

**PROPUESTA DIDÁCTICA EXPERIMENTAL: DESARROLLO DE LA
CONCIENCIA AMBIENTAL A TRAVÉS DE EXPERIMENTOS SOBRE
CONVECCIÓN Y RADIACIÓN A LA BASE DE LOS MODELOS DE
CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA**

Por:

Libardo Alexander Torres Sandoval

Trabajo de grado para optar al título de:

Licenciatura en Física

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO
DE FÍSICA**

BOGOTÁ D.C.

2022

**PROPUESTA DIDÁCTICA EXPERIMENTAL: DESARROLLO DE LA
CONCIENCIA AMBIENTAL A TRAVÉS DE EXPERIMENTOS SOBRE
CONVECCIÓN Y RADIACIÓN A LA BASE DE LOS MODELOS DE
CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA**

Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciado en Física

Libardo Alexander Torres Sandoval

Código: 2010146067

Director

Francis Moreno Otero

LINEA DE PROFUNDIZACION

LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

LICENCIATURA EN FISICA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

2022

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2

Tabla de contenido

Capítulo 1: Marco General	3
1.1 Justificación y planteamiento del problema	3
1.2. Objetivo general	7
1.3. Objetivos específicos	8
1.4. Antecedentes	8
Capítulo 2: Marco teórico	10
2.1 Cambio climático	11
2.2 Rol del docente en ciencias respecto al cambio climático	17
2.3 Modelos de circulación general	19
2.4 Construcción de conocimientos a través de la experimentación	27
2.5 Conciencia ambiental	28
Capítulo 3: Diseño Metodológico	29
3.1 Método: Investigación acción	29
3.2 Fases de investigación, técnicas e instrumentos	30
3.2.1 Fase 1 de diagnóstico	31
3.2.2 Fase de diseño del plan de acción	37
3.2.3. Desarrollo del plan de acción.....	44
3.2.4 Fase de análisis de resultados	49
Capítulo 4: Resultados y Conclusiones	52
4.1 Del diagnóstico	52
4.3 Conclusiones	57
5. Bibliografía.....	58
Anexos	61

Introducción

La presente investigación aborda referentes en relación con las causas y las consecuencias del Cambio Climático. Para iniciar, se expone el concepto de cambio climático y su evolución a partir de informes científicos del Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) entre otras autoridades en el tema, así como su incidencia respecto a las medidas para la mitigación y adaptación al mismo. Posteriormente, se abarcan algunas reflexiones sobre el rol del docente en ciencias con el propósito particular de problematizar el cambio climático en el aula de clases.

A continuación, se revisan aspectos técnicos, componentes y características de los modelos de circulación general de la atmósfera utilizados en los informes del IPCC (IPCC, 2013). Para finalizar, se presentan los experimentos a la base de los modelos con miras a establecer una propuesta pedagógica desde una perspectiva fenomenológica de las ciencias y la re contextualización de saberes.

Junto a esto, la presente investigación se centra en el estudio de los modelos de circulación general (MCG); haciendo énfasis en los experimentos sobre la convección con el fin de construir explicaciones en torno al flujo de la atmósfera terrestre. Cabe señalar, que el trasfondo pedagógico de este proyecto se inscribe dentro de los seis objetivos centrales de la educación ambiental, elaborados en el seminario mundial de educación ambiental (Carta de Belgrado, 1975): toma de conciencia, ayudar a los grupos sociales y personas a que adquieran una mayor ciencia del medio ambiente; conocimientos, comprensión básica del medio ambiente; actitudes, adquisición de valores colectivos; aptitudes, resolución de problemas ambientales; capacidad de evaluación, medidas y programas de educación ambiental en función de la ecología, la política, la economía, etc. participación, desarrollo del sentido de la responsabilidad.

Capítulo 1: Marco General

1.1 Justificación y planteamiento del problema

En la actualidad, el cambio climático constituye uno de los mayores retos ambientales a nivel global debido al progresivo deterioro de los diversos ecosistemas alrededor del mundo, al punto de una posible destrucción, a su vez que las actividades humanas son consideradas como causantes de la degradación de una cuarta parte de la superficie terrestre (IPCC, 2020, p. 7)

De seguro, todos en alguna ocasión hemos escuchado en noticieros, documentales, programas de radio u otros medios de comunicación sobre algunos de los efectos del Cambio Climático alrededor del mundo. Un reciente informe de Greenpeace (2018) trae a colación algunas cifras impactantes entre las que se destacan: de 1880 a 2017 la temperatura promedio de la Tierra subió 1°C y sigue aumentando a un ritmo de 0,2°C por década; los años 2015, 2016 y 2017 fueron los años más calurosos según la Organización Meteorológica Mundial desde que comenzaron los registros en 1880; en el año 2017 se alcanzó una cifra récord en la emisión de gases de efecto invernadero; entre 1901 y 2010 el nivel medio mundial del mar subió 19 cm y según datos de la Nasa, el hielo marino ártico está disminuyendo a una tasa del 13,2% por década (p.8). En esta medida, en el marco de las cumbres ambientales mundiales, gran parte de la comunidad científica, organizaciones ambientalistas, hacen un llamado a actuar de manera urgente y efectiva ante el cambio climático antes de que sea muy tarde.

De hecho, el Cambio Climático es un fenómeno que la comunidad científica en general considera una realidad, aunque se sigue estudiando qué parte de éste se debe a la acción del hombre, y qué parte se debe a la dinámica propia de la evolución del planeta. Según la Convención del Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992 “*Cambio Climático se define como los cambios en el clima provocados por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por el hombre*” (CMNUCC, 1992, p.6). Adicionalmente, en 2007, tras la evidencia científica recogida durante las décadas de los 80 y los 90, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) concluyó que el calentamiento global debido a las acciones del hombre en las últimas décadas ha tenido una influencia en la mayoría de los sistemas físicos y biológicos.

Así las cosas, en lo concerniente a la situación de Colombia, se considera que la posición geográfica del país y los asentamientos humanos informales en lugares cercanos al mar, lo hacen vulnerable ante los efectos del Cambio Climático como posibles huracanes, modificación en los cultivos y en los alimentos y cambio en las tierras por las sequías y las fuertes lluvias. Como plantea la ONU “las consecuencias más dramáticas de este fenómeno se presentarán en países en desarrollo, cuyas características geográficas, ecológicas y socioeconómicas determinan una altísima vulnerabilidad, como es el caso de Colombia” (ONU, 2008, p.12). Por ende, se hace necesario adoptar estrategias, medidas en favor de la mitigación y adaptación al Cambio Climático desde una perspectiva transdisciplinar que tenga en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales del problema.

Además, la encuesta realizada por el IDEAM titulada: ¿Qué piensan los colombianos sobre el Cambio Climático? arrojó los siguientes resultados: el 75% de la población encuestada se considera poco o nada informada respecto al fenómeno, el 80% no saben o conocen qué son los gases de efecto invernadero (IDEAM, 2015, p.63). Lo anterior pone en evidencia que la población colombiana se encuentra en alto grado de desinformación frente a esta problemática, especialmente, considerando los altos niveles de vulnerabilidad del país. Adicionalmente, Colombia ha afrontado recientes eventos climáticos extremos tales como: las inundaciones de 2010 y 2011 o la devastación de San Andrés y Providencia a raíz del paso del huracán Iota en el año 2020. Estos hechos, sumados a la profunda desigualdad social y la desconfianza en la institucionalidad de nuestro país hacen del Cambio Climático un tema prioritario en los planes de desarrollo para las siguientes décadas.

Así mismo, instituciones como Unicef (2020) han expresado preocupación de los efectos de las actividades humanas en el cambio climático y el buen funcionamiento de los sistemas naturales de la Tierra que redundan en el bienestar de los niños en todo el mundo. Al ser quebrantado el equilibrio natural del que ha dependido la civilización humana y con un planeta que se volverá mucho más peligroso e incierto con el paso de los años, los niños ya no podrán contar con las posibilidades que tuvieron generaciones anteriores para abrirse camino y proyectar una buena calidad de vida. Por ello, aunque los niños son los más vulnerables, son también quienes pueden hacer un cambio a futuro a través de una formación en ciudadanía responsable con el medio

ambiente, con una dimensión amplia del problema y haciendo buen uso de la información que proporcionan los modelos climáticos.

Al respecto, el sector educativo se encuentra en deuda con la sociedad en cuanto es una necesidad imperante que se elaboren estrategias para “didactizar” el conocimiento alrededor del Cambio Climático en el aula, atendiendo a la búsqueda de soluciones para la mitigación y adaptación del fenómeno con el fin de reducir el impacto ambiental derivado de las actividades propias del ser humano, toda vez que se tengan en cuenta los requerimientos propios del contexto colombiano. De ahí que instituciones gubernamentales como el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Educación Nacional (2013) hayan establecido políticas en el ámbito educativo con el fin de *“reconstruir cultura y reorientarla con acciones tendientes a racionalizar las relaciones de los individuos y de los colectivos humanos con el medio natural”* (p. 8). En concordancia, la educación debe proponer espacios de reflexión y de acción permanente que posibiliten transformaciones profundas de la realidad ambiental nacional.

En tal sentido, El Ministerio de Educación Nacional (M.E.N.) a través de sus Lineamientos Curriculares para Ciencias naturales y Educación ambiental (1998) propone brindar a los estudiantes colombianos la opción de identificar procesos físicos, químicos y biológicos y su interacción con la cultura, específicamente los que tienen incidencia en el medio ambiente. Por tal motivo, el MEN (2004) en su propuesta de Estándares Básicos de competencias en Ciencias Naturales busca *“crear condiciones para que los estudiantes sepan qué son las Ciencias Naturales, puedan comprenderlas, comunicarlas y compartir experiencias y hallazgos, actuar con ellas en la vida real y aportar a la construcción y al mejoramiento de su entorno”* (p.6). Pese a esto, lo que se refleja en gran parte de las instituciones educativas es que la ciencia que se enseña actualmente carece de un contexto natural y cultural, se reduce en muchas ocasiones al aprendizaje memorístico de fórmulas y teorías irrefutables que no dejan espacio para la reflexión y a su vez, ubican al profesor en el rol del sabio transmisor. En palabras de T. S. Kuhn: *“los profesores llevan al aula una “ciencia producto”, descontextualizada, por lo que las actuales problemáticas sociales, culturales y medioambientales causadas por los productos de las investigaciones científico tecnológicas no se analizan durante esa enseñanza”* (Kuhn, 1962, como se citó en Gallego, 2009).

En este sentido, la presente investigación se centra en el colegio Sorrento I.E.D., de Bogotá, el cual no es ajeno a la problemática ambiental y realiza algunas acciones evidenciadas en proyectos transversales como el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) (2018) en el cual se afirma que *“la cultura ambiental debe enfocarse desde las bases de la enseñanza buscando promover valores que le permitan a los seres vivos integrarse en ambientes sostenibles y de mutuos beneficios”* (p.8). Sin embargo, la reflexión alrededor del cambio climático no se encuentra en la planeación de dicho proyecto al centrarse en actividades de mejora de los espacios verdes del centro educativo, especialmente en el área de ciencias naturales.

Del mismo modo, se encuentra que la institución educativa requiere una transformación en sus procesos pedagógicos por la tendencia a metodologías tradicionales con excesiva dependencia de los estudiantes hacia los docentes, hecho que genera deficiente criticidad y autonomía, pero en especial, no permite un desarrollo de una conciencia ambiental genuina. En el documento de plan de estudios se observa una mínima transversalidad del PRAE y una clara yuxtaposición entre áreas, es decir, aunque las asignaturas de cada nivel de escolaridad se organizan en el mismo formato con estándares, derechos básicos de aprendizaje, contenidos, competencias, proyectos y criterios de evaluación, estos funcionan de manera aislada y sin ningún punto o problema de encuentro entre ellas. Entonces el PRAE no se transversaliza ya que el plan de estudios no es asumido como un todo y es axiomático al encontrarse seccionado y sin relaciones de ínter, pluri, multi o transdisciplinariedad, lo cual conlleva a que solo el área de ciencias naturales realice algunas actividades de formación de conciencia ambiental, aunque no interactúa con otras áreas para favorecer el conocer, el saber ser y el saber hacer, indispensables para generar acciones de cuidado y prevención en común.

Asimismo, el plan de estudios evidencia saturación de contenidos, programas y actividades a realizar, lo cual genera desmotivación frente a proyectos como el PRAE y hace difícil el abordaje de propuestas pedagógicas con innovaciones o reformas en beneficio del medio ambiente al convertirse en prácticas docentes aisladas que traen consigo la homogeneización de conocimientos, competencias y actitudes, al lado de no trabajar en equipo el desarrollo de diferencias individuales relacionadas con los ritmos y estilos de aprendizaje, así como los intereses y motivaciones de

aquellos en proceso de formación, dejando de lado la diversidad sociocultural regional, elemento fundamental en todo proceso educativo.

Por ello, se considera pertinente integrar el Cambio Climático a la enseñanza de la clase de física considerando múltiples ventajas como el desarrollo del pensamiento científico, toda vez que se aporte a una formación de conciencia ambiental y el desarrollo de ciudadanos críticos capaces de intervenir positivamente su entorno y su comunidad. Por consiguiente, con la realización de este trabajo de investigación se quiere contribuir al debate sobre el Cambio Climático en el aula con jóvenes para ampliar competencias del área de ciencias naturales propuestas por el MEN (2004) como lo es *“identificar aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizando críticamente las implicaciones de sus usos* (p.23).

En este orden de ideas, se pretende brindar a los estudiantes herramientas de carácter conceptual y contextual que les permita formar una posición crítica frente al problema ambiental, a la vez que construyen conocimientos desde la clase de física en torno a los Modelos de Circulación General (M.C.G.) de la atmósfera y su experimentación en el aula. De hecho, desde hace varios años, diversos investigadores de la didáctica de las ciencias vienen reclamando la responsabilidad de la educación en ciencias en cuanto a la asunción de una formación sociopolítica que permita a los ciudadanos actuar de manera informada y responsable, es decir, resaltan la necesidad de una formación para la acción y la crítica (Hodson, 2003). Lo anterior conduce al planteamiento de la pregunta problema: **¿Cómo la actividad experimental con base en los principios físicos de los modelos de circulación general desarrolla la conciencia ambiental alrededor del cambio climático en estudiantes de octavo del colegio Sorrento I.E.D.?**

1.2. Objetivo general

Definir las ventajas de la actividad experimental relacionada con el estudio de los principios físicos a la base de modelos de circulación general (MCG) con la visión de desarrollar la conciencia ambiental en torno al Cambio Climático en estudiantes de grado octavo del colegio Sorrento I.E.D.

1.3. Objetivos específicos

1. Identificar las actividades pedagógicas y percepciones de estudiantes de octavo del colegio Sorrento I.E.D. alrededor del Cambio Climático.
2. Construir una propuesta didáctica con experimentos a la base de modelos de circulación general que promueva el desarrollo de la conciencia ambiental en torno al Cambio Climático.
3. Evaluar la conciencia ambiental suscitada alrededor del Cambio Climático a partir de la experimentación con modelos de circulación general en estudiantes de octavo del Colegio Sorrento I.E.D.

1.4. Antecedentes

Se tuvo en cuenta como criterio principal para la búsqueda de trabajos del ámbito de la educación superior su directa relación con los Modelos de Circulación General, la didáctica de las ciencias naturales, la educación ambiental y las perspectivas actuales del Cambio Climático con el propósito de establecer y profundizar las relaciones entre estos temas de interés para la investigación.

En un primer momento se revisó dentro del ámbito internacional, la tesis doctoral titulada: “Estudios de sensibilidad climática en el hemisferio sur de acuerdo al modelo de circulación general LMDZ/CIMA” realizada por Andrea Carril (1998) de la Universidad de Buenos Aires. El principal objetivo de esta tesis era estudiar la capacidad de un MCG para representar el clima sobre el hemisferio sur mediante la versión para supercomputadores CRAY-2 del MCG LMDZ, desarrollado por el Laboratoire de Météorologie Dynamique de París (LMD). Esta investigación apoya mi tesis en cuanto describe aspectos generales a tener en cuenta durante la aplicación de un MCG, dentro de los que se destacan la representación de las variables físicas (como la precipitación), las parametrizaciones físicas y la resolución del modelo. Pese a las dificultades técnicas en la instalación del modelo en las estaciones de trabajo disponibles, se logró la validación

de campos como la energía cinética total, el transporte de calor, así como procesos de interacción relevantes al Cambio Climático.

En lo que respecta al contexto nacional, se encuentra la investigación “Una Aproximación A Los Modelos Climáticos” realizada por Zoraida Sandoval (2014) de la Universidad Pedagógica Nacional para optar al título de Licenciatura en física. El objetivo general planteado fue: Estudiar, analizar e interpretar el modelo de Lorenz, como una propuesta para la enseñanza de los modelos climáticos. A partir de esta propuesta se arriba a la conclusión: “Para poder dar cuenta del fenómeno que describe el modelo de Lorenz es necesario poner en consideración una serie de elementos que permiten la construcción matemática del modelo y hacen que el mismo tenga un significado físico”. Esta tesis apoya la presente investigación en cuanto desarrolla un estudio físico de los modelos que describen el clima a la luz de los trabajos experimentales de Fultz y Hide, en particular, el trabajo dedicado a explicar el comportamiento de la atmósfera mediante fluidos contenidos en cilindros giratorios calentados de forma desigual. Dichos trabajos son considerados pioneros en el desarrollo de la climatología. De esta manera, se justifica el diseño de actividades experimentales a pequeña escala en la medida que favorecen la comprensión de los fenómenos climáticos y de los modelos actuales para el estudio del sistema climático.

La tesis de pregrado titulada “Fenómeno de la circulación termohalina y su influencia en los cambios de temperatura del planeta: propuesta experimental sobre una de las causas naturales del cambio climático” (2021) elaborada por Lizeth Pulido de la Universidad Pedagógica Nacional se establece como un antecedente de gran relevancia ya que presenta tópicos en común y aspectos didácticos de la enseñanza de las ciencias naturales retomados en el presente trabajo de investigación. En primer lugar, el trabajo desarrolla una propuesta experimental para la enseñanza de una de las causas naturales del Cambio Climático: La circulación Termohalina. En este sentido, se resalta la importancia del diseño de montajes experimentales para reproducir fenómenos climáticos a pequeña escala y su importancia en la construcción de conocimientos científicos en torno al sistema climático. En segundo lugar, dicho trabajo aborda la relación entre la educación ambiental y las ciencias naturales, con lo cual se pretende formar estudiantes de ciencias naturales con posturas críticas frente al Cambio Climático y a su vez desarrollen una amplia conciencia ambiental en cuanto al cuidado del planeta y la preservación de los recursos naturales. De esta

manera, puede verse una convergencia en cuanto se quiere fortalecer una visión integral del problema del Cambio Climático y la formación de una cultura del cuidado de nuestro planeta.

Adicionalmente, los trabajos presentados ofrecen perspectivas diferentes y a su vez complementarias. La tesis de Carril se inscribe en el campo de la geofísica y las ciencias de la atmósfera, específicamente, en el desarrollo y aplicación de un modelo de circulación general (LMDZ/CIMA),

Capítulo 2: Marco teórico

La presente investigación aborda referentes teóricos sobre las causas y las consecuencias del cambio climático, por ende, se consideran de suma importancia los siguientes ejes temáticos. Para iniciar, se expone el concepto de cambio climático y su evolución a partir de informes científicos del IPCC, la ONU, el IDEAM entre otras autoridades en el tema, así como su incidencia en cuanto a las medidas para la mitigación y adaptación al mismo. Posteriormente, se plantean reflexiones sobre el rol del docente en ciencias con el propósito particular de problematizar el cambio climático en el aula de clases.

A continuación, se revisan aspectos técnicos, componentes y características de los modelos de circulación general utilizados en los informes del IPCC. Para finalizar, se presentan los experimentos a la base de los modelos con miras a establecer una propuesta pedagógica desde una perspectiva fenomenológica de las ciencias, y la re contextualización de saberes teniendo en cuenta los postulados Thomas S. Kuhn desde los cuales se argumenta que el conocimiento científico no es el resultado de acumulación de saberes sino de los cambios de paradigmas, es decir, la adopción de nuevos enfoques, conceptos y compromisos por la comunidad científica (Kuhn, 1962).

El mapa que se presenta a continuación recoge los temas y las discusiones de mayor interés para la investigación y tiene la función de sintetizar el marco teórico a la vez que proporciona un panorama más general de la información al lector:

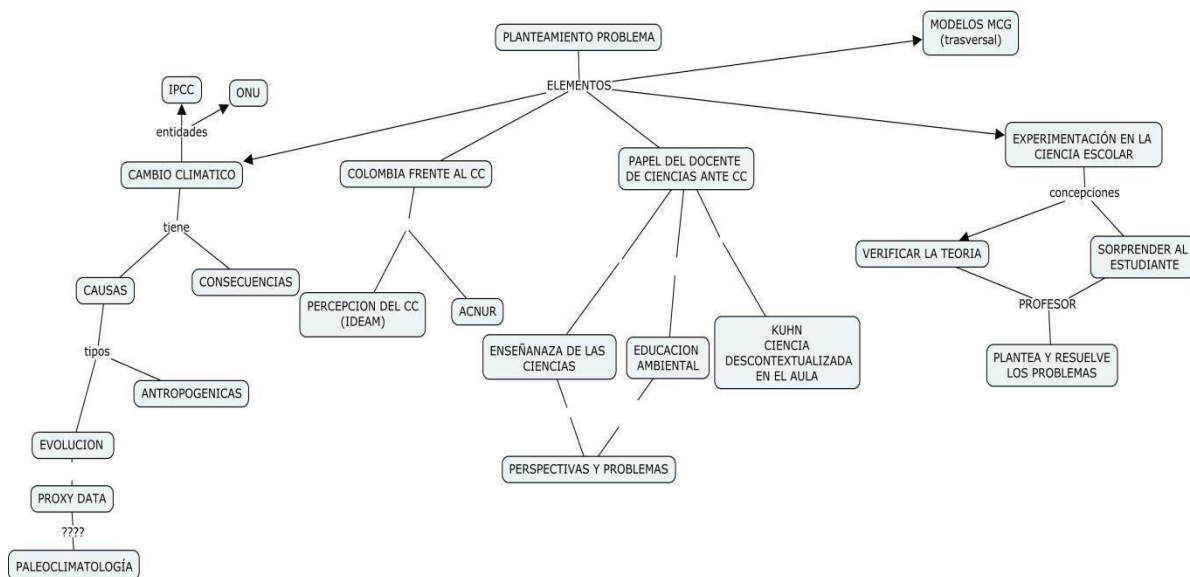


Figura 1: Esquema general de la investigación. Diseño propio.

2.1 Cambio climático

La Tierra ha pasado por periodos de intensas transformaciones climáticas a lo largo de 4.500 millones de años desde su formación. Hasta mediados del siglo XIX estos cambios se consideraron producto de factores naturales. Fue entonces cuando se suscitó el debate sobre si la actividad humana puede o no desencadenar cambios de orden global (factores antrópicos). Por ello, se considera de suma importancia la evolución del clima y aportes teóricos que desde diversas ciencias han realizado científicos y organizaciones interesadas en comprender las causas y el impacto de este fenómeno conocido como el Cambio Climático durante los siglos XX y XXI.

Hoy en día, es común el uso de la expresión “el clima está loco” para referirse de manera coloquial a lo que la gente percibe en su entorno y relaciona con la creciente ola de información noticiosa en la que se ha convertido el Cambio Climático, lo que no implica claridad sobre las causas y los factores que allí intervienen. Por ello, resulta conveniente explicar en principio la diferencia entre CLIMA y TIEMPO. De acuerdo con Vide: “*el tiempo es el estado de la atmósfera en un momento y en un lugar determinados, mientras que el clima es el estado característico de la atmósfera en un lugar que predomina por largos periodos de tiempo (cronológico)*” (Vide, 2003,

p.122). Así pues, la expresión “el clima está loco” estaría referida al carácter cambiante del tiempo o dicho de otra forma las condiciones meteorológicas de un lugar específico.

Así mismo, para hablar del Cambio Climático hay que reconocer la Tierra como un sistema complejo que se encarga de autorregular las condiciones físicas y químicas que han hecho posible la vida. Desde el inicio de la era industrial la humanidad ha alterado dicho equilibrio, dando lugar a un paulatino calentamiento del planeta debido principalmente a la intensificación del conocido Efecto Invernadero. De hecho, según la Convención del Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992 “*Cambio Climático se define como los cambios en el clima provocados por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por el hombre*”. Es conveniente resaltar que el efecto invernadero cumple una función vital ya que impide que la Tierra se congele mediante un proceso natural regulado por el Ciclo del Carbono. El desequilibrio radica en el “remanente”, término que se atribuye a los gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera debido a la actividad humana. El remanente tiende a incrementarse debido a la deforestación y al derretimiento de los glaciares en un proceso conocido como “retroalimentación positiva”, es decir, las consecuencias refuerzan las causas del fenómeno haciéndolo más incontrolable a cada momento.

De otra parte, los modelos climáticos actuales son la herramienta más potente para la comprensión del sistema climático. Dichos modelos nos indican que el calentamiento global actual no es explicable por la variabilidad natural la cual obedecería, esencialmente, a la actividad volcánica de nuestro planeta y a su interacción con el Sol (Vide, 2003). De hecho, dichos modelos se ajustaron muy bien a los registros recolectados en el último siglo hasta la década de los 70s, desde entonces fue necesario incluir factores antrópicos para explicar la diferencia entre las temperaturas registradas y las predichas por el modelo, siendo estas últimas considerablemente inferiores. Así, las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero con el fin de reajustar los modelos. Este hecho demuestra la influencia de la actividad humana en relación con la contaminación atmosférica.

Retomando la definición de Clima, éste permanece inmutable en largos periodos de tiempo cronológico (Vide, 2003), por ello, para determinar si los cambios en las temperaturas registradas implican alteraciones del clima es indispensable considerar registros meteorológicos muy largos.

Desde la formación de los primeros observatorios, hace dos siglos, se conocen registros de gran valor científico. Sin embargo, resultan insuficientes para el estudio del Cambio Climático actual. Ante esta situación los científicos hacen uso de la Proxy Data, datos no relacionados con variables climáticas que dan cuenta del clima del pasado. De la Proxy Data se destaca el trabajo con las burbujas de aire atrapadas en los glaciares para el estudio de la composición química de la atmósfera. Adicionalmente, los anillos de crecimiento anual de los árboles revelan información de la lluvia y la temperatura de los años en que vivieron estas plantas. La Proxy Data incluye información documentada de las antiguas civilizaciones relacionadas con sequías, inundaciones, etc.

Durante el siglo XX subió la temperatura media de la Tierra 0.7°C . Este cambio, a lo largo del siglo, no fue uniforme, por lo que se identifican dos periodos críticos en este aumento de la temperatura: 1) de 1910 a 1944 y 2) de 1978 a 1998. En la siguiente gráfica se ilustran las mediciones realizadas:

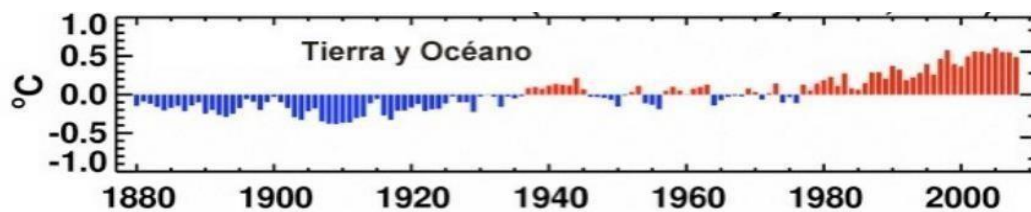


Figura 1. Evolución de la temperatura global media anual durante el siglo XX y principios del XXI, en $^{\circ}\text{C}$. Se parte de un valor 0 de referencia en 1900 Fuente: NOAA

Como hechos significativos de este siglo se destaca: Una disminución térmica temporal de 0.6°C tras la erupción del volcán Pinatubo en junio de 1991 y un aumento durante el episodio del niño de 1997-98.

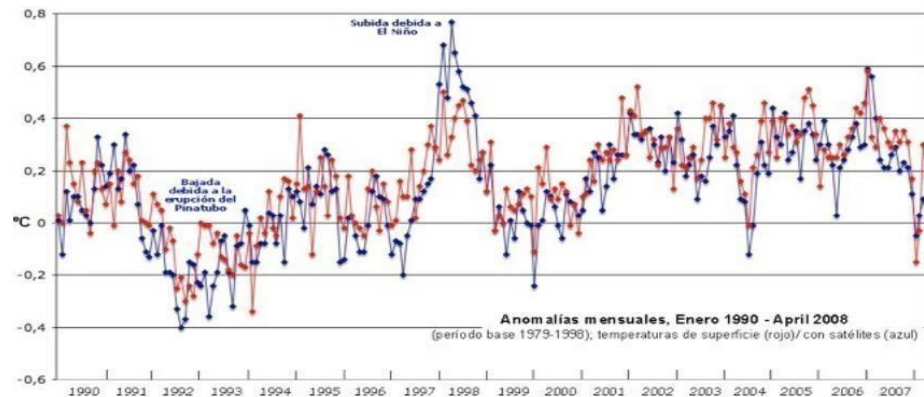


Figura 2. Evolución de la temperatura media global en superficie medida con termómetros (línea roja) y en la baja troposfera (entre 0 y 3.000 metros) medida por satélites (línea azul) desde enero 1990 hasta abril 2008.

Fuente: Instituto Goddard de Estudios espaciales GISS Universidad de Alabama en Huntsville ()

En la segunda mitad del siglo XX se densificó la red de estaciones meteorológicas en el hemisferio Norte, por lo cual hubo un incremento de la información disponible sobre el clima. En un periodo de 50 años (1956-2005) el calentamiento más importante se registró en Siberia, Alaska y la Antártida.

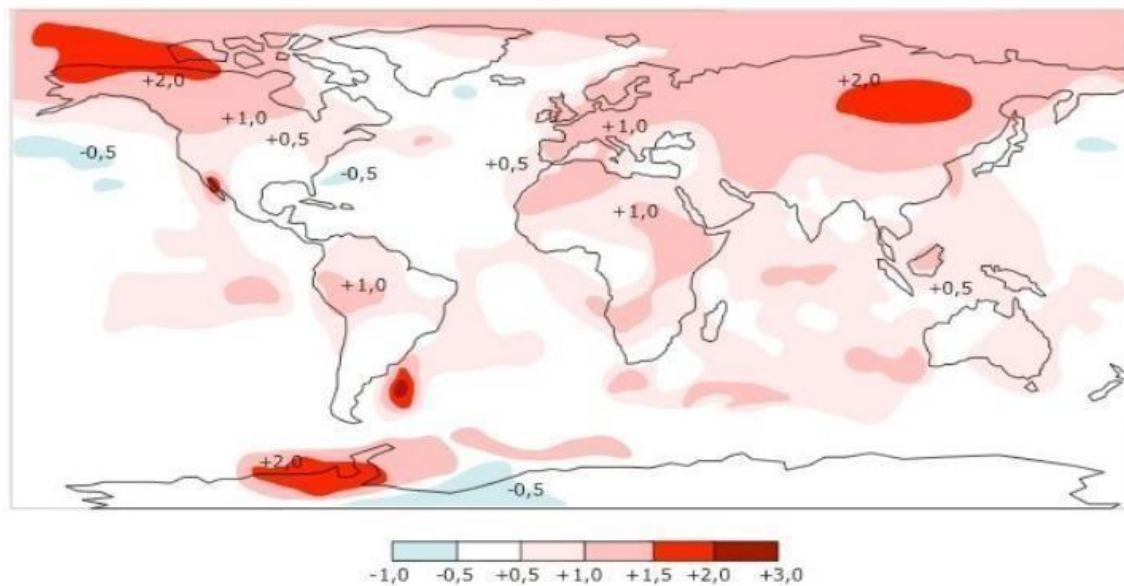


Figura 3. Mapa del cambio de la temperatura media anual del aire en los recientes 50 años (1956-2005) según la tendencia lineal. Son mediciones de termómetros de superficie. Fuente: NASA (2021)

En 20 años (1990-2010) la evolución térmica del hemisferio norte difiere de la del sur. Las diferencias son más notables entre la zona ártica que se ha calentado y la zona antártica sin cambios significativos. En este mismo periodo la zona tropical en su conjunto (20°N-20°S) prácticamente no se ha calentado, aunque la temperatura media muestra un calentamiento temporal durante el niño 1997-98 y menor durante el niño en 2009-2010 (ver figura 4).

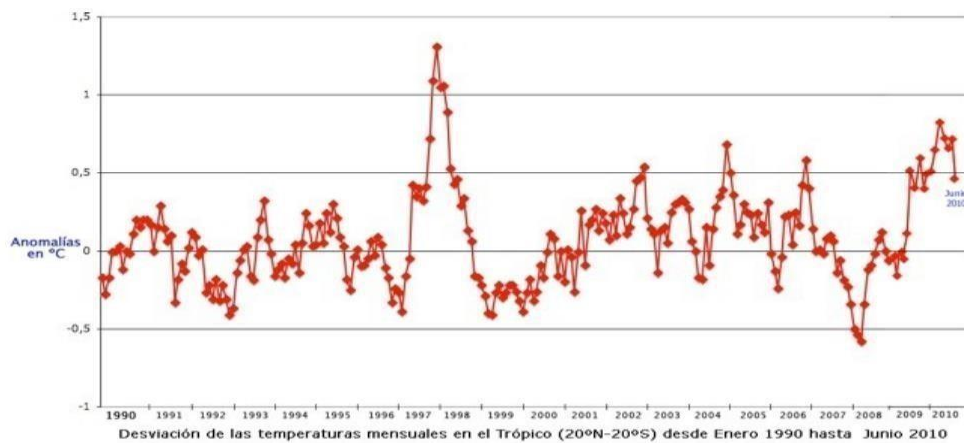


Figura 4. Desviaciones de las medias mensuales en la baja troposfera de la región tropical (20°N-20°S) durante el período enero 1990- junio 2010, con respecto al período base 1979-1998. Fuente: UAH (s.f)

Desde mediados del siglo XIX hasta nuestros días se han instalado cerca de 14000 observatorios meteorológicos sobre la superficie terrestre, con zonas ampliamente monitoreadas como Estados Unidos y Europa, mientras hay otras zonas de baja o nula densidad de observatorios como África, América del Sur, Asia y los océanos, hecho que puede generar errores cuando se intenta extrapolar los datos al conjunto de la superficie terrestre. Esto obliga a que la resolución sea muy alta. Dividida toda la superficie terrestre en celdas de 5° de longitud por 5° de latitud se calcula y se otorga un valor medio de las temperaturas registradas por las estaciones que se encuentran en su interior, luego se determina la temperatura media de la Tierra calculando el valor medio de todas las celdas.

Otro factor que puede afectar las mediciones termométricas es la denominada “isla de calor”, que consiste en los efectos térmicos que conlleva el auge de la urbanización de las últimas décadas. Se estima que las ciudades han alcanzado un 3% del total de la superficie continental. El debate se centra en que la ubicación de estaciones meteorológicas en centros urbanos registra aumento de la

temperatura que posiblemente no sea representativo de lo que ocurre fuera de la influencia de estos espacios. Lo anterior, exige esfuerzos en la aplicación de un índice de corrección justo, acorde con la evolución térmica registrada por los termómetros. Pueden presentarse errores asociados al cambio de los termómetros y la implementación de nuevas técnicas de medición, así como a la variación de los microclimas de los aparatos registradores, causados, por ejemplo, por el crecimiento de arbustos cercanos a ellos.

Desde 1978 la NOAA viene realizando mediciones de temperatura de la atmósfera con satélites, basadas en la captación de microondas de 60 GHz que emite el oxígeno atmosférico y cuya intensidad depende de la temperatura del aire. Estos satélites miden la temperatura media de diferentes capas de la troposfera y de la baja estratosfera, delimitadas por diferentes superficies de presión y altura.

El sistema de medición satelitario presenta las siguientes ventajas:

- Abarca la globalidad de la esfera terrestre, incluyendo los océanos.
- La resolución de sus celdas es unas veinte veces mejor que la de termómetros ubicados en la superficie.

Pese a lo anterior, hay que mencionar que su inconveniente es que las series tienen apenas cerca tres décadas y que las modificaciones de sus órbitas pueden generar también errores. En cuanto a los resultados obtenidos, las oscilaciones interanuales de la gráfica satelitaria concuerdan bastante con las de los termómetros de superficie (Lindzen, 2002).

En la gráfica satelitaria la tendencia de calentamiento desde enero de 1980 hasta Julio del 2010 es algo menor que la registrada por los termómetros de superficie. Los satélites indican en la troposfera (entre las superficies de 800 y 300 mb) un calentamiento de 0,14 °C /década. Aparecen en la gráfica, los enfriamientos que siguieron a las erupciones del Chichón (1982) y del Pinatubo (1991), así como el calentamiento en 1997-1998 que se produjo debido al Niño y el más reciente del año 2009-10, también debido al Niño.

¿Por qué se relacionan los huracanes con el calentamiento? Porque para que un ciclón tropical se forme es necesaria una temperatura mayor a 26°C en la superficie del océano y hasta 15m por debajo de ella, es decir, que ocurren sobre las zonas más cálidas de los océanos tropicales. Además, un huracán presenta una depresión tropical o un centro de baja presión y alrededor de éste, soplan los débiles vientos que, acompañado de la elevada temperatura, dan origen a una alta evaporación desde el océano, formando nubes y por consiguiente precipitaciones. En la medida en que la presión en su centro disminuye, aumenta el viento y al llegar a los aproximadamente 120 Km/h, se convierte en huracán.

Lo que sabemos es que el clima del planeta se mantiene, o se ha mantenido, en un equilibrio dinámico. Conocer los procesos y mecanismos que controlan este equilibrio nos permitirá comprender la ocurrencia del cambio, sus efectos y, en particular, analizar la responsabilidad de la especie humana en los actuales escenarios climáticos y su devenir. Ampliar el enfoque desde el clima al estudio del sistema climático y su dinámica requiere superar la mera descripción de estos parámetros atmosféricos específicos y adentrarnos en otros campos del conocimiento, utilizando nuevos conceptos tales como modelo, complejidad, sistemas complejos.

2.2 Rol del docente en ciencias respecto al cambio climático

El docente de ciencias es el encargado de crear las condiciones para que los estudiantes desarrollen habilidades científicas, asuman posturas con criterios éticos y actúen frente a problemáticas actuales, como es el Cambio Climático. De allí que, *“plantear situaciones problema ligadas a la realidad puede favorecer que el alumno entienda la ciencia como un conocimiento útil para la sociedad”* (Roca, 2005, p.79). Sin embargo, en la mayoría de los casos se lleva al aula una “ciencia producto”, descontextualizada, por lo que las problemáticas sociales, culturales y medioambientales causadas por los productos de las investigaciones científico-tecnológicas no se analizan durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Gallego, 2009, pág. 341).

Por ello es pertinente un cambio en la concepción de la enseñanza de las ciencias en el que se incluya un análisis integral de los fenómenos estudiados con el fin de proyectar lo aprendido en el aula mediante un enfoque transformador, es decir, estudiante y profesor son agentes de cambio y participan activamente en pro del mejoramiento de la calidad de vida de sus comunidades.

Desde la perspectiva de la Educación Ambiental se plantea la necesidad de trabajar sobre los conceptos de sustentabilidad, sostenibilidad, desarrollo humano en relación con el panorama actual determinado por un complejo entramado de dinámicas sociales, económicas, políticas, científicas, éticas y culturales (Quiroga, 2016). Esta es una visión integral de la problemática ambiental que no se limita al estudio de temas a fines al medio ambiente, sino que establece un escenario para la reflexión y el debate sobre la relación entre el hombre y su entorno en cuanto a sus aspectos económicos, sociales y ecológicos. Sin embargo, la Educación ambiental en las instituciones educativas colombianas no guarda relación con los problemas reales de la sociedad, lo que conlleva un activismo sin reflexión cuya única motivación es el cumplimiento de la norma (García, 2004). Adicionalmente, se convierte en una carga adicional para estudiantes y profesores que, por lo general, se asigna al profesor de ciencias cuando de antemano se ha planteado la importancia del carácter transdisciplinar de dichos procesos y, por otra parte, la necesidad de sensibilizar a la población respecto de las consecuencias de nuestras acciones sobre el medio ambiente; este último elemento se subestima por completo y por ende la proyección de los conocimientos escolares a la cotidianeidad sigue siendo una tarea pendiente.

Así las cosas, el cuidado del planeta es una tarea conjunta que requiere una mirada analítica y la participación activa de todos los habitantes *“La responsabilidad ciudadana sobre un ambiente sano es impostergable y por ello es fundamental una ciudadanía activa y crítica. La participación ciudadana se construye desde la niñez y la adolescencia y el sistema educativo tiene un rol fundamental”* (Ministerio de Educación Nacional de Argentina, 2013, pág. 132). En coherencia con lo anterior los docentes están llamados a construir el debate en torno a la problemática del cambio climático que promueva la sensibilización en el aula y permita establecer las dimensiones de la problemática que se ajuste a los desafíos que plantea.

La complejidad de abordar la temática medio ambiental en clase radica en las múltiples perspectivas desde las cuales puede ser analizada, es decir se constituye en un objeto de estudio transversal a diversas disciplinas *“El abordaje de la problemática del cambio climático como parte de la problemática ambiental no debería circunscribirse a un mero enfoque cientificista sin considerar el insoslayable marco contextual donde se desenvuelve”* (Ministerio de Educación Nacional de Argentina, 2013, pág. 132). Esta consideración implica una visión de la ciencia como

una actividad cultural que incluye factores sociales, políticos, económicos etc. Estableciendo la necesidad de construir puentes entre los saberes y la experiencia que maestros de diferentes áreas pueden aportar.

2.3 Modelos de circulación general

Los modelos de circulación general de la atmósfera (MCG) son algoritmos matemáticos que representan el sistema climático de la tierra. En consecuencia, las expresiones matemáticas que configuran un MCG se pueden analizar por separado dentro de los tres principales componentes de los cuales constan estos modelos, que se presentan a continuación:

1. Movimiento a gran escala de las masas de aire y el transporte de la energía.
2. La física del sistema climático tal como transmisión de la radiación a través de la atmósfera, la termodinámica, y la evaporación.
3. Otros factores tales como la interacción océano-atmósfera y parámetros que representan la dinámica de la vegetación.

Para resolver estas ecuaciones los MCG utilizan métodos numéricos discretizando la variación espacial en celdillas 3D (x, y, z) y discretizando la variación temporal en intervalos finitos.

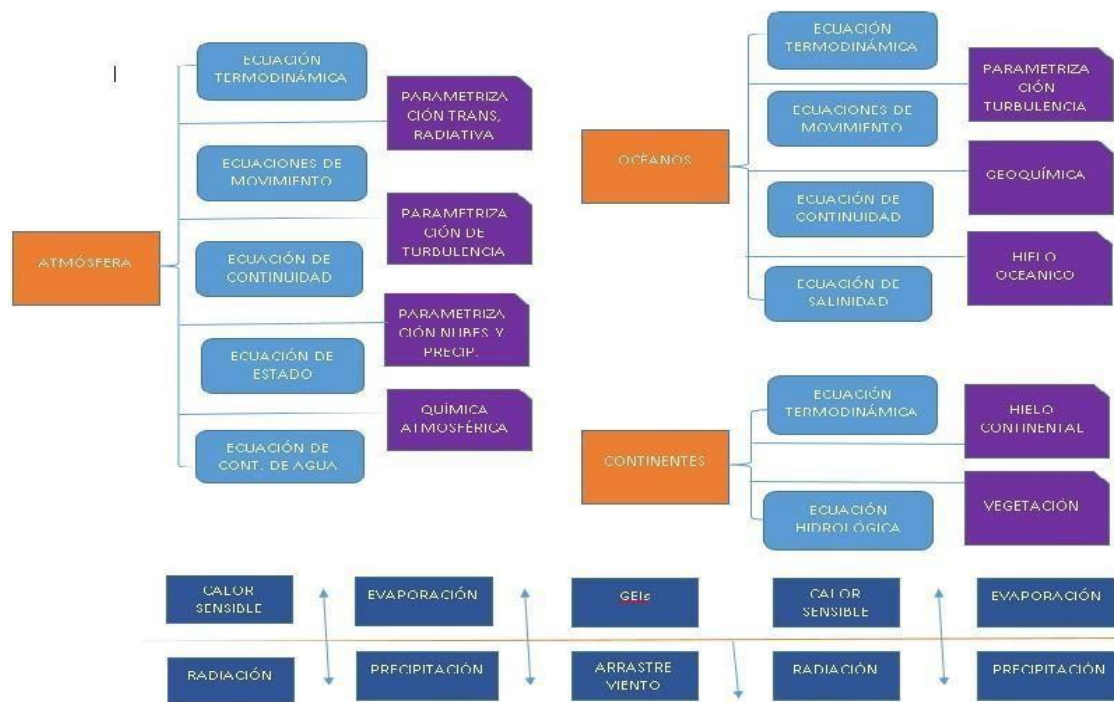


Figura 5. Componentes del clima y principales leyes físicas con sus respectivas ecuaciones.

Fuente: El sistema climático: fundamentos físicos del clima. Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso

El problema se puede tratar desde los autómatas celulares (sistemas dinámicos): Los límites, estados, vecinos, regla de evolución (dinámica del sistema).

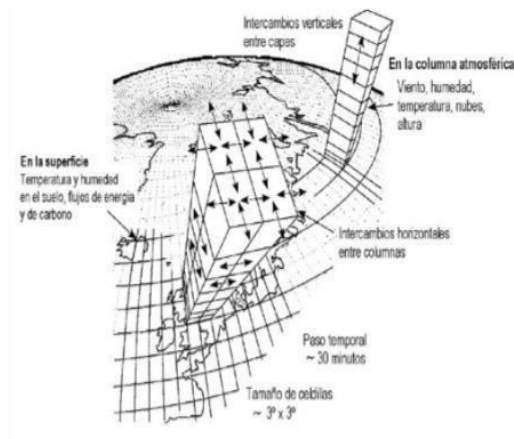


Figura 6. Representación gráfica de un modelo de circulación general 3D. Coordenadas (longitud, latitud y altura)

Fuente: *El sistema climático: fundamentos físicos del clima*. Valparaíso, Chile

La atmósfera de un planeta es la envoltura gaseosa que le rodea. Entre las atmósferas de los diferentes planetas existen grandes diferencias tanto en su composición química como en su estructura física (Hogton, 1986), razón por la que en planetas como Venus y Marte resulta un poco necio considerar la existencia de vida, al menos, similar a la que conocemos en la Tierra. En el presente trabajo se proyecta realizar una caracterización de la atmósfera terrestre en relación con su evolución y los procesos que han determinado su masa y composición, con el fin de sensibilizar al lector sobre la importancia de ésta en la vida humana y de la Tierra, y las implicaciones que conlleva alterar el equilibrio en su estructura y su composición.

Según Flannery (2006), la atmósfera tiene cuatro capas distintas que se definen a partir de su temperatura y de la dirección de su gradiente de temperatura. La parte inferior de la atmósfera es conocida como tropósfera que significa “la región donde el aire se mueve”. La tropósfera se extiende hasta unos 6 Km y contiene cerca del 80% de todos los gases de la atmósfera y su tercera parte más baja corresponde a la fracción respirable de la atmósfera. La tropósfera funciona “al revés”: su parte más baja está más caliente y se enfría a razón de 6.5°C por Kilómetro vertical recorrido.

La siguiente capa de la atmósfera, conocida como estratosfera, se encuentra con la troposfera en la tropopausa. La estratósfera se calienta a medida que se asciende por ella. Las capas de la estratósfera están claramente delimitadas y en su interior circulan unos vientos fortísimos.

A unos cincuenta kilómetros de la superficie quedan la mesosfera, la parte más fría de toda la atmósfera (-90°C), y por encima de ella se encuentra la última capa, la termósfera, gases de muy baja densidad que se extienden hasta perderse en el espacio. Allí la temperatura puede alcanzar los 1000°C , pero como el gas está tan disperso, al tacto no se percibirá caliente. “El Gran Océano Aéreo”, expresión usada por Alfred Russel Wallace en 1903 para describir la atmósfera, está compuesto de Nitrógeno en un 78%, Oxígeno en un 20% y Argón en 0,9%. Estos tres gases forman casi todo el aire que respiramos (99.9%). El porcentaje que falta corresponde a los llamados gases residuales no menos

esenciales para la vida de este planeta. Por ejemplo, los gases de efecto invernadero y el Ozono (0.001%), sin cuyo efecto protector pronto quedaríamos ciegos, moriríamos de cáncer o cualquier otro efecto de la radiación ultravioleta.

La atmósfera bloquea la mayoría de las formas de energía radiante. Del amplio espectro de radiaciones que emite el sol (incluida la luz solar o visible) los gases invernadero bloquean la forma de energía radiante que denominamos calor. Sin embargo, estos gases son inestables lo que provoca que tarde o temprano terminan por liberar parte del calor e irradiar la Tierra. Este hecho explica que la temperatura sea mayor en la parte más baja de la troposfera dado que allí se encuentra la mayor concentración de gases invernadero.

El efecto invernadero es un elemento de gran importancia, cuando hablamos del mecanismo de regulación de la temperatura de la Tierra. Sin embargo, se ha convertido en un serio problema debido al uso indiscriminado de combustibles fósiles y a una sed insaciable de energía eléctrica de la sociedad actual, lo que ha provocado un exceso en la concentración de gases invernadero, por ende, un aumento anormal de la temperatura media de la Tierra. La influencia de las actividades humanas en la atmósfera se remonta a comienzos del siglo XIX, con el aumento de la industria.

De esta forma el clima se ha convertido en un objeto de estudio muy importante, para físicos, geólogos, oceanógrafos, meteorólogos etc. No sólo por su incidencia en diferentes campos del conocimiento (agricultura, economía, turismo) sino también por su incidencia en las posibilidades de supervivencia de la especie humana. El clima entendido como el conjunto de características atmosféricas medias: temperaturas, humedad y lluvias que se dan en una zona concreta del planeta.

La herramienta básica en la predicción del cambio climático, dice Flannery: *“es un modelo de simulación por ordenador de la superficie de la Tierra y de los procesos que allí se producen.”* (Cap.5. La ciencia de la predicción) Por ejemplo, se cambian las variables y a través del modelo se examina cómo reaccionaría nuestro clima.

En este campo de la previsión de los cambios climáticos se destaca Lewis Richardson como el inventor de la predicción numérica del tiempo (PNT), en la década de 1920. Richardson creyó que la clave para el pronóstico del tiempo, era observar la temperatura, la humedad, la presión y el viento simultáneamente en puntos separados por la misma distancia en todo el mundo, a varios

niveles determinados de la atmósfera. Así, podrían calcularse futuros valores sinópticos y predecir el tiempo en una amplia área.

La consideración esencial para esta primera tentativa de Richardson, fue la de tomar la atmósfera como un fluido continuo, al cual es posible aplicarle las leyes clásicas de la dinámica y la termodinámica. De allí, que el meteorólogo se enfrenta con un problema clásico de evolución, con una condición inicial que representa el estado de la atmósfera en un instante dado, bajo condiciones límite que corresponden a restricciones en la superficie terrestre y en la parte superior de la atmósfera. Sin embargo, solo los modernos ordenadores, capaces de realizar miles de millones de cálculos rápidamente han hecho posible la predicción numérica.

En un sentido práctico, el trabajo de Lewis R. ha evolucionado hacia un proceso de previsión a mediano plazo (4-10 días) frecuentemente utilizado por los modelistas que consiste en la división de la atmósfera en un cierto grupo de pequeñas cajas (ignorando las escalas de movimiento más pequeñas) cuyas dimensiones son típicamente doscientos kilómetros en horizontal y varían desde algunos centenares hasta algunos millares de metros en vertical. En los nodos de esta red deben resolverse un sistema de ecuaciones deducidas del sistema base reemplazando las derivadas espaciales, por ejemplo, por cocientes de diferencia. Se procede de la siguiente manera:

1. Se crean datos en los nodos en un instante D.
2. Se hace una previsión para D+15 minutos (temperatura, presión, viento, humedad, etc.) en todos los puntos de la red reemplazando las derivadas parciales por diferencias.
3. Estos resultados sirven como datos iniciales para una nueva previsión desde el modelo. Así, de 15 en 15 minutos se alcanza el plazo buscado.

Pero en realidad no es tan sencillo como parece, los modelistas del clima a corto y mediano plazo, enfrentan constantemente problemas que de salirse de control pueden generar una monumental incertidumbre. En primera instancia, la previsión depende de un conocimiento muy bueno del estado inicial de la atmósfera (condiciones precisas y adaptadas). Aunque actualmente existe un Sistema Global de Telecomunicaciones (SGT) a través del cual minuto a minuto se

intercambian observaciones meteorológicas hechas por estaciones, barcos, satélites, globos y radares en todo el mundo, los errores instrumentales y humanos siguen estando a la orden del día.

Así mismo, la complejidad al interior de esta red a escala mundial trae consigo errores asociados a la codificación y a la medición, es decir, errores en el proceso de la recepción de los datos de forma codificada. Por otra parte, existen grandes regiones que son verdaderos desiertos meteorológicos, específicamente en los océanos.

En esta perspectiva se evalúa la fiabilidad de las predicciones numéricas del clima (PNT), si responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Es coherente su base física con las leyes de la física, la conservación de la masa, el calor, la humedad, etc.?
2. ¿Es capaz de simular el clima actual de manera exacta?
3. ¿Es capaz de la evolución día a día de los sistemas atmosféricos que componen nuestro clima?
4. ¿Puede el modelo simular lo que se conoce de climas pasados?

Es importante destacar que estos modelos climáticos enfrentan mucho más que las exigencias planteadas por el anterior cuestionario. Modelos como el del Centro Hadley responden a estas preguntas con un alto nivel de exactitud. A pesar de ello este modelo se encuentra en constante transformación debido a los nuevos descubrimientos en el mundo real en un escenario de cambio climático que obliga a los científicos a introducir nuevas variables y/o a revalorar la influencia de otras a las que no se les había prestado mucha atención.

El presente estudio se centra en los modelos de circulación general de la atmósfera (MCG) ya que éstos se aplican actualmente en Colombia. Recordemos que Colombia ha sido incluido por el “Center for Global Development” como uno de los 20 países más vulnerables frente al cambio climático, por este motivo es de suma importancia preguntarse por la incidencia de la implementación de dichos modelos.

Los modelos de circulación general de la atmósfera (MCG) son algoritmos matemáticos que intentan simular el sistema climático de la Tierra. Estos modelos se encuentran en el extremo superior de la jerarquía de modelos del clima, son acoplados (atmósfera-océano y suelo) y predicen cambios de las variables en un mayor tiempo. Las expresiones matemáticas que configuran un MCG se pueden analizar por separado dentro de las tres principales partes de que constan estos modelos:

1. La dinámica del sistema del clima que describe el movimiento a gran escala de las masas de aire y el transporte de la energía y momentum.
2. La física del sistema climático tal como la transmisión de la radiación a través de la atmósfera, la termodinámica, y la evaporación.
3. Otros factores tales como la interacción océano-atmósfera, topografía, y parámetros de la vegetación.

Estas expresiones están basadas en las leyes físicas tales como la conservación de energía y masa, así como las relaciones empíricas basadas en características y tendencias observadas, tales como fórmulas que relacionan temperatura y humedad con la formación de la nube.

Los MCG utilizan las mismas ecuaciones de movimiento que un modelo de predicción numérica del tiempo (PNT), siendo su propósito simular numéricamente cambios en el clima como resultado de cambios lentos en algunas condiciones de frontera (tales como la constante solar) o parámetros físicos (tal como la concentración de los gases de efecto invernadero). Los modelos PNT se utilizan para predecir el tiempo futuro a corto plazo (1-3 días) y medio plazo (de 4-10 días). Los modelos MCG se utilizan para mayor tiempo, años; tiempo suficiente para aprender sobre el clima en un sentido estadístico (es decir la media y la variabilidad).

Los MCG por ser globales tienen una menor resolución por lo cual no son muy indicados para estudios e investigación de zonas específicas, en ese sentido es necesario el uso de un modelo regional el cual puede tomar mayores resoluciones y ser más hábiles en la determinación del clima de una zona. Entonces para determinar el clima se utilizan dos modelos uno global, el cual da las condiciones de frontera al otro modelo regional denominándose a este proceso regionalización dinámica.

Por otra parte, el evento meteorológico que pongo a consideración en el presente trabajo y cuyo estudio se desarrolla de manera simultánea con los modelos de circulación de la atmósfera es el conocido fenómeno de la Niña, un ciclo de entre 2 y 8 años responsable de condiciones climáticas extremas en gran parte del mundo. Durante la fase de la niña los vientos soplan al oeste por el Pacífico, empujando el agua cálida de la superficie hacia las costas de Australia y las islas que quedan al norte. Como consecuencia de este hecho, se presenta un periodo de enfriamiento a la altura de Sudamérica.

Estudios recientes sugieren que el calentamiento global podría afectar la frecuencia, el alcance y la intensidad de este fenómeno (IDEAM, PNUD, 2014, Le Monde 16.04.2014 consultado en línea el 20.06.2014). En el informe de 2007 del IPCC se aclara respecto a este fenómeno:

ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) tiene dos fases extremas: El Niño (fase caliente) y La Niña (fase fría). El Niño se caracteriza por el calentamiento de las aguas del Océano Pacífico, con una disminución significativa en la cantidad de lluvias en la costa de América Central. Históricamente, los eventos asociados con El Niño ocurren a intervalos de aproximadamente tres a siete años y por lo general se alternan con la fase opuesta, La Niña, durante la cual las aguas alcanzan temperaturas por debajo de lo normal en las partes orientales y centrales tropicales del Océano Pacífico (IPCC, 2007, p.).

Con el cambio Climático la frecuencia de estas fases extremas del niño y la niña podrían seguir presentando cambios respecto de los escenarios predichos por los modelos, lo que aumenta la incertidumbre sobre los efectos sociales y económicos de estos eventos extremos, especialmente en zonas costeras y de mayor vulnerabilidad.

2.4 Construcción de conocimientos a través de la experimentación

La experimentación en el aula juega un papel fundamental en la construcción de conocimientos amplios y significativos en la clase de ciencias. De hecho, se busca con la actividad experimental que los estudiantes unan los aspectos teórico y experimental sin supeditar uno al otro.

Del texto de la UPN “Construcción de fenomenologías” recordemos que “la experimentación parte de recoger la experiencia de los sujetos –la cual es fundamentalmente producto de su acción sobre el entorno y de carácter puramente cotidiano– y de enfocarse en una experiencia consciente e intencionada que se identifica con el experimento” (Gómez, 2013, p. 127). De allí se derivan múltiples procesos reflexivos y prácticas orientadas a lograr una mayor comprensión del fenómeno estudiado. Dichas reflexiones desembocarán en la estructuración de un proceso caracterizado en esencia por la organización de la experiencia, la formulación de problemas conceptuales y la ampliación de la base fenomenológica.

Ahora bien, al hablar de experimentación en el contexto de la enseñanza de los modelos climáticos se debe tener presente que:

“... en el laboratorio no podemos reproducir exactamente las condiciones naturales del planeta, ni la complejidad de los procesos terrestres, ni mucho menos los fenómenos que trascurren en periodos de tiempo de una cierta duración. ¿Qué podemos hacer entonces en relación al estudio del cambio climático y otros impactos ambientales?” (Sóñora, 2009, citado por Ministerio de Educación de Argentina, 2013, p. 141)

Sin embargo, es posible desde una perspectiva fenomenológica favorecer la comprensión del estudiante a partir de una secuencia de actividades experimentales, de las cuales surjan ideas que luego de su contrastación servirán de base en la construcción de explicaciones, en este caso particular, relacionadas con la atmósfera y su dinámica, es decir, la actividad experimental fomenta la modelización de los fenómenos naturales.

2.5 Conciencia ambiental

La conciencia ambiental desde una perspectiva pragmática permite organizar y explicar la relación entre una sociedad y el medio ambiente. Según Chuliá (citado en Gomera, 2008) está determinado por afectos, conocimientos, disposiciones, acciones individuales y colectivas con miras a resolver problemas que alteran el equilibrio de la naturaleza. A su vez, dichos elementos

dan lugar a las dimensiones de la conciencia ambiental como son: afectiva, conativa, activa colectiva, activa individual y cognitiva.

La dimensión afectiva agrupa la preocupación por el estado del medio ambiente, valores y hábitos que promueven la protección de la naturaleza y el interés por informarse sobre los problemas ecológicos más relevantes. La dimensión conativa recoge la disposición a actuar de manera personal y el reconocimiento de las acciones gubernamentales en materia ambiental. La dimensión activa colectiva añade la participación pública que exprese apoyo a las causas ambientales. La dimensión activa individual, concentra las actitudes y conductas de carácter privado cotidiano. La dimensión cognitiva implica construcción de conocimiento, manejo de información y comprensión sobre la problemática medioambiental (Gomera, 2008).

Capítulo 3: Diseño Metodológico

La presente investigación se desarrolla desde un enfoque cualitativo el cual tiene en cuenta el punto de vista de los partícipes, además de brindar información objetiva, precisa y clara acerca de los fenómenos presentes en el entorno y ahondar en experiencias, criterios y significados, en otras palabras, la manera como los individuos divisan subjetivamente su realidad. Frente a esto, Taylor y Bogdan (1987, p. 20) expresan que *“para la investigación cualitativa es esencial experimentar la realidad tal como otros la experimentan. Los investigadores cualitativos se identifican con las personas que estudian para poder comprender cómo ven las cosas.”* Es así como es importante conocer con claridad el contexto y a partir de ahí promover una transformación.

3.1 Método: Investigación acción

Se adopta el método de investigación acción (IA) para comprender e interpretar la realidad a investigar por aportar un progreso sistemático en fases cíclicas de acción y reflexión, con técnicas que permiten la recolección, organización y sistematización de información para analizar los datos y profundizar en el problema identificado de poca formación de conciencia ambiental en torno al Cambio Climático en el colegio Sorrento I.E.D. Se acoge el modelo propuesto por Kemmis (citado

en Latorre, 2003, p. 35) quien estableció *“cuatro fases o momentos interrelacionados: planificación, acción, observación y reflexión. Cada uno implica un examen retrospectivo y una finalidad prospectiva que forman de manera conjunta una espiral autorreflexiva de conocimiento y acción”*. Lo anterior a través de una propuesta didáctica con la experimentación de modelos de circulación general (MCG) considerada como marco de actuación, y factor inductor de comportamientos a partir de la reflexión suscitada en estudiantes de secundaria.

Entonces, a partir de la acción cíclica, la clase de física en el plantel educativo se convierte en un escenario en donde el docente coinvestigador, el investigador y los estudiantes contrastan principios, hipótesis y teorías alrededor de la observación y experimentación con modelos de circulación general que conllevan a la transformación de percepciones sobre el Cambio climático. En este sentido, Elliot (2010, p. 24) expresó que la investigación-acción *“se relaciona con los problemas prácticos cotidianos experimentados por los profesores, en vez de con los problemas teóricos”*. Por ende, el método aporta a la profundización del problema de la ausencia de reflexión en torno a las acciones humanas cotidianas y su efecto en el Cambio Climático, toda vez que se genere exploración desde el punto de vista y lenguaje de los partícipes.

Desde esta perspectiva, este método favorece el desarrollo de habilidades reflexivas con las cuales los diferentes actores de la institución educativa evalúan las prácticas relacionales de cuidado ambiental, integrando la teoría con la destreza para concretarla y aplicarla en acciones diarias, bien sea independientes o colectivas. Además, por ser la IA desarrollada a través de un proceso cuidadoso y riguroso, la presente investigación se organiza en cuatro fases interrelacionadas adaptadas de los ciclos planteados por Kemmis (citado en Latorre, 2003) para cumplir con el objetivo general de determinar el alcance de los experimentos de modelos de circulación general (MCG) con la visión de fomentar reflexión en torno al Cambio Climático en estudiantes de grado octavo del colegio Sorrento I.E.D.

3.2 Fases de investigación, técnicas e instrumentos

A continuación, se exponen las cuatro fases articuladas y secuenciales que estuvieron sujetas a cambios propios de la realidad intervenida: fase diagnóstica, de diseño de plan de acción,

desarrollo del plan de acción y análisis de los resultados, con las técnicas e instrumentos correspondientes a cada una (ver figura 3.1).

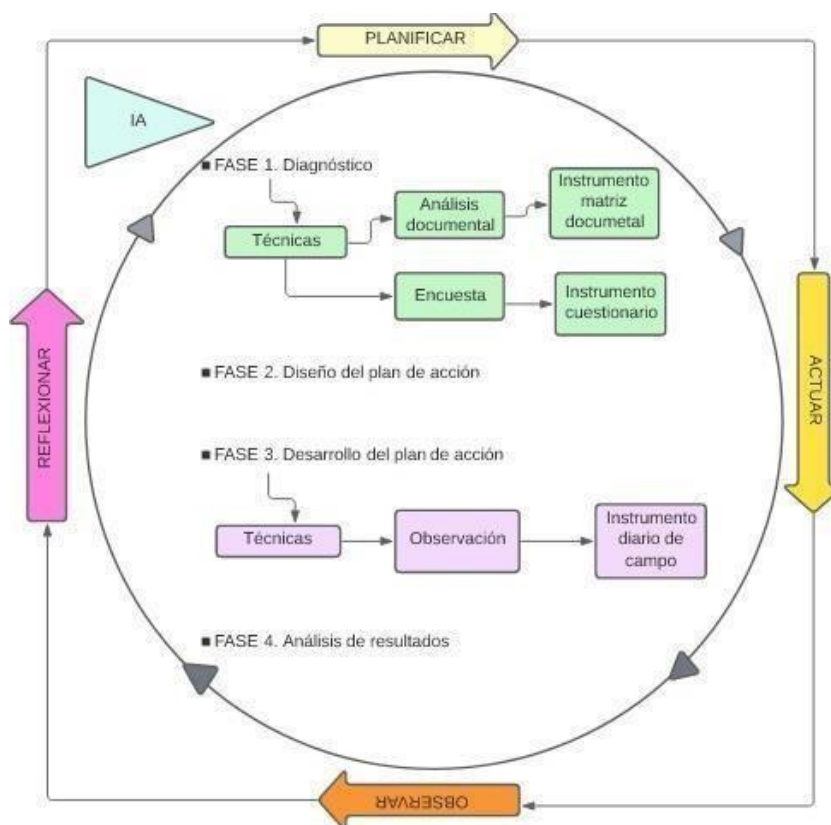


Figura 3.1. Diseño metodológico Fuente:

Elaboración propia

3.2.1 Fase 1 de diagnóstico

En la fase de diagnóstico se da respuesta al primer objetivo de la investigación el cual consiste en identificar las actividades y percepciones de estudiantes de octavo del colegio Sorrento I.E.D. alrededor del Cambio Climático y se adopta una postura exploratoria para identificar dimensiones problemáticas con sus respectivas causas y consecuencias que llevaron a especificarlas (ver figura 3.2)

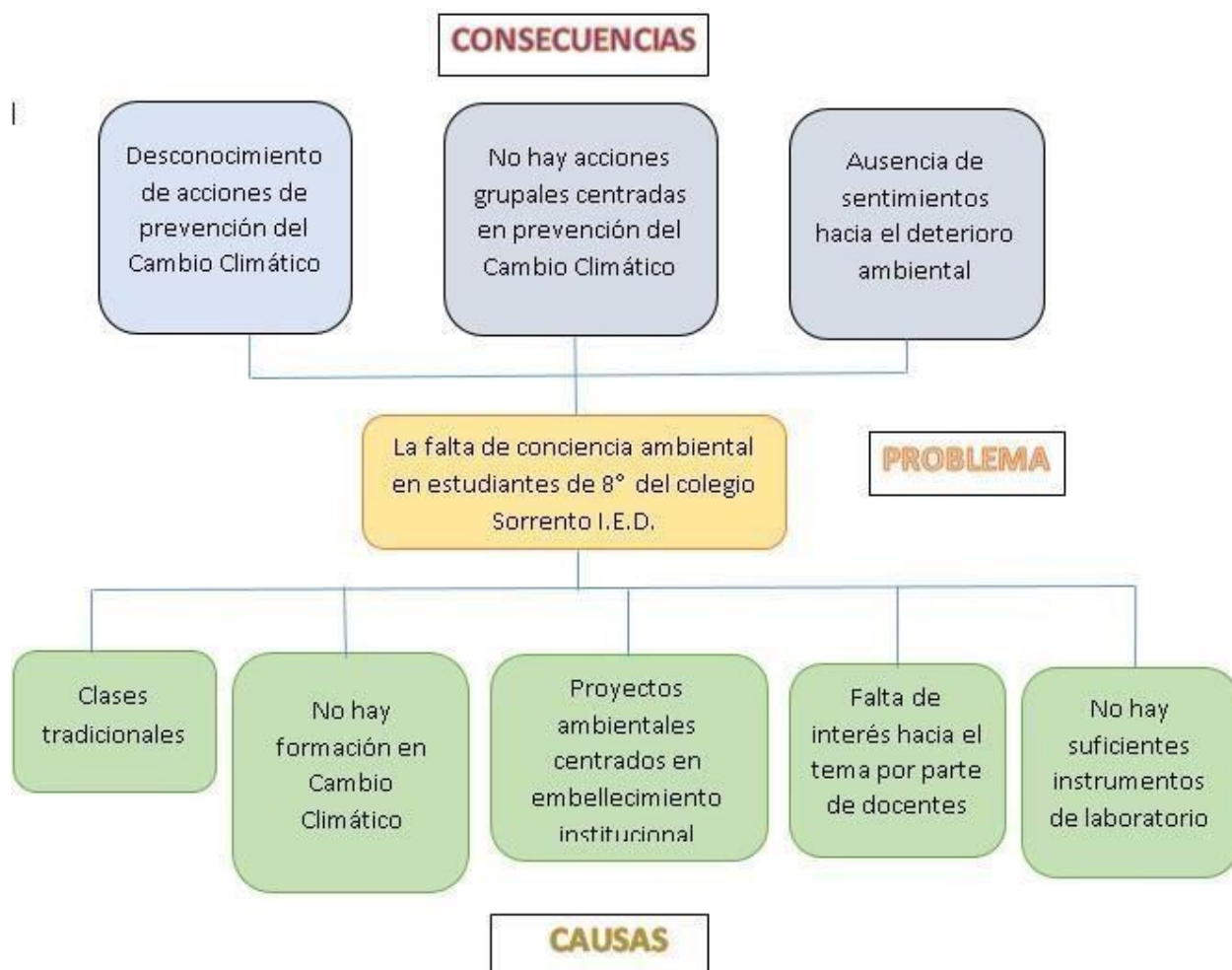


Figura 3.2. Árbol del problema

Fuente: Elaboración propia

Esta fase de diagnóstico parte del interés del docente investigador por ahondar en una problemática describiéndola e interpretándola por medio de las técnicas de análisis documental, con su instrumento de matriz documental, y la técnica de encuesta diagnóstica y su instrumento de cuestionario.

En primera medida, el análisis documental aportó evidencias en documentos institucionales tales como el Proyecto Educativo Institucional, Proyecto Ambiental Escolar, entre otros, los cuales se analizaron con el instrumento de matriz documental para recuperar la información almacenada

de manera eficiente (ver tabla 3.1) Al respecto, Latorre (2003, p.78) afirma que esta técnica “*es una actividad sistémica y planificada que consiste en examinar documentos escritos con el fin de obtener información útil y necesaria para responder a los objetivos de la investigación*” y con la matriz se logró detallar cada documento en sus partes principales para su posterior identificación y recuperación, escogiendo los informativamente importantes y descubriendo y detallando la esencia sin vaguedades ni imprecisiones.

Como segunda técnica, se acudió a la encuesta que, según García, Ibáñez, y Alvira (1992, p.50) es “*realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con intención de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población*”. Se usó esta técnica a través del instrumento de cuestionario, el cual fue dirigido a estudiantes de grado octavo y se obtuvo una muestra representativa con tipos de preguntas cerradas, y así estructurar datos y obtener información concreta, descriptiva, que sirviera y tuviera una gran capacidad para identificar áreas que conformaban el tema de estudio, en el caso, la conciencia ambiental (ver tabla 3.2)

Tabla 3.1

Documento	Autor(es)	Objetivo del documento	Aspectos relacionados con el problema	Acciones planteadas	Fundamentos conceptuales o teóricos	Análisis y conclusiones
PEI	Rectora Coordinadores Docentes	Establecer políticas, procedimientos y prácticas de organización, preparación, implementación y evaluación del proceso educativo de todos los estudiantes, con el fin de que estos logren los objetivos de aprendizajes y se desarrollen en concordancia con sus potencialidades.	No evidencia acciones formativas respecto al medio ambiente	Enseñanza de temáticas de educación ambiental pero dirigida al reciclaje y reutilización de recursos.	Es la carta de navegación de las escuelas y colegios, en donde se especifican entre otros aspectos los principios y fines del establecimiento, los recursos docentes y didácticos disponibles y necesarios, la estrategia pedagógica, el reglamento para docentes y estudiantes y el sistema de gestión.	Se evidencian acciones hacia el cuidado del medio ambiente en las áreas de ciencias naturales, pero no hay una política clara sobre la formación y prevención del Cambio Climático.
PRAE	Docentes de ciencias naturales	Identificar situaciones ambientales prioritarias, a partir del abordaje de inquietudes, necesidades y dinámicas particulares de frente al ambiente institucional, local y territorial, para establecer alternativas de solución	El PRAE se encamina hacia el desarrollo de campañas de aseo y recolección de residuos y no aborda problemáticas trascendentales como el cambio climático	Campañas de ornato y formación en cuidado ambiental	El Proyecto ambiental escolar (PRAE) es un proyecto pedagógico que promueve el análisis y la comprensión de los problemas y las potencialidades ambientales locales, regionales y nacionales para generar espacios de participación con la comunidad educativa para implementar soluciones acordes con las dinámicas naturales y socioculturales.	El documento carece de acciones dirigidas a la formación de prevención del Cambio Climático

PLAN DE ESTUDIOS	Docentes- CoordinadorRectora	Definir la organización del tiempo escolar para el logro de los objetivos de aprendizaje determinados en las bases curriculares, detallados en horas mínimas de clases para cada curso	Se observa saturación de contenidos y no hay transdisciplinariedad en el abordaje de temas ambientales	Solo las áreas de ciencias naturales presentan temáticas ambientales	El plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de la institución educativa	El plan de estudios refleja que las áreas fundamentales de ciencias naturales están saturadas de contenidos, pero de forma aislada y no se aborda la temática de Cambio Climático
-------------------------	---------------------------------	--	--	--	--	---

		y sus respectivas asignaturas.				
PLANES INDIVIDUALES DE TRABAJO	Docentes	Generar toda una estructuración y/o esquematización del contenido a desarrollar y la metodología en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje	No hay acciones específicas dirigidas a la reflexión y generación de conciencia ambiental en torno al Cambio Climático. Las clases son muy teóricas	Clases tradicionales de cátedra con poca experimentación	Los planes individuales de trabajo (PIT) son la organización de un conjunto de ideas y actividades que permiten desarrollar un proceso educativo con sentido, significado y continuidad. Constituye un modelo o patrón para enfrentar la práctica docente de forma ordenada y congruente	Los PITs no abordan la temática de Cambio Climático, no hay acciones planeadas con otras áreas, son planeaciones que reflejan una educación tradicional sin prácticas experimentales.

Tabla 3.2: Encuesta

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL	COLEGIO SORRENTO I.E.D Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES
La siguiente encuesta se realiza en el marco del desarrollo del trabajo de grado titulado “PROPUESTA DIDÁCTICA EXPERIMENTAL: UNA APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL” encaminado a desarrollar las diferentes dimensiones de la conciencia ambiental en estudiantes de física de 8° del colegio Sorrento I.E.D. a través de actividades articuladas cuyo eje principal es la experimentación desde el espacio de la clase de física. A través de la recolección de estos datos, que serán utilizados netamente con fines académicos y de investigación, se busca analizar si los estudiantes de grado octavo abordan temas de cambio climático, las fuentes utilizadas para su enseñanza y su percepción al respecto. Este formulario es totalmente confidencial y sus objetivos son únicamente académicos y de investigación. Siéntase en confianza de responder con la mayor honestidad posible OBJETIVO: Conocer las percepciones de los estudiantes de octavo en torno al Calentamiento Global y la manera como se aborda en el colegio Sorrento I.E.D.	
En las siguientes preguntas, marque con una X una única respuesta. Algunas preguntas requieren ser complementadas en caso de que su respuesta sea afirmativa, escriba en el espacio designado:	
¿Creo que los problemas medio ambientales en mi región son causadas por actividades que realizo? a. Si b. No ¿Me preocupa la situación actual del calentamiento global? a. Si b. No ¿Me considero informado/a por la institución educativa sobre asuntos relacionados con el calentamiento global? a. Si b. No ¿Hay otras áreas, aparte de ciencias naturales, física y química, que informen sobre asuntos relacionados con el calentamiento global? a. Si b. No Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles? _____ _____ ¿La institución educativa me ha enseñado cómo mis acciones pueden evitar el calentamiento global? a. Si b. No ¿Los docentes de la institución educativa realizan clases de laboratorio para enseñarme cómo se genera el calentamiento global? a. Si b. No ¿Estoy dispuesto/a a realizar acciones que eviten el calentamiento global?	

a. Si	b. No
Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?	

8. _____	
¿Incentivo a mis compañeros a realizar actividades que eviten el calentamiento global? a.	
Si	b. No
Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?	

9. ¿Participo en actividades colectivas en mi institución educativa a favor de la prevención del	
calentamiento global? a. Si	
b. No	

3.2.2 Fase de diseño del plan de acción

A partir del diagnóstico, en la segunda fase de diseño del plan de acción se da cumplimiento el segundo objetivo de construir una propuesta didáctica con experimentos de modelos de circulación general que promueva reflexión en torno al Cambio Climático. Por ello, se requirió que el plan estratégico fuera consensuado, realizable y acertado teniendo en cuenta el control de los resultados alcanzados, para lo cual, se reconoce la participación del docente de física del plantel educativo como coinvestigador y se escogen a los estudiantes de octavo grado para la intervención.

Por ende, para la planeación fue necesario partir de la definición del universo poblacional o población sujeto-objeto de estudio, la cual corresponde a estudiantes de grado octavo del colegio Sorrento I.E.D. La presente investigación se desarrolla con 34 estudiantes de grado octavo cuya edad oscila entre los 12 a 15 años, en su mayoría pertenecientes al estrato medio bajo. En el aspecto social, el sector presenta una tasa alta de trabajo informal y por ende un número considerable de personas en estado de fragilidad social. También, cuenta con un corredor comercial por la carrera 56 entre las calles 5ª y 2ª donde se desarrolla comercio de almacenes de ropa, miscelánea, bares, bancos, panaderías, supermercados, restaurantes etc.

El colegio Sorrento I.E.D. es de carácter oficial y está ubicado en la calle 5B No 53C-74 en el barrio San Rafael de la localidad 16 Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C, Colombia. Toma el nombre de la hacienda de propiedad de italianos. La Urbanización Sorrento cedió un terreno en la zona industrial de Puente Aranda el que inicialmente fue proyectado para un centro comercial y centro de salud, pero por solicitud de la comunidad por los años 1970 se destinó para construcción de la escuela. Hoy en día cuenta con 1.670 estudiantes de estrato 0, 1 y 2, y ofrece los programas de círculos de aprendizaje, aceleración y educación para adultos en la noche. Cuenta con una rectora, tres coordinadores, una psico-orientadora, 66 docentes y siete administrativos en las dos jornadas (ver figura 3.3).

El colegio Sorrento cuenta con dos sedes: Sede A, en la que se llevó a cabo la investigación y la sede B ubicada en Calle 4F N° 53-55 Bogotá. Ofrece sus servicios en los niveles preescolar, básica y media integral otorgando el título de Bachiller académico. Opera en dos jornadas: mañana y tarde



Figura 3.3. Imagen colegio Sorrento I.E.D.

Fuente: Tomada de la red: <https://mapio.net/pic/p-20342712/>

Entonces, se diseña un plan de acción con la propuesta de intervención pedagógica de la presente investigación-acción, la cual es considerada como herramienta orientadora que permite la organización en términos de objetivos, tiempos, actores, espacios y acciones específicas, toda vez que de luces al investigador y coinvestigador en lo relacionado a la implementación y búsqueda de

resultados esperados y categorías iniciales, dentro del cual se consideran, según Elliott (citado en Latorre, 2003, p. 42) tres aspectos: “el problema o foco de investigación, el diagnóstico del problema y la hipótesis de acción o acción estratégica” (ver Tabla 3.1).

Es así como se selecciona la unidad didáctica como estrategia para organizar la enseñanza y facilitar el aprendizaje significativo de habilidades, actitudes, conceptos etc., (Fernandez,1992) y se sigue el esquema propuesto por Fernández (1992) representando en un marco general el desarrollo de la propuesta de unidad didáctica, es decir, se especifica un tema transversal: de eventos climáticos extremos asociados al Cambio Climático y la malla curricular del área de ciencias naturales a la cual se adapta la propuesta (ver tabla 3.3).

Tabla 3.3

Marco general de la unidad didáctica

Disciplina	Núcleos de interés	Eventos climáticos asociados
Termodinámica	1. Modelos de Circulación General 2. Cambio Climático	Eventos climáticos extremos: huracanes, sequías, incendios forestales e inundaciones.

Se contempla que la unidad didáctica dirigida a estudiantes de grado octavo conste de tres sesiones llamadas: **1. El movimiento del aire en la Tierra, 2. Albedo y aumento de la temperatura de la Tierra y 3. Fusión de los glaciares y subida del nivel del mar**, las tres con cuatro horas de duración cada una y con actividades divididas en tres momentos: de apertura, de desarrollo y de cierre, además de objetivos, indicadores, y metodología. A lo largo de las tres sesiones habrá una actividad experimental en la que se abordan los temas propios de la física y su relación con los modelos climáticos, los cuales se convierten en la piedra angular de la unidad didáctica, en tanto le permitirán al estudiante construir modelos explicativos mediante la confrontación de su experiencia cotidiana con las actividades propuestas (ver tabla 3.4).

Con respecto a las técnicas e instrumentos para recolectar la información, en esta fase se diseña el instrumento de diario de campo el cual permite que los investigadores identifiquen los aspectos más representativos para su posterior categorización en análisis de resultados. Se acoge este instrumento, ya que como lo expone Taylor y Bogdan (1987), es una herramienta eficaz para documentar el proceso llevado a cabo en el aula mediante el registro de descripciones, acontecimientos, conversaciones, acciones, sentimientos e hipótesis de trabajo del observador (p.27). Por su parte, Latorre (2005) define el diario de campo como un registro de datos que permite al investigador desarrollar su pensamiento, cambiar sus valores, y mejorar su práctica, lo que en conjunto desencadena la transformación de una realidad educativa (p. 60)

Tabla 3.4

Planeación de unidad didáctica

Planificación unidad didáctica				
Asignatura: Física		Grado: Octavo		Total horas: 12
Título unidad didáctica: Eventos climáticos extremos: huracanes, sequías, incendios forestales e inundaciones.				
Objetivo general: Fomentar que el estudiante sea el protagonista de su aprendizaje y construya representaciones propias frente al CC				
	Objetivo pedagógico	Indicadores de logro	Actividades	Metodología
Sesión 1: El movimiento del aire en la Tierra	Comprender como el desigual calentamiento de la superficie terrestre provoca la formación de corrientes conectivas en atmósfera y océanos.	Propone y sustenta respuestas a sus preguntas y las compara con las de sus compañeros y con las de teorías científicas Indaga sobre las implicaciones de la actividad humana en la contaminación y desequilibrio del planeta. Registra las observaciones y resultados de la actividad experimental mediante esquemas, gráficas y tablas	Cuestionario escrito sobre aspectos generales del Cambio Climático. Visualización del video: <u>Cinco revelaciones del informe de la ONU sobre cambio climático y qué dice sobre América Latina</u> Experiencia sobre atmósfera, agua y energía solar: corrientes de convección Preguntas sobre la experiencia de laboratorio	Proyección de medios audiovisuales Socialización Experimentación
Sesión 2: Albedo y aumento de la temperatura de la Tierra	Establecer relaciones entre el efecto invernadero, la radiación solar y el albedo.	Identifica y verifica las condiciones que influyen en los resultados de un experimento y que pueden permanecer constantes o cambiar Describe procesos físicos y químicos relacionados con la retroalimentación positiva	Preguntas de conocimientos previos Lectura por grupos: " <u>El Cambio Climático</u> " <u>https://www.amnesty.org/es/what-we-do/climate-change/</u> Experiencia en relación a la radiación y el albedo Preguntas sobre la experiencia de laboratorio.	Cuestionario Lectura grupal Experimentación

Sesión 3: Fusión de los glaciares y subida del nivel del mar	Estudiar una de las principales consecuencias del calentamiento global: fusión del hielo glaciár, su relación con el clima y la inundación de la costa.	Saca conclusiones de los experimentos aunque no tenga los resultados esperados Analiza las implicaciones de la fusión acelerada de los glaciares para la biodiversidad del planeta	Preguntas de conocimientos previos Lectura por grupos: " <u>Cinco desastres naturales que reclaman medidas contra el cambio climático</u> " Experiencias sobre el deshielo según modelo ártico y antártico Preguntas sobre la experiencia de laboratorio.	Cuestionario Lectura grupal Experimentación
---	---	---	--	---

e

C

Así mismo, el diario de campo da lugar a nuevas preguntas e hipótesis sobre el proceso de enseñanza aprendizaje, potencia la reflexión, proporciona información de primera mano de las experiencias, posibilita al investigador relacionar los hechos y las tendencias que surjan en el aula. Para especificar, el diario de campo en la presente investigación se diseña con tres elementos relacionados: identificación de categorías iniciales, como procesamiento de la información; conexión de los hechos descritos con la teoría; y comentarios de reflexión del investigador (ver tabla 3.5). Estos elementos permiten desarrollar un proceso de crítico por parte del investigador al asumir una postura de aceptación de pre-conceptos y pre-juicios, toda vez que se confronte con la fundamentación teórica y así aporte a los resultados.

Tabla 3.5

Instrumento de diario de campo

DIARIO DE CAMPO N°__ Nombre de la sesión: Fecha: Situación/personas observadas: Propósito de la sesión:			 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
OBERVACIÓN Descripción/narración	Tema/ Concepto	Reflexión	
			Aporte Proyecto Análisis teóricopráctico

3.2.3. Desarrollo del plan de acción

En la tercera fase del método de investigación acción se desarrolla el plan de acción con la propuesta de intervención pedagógica en estudiantes de grado octavo, la cual pretende establecer puentes entre el conocimiento científico escolar y las repercusiones del Cambio Climático, además de responder a la necesidad identificada en el presente proyecto de investigación de falta de conciencia ambiental en estudiantes de grado octavo del colegio Sorrento I.E.D.

Es importante mencionar que el plan de acción se desarrolló de forma flexible y modificable ya que tuvo como base la reflexión y el consenso para que los sujetos de estudio expresaran con libertad aspectos afectivos, cognitivos, conativos y activos, junto con juicios involucrados en el Cambio Climático, por tal motivo, esta propuesta se basa en una unidad didáctica dividida en tres sesiones presentadas a continuación:

Sesión 1: El movimiento del aire en la Tierra

Desde un punto de vista disciplinar la sesión tenía como propósito que los estudiantes comprendieran que el desigual calentamiento de la superficie terrestre provoca la formación de corrientes convectivas en atmósfera y océanos. De otra parte, se buscaba que los estudiantes relacionaran aspectos de su cotidianidad con la experiencia propuesta y los fenómenos naturales extremos.

Momento de apertura: Se busca un espacio abierto de participación y la reflexión de los estudiantes. Para ello, se les pregunta sobre su experiencia directa o indirecta con fenómenos naturales extremos. Se les invita a pensar en si tienen, o no, repercusiones en sus vidas, las catástrofes que ocurren en otros lugares del mundo. Finalmente, se amplía el marco general de la actividad mediante un video informativo de la ONU acerca de las consecuencias y proyecciones del cambio climático en América Latina.

Momento Central: Se realiza la actividad denominada “Experiencia sobre atmósfera, agua y energía solar: corrientes de Convección” cuyo propósito es que el estudiante reconozca la transferencia de calor en la atmósfera y los océanos como mecanismo de vital importancia para el

sistema climático. A continuación, se explica de forma detallada el desarrollo de la actividad:
Experiencia sobre atmósfera, agua y energía solar: corrientes de Convección

Materiales

- Cera derretida
- Cubitos de hielo
- Agua
- Permanganato potásico
- Recipiente de vidrio resistente al calor
- Fuente de calor (suave)

Desarrollo

Se coloca el permanganato potásico en el fondo de un recipiente de vidrio térmico y se cubre con parafina fundida. A continuación, se llena el recipiente con agua y se coloca una cantidad de hielo que cubra la superficie y se coloca al fuego. Al poco tiempo y debido al color aportado a la corriente por el permanganato, se observa cómo una corriente de color rojo asciende en la parte central del recipiente, y al encontrarse con el hielo, se desliza horizontalmente y comienza a descender. Una vez visualizadas las corrientes convectivas en el agua, se buscará que el alumnado traslade este comportamiento a otro fluido: el aire, para relacionarlo con la circulación general de la atmósfera. Para ello se fabrica un pequeño molino o serpentina de papel y se coloca sobre una fuente de calor observándose que el aire caliente se eleva y mueve las aspas del molino o la serpentina.

Momento de cierre: Se da lugar a que los estudiantes expresen sus opiniones, explicaciones, reflexiones, etc. Entorno a los fenómenos observados a través de la actividad experimental. Así mismo, se les pregunta sobre las posibles relaciones que encuentran entre la formación de corrientes convectivas y los fenómenos naturales extremos teniendo en cuenta lo tratado en los primeros momentos de la sesión.

Sesión 2: Albedo y aumento de la temperatura de la Tierra

El propósito de la sesión era que los estudiantes establecieran relaciones entre el efecto invernadero, la radiación solar y el albedo. Así mismo, se pretendía que reflexionaran a cerca del concepto de retroalimentación positiva, en esta medida, reconocieran la importancia de ejecutar acciones para la mitigación del cambio climático.

Momento de apertura: Se realiza un cuestionario con el fin de que los estudiantes comuniquen sus conocimientos previos sobre el “el efecto invernadero”, se invita a pensar en esas actividades, fenómenos, etc. que intensifican el efecto invernadero y en consecuencia, se evidencie un aumento acelerado de la temperatura promedio de la Tierra. Luego, se presenta un corto video sobre la formación de huracanes y las condiciones bajo las cuales aumentan su frecuencia de aparición y su poder destructivo.

Momento central: Se desarrolla la actividad llamada “Efecto invernadero, radiación y el albedo” con la que se busca que el estudiante construya las relaciones entre radiación solar, absorción y calentamiento. En esta medida, comprender las causas del desequilibrio en el sistema climático y en consecuencia, el aumento acelerado de la temperatura promedio de la Tierra. A continuación, se muestra en detalle el desarrollo de la actividad:

Efecto invernadero, radiación y el albedo

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser absorbida o reflejada, siendo la energía absorbida la responsable del calentamiento del planeta, de manera que existe una relación directa entre color y absorción.

Materiales

- 3 vasos de precipitado: uno forrado de blanco, otro forrado de negro, el tercero sin cubrir.
- Agua
- 3 termómetros

Procedimiento

En la práctica se comprueba cómo el negro es el color que más radiación absorbe frente al blanco, que es el que más refleja. Para comprobarlo utilizaremos dos vasos de precipitado, uno de ellos pintado o forrado de papel negro, con la misma cantidad de agua a idéntica temperatura. Tras unos minutos expuestos a la luz solar podremos constatar la diferencia de absorción y, por tanto, de temperatura.

Otra propuesta experimental que evidencia el efecto del albedo consiste en colocar un cubito de hielo encima de tres cuadrados de cartulina de diferentes colores (negro, blanco y rojo por ejemplo) y observar el orden en que se van fundiendo. Podemos aprovechar esta actividad para simular un invernadero. Para ello añadiremos un tercer vaso de precipitados con agua cubierto con un recipiente de vidrio o bolsa de plástico, y mediremos su temperatura. Es interesante reflexionar con los alumnos sobre las diferentes adaptaciones de la humanidad a la cantidad de radiación recibida según latitud, y su demostrada eficacia en la vida cotidiana (construcción tradicional, modo de vida, vestimenta).

Momento de cierre: Se da lugar a que los estudiantes expresen sus opiniones, explicaciones, reflexiones, etc. entorno a los fenómenos observados a través de la actividad experimental. Así mismo, se les pregunta sobre las posibles relaciones que encuentran entre el efecto invernadero, radiación, absorción y los fenómenos naturales extremos teniendo en cuenta lo tratado en los primeros momentos de la sesión. Adicionalmente, se invita a pensar en las diferencias entre un planeta más o menos oscuro.

Sesión 3: Fusión de los glaciares y subida del nivel del mar

Una de las consecuencias del cambio climático que más resuena es la del derretimiento de los glaciares, por ende, en esta sesión se pedía a los estudiantes encontrar diferencias entre los modelos de deshielo ártico y antártico. A su vez, se planteaban reflexiones sobre las implicaciones de dicho deshielo, especialmente, para los ecosistemas de las zonas costeras.

Momento de apertura: Se realizan preguntas enfocadas a reflexionar sobre la situación que hoy viven muchos ecosistemas, costeros y oceánicos, a causa de inundaciones. Además, se analizan las implicaciones del derretimiento de los glaciares para el sistema climático.

Momento central: Se realiza la actividad denominada “Experiencias sobre el deshielo según modelo ártico y antártico” cuyo propósito es estudiar una de las principales consecuencias del calentamiento global: fusión del hielo glaciar y su relación con el clima y la inundación de la costa. A continuación, se muestra en forma detallada su desarrollo:

La fusión de hielo flotante (modelo ártico) no produce variación en el nivel del mar, pero sí puede modificar significativamente el clima de muchas regiones a causa de su influencia en la circulación oceánica. Por el contrario, la fusión de hielo continental (Antártida, Groenlandia, glaciares de montaña) aumenta el nivel del mar con la consiguiente inundación de islas y zonas costeras, que desaparecerán bajo las aguas, afectando especialmente a zonas muy pobladas del planeta.

Materiales

- Un par de cubetas de vidrio
- Hielo
- Agua teñida de azul que simula ser el océano
- Rocas para construir el continente antártico

Procedimiento

Se intenta reproducir ambos casos con un par de recipientes de vidrio, hielo, agua teñida de azul que simula ser el océano y rocas para construir el continente antártico. Colocamos cubitos de hielo flotando en un recipiente y encima de las rocas en el otro, llenamos hasta el borde y esperamos unos minutos para evidenciar la diferencia entre ambos modelos.

Momento de cierre: Se da lugar a que los estudiantes expresen sus opiniones, explicaciones, reflexiones, etc. entorno a los fenómenos observados a través de la actividad experimental. Así

mismo, se les pregunta sobre las posibles relaciones que encuentran entre el derretimiento de los glaciares y los fenómenos naturales extremos, diferentes a las inundaciones.

3.2.4 Fase de análisis de resultados

En la fase de análisis de resultados se pretende dar respuesta al tercer objetivo de evaluar la reflexión suscitada alrededor del Cambio Climático a partir de la experimentación con modelos de circulación general, se recogen los datos a la vez que se observa y reflexiona por medio del instrumento de diario de campo al final de cada acción. La información que develó incidencias en la conciencia ambiental fue recopilada en el instrumento de diarios de campo para ser analizados bajo un examen retrospectivo y con una finalidad prospectiva, y así dar continuidad a los ciclos de la investigación-acción en la institución educativa. Este análisis se llevó a cabo de forma paralela con el desarrollo del plan de acción debido a que al tiempo que se accionaba, se recopilaban y analizaban los datos en diarios de campo.

Entonces, para la sistematización de los datos se adopta en esta investigación lo planteado por Taylor y Bogdan (1987), quienes asumen el análisis de los datos como un proceso en continuo en un conjunto de acciones empírico-conceptuales que buscan una comprensión puntualizada de las perspectivas y maneras de actuar de los individuos, en contraste con los puntos de vista de los investigadores y la relación con los referentes conceptuales (ver figura 3.4)

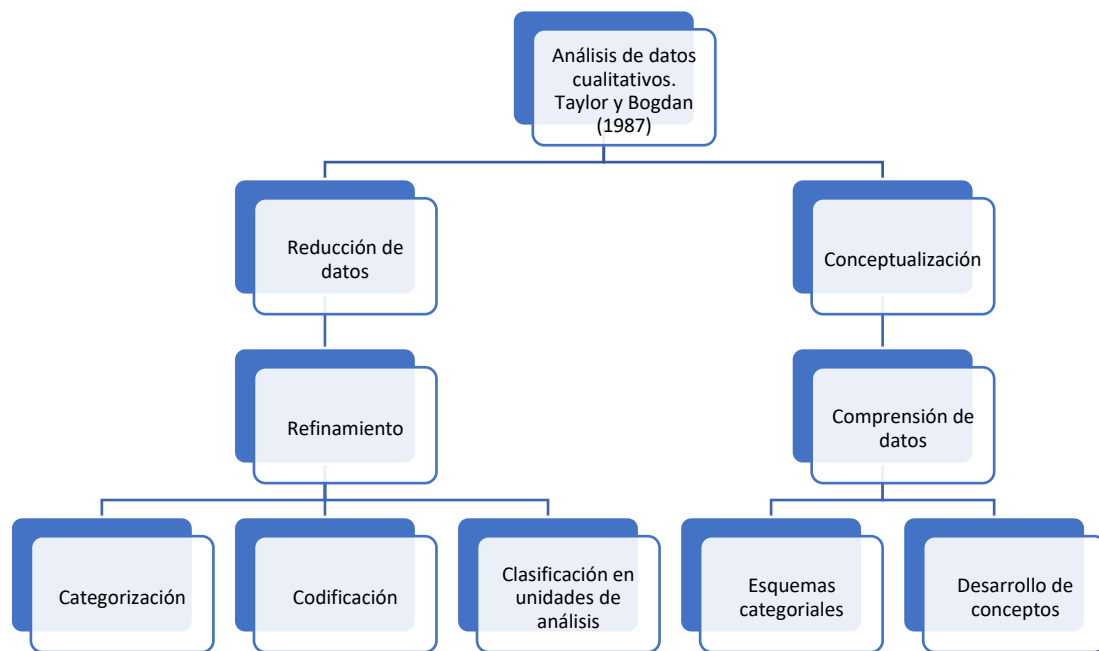


Ilustración 1 Figura 3.4. Análisis de resultados. Taylor y Bogdan (1987)

Elaboración Propia

El análisis de datos se desarrolló en dos momentos: una reducción de datos y una conceptualización. En el macro proceso de reducción de datos, mientras éstos se recolectaban teniendo en cuenta las categorías y subcategorías iniciales, los investigadores les daban sentido releýéndolos y registrando sus interpretaciones en el espacio asignado para reflexiones y comentarios. De esta manera se realizó un refinamiento de la información, organizándola en ideas que expresaran un concepto central de las categorías iniciales, las cuales fueron llamadas unidades de análisis. Con estas unidades se examinaron los datos de todas las formas posibles y en su mayor profundidad para identificar vacíos y categorías emergentes. Paso a seguir, se asignaron códigos y colores a cada una de las unidades de análisis identificadas y a su vez se les asignó un código a los informantes.

Ahora bien, en un segundo momento del análisis de datos se realiza la conceptualización en la cual se comprendieron los datos en el contexto en el que fueron recogidos, ahondando y organizando las categorías y subcategorías en esquemas organizacionales para indicar relaciones lógicas (Ver Figura 3.5).

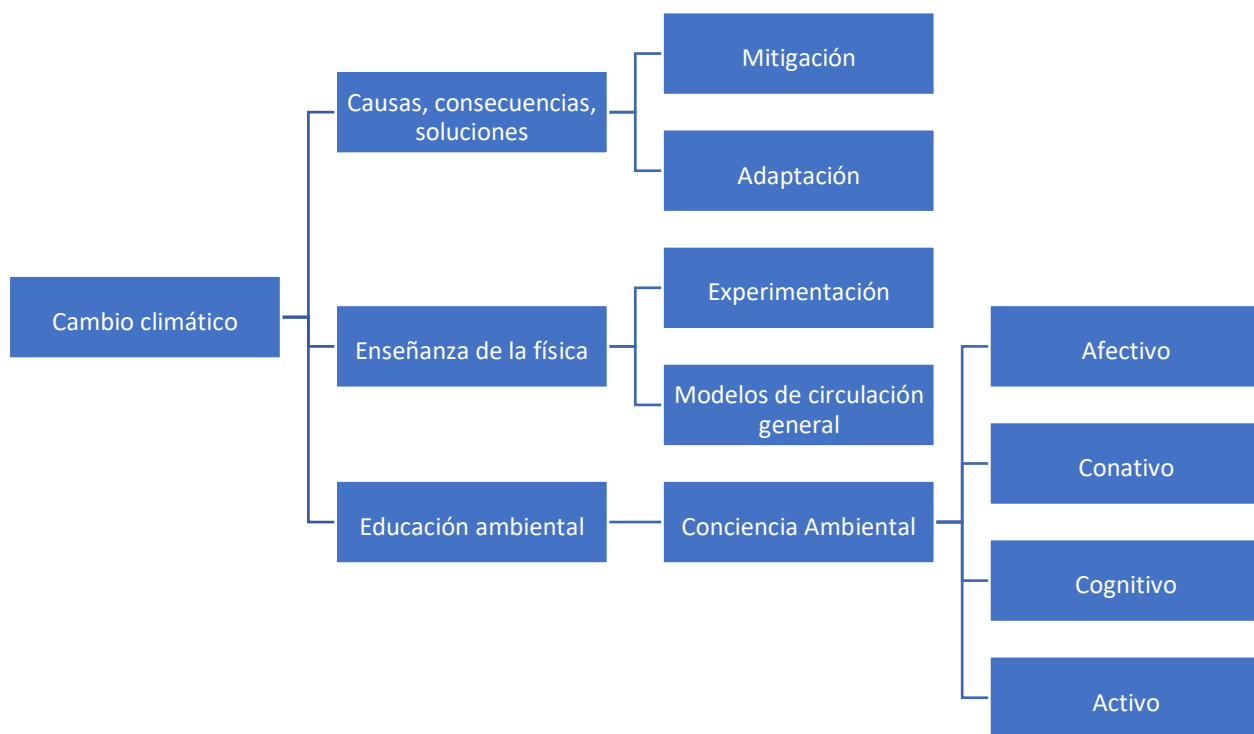


Figura 3.5. Esquema Categorial. Elaboración propia

Entonces, a partir de las relaciones evidenciadas se interpretaron los datos realizando una descripción detallada de las voces con ejemplos específicos en una línea de relato, comprendiendo los datos en contexto por medio de la triangulación de las categorías a partir de las voces de los actores, la comprensión que establecieron los investigadores y las bases teóricas.

La hipótesis de partida es que podemos observar corrientes convectivas en el laboratorio o, en su defecto, en el aula de clases y proyectarlo a nivel global para comprender fenómenos convectivos que tienen lugar en la atmósfera y los océanos. En esta medida, el estudiante se aproxima a la comprensión del fenómeno mediante un modelo sencillo con la posibilidad de irlo complejizando. En este proceso, irá caracterizando las variables y los sistemas involucrados de donde emerge una necesidad de ampliar y precisar el lenguaje que utiliza en la construcción de sus explicaciones. De allí, se espera que articule lo que visto con la reflexión suscitada sobre la

influencia de los fenómenos convectivos en el sistema climático e indague por posibles acciones de mejora ante un escenario de cambio climático.

En este orden de ideas, el estudiante desarrolla procesos cíclicos en los que, constantemente, está observando el fenómeno, refinando sus observaciones y representaciones, planteando hipótesis, revisando conceptos y teorías pertinentes de la física, para finalmente, emitir su concepto propio respecto a los fenómenos climáticos (P. ej. Los huracanes). De allí, se espera que surja una reflexión inducida en torno al poder transformador de las acciones humanas y por ende la toma un compromiso auténtico con el cuidado de la Tierra en el marco de la sostenibilidad.

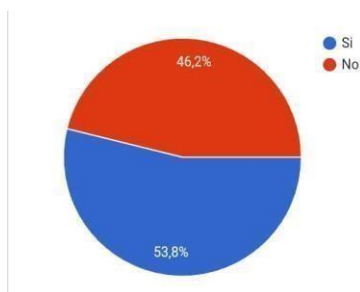
Capítulo 4: Resultados y Conclusiones

4.1 Del diagnóstico

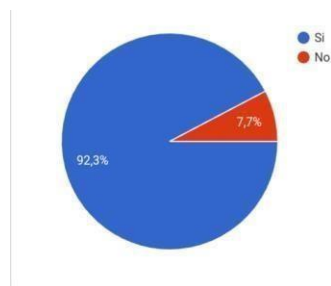
En este orden de ideas, se realizó la triangulación de los datos arrojados a partir del análisis de representaciones gráficas del cuestionario aplicado a los estudiantes, al lado de la matriz documental, y la postura del investigador. Se expone con mayor detalle a continuación.

De la encuesta sobre las percepciones de los estudiantes y la manera como se abordan temas de cambio climático se obtuvieron los siguientes resultados mediante las gráficas:

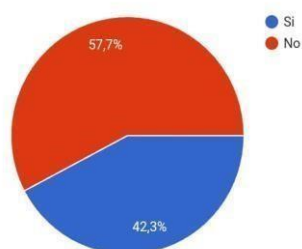
1. ¿Creo que los problemas medio ambientales en mi ciudad son causadas por actividades que realizo?



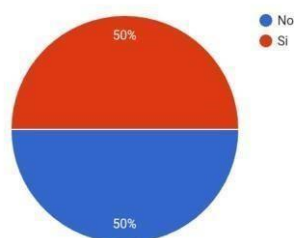
2. ¿Me preocupa la situación actual del calentamiento global?



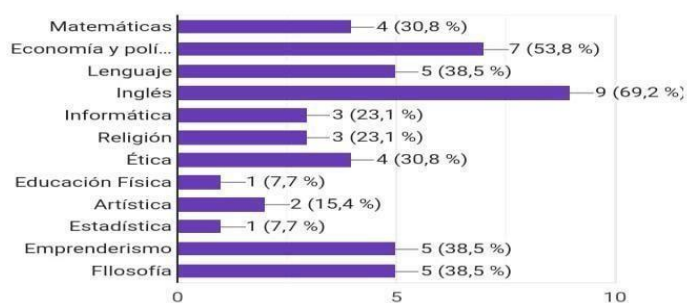
3. ¿Me considero informado/a por la institución educativa sobre asuntos relacionados con el calentamiento global?



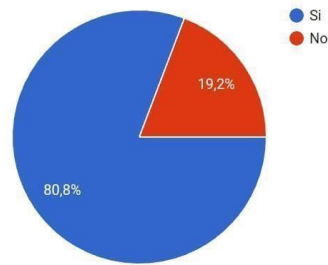
4. ¿Hay otras áreas, aparte de ciencias naturales, física y química, que informen sobre asuntos relacionados con el calentamiento global?



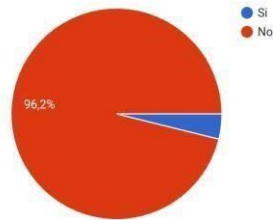
Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?



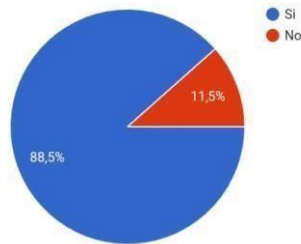
5. ¿La institución educativa me ha enseñado cómo mis acciones pueden evitar el calentamiento global?



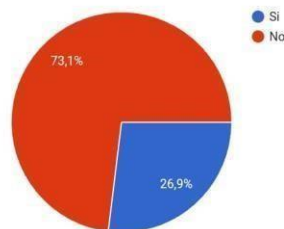
6. ¿Los docentes de la institución educativa realizan clases de laboratorio para enseñarme cómo se genera el calentamiento global?



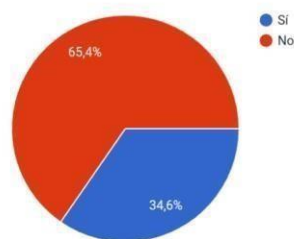
7. ¿Estoy dispuesto/a a realizar acciones que eviten el calentamiento global?



8. ¿Incentivo a mis compañeros a realizar actividades que eviten el calentamiento global?



9. ¿Participo en actividades colectivas en mi institución educativa a favor de la prevención del calentamiento global?



De la información obtenida en la matriz documental se vislumbran algunas oportunidades de mejora. Por ejemplo, en el PEI se evidencian acciones hacia el cuidado del medio ambiente en las áreas de ciencias naturales pero no hay una política clara sobre la formación y prevención del Cambio Climático. Lo anterior se ve corroborado desde la encuesta, directamente, en las respuestas a las preguntas 3, 4 y 5 en las cuales se puede observar que la institución ha dejado de lado temas de cambio climático en desmérito de su trascendencia. De otra parte, lo expresado por los estudiantes obedece, en mayor medida, a información externa e indican que no hay un proceso continuo de formación medio ambiental sino que ocasionalmente los profesores de ciencias naturales y sociales realizan actividades alusivas al tema. También, se menciona el desarrollo de actividades por parte de practicantes universitarios. En este sentido, la práctica se reduce a intervenciones de máximo un semestre de duración. En consecuencia, los estudiantes desconocen acciones de tipo individual o colectivo, que puedan realizar y monitorear, en favor del medio ambiente pese a que demuestran preocupación y buena disposición.

El plan de estudios refleja que las áreas fundamentales de ciencias naturales están saturadas de contenidos pero de forma aislada y no se aborda la temática de Cambio Climático. De allí que el tiempo destinado para las prácticas de laboratorio sea muy limitado, más aún, cuando la prioridad en la disponibilidad del laboratorio es para los estudiantes de décimo y undécimo grado. En otras palabras, los profesores de ciencias naturales reconocen la importancia de una formación para la prevención, adaptación y mitigación del cambio climático, sin embargo, manifiestan que su exigencia principal es la de abordar los temas previstos en el plan de estudios en su totalidad. A este hecho, se une una pérdida de clases considerable, asociada a días festivos, actividades extracurriculares, paros, etc.

El Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) de la institución carece de acciones dirigidas a la formación de prevención del Cambio Climático. Este hecho se ve reflejado en forma general en los resultados de la encuesta en la que los estudiantes se muestran preocupados y dispuestos a actuar en favor del medio ambiente. Sin embargo, desde la institución no se brinda un marco de acción que potencie estas iniciativas individuales, tampoco se realizan actividades colectivas de ningún tipo orientadas a la formación y prevención del cambio climático. Las acciones concretas de la institución no reflejan la intención del cuidado del medio ambiente al dejar de lado la formación en cambio climático.

4.2 De la intervención

La preocupación de los estudiantes es genuina en torno al cambio climático. Imaginan un escenario con condiciones apocalípticas marcado por grandes migraciones humanas, desastres naturales, extinción de especies, escasez de recursos naturales, etc. Sin embargo, se tiende a pensar que las grandes soluciones a esta situación están fuera de su alcance. El trabajo realizado les permitió acercarse a sus realidades con una mirada más crítica y científica poniendo en juego ideas, sentimientos, actitudes y conocimientos con el fin de aunar esfuerzos individuales y colectivos, entendiendo que las acciones de tipo local trascienden las fronteras y afectan positiva o negativamente a nivel global. Más aun, en un mundo interconectado como el actual en el que ocurren cambios a un ritmo sin precedentes.

De otra parte, la actividad experimental en torno a los modelos de circulación general (MCG) desarrollada bajo la premisa de que no es posible reproducir en el laboratorio lo que sucede con exactitud en el planeta, genera puentes entre el conocimiento escolar y el conocimiento científico. Así, las observaciones, las hipótesis, las conclusiones, las teorías están siendo permanentemente refinadas, contrastadas y evaluadas en un proceso cíclico y progresivo en la medida que se profundiza en la construcción de explicaciones a un fenómeno natural, tal como lo haría un climatólogo, un geólogo cuando busca la validación de su modelo. Con ello, también se evidencia un esfuerzo por precisar el lenguaje utilizado para referirse a las magnitudes y los procesos físicos involucrados durante el desarrollo de las actividades.

En relación con las dimensiones de la conciencia ambiental, a la luz de la propuesta didáctica, lo cognitivo toma un papel protagónico ya que los estudiantes van más allá de reconocer un modelo con el que pueden explicar los fenómenos naturales en estudio. De hecho, los estudiantes se basan en sus nuevos esquemas conceptuales para la proposición de acciones individuales y colectivas más eficaces para la prevención, adaptación y mitigación del cambio climático.

4.3 Conclusiones

La investigación realizada confirma la importancia de introducir temas de cambio climático y articularlos con las distintas áreas de la malla curricular en procura de una formación ambiental permanente y continua de los estudiantes desde la primera infancia. La trascendencia de los temas climáticos y medio ambientales requieren de una constante reflexión acerca de la relación que los seres humanos hemos construido con las demás especies y con la Tierra misma. En consecuencia, el cambio de actitudes, valores y conductas de los estudiantes desde la cotidianeidad.

Desde la actividad experimental realizada se destaca la “recursividad” del profesor de ciencias naturales como una cualidad indispensable, teniendo en cuenta las condiciones de los laboratorios de las instituciones públicas educativas cuando carecen de instrumentos y espacios apropiados para el desarrollo de las actividades. En esta medida, el profesor de ciencias naturales selecciona cuidadosamente las experiencias, las adapta a las condiciones propias de la institución apoyándose en materiales económicos, que se pueden encontrar en las casas. También los medios audiovisuales, las simulaciones virtuales y en general las TICs se convierten en grandes aliados del profesor de ciencias para reivindicar la actividad experimental en la escuela.

5. Bibliografía

Carril, A. (1998). *Estudios de sensibilidad climática en el hemisferio sur de acuerdo al modelo de circulación general LMDZ/CIMA*. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires.

Argentina. Recuperado de: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3081_Carril.pdf

- Fernández, J. (1992). *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Recuperado de:
<http://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/08%20Bibliograf%C3%ADa/02%20Forpro/01%20Elaboracion%20de%20unidades%20didacticas.pdf>
- Flannery, T. (2006). *El Clima está en Nuestras Manos*. Bogotá, Colombia. Editorial Taurus.
- Gallego, R. Pérez, R. Gallego, A. Figueroa, R. (2009). *Detener el cambio climático. Una labor de los profesores de ciencias*. Tecné, episteme y didaxis. Bogotá DC.
- Gomera, A. (2008). *La conciencia ambiental como herramienta para la educación ambiental: Conclusiones y reflexiones de un estudio en el ámbito universitario*. Recuperado de:
https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulosdeopinion/2008_11gomera1_tcm30163624.pdf
- Greenpeace, (2018). *Así Nos Afecta El Cambio Climático*. Recuperado de: <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP-cambioclimaticoLR.pdf>
- IPCC, (2013): Cambio climático 2013: La base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [Stocker, TF, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y PM Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., 1535 págs.
- IPCC, (2020). *El Cambio Climático Y La Tierra*. Recuperado de:
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- Hogton, J. (1992). *Física de Atmósferas Planetarias*. Madrid, España. Celeste Ediciones.
- Kindersley, D. (1994). *La Atmósfera y el Tiempo*. Madrid, España. Biblioteca Visual Altea.
- Lorenz, E. (1963). *Flujo No Periódico Determinista*. Massachusetts Institute of Technology. Estados Unidos.
- Malagon, J. & Gomez, A. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Educación Nacional, (1998). *Lineamientos Curriculares Para El Área De Ciencias Naturales Y Educación Ambiental*. Recuperado de:

https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Argentina. (2013). *Cambio climático*. Docentes aprendiendo en red. Buenos Aires: Santa Recalde.

Morales, M.A. (2002). *El sistema climático: fundamentos físicos del clima*. Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso.

Morente, J. (1997). *La Evolución del Clima*. Barcelona, España. Instituto Monsa Ediciones.

Quiroga, Sandra, W. M. (2016). Conocimiento Didáctico del Contenido del Cambio Climático. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1201.

Roca, M. (2005). *Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias*. Barcelona, España. Educar Ediciones.

Sandoval, Z. (2014). *Una Aproximación A Los Modelos Climáticos*. (Tesis pregrado). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Schoijet, M. (2008). *Límites de crecimiento y cambio climático*. México: Siglo XXI Editores

Tercera comunicación nacional de cambio climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. “¿QUÉ PIENSAN LOS COLOMBIANOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO? Primera encuesta nacional de percepción pública del cambio climático en Colombia. ISBN Bogotá D.C., Colombia.

Uriarte, A. (2010). *Historia del clima de la Tierra*. Barcelona, España: GOBIERNO VASCO.

Recuperado de: https://www.academia.edu/8855013/Historia_del_clima_de_la_tierra_Anton_Uriarte?auto=download.

UNICEF, (2021). *La Crisis Climática Es Una Crisis De los Derechos De La Infancia*.

Recuperado de:

https://www.unicef.org/media/105541/file/UNICEF_climate%20crisis_child_summary-ES.pdf

[rights_crisis-](#)

Vide, J. (2009). Diez verdades y diez mentiras en relación al Cambio Climático. *En Rev. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 17 (2).

<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

Anexos

1. Formato de encuesta



COLEGIO SORRENTO IED Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

La siguiente encuesta se realiza en el marco del desarrollo del trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DIDÁCTICA EXPERIMENTAL: DESARROLLO DE LA CONCIENCIA AMBIENTAL A TRAVÉS DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL”** encaminado a desarrollar las diferentes dimensiones de la conciencia ambiental en estudiantes de física de 10° de la Institución Educativa Colegio Sorrento IED a través de actividades articuladas cuyo eje principal es la experimentación desde el espacio de la clase de física.

A través de la recolección de estos datos, que serán utilizados netamente con fines académicos y de investigación, se busca analizar si los estudiantes de grado octavo abordan temas de cambio climático, las fuentes utilizadas para su enseñanza y su percepción al respecto. Este formulario es totalmente confidencial y sus objetivos son únicamente académicos y de investigación.

OBJETIVO: Conocer las percepciones de los estudiantes de décimo en torno al Calentamiento Global y la manera como se aborda en la Institución Educativa Megacolegio El Progreso.

En las siguientes preguntas, marque con una X una única respuesta. Algunas preguntas requieren ser complementadas en caso de que su respuesta sea afirmativa, escriba en el espacio designado:

- Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?

61

5. ¿La institución educativa me ha enseñado cómo mis acciones pueden evitar el calentamiento global? a. Si b. No

6. ¿Los docentes de la institución educativa realizan clases de laboratorio para enseñarme cómo se genera el calentamiento global?
a. Si b. No

7. ¿Estoy dispuesto/a a realizar acciones que eviten el calentamiento global?

8. a. Si b. No

Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?

9. ¿Incentivo a mis compañeros a realizar actividades que eviten el calentamiento global? a. Si b. No

Si su respuesta es afirmativa. ¿Cuáles?

10. ¿Participo en actividades colectivas en mi institución educativa a favor de la prevención del calentamiento global?

a. Si b. No

2. Unidad didáctica

LÍNEA TRES: LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LA CONCIENCIA AMBIENTAL A PARTIR DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL Y LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL.

Libardo Alexander Torres Sandoval

A QUIEN ESTÁ DIRIGIDA Y TEMÁTICA CENTRAL

La propuesta está dirigida a estudiantes del grado octavo del I.E.D. Sorrento y se enfoca en el desarrollo de la conciencia ambiental tomando la actividad experimental y los modelos de Circulación General (M.C.G.) como elementos desencadenantes de la reflexión y el pensamiento crítico.

OBJETIVOS

Conceptos e ideas fundamentales que quiero que aprendan

- Comprender la formación de corrientes convectivas en atmósfera y océanos
- Relacionar el concepto de albedo con el color y la absorción
- Analizar la fusión del hielo glaciar mediante el comportamiento del hielo flotante y continental.

Habilidades y destrezas que quiero que construyan y/o fortalezcan

- Explicar los procesos físicos involucrados en el Cambio Climático
- Reflexionar sobre las implicaciones que tiene la actividad humana en el medio ambiente

SESIONES

La implementación de la unidad constará de tres sesiones de clase, cada una de dos horas. Para cada sesión se establecen tres momentos diferenciados denominados respectivamente: apertura, desarrollo y cierre. En la apertura se introduce la sesión haciendo alusión al problema del cambio climático en relación con los eventos climáticos extremos y aspectos generales del cambio climático y se plantean preguntas para conocer las ideas previas de los estudiantes. El desarrollo incluye la actividad experimental que pretende recrear algunos fenómenos que se incluyen en los modelos de circulación general (M.C.G.). Finalmente, en el cierre se busca que el estudiante logre relacionar sus reflexiones y/o conclusiones alcanzadas en los dos primeros momentos y en esta medida plantee soluciones, si lo considera necesario, modifique sus hábitos frente al cuidado del medio ambiente.

Sesión I: El movimiento del aire en la Tierra

Tiempo: 2 horas.

Lugar: Laboratorio de física.

Propósito: Comprender como el desigual calentamiento de la superficie terrestre provoca la formación de corrientes conectivas en atmósfera y océanos.

Apertura:

1. Preguntas de inicio:

- ¿Te has visto afectado, alguien de tu familia, amigo o conocido por algún evento climático extremo? ¿Cuál/es?
- A diario los medios de comunicación nos informan sobre catástrofes a causa de eventos climáticos extremos alrededor de todo el mundo. ¿Crees que esto tiene alguna influencia, directa o indirecta, en tu vida? Explica tu respuesta.

2. Visualización del video: [Cinco revelaciones del informe de la ONU sobre cambio climático y qué dice sobre América Latina](#)

Desarrollo:

Experiencia sobre atmósfera, agua y energía solar: corrientes de Convección

Objetivos

Comprender cómo el desigual calentamiento de la superficie terrestre por la radiación solar provoca la formación de corrientes convectivas en atmósfera y océanos, que redistribuyen y equilibran la temperatura de la Tierra. En esta sencilla demostración práctica se evidencia algo tan intuitivo como la convección: las corrientes cálidas son ascendentes y las frías descendentes. La comprensión de este mecanismo de circulación facilitará que el estudiante valore la importancia de la transferencia de calor en el sistema climático.

Materiales

- Cera derretida • Cubitos de hielo
- Agua
- Permanganato potásico
- Recipiente de vidrio resistente al calor
- Fuente de calor (suave)

Procedimiento

Se coloca el permanganato potásico en el fondo de un recipiente de vidrio térmico y se cubre con parafina fundida. A continuación, se llena el recipiente con agua y se coloca una cantidad de hielo que cubra la superficie y se coloca al fuego. Al poco tiempo y debido al color aportado a la corriente por el permanganato, se observa cómo una corriente de color rojo asciende en la parte central del recipiente, y al encontrarse con el hielo, se desliza horizontalmente y comienza a

descender. Una vez visualizadas las corrientes convectivas en el agua, se buscará que el alumnado traslade este comportamiento a otro fluido: el aire, para relacionarlo con la circulación general de la atmósfera. Para ello se fabrica un pequeño molino o serpentina de papel y se coloca sobre una fuente de calor observándose que el aire caliente se eleva y mueve las aspas del molino o la serpentina.

Cierre:

Cuestionario:

1. ¿Cuál es la influencia del aumento de la temperatura de la Tierra en el comportamiento de las corrientes convectivas en atmósfera y océanos?
2. ¿Cuáles eventos climáticos extremos están relacionados con el fenómeno de la convección observado en la experiencia de laboratorio?
3. ¿Cómo dichos eventos climáticos cambian su frecuencia y su intensidad con relación al aumento de la temperatura por concentración de gases de efecto invernadero?

Sesión II: Albedo y aumento de la temperatura de la Tierra

Tiempo: 2 horas.

Lugar: Laboratorio de física.

Propósito: Establecer relaciones entre el efecto invernadero, la radiación solar y el albedo

Apertura:

1. Preguntas de inicio:
 - ¿Cuáles consideras las principales amenazas del cambio climático?

- Las actividades humanas liberan gases de efecto invernadero a la atmósfera que provocan el aumento de la temperatura de la Tierra ¿Cómo contribuye la deforestación al cambio climático?
2. Lectura Grupal: "El Cambio Climático" <https://www.amnesty.org/es/what-we-do/climate-change/>

Desarrollo:

Efecto invernadero, radiación y el albedo

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser absorbida o reflejada, siendo la energía absorbida la responsable del calentamiento del planeta, de manera que existe una relación directa entre color y absorción.

Objetivos

Mediante esta experiencia se evidencia la relación entre radiación solar, absorción y calentamiento. En esta práctica se comprueba cómo el negro es el color que más radiación absorbe frente al blanco, que es el que más refleja.

Materiales

- 3 vasos de precipitado: uno forrado de blanco, otro forrado de negro, el tercero sin cubrir.
- Agua • 3 termómetros

Procedimiento

En la práctica se comprueba cómo el negro es el color que más radiación absorbe frente al blanco, que es el que más refleja. Para comprobarlo utilizaremos dos vasos de precipitado, uno de ellos pintado o forrado de papel negro, con la misma cantidad de agua a idéntica temperatura. Tras unos minutos expuestos a la luz solar podremos constatar la diferencia de absorción y, por tanto, de temperatura.

Otra propuesta experimental que evidencia el efecto del albedo consiste en colocar un cubito de hielo encima de tres cuadrados de cartulina de diferentes colores (negro, blanco y rojo por ejemplo) y observar el orden en que se van fundiendo. Podemos aprovechar esta actividad para simular un invernadero. Para ello añadiremos un tercer vaso de precipitados con agua cubierto con un recipiente de vidrio o bolsa de plástico, y mediremos su temperatura. Es interesante reflexionar con los alumnos sobre las diferentes adaptaciones de la humanidad a la cantidad de radiación recibida según latitud, y su demostrada eficacia en la vida cotidiana (construcción tradicional, modo de vida, vestimenta).

Cierre:

Cuestionario:

1. ¿Cuáles son las diferencias entre un planeta más o menos oscuro de acuerdo con la experiencia de laboratorio realizada?
2. ¿Cuáles eventos climáticos extremos están relacionados con el fenómeno observado en la experiencia de laboratorio?
3. ¿Cómo puede explicarse que el fenómeno observado contribuye a intensificar el efecto invernadero?

Sesión III: Fusión de los glaciares y subida del nivel del mar

Tiempo: 2 horas.

Lugar: Laboratorio de física.

Propósito: Estudiar una de las principales consecuencias del calentamiento global: fusión del hielo glaciar, su relación con el clima y la inundación de la costa

Apertura:

1. Preguntas de inicio:

- Una de las consecuencias del cambio climático que más resuena es el derretimiento de los glaciares ¿Cómo crees que esto afecta la vida de los ecosistemas costeros y oceánicos?
- A diario los medios de comunicación nos informan sobre catástrofes a causa de eventos climáticos extremos alrededor de todo el mundo. ¿Crees que esto tiene alguna influencia, directa o indirecta, en tu vida? Explica tu respuesta.

2. Visualización del video: Cinco desastres naturales que reclaman medidas contra el cambio climático

Desarrollo:

Experiencias sobre el deshielo según modelo ártico y antártico

La fusión de hielo flotante (modelo ártico) no produce variación en el nivel del mar, pero sí puede modificar significativamente el clima de muchas regiones a causa de su influencia en la circulación oceánica. Por el contrario, la fusión de hielo continental (Antártida, Groenlandia, glaciares de montaña) aumenta el nivel del mar con la consiguiente inundación de islas y zonas costeras, que desaparecerán bajo las aguas, afectando especialmente a zonas muy pobladas del planeta.

Objetivo

Estudiar una de las principales consecuencias del calentamiento global: fusión del hielo glaciar y su relación con el clima y la inundación de la costa. Asimismo, se trata de evidenciar la diferencia entre el comportamiento del hielo flotante y continental, lo que denominamos modelo ártico y antártico.

Materiales

- Un par de cubetas de vidrio
- Hielo
- Agua teñida de azul que simula ser el océano
- Rocas para construir el continente antártico

Procedimiento

Se intenta reproducir ambos casos con un par de recipientes de vidrio, hielo, agua teñida de azul que simula ser el océano y rocas para construir el continente antártico. Colocamos cubitos de hielo flotando en un recipiente y encima de las rocas en el otro, llenamos hasta el borde y esperamos unos minutos para evidenciar la diferencia entre ambos modelos.

Cierre:

Cuestionario:

1. La retroalimentación positiva es un concepto que los científicos usan para indicar que las consecuencias del cambio climático. Partiendo de la experiencia realizada ¿cuál sería un ejemplo de retroalimentación positiva?
2. ¿Cuáles son las implicaciones para el equilibrio de la Tierra, considerando cada uno de los modelos de fusión de los glaciares presentados en la experiencia?

4. Diarios de campo

DIARIO DE CAMPO N° 1

Fecha: 09/05/22

Propósito de la sesión: Presentación de la práctica pedagógica y aplicación de prueba diagnóstica escrita

Hora inicio: 4 pm

Hora finalización: 6 pm

OBSERVACIÓN Descripción/narración	Tema Concepto Categoría	Análisis Causas / Consecuencias	Aporte Proyecto Preguntas / Decisiones
--	--	--	---

Se da inicio a la sesión presentando las directrices generales y el propósito de la práctica pedagógica. El docente investigador menciona que las actividades a seguir se enmarcan en la educación ambiental (conciencia ambiental) y en la física (modelos de circulación general). A continuación, se aplica una encuesta diagnóstica escrita con el fin de recoger las percepciones de los estudiantes sobre el cambio climático y la forma como se aborda en la institución. Tras la encuesta algunos estudiantes quisieron compartir sus repuestas. Por ejemplo a la pregunta: ¿Creo que los problemas ambientales de mi ciudad son causados por actividades que yo realizo? A22 dice “Creo que la contaminación se debe a la falta de empatía con el ambiente, como no hace parte de mí, no me importa”. A18 dice “sí, pues de manera indirecta todo el tiempo estamos contaminando porque expulsamos metano luego de comer”. A5 dice: “son los gobiernos los que más contaminan, prefieren hacer edificios que sembrar árboles”. En seguida, a la pregunta: ¿me preocupa la situación del cambio climático?	Conativa Cognitiva Afectiva	Resulta interesante la buena actitud con la que los estudiantes reciben la propuesta de trabajo, posiblemente se deba al hecho de salir de la tradicional clase de física. En este sentido, hay un interés general de los estudiantes por comunicar sus ideas, sentimientos, conocimientos espontáneamente. Se evidencia que el tema ambiental conlleva una carga emocional considerable, lo que se refleja en el comentario de A2 expresando preocupación por el porvenir y por el bienestar de sus familiares. También se confirma en las respuestas que el cambio climático es un tema de actualidad pues los estudiantes tienen información que en muchos casos carece de precisión y que no hace parte de una formación continua en educación ambiental acompañada por la institución.	En el mejor de los casos, el cambio climático es un tema que se aborda, escasamente, desde las ciencias naturales, rara vez en ciencias sociales. No hay en el colegio una formación continua en educación ambiental, se reduce a actividades esporádicas. En este mismo sentido, se subestima la dimensión cognitiva de la conciencia ambiental, teniendo en cuenta que no se desarrollan actividades de laboratorio o estrategias que permitan articular los contenidos de la malla curricular en física con la comprensión de los fenómenos climáticos. En efecto, el trabajo investigativo
--	--	--	---

“claramente sí, porque en el futuro nuestras vidas se verán afectadas, si llegáramos a tener hijos, la vida de nuestros hijos también se vería afectada” . A7 pide la palabra:			resulta pertinente como la búsqueda de estrategias que articulen los objetivos de las
“no sólo me preocupa el futuro me preocupa el presente, los polos se están derritiendo” . A la pregunta: ¿ero informado por n educativa sobre icionados con el iático? A13 dice: ando, me acuerdo no, creo, vinieron na actividad . pregunta: ¿Hay aparte de ciencias en las que se tema de cambio A la glo A4 dice: “Sociales”. ta ¿los docentes de alizan actividades io para explicar n e el calentamiento espuesta de la los studiantes fue o, no. El docente investigador e, justamente, mo opósitos es el de el espacio de la ca para ealizar de adas con la actividades iencia relacion clima.			ciencias naturales con los de la educación ambiental.

