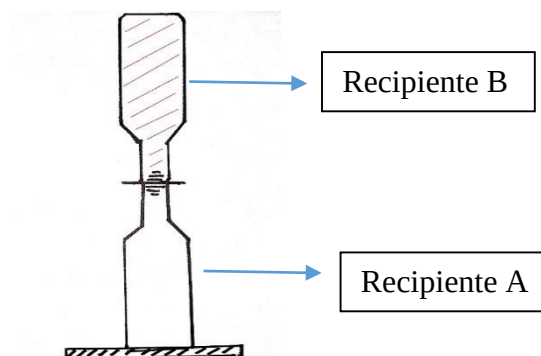


Ilustración 4: Disposición de los recipientes para el primer momento de la experiencia.

Para el **segundo momento** se realiza una analogía de un perfil invertido de temperatura (inversión térmica) en la tropósfera, para esto se realizará el mismo procedimiento del primer momento con una única diferencia, para esta ocasión el recipiente A, el cual posee agua caliente se localizará en la parte superior y el recipiente B que posee agua fría y de color, se ubicará en la parte inferior del recipiente A, como se muestra en la ilustración 5, nuevamente se retira de forma gradual la lámina que separa respectivamente y entre sí, los dos bordes de los recipientes y se procede a observar lo que sucede con los fluidos. Debe aprovechar esta oportunidad para señalar a los estudiantes que este tipo de proceso observado en el segundo momento, es una de los factores que producen las emergencias ambientales por acumulación de contaminantes en el aire de la ciudad de Bogotá, sin embargo, no el único existente.

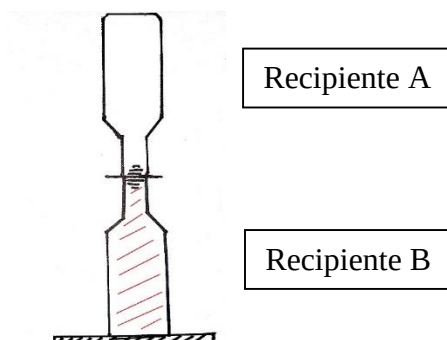


Ilustración 5: Disposición de los recipientes para el segundo momento de la experiencia.

Para finalizar, los diferentes grupos de estudiantes deberán plasmar en dos pequeñas fichas construidas por ellos mismos y que serán incorporadas al diario de campo, una explicación a cada uno de los dos momentos de la experiencia, teniendo en cuenta los diferentes elementos conceptuales discutidos durante las últimas dos actividades. El/la maestra cerrará con una

charla reflexiva sobre como la inversión térmica pese a que es un factor que contribuye a la acumulación de contaminantes, no es el único proceso responsable de las problemáticas ambientales de la ciudad de Bogotá.

5.3 Tercera fase de la propuesta

El objetivo de la tercera fase es reflexionar individual y colectivamente sobre los impactos que genera la acumulación de contaminantes troposféricos sobre la salud del ser humano.

Para dar cumplimiento al objetivo se propone una actividad: Un video-conversatorio acerca del impacto que genera los procesos de acumulación de contaminantes en la troposfera sobre la salud del ser humano, y la importancia que demanda el cambio de determinadas acciones en pro del mejoramiento de la calidad del aire.

La actividad, se inicia agradeciendo a todos los estudiantes por su participación, y tomando un corto tiempo para la aclaración de dudas y/o sugerencias hechas por los estudiantes al finalizar la fase anterior.

A continuación, realiza la visualización de un documental realizado por la corporación de radiodifusión británica (BBC), titulado “*Cómo se vive en el lugar más contaminado del mundo*” y que se encuentra disponible en la internet a través de la URL https://www.youtube.com/watch?v=gYz4XUuO_rk en él se muestra como es el diario vivir en Ulán Bator, la capital de Mongolia, lugar en el que las dinámicas propias de la población y el cambio climático ha llevado a que los niveles de contaminantes encontrados en el aire, alcance los niveles máximos que un monitor de PM_{2,5} podría medir, esta situación ha traído consigo múltiples consecuencias que se ven reflejadas en el deterioro de la salud de la población, particularmente en los niños. Con ello se espera captar el interés de los estudiantes.

Seguido de la visualización del documental el/la maestra se inicia la discusión colectiva a través de preguntas como ¿Cuál considera que es el mensaje que quiere dar el documental? ¿Cree usted que lo visto en el video se asemeja de alguna forma a el contexto en el que vivimos, en Bogotá?, ¿De qué forma podría usted aportar a la mitigación de este tipo de problemáticas ambientales?, el/la maestra deberá conversar con los estudiantes en relación a sus respuestas y

además exponerles como desde diferentes sectores no solo el de la educación, se están abordando este tipo de temáticas entorno a la contaminación ambiental y la búsqueda de soluciones a corto, mediano y largo plazo, que permitan mitigar de forma significativa la acumulación de contaminantes en el aire que respiramos. Pídeles que señalen algunos de los conceptos que deben ser pensados y tenidos en cuenta para poder hablar de la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes troposféricos, ¿cómo influyen para su vida el abordar este tipo de temáticas en la escuela? o ¿por qué consideran que es importante un cambio oportuno de las acciones y pensamientos para al cuidado del medio ambiente?

Proponga a los estudiantes otras preguntas sobre los procesos naturales que conozcan y que posiblemente sean considerados factores desencadenantes de situaciones críticas de contaminación, para que tengan un punto de partida en donde seguir profundizando sus conocimientos sobre la enseñanza de la física a través de problemáticas ambientales de contexto, retroalimente con las respuestas dadas. Para finalizar, indague como les pareció en total las tres fases y como podrían mejorarla, para una posterior implementación con otro grupo.

5.4 Síntesis de la propuesta de enseñanza

En la tabla que se presenta a continuación se sintetizan las fases de la propuesta, los objetivos de aprendizaje establecidos para cada fase y las actividades de enseñanza propuestas para alcanzar estos objetivos, expuestos en los párrafos anteriores.

Tabla 2. *Síntesis de la propuesta de enseñanza*

<i>Fase</i>	<i>Objetivo de la Fase</i>	<i>Desarrollo de la Fase</i>	<i>Ejes- Núcleos temático</i>
<i>Exploración</i>	Reflexionar individual y colectivamente sobre los impactos que generan las actividades humanas en el medio ambiente, en general, y sobre la existencia de cambios en la calidad del aire en la ciudad de Bogotá en determinadas épocas del año.	• A partir de la visualización de un video, realizar una discusión colectiva sobre que ideas, temas y conocimientos tienen los estudiantes sobre los agentes, las causas, las fuentes y los problemas de contaminación ambiental. • Generar una dinámica grupal para socializar la experiencia de observación del video.	• Reconocimiento del entorno. • Valoración del medio.

Estructuración

	• Ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre el origen de estos conocimientos en su vida. • Invitar a los/las estudiantes a diseñar un diario de campo (en físico o a través de alguna herramienta digitales) para que allí registren sus comentarios, percepciones y opiniones acerca de la temática y del desarrollo de las actividades.	
Realizar la introducción de la temática de la inversión térmica y su relación con la acumulación de contaminantes en la tropósfera.	• Se organiza con los/las estudiantes un recorrido virtual al canal de difusión de información del IBOCA, donde se les permite conocer la forma en que el distrito de Bogotá difunde e ilustra de forma sencilla, oportuna y clara el riesgo ambiental por contaminación atmosférica. • Realizar un video-conversatorio y un recorrido por una aplicación multimedia interactiva, sobre las dimensiones micro y nano en la escala de longitud donde el/la maestra oriente la discusión y visualización, haciendo énfasis en las respectivas dimensiones que poseen los contaminantes aéreos en suspensión. • Se elabora una caja de convección haciendo énfasis en el comportamiento de la corriente de humo dentro de la caja y su analogía con las corrientes convectivas de aire presentes en la tropósfera. • Se lleva a cabo un montaje experimental que análoga un perfil invertido y normal de temperatura de la tropósfera, esto se realiza en dos momentos, para los cuales los estudiantes realizaran una observación	• Termodinámica (presión, temperatura, densidad y corrientes de convección). • Pensamiento métrico y unidades de medida (Escala de longitud que ocupa el material particulado). • Química orgánica e inorgánica (Contaminantes químicos atmosféricos).

<i>Transferencia y valoración</i>		detallada que plasmaran en pequeñas fichas haciendo uso de los elementos conceptuales vistos con antelación.	
	Reflexionar individual y colectivamente sobre los impactos que genera la acumulación de contaminantes troposféricos sobre la salud del ser humano.	• A través de la visualización de un documental se invita a los/las estudiantes a reflexionar acerca de los impactos para la salud de los seres humanos que trae consigo la contaminación del aire mediante de una discusión colectiva orientada con una serie de preguntas realizadas por el/la maestra.	• Desarrollo humano (Educación y desarrollo sostenible) • Aire (Calidad del aire y sus impactos en la salud del ser humano).

6 CONCLUSIONES

- Los procesos de contaminación ambiental actuales, han acrecentado los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud de los seres vivos, conforme transcurre el tiempo, esto dado en su mayor parte a causas antropocéntricas, por lo anterior, se considera importante que los/las maestras como sujetos dinamizadores de la sociedad desde una postura crítica y neutral, contribuyan en generar cambios en las acciones de las nuevas generaciones venideras a partir de la enseñanza de contenidos que permitan un reconocimiento de estas problemáticas ambientales y los procesos naturales que potencian o reducen sus efectos.
- Si bien se reconoce que en la enseñanza de las ciencias naturales es necesario involucrar contextos propios de los estudiantes con el objetivo de hacer útiles y relevantes los contenidos temáticos, es reiterativo el llamado que hacen con urgencia los diversos organismos nacionales e internacionales a que dichos contextos involucrados aborden problemáticas de tipo ambiental; esto con el fin de promover una formación de ciudadanos críticos y protagonistas de un cambio social y ambiental en el futuro.
- Las concentraciones de contaminantes en la troposfera en conjunto con procesos naturales, desencadenan problemáticas ambientales que repercuten en la salud del ser humano, sin embargo, uno de las fuentes de mayor emisión de contaminantes es la quema de combustibles fósiles por parte del parque automotor de los medios de transporte públicos y privados de las grandes ciudades, los cuales son uno de los negocios más rentables a nivel local, lo que hace que sea un reto convertir el sistema de transporte actual en uno libre de carbono al incorporarse intereses económicos de por medio. Pese a lo anterior se espera que en un futuro próximo se logren desarrollar y aplicar soluciones que permita mitigar los problemas de salud de los habitantes de estos lugares.
- La indagación sobre el papel que se le ha otorgado a la actividad experimental en el campo de la investigación científica y escolar, permitió reconocer que si bien, no es posible afirmar que una determinada significación de ésta por parte de los/las maestras sea errada en los procesos de enseñanza, existe diversos elementos que se

diferencian de las demás significaciones cuando se busca como objetivo que la incorporación de la actividad experimental en los procesos de enseñanza, contribuya en la construcción de conocimiento escolar.

- La aplicación de la prueba piloto permitió observar y concluir que es necesario una previa implementación de las actividades de una propuesta de enseñanza antes de su publicación final, pues este tipo de ejercicios fortalecen la construcción de las propuestas en aspectos fundamentales como: la pertinencia, la extensión del número de actividades, el grado de complejidad de éstas, las dificultades que pueden presentar y oportunidades de aprendizaje que ofrecen, adicionalmente, permite ampliar o reconsiderar desde la perspectiva de los estudiantes, a través de las discusiones y/o retroalimentaciones, elementos que antes de la prueba no fueron tenidos en cuenta con la misma relevancia.
- La alta participación de los estudiantes de grado decimo en las discusiones colectivas llevadas a cabo en la prueba piloto, permitió corroborar que abordar temáticas ambientales en los procesos de enseñanza para la educación media permite construir con los/las estudiantes reflexiones dirigidas al papel que realizamos como seres sociales en una sociedad que nos exige decisiones acerca de la vida en el presente y futuro.
- La incorporación de elementos digitales como los sitios web, en las propuestas de enseñanza permiten dinamizar las actividades realizadas con los estudiantes a través de los encuentros virtuales característicos de una enseñanza remota bajo el contexto de una pandemia.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). *Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science*. International. Journal of Science Education. 30(14), 1945–1969
- Agustín, A. Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M., Sanmartí, Neus. (2011). *Las ciencias naturales en educación básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI*. Secretaría de Educación Pública. Cuauhtémoc, México D.F.
- Amelines, P. & Romero, A. (2017). *La experimentación en el aula. Aportes de la naturaleza de las ciencias. La experimentación en la clase de ciencias. Aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. (pp.15-31)
- Arenas, A. C. (2007). *Pensamiento crítico. Técnicas para su desarrollo*. COOP. EDITORIAL MAGISTERIO. Bogotá. Colombia.
- Ausubel, D., Hanesian, H. & Novak, J. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México
- Ayala, M., Malagón, F., Sandoval, S. (2011). *Actividad experimental y construcción de fenomenologías: Construir una manera de referirse al fenómeno, el caso del efecto Volta. III conferencia latinoamericana del International, history and Philosophy of science teaching group HPST-LA*. Santiago de Chile.
- Campos, J. & Granados, G. (2015). *Comprendiendo los efectos de la contaminación invisible. una propuesta para la enseñanza de la radiación a nivel básico y medio*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Carracosa, J., Gil, P., Vilches, A., Valdés P., (2006). *Papel de la actividad experimental en la educación científica*. Cuaderno brasileño de enseñanza de la física. 23. p 157-18. Brasil.
- Coll, C. (1997). *Qué es el constructivismo*. Editorial Magisterio del Rio de la Plata.

- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). (2014). *Documento marco: caracterización de la vulnerabilidad a la contaminación en América del Norte*. Recuperado de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11492-framework-document-factors-consider-in-characterizing-vulnerability-environmental-es.pdf>
- Corredor, H. & Reyes, R. (2013). *Desarrollo de las explicaciones de los estudiantes sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Cruz Díaz, P. (2003). *La metodología de la investigación científica y su importancia para la actividad deficiencia e innovación tecnológica*. La Habana: FAR, 57-62.
- De la Cruz, E. (2010), *El trabajo en equipo como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza-Aprendizaje en la escuela primaria*, Universidad Pedagógica Nacional. CD. Del Carmen, Campeche. México.
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2019). *Hacia una filosofía de la experimentación*. *Crítica*. Revista Hispanoamericana De Filosofía, 34(102), 47-86.
- Fleck, L., Schafer, L., Schnelle, T., Meana, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Alianza. Madrid, España.
- Flores, J., Caballero, M., Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*. vol. 33 (68). 75 -111.
- García, A., Pipitone, C., Guitart, J., Caminal, A., Marchán, I., Agudelo, C., Hernández, E. (2016). Actividades dialógicas de ciencias en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Campo Abierto. Revista De Educación*, 35(1), 93-108. Universidad de Extremadura.
- García, M., Ramírez, H., Ulloa, H., Arias, S., Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara (México). *Investigaciones geográficas*, N.º 58 Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante. pp. 09 – 29.

- Garzón, S. (2014) *El experimento y la significación del concepto de energía*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Gil D., Macedo, B., Martínez, J., Silfredo, C., Valdés, P., Vilches, A. (2005), “¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Gil, D & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN*. 42, 31-53
- Gil, D. & Valdés, P. (1995). Contra la distinción clásica entre teoría, prácticas experimentales y resolución de problemas: el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. [Versión Electrónica] *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (9), 3 25.
- Gil, F. & Alcover, C. (2005). *Introducción a la psicología de los grupos*, Editorial pirámide, Madrid, España.
- Glynn. J & Heinke W., (1999), *Ingeniería ambiental*. México D.F., México: PRENTICE HALL.
- Henríquez, R. Y. (2010). *La objetividad y el conocimiento de la realidad*. *Ars Boni et Aequi*, 6(1), 243-254. Santiago de Chile. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3257863>
- Hernández, N. (2017). *La construcción de vínculos entre luz y color desde la perspectiva de newton: una propuesta para ampliar el campo de los fenómenos cromáticos*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. & Espinet, M., (1999). *Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Koponen T. y Mäntylä T., (s.f.). *Papel generativo de los experimentos en la física y su enseñanza: una sugerencia para una reconstrucción epistemológica*. Departamento de Ciencias Físicas de la Universidad de Helsinki, Finlandia.

- Kuklinski, H. & Cobo, C. (2020). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia*. Outliers School. Barcelona. España.
- La Cueva, A. (2006). La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto?. *Revista iberoamericana de educación*, 16, 165-190. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1020312>
- Martín, A. (2011). *Apuntes de transmisión del calor*. Creative Commons. Madrid, España.
- Márquez, C. & Montserrat, R. (2006). *Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias*, *Revista Educación y Pedagogía*, 61-71, Universidad de Antioquia, Medellín,
- Ministerio de Educación Nacional (MEN), (2006). *Estándares Básicos de Competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanía*. Bogotá. Colombia.
- Morcillo, C. (2015). *La experimentación en la enseñanza de las ciencias para docentes en formación inicial: un caso en microbiología*. Universidad del Valle, Santiago de Cali. Colombia.
- Nava Bedolla, J. (2017). La esencia del conocimiento. El problema de la relación sujeto-objeto y sus implicaciones en la teoría educativa. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15), 25-57.
- Organización Mundial de la Salud (2005). *Guías de Calidad del Aire de la OMS Relativas al Material Particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre*. Actualización Mundial 2005.
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26: 16-25. Santiago de Chile.
- Piñero, J. (2015). *Resolución de problemas desde una perspectiva curricular: Implicaciones para la formación de profesores*. Universidad de Granada, Granada.
- Pozo, J., Pérez, M., Domínguez, J., Gómez, M., & Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.

- Quintana, N., Sierra, M. & Carnesoltas, M (2010). *Características de los principales parámetros que intervienen en el proceso convectivo relacionado a la severidad sobre la región centro oriental de Cuba*. (46 p) Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Ramos, M. & Berrios, Y. (2014). *El experimento del efecto fotoeléctrico para la comprensión del concepto de cuantización de la energía de la radiación*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Reyes, S. (2001). *Introducción a la meteorología*. Universidad de Baja California, p. 30-50
- Romero, A. (2017). *La experimentación en la clase de ciencias: aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*.
- Santos, G., Otero, M. R., & Fanaro, M. D. L. A. (2000). ¿Cómo usar software de simulación en clases de Física? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 17(1), 50-66.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM_{2.5}*. Instituto Nacional de Ecología. Delegación Tlalpan, México, D.F
- Segura, C. & Espinoza, B. (2014). *La virtualidad en los procesos educativos: Reflexiones teóricas sobre su implementación*. Tecnología en Marcha. Vol. 28, N.º 1
- Téllez, A. (2018). *Construcción de molinos para indagar los principios básicos de las máquinas simples en la escuela pedagógica experimental*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- UNESCO. (2008). *Estándares de competencias en TIC para docentes*. Londres
- Venegas, E. (2010). Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. *CEGESTI*. N°149.
- Vosniadou, S. (2006). *Como aprenden los niños. Serie prácticas educativas – 7*. Ciudad de México.
- Yaya, C. & Barreto, K. (2019). *Enseñanza de las condiciones de equilibrio en balanzas en el aula inclusiva*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO A

IMÁGENES QUE HABLAN POR SI SOLAS

Observa, lee e interactúa con el siguiente artículo periodístico y fotorreportaje sobre la calidad del aire de la ciudad de Bogotá que allí se muestra, con el fin de visualizar la variación de la calidad del aire en varios sectores de la ciudad en diferentes épocas del año.

“Así cambia el aire de Bogotá cuando hay menos vehículos”

<https://www.eltiempo.com/bogota/como-cambia-el-aire-de-bogota-con-menos-carros-169376>

En la ilustración 6, se presenta dos fotografías de la ciudad de Bogotá tomadas desde el cerro de Guadalupe, en dos épocas diferentes del año, disponibles en este archivo fotográfico. Selecciona dos fotografías tomadas desde el mismo lugar, pero en diferente época, de este archivo, que llamen tu atención.

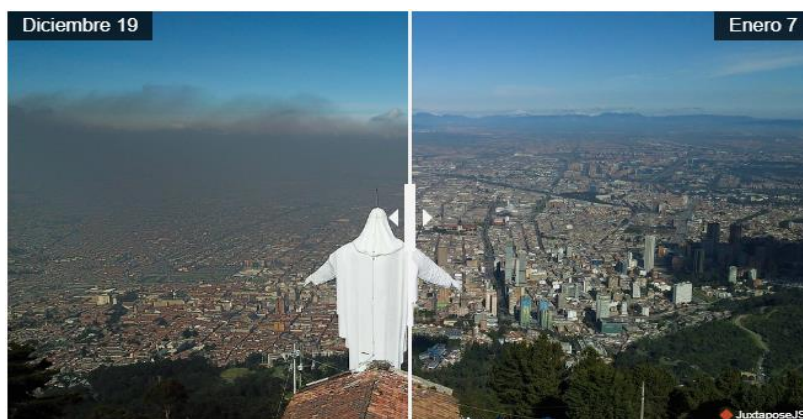


Imagen: Contraste entre un día de altos niveles de contaminación y bajos niveles de contaminación del cielo de la ciudad de Bogotá. Tomada de: <https://www.eltiempo.com/bogota/como-cambia-el-aire-de-bogota-con-menos-carros-169376>

Con base en la información del artículo y el archivo fotográfico interactivo, contesta las siguientes preguntas por escrito en un documento de Word o en tu cuaderno de física.

- Describe las diferencias y similitudes que encuentras entre las dos imágenes y discútelas en torno al tema de la contaminación ambiental abordado en la actividad anterior.
- Las fotos que aprecias en el artículo son tomadas en el mismo lugar, pero en diferentes épocas del año, ¿Por qué crees que se dan estas diferencias entre las dos imágenes? ¿Cómo explicas que esto suceda? ¿A que le puedes atribuir este tipo de fenómenos de contaminación?
- ¿Qué relación crees que existe entre las fechas del registro fotográfico en donde se aprecia una mayor contaminación y las condiciones climatológicas de Bogotá para dicha época del año?
- ¿Qué consecuencias para la salud del ser humano consideras que pueden traer estos cambios en la calidad del aire?

Finalmente, haciendo uso de tu creatividad y teniendo en cuenta las respuestas que elaboraste, elije un título que presente las dos fotografías seleccionadas por ti.

8.2 ANEXO B

CONSTRUCCION DE UNA CAJA CONVECTIVA

ELEMENTOS NECESARIOS

CANTIDAD	MATERIALES
1	Caja de cereal
3	Hojas plásticas gruesas (se sugiere que sean transparentes)
1	Vela plana
1	Cinta transparente
1	Caja de fósforos
1	Tijeras
1	Varitas de incienso
1	Bisturí
1	1/8 de cartulina negra

INSTRUCCIONES

1. Para iniciar, tome una caja de cartón, por ejemplo, una caja de cereales. Se sugieren las siguientes dimensiones para este elemento: 50 cm de altura, 25 cm de ancho y 15 cm de profundidad.

Escoja una de las dos tapas frontales (anterior o posterior) y sobre ésta, mida 5 Cm desde el borde de la caja hacia el centro de esta. Luego con un marcador o un esfero trace un rectángulo de tal forma que cada uno de sus cuatro bordes sean paralelos a

los bordes de la caja, manteniendo la distancia mencionada de 5 cm. A continuación, se observa en la ilustración dicho procedimiento.

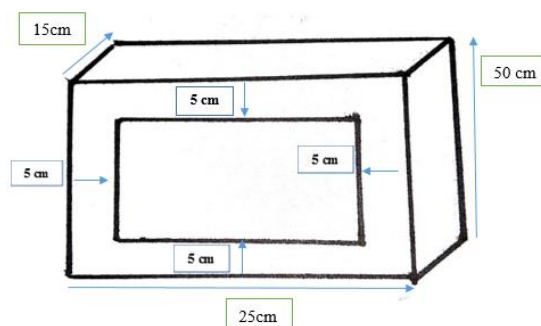


Imagen: Rectángulo dibujado en una tapa lateral de la caja de cereal.

2. Corte cuidadosamente con el bisturí sobre toda la línea del rectángulo dibujado y posteriormente, retire el cartón extraído a través del corte realizado. Asegúrese de que el corte sea lo más fino posible.
3. Tome la cartulina negra y sobre esta, dibuje un rectángulo cuyas medidas se correspondan con las dimensiones de la tapa frontal restante (para este caso la tapa anterior). Con el bisturí realice un corte a lo largo de toda la línea del rectángulo dibujado sobre la cartulina negra. Retire el rectángulo, y usando algún tipo de adhesivo de papel, al interior de la caja pegue el rectángulo sobre la cara anterior de esta.
4. Utilizando el marcador o el esfero, dibuje dos círculos (puede ser con ayuda de un transportador o compás) que posean el mismo diámetro entre ambos, y que se encuentre separados a una distancia mínima de 10 cm. Haciendo uso del bisturí realice un corte a lo largo de toda la línea de cada uno de los círculos dibujados y a continuación retire los segmentos circulares de cartón que fueron cortados. En la siguiente ilustración se observa el resultado de este procedimiento.

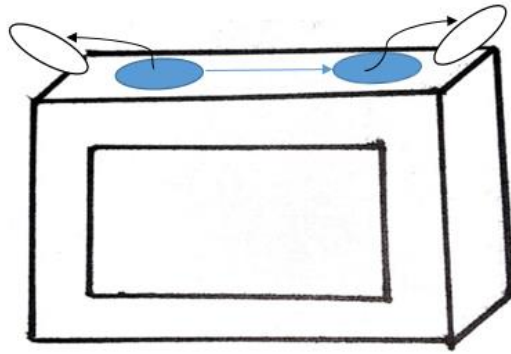


Imagen: Círculos dibujados y extraídos del lado superior de la caja de cartón.

5. Tome una hoja plástica transparente y recórtela justo con las dimensiones rectangulares de la cara frontal de la caja. Luego proceda a pegar la hoja sobre la cavidad del rectángulo resultante del numeral 1. A continuación se observa en la imagen el resultado que se espera de este procedimiento.



Imagen: Ejemplo para la acomodación de la hoja transparente en la caja de cartón. Tomado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=O3Z-lioH2k0>

6. Finalmente tome dos hojas de papel plástico transparente, enróllelas en forma cilíndrica, y a cada una introdúzcalas parcialmente en cada uno de los agujeros circulares que se encuentran en la cara superior de la caja. De esta forma, habiendo ajustado dentro de los agujeros descritos, cada hoja de papel enrollado cilíndricamente, se espera que la forma final de este arreglo se asemeje a una doble chimenea. En la siguiente ilustración se observa dicho esquema de chimenea doble elaborado a partir de las hojas enrolladas cilíndricamente.

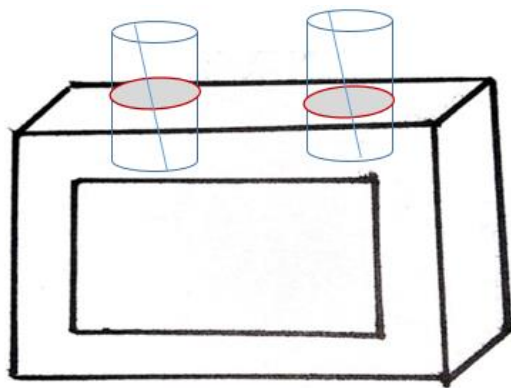


Imagen: Ejemplo papel enrollado en la parte superior de la caja de cartón.

8.3 ANEXO C

Material para la elaboración del montaje experimental

Cantidad	Material
2	Vasos o botellas de vidrio del mismo tamaño y forma
350 ml	Agua fría
350 ml	Agua Caliente
1 sobre	Colorante (Frutiño)
1	Lamina o hoja plástica

8.4 ANEXO D

ENSEÑANZA EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Las actividades cotidianas en la actualidad requieren cada vez con mayor fuerza por parte de los diversos campos profesionales una incorporación oportuna de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC), que permitan responder a las diversas tareas que trae consigo el estilo de vida moderno. Para el caso de la educación, esta incorporación de las NTIC ha favorecido en aspectos que la presencialidad restringe o no considera, tales como los obstáculos impuestos por la distancia, la inflexibilidad de los horarios, y organización de los tiempos de estudio por parte de los estudiantes. (Segura & Espinoza, 2015) Un ejemplo del aporte que brindan las NTIC a los procesos educativos, es la vinculación de los estudiantes a las actividades académicas través de diversas herramientas tecnológicas y digitales ante el contexto actual de la pandemia producida por el Covid-19, en donde el distanciamiento y aislamiento social trajo consigo una repentina alteración de las interacciones sociales, allí el uso de estas herramientas permitió que los procesos de enseñanza de los que eran partícipes los estudiantes bajo la modalidad presencial pudiese tener una continuidad.

Frente a lo anterior, es necesario puntualizar que dicho paso inesperado hacia un aprendizaje en línea no supone la aplicación total de un modelo de educación virtual, para ello es necesario como lo sugiere la UNESCO (2008) realizar todo un proceso educativo y de capacitación que logre desarrollar en los/las maestras competencias básicas ante el uso tecnológico y fundamentación pedagógica, esto debido a que el/la maestra será el responsable del buen uso de dichas herramientas tecnológicas y su papel determinante en los procesos de enseñanza - aprendizaje.

Sin embargo,

Este movimiento hacia la virtualidad impuesto por la pandemia del COVID-19 está resultando un desafío inevitable que obliga a actuar incluso a aquellos actores que son más resistentes a una mayor apropiación de la cultura digital. Las instituciones

tradicionales ahora deben concebir las experiencias de aprendizaje remoto como un aspecto central del proceso integral de formación. (Kuklinski y Cobo, 2020)

En este sentido, en el camino de salida de la pandemia en la que el mundo se encuentra inmerso, las propuestas de enseñanza construidas por los/las maestras no pueden limitarse a esperar en el asiento del pasajero con la expectativa del pronto regreso de la presencialidad y la normalidad¹¹ con la que se implementaban las actividades académicas y sus contenidos a inicios del presente año en la escuela, por el contrario, debe tomar el puesto del conductor y a partir de la experiencia suministrada por toda la enseñanza remota de emergencia, permitirse repensar las nuevas formas de enseñar, ante esto Kuklinski y Cobo, (2020) proponen hacer énfasis en la transformación de los procesos de enseñanza, de modo tal que dichos conocimientos impartidos persistan aunque no se tenga un espacio físico en común en donde desarrollarlos.

Para el caso de los procesos de enseñanza de las ciencias naturales, la incorporación y uso de simulaciones en dichos procesos, ha permitido a los estudiantes, un acercamiento al estudio de diferentes fenómenos físicos, químicos y biológicos, que por su complejidad o por el contexto actual en el que se encuentran situados no permite su observación o interpretación directa. La importancia de su uso se resalta en la afirmación hecha por Ausbel (1976) el cual afirma que “cuando el material es relacionable con la estructura cognitiva de manera no arbitraria y no literal, el sujeto adquiere significados”, siendo así, la simulación, una forma de llevar situaciones al estudiante de un segmento del contexto que ya reconoce, permitiendo una interacción que complementa el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para el caso particular de los fenómenos físicos, al requerir para su interpretación, cierto nivel de abstracción, se presenta la simulación interpretada por Santos, Otero y Fanaro (2000) como una posible contribuyente para el “desarrollo de modelos adecuados para razonar y comprender en física, que sustenten la generación de relaciones pertinentes y permitan dotar de significado las expresiones matemáticas que se emplean para describir el comportamiento

¹¹ Se considera normalidad, a todas aquellas dinámicas sociales que se desarrollaban antes de la pandemia declarada por la OMS el 11 de marzo de 2020 y producida por el coronavirus SARS-CoV-2.

de un sistema físico”, facilitando mediante la asequibilidad, la revisión y asimilación cualitativa y cuantitativa de fenómenos cotidianos.

Es así que, la propuesta de enseñanza correspondiente a este trabajo de grado, plantea a través de las actividades construidas un híbrido entre elementos propios de presencialidad y elementos de la virtualidad, de tal modo que la AE y demás elementos integrantes de ésta, se comprendan como parte de un todo, que facilita los procesos de enseñanza ante situaciones adversas como la sufrida actualmente.