

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



FACULTAD CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR – LEMA

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
LICENCIADOS EN MATEMÁTICAS

INFORME DE INVESTIGACIÓN
CALCULADORA AMBIENTAL INTERACTIVA: PROPUESTA DE UNA
MATEMATIZACIÓN POSIBLE PARA GENERAR CONCIENCIA
AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

JESÚS ALEJANDRO SÁNCHEZ TRUJILLO – 20171145017
JACKSON LEONARDO CASTRO FAJARDO – 20171145037

DOCENTE DIRECTORA DE TÉSIS: PhD. DEISSY MILENA NARVÁEZ

BOGOTA D.C.
2021-3

Contenido

1.	Capítulo 1 - Problema de Investigación.....	8
1.1.	Justificación.....	8
1.2.	Antecedentes y Planteamiento del Problema de Investigación.....	12
1.3.	Pregunta de investigación.....	15
1.4.	Objetivo General.....	15
1.5.	Objetivos Específicos.....	16
2.	Capítulo 2 - Referente Teórico.....	17
2.1.	Constructos y Categorías.....	18
2.2.	MARCO TEÓRICO	18
2.2.1.	Estado del arte - Historia y epistemología:.....	18
2.2.2.	Problemáticas medioambientales, consecuencias en el ecosistema, cambio climático y salud pública.	18
2.2.3.	Afectación por el material particulado CO2	20
2.2.4.	Perspectivas políticas y económicas asociadas a la mitigación de problemáticas ambientales.	22
2.2.5.	Educación ambiental, preocupación de las problemáticas en el currículo. Perspectivas generales sobre Educación Ambiental	26
2.2.6.	Perspectivas en Latinoamérica.	27
2.2.7.	La escuela como balanza de armonía social.	29
2.2.8.	Fenomenología Didáctica y Educación Matemática Realista.	30

2.2.8.1.	Constructivismo Social - Interacción Social Del Individuo Con Su Medio	32
2.2.8.2.	Principios de Reinvención y Niveles.....	33
2.2.9.	Modelos Deterministas En El Campo Medioambiental	35
2.2.9.1.	Consideraciones asociadas a la modelación matemática.	37
2.2.9.2.	Objetivos asociados a la construcción de los modelos deterministas:	39
2.2.9.3.	Datos, variables y esquemas en los modelos medioambientales.	40
2.2.9.4.	Modelos matemáticos generados para el cálculo de los niveles de contaminación en la atmósfera.	44
2.2.10.	Alfabetización Digital y uso de recursos virtuales en el aula	44
3.	Capítulo 3 - Metodología Calculadora Ambiental Interactiva.....	46
3.1.1.	Naturaleza de la Propuesta:.....	46
3.1.2.	Constructos y Categorías.....	46
3.2.	Desarrollo de Modelos para la Calculadora Ambiental	47
3.2.1.	Fase 1. Identificación de variables	47
3.2.2.	Fase 2. Planteamiento de los modelos.....	48
3.2.3.	Construcción de la Calculadora Ambiental Interactiva	53
3.2.4.	MockuP - Calculadora Ambiental	53
3.3.	Calculadora Ambiental Interactiva	55
3.4.	Diseño de Cartilla para la Conciencia Ambiental Intervención en la educación Secundaria Básica.....	60
3.4.1.	Cómo se Construyó la Cartilla	60

3.4.2.1. Portada y Primeras Páginas:.....	61
3.4.2.2. Páginas de Contextualización acerca de la Calidad del Aire en Bogotá:	62
3.4.2.3. Páginas de Presentación del Aplicativo e Instrucciones de Uso.....	64
3.4.2.4. Páginas Finales y de Créditos.....	66
3.5. Aspectos Metodológicos de la intervención Pedagógica.	68
3.5.1. Aplicación de Cartilla para la Conciencia Ambiental.....	68
3.5.2. Caracterización infraestructural.....	68
3.5.3. Caracterización poblacional.....	69
3.5.4. Propuesta de Intervención:.....	69
3.5.5. Piloto con una Población.....	70
3.5.5.1. Instrucciones del proyecto de Aula: “Calculadora Ambiental Interactiva”	70
4. Capítulo 4. Conclusiones y Resultados.	73
4.1. Resultados de la Experiencia Piloto como Docentes.....	73
4.2. Resultados de las estudiantes y percepciones	75
4.3. Análisis de Dispersión.	79
4.4. Observaciones y Recomendaciones de la Cartilla para su futura Aplicación	82
4.5. Ajustes Sugeridos al Aplicativo	84
4.6. Conclusiones	86
4.6.1. Conclusiones de los Objetivos Específicos	88
4.6.2. Sugerencias y Proceso a Seguir.	94
5. Bibliografía	96

Índice de Figuras.

<i>Figura 1 - Referente Teórico. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	17
<i>Figura 2 - Código inicial, con el que se busca generar empatía con el usuario. Fuente:</i>	
<i>Elaboración Propia</i>	55
<i>Figura 3 - Implementación del primer modelo dentro del código de programación. Fuente:</i>	
<i>Elaboración Propia</i>	56
<i>Figura 4 -Consejos implementados dentro del aplicativo en desarrollo. Fuente: Elaboración</i>	
<i>Propia.</i>	57
<i>Figura 5 - Ventana Inicial de Presentación. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	57
<i>Figura 6 - Panel Principal de la Calculadora. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	58
<i>Figura 7 - Resultados Totales del Usuario. Fuente: Elaboración Propia</i>	59
<i>Figura 8 - Resultados Totales del Usuario. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	59
<i>Figura 9 - Portada y Primera Página de la Cartilla: Fuente Elaboración Propia</i>	62
<i>Figura 10 - Páginas de Contextualización. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	64
<i>Figura 11 - Instrucciones de Descarga y Uso de la Aplicación. Fuente: Elaboración Propia.</i>	
<i>.....</i>	65
<i>Figura 12 - Instrucciones de Uso y Justificación Matemática del Recurso. Fuente:</i>	
<i>Elaboración Propia</i>	67
<i>Figura 13 - Instrucciones de Uso y Justificación Matemática del Recurso. Fuente:</i>	
<i>Elaboración Propia</i>	71
<i>Figura 14 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	75
<i>Figura 15 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	77
<i>Figura 16 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	78
<i>Figura 17 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	79

<i>Figura 18 - Diagrama de Dispersión de los Resultados. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	80
<i>Figura 19 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	83
<i>Figura 20 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	85

Índice de Tablas.

<i>Tabla 1 - normatividad sobre el recurso atmosférico. Zaride N, 2014, p. 68.</i>	24
<i>Tabla 2 - normatividad sobre el recurso atmosférico.</i>	25
<i>Tabla 3 - Pasos en el proceso de modelado. Maldonado, L. F. 2013. p.12.</i>	38
<i>Tabla 4 - Procesos de modelado. Maldonado, L. F. 2013, p. 11.....</i>	39
<i>Tabla 5 - Comisión Interdepartamental del Cambio Climático 2011, p. 18.</i>	40
<i>Tabla 6 - Descripción litros de combustible consumidos por Vehículos particulares.</i>	41
<i>Tabla 7 - Descripción litros de combustible consumidos por motocicletas.</i>	42
<i>Tabla 8 - Descripción litros de combustible consumidos por autobuses.</i>	42
<i>Tabla 9 - Precio combustible de referencia por ciudad, Minenergía, 2020.....</i>	43
<i>Tabla 10 - Modelo determinista (Bedoya, V. R., Sardà, O. M., & i Guasch, C. M. 2016. p. 308.)</i>	44

Introducción.

El presente informe da cuenta de un proceso de investigación relacionado con la promoción de la conciencia ambiental como respuesta a la problemática del cuidado del medio ambiente, puntualmente de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá. Preocupación que se origina desde el espacio académico Matematización de Problemas Medio Ambientales, del pregrado Licenciatura en Matemáticas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Nuestro estudio se fundamenta en cuatro pilares principales, los cuales son: la reflexión ambiental y el cuidado del aire, la matematización y los modelos deterministas, la alfabetización digital y el desarrollo de recursos digitales; finalmente, la fenomenología didáctica de las matemáticas y la educación matemática realista. Pilares macro que engloban y sustentan nuestra propuesta, su articulación nos permitió construir dos recursos: la “Cartilla para la Reflexión Ambiental” y la “Calculadora Ambiental Interactiva”. El diseño de estos recursos fue puesto a prueba en una intervención pedagógica que desarrollamos en la institución educativa de la ciudad, el Colegio Nuestra Señora del Pilar Sur. La colaboración de la institución fue clave para la producción de los hallazgos que aquí se describen.

El informe desarrolla las facetas que atravesó el proceso de investigación de manera secuenciada. En primera medida se presentan las razones y motivaciones que justifican la pertinencia y necesidad del presente trabajo, para luego puntualizar en algunos antecedentes que ayudan a construir el problema de investigación. En segundo lugar, se definen algunos conceptos necesarios para una mejor interpretación de la situación, se presentan evidencias de la problemática de la calidad del aire y se complementa el contexto problemático a abordar. Gracias a estas previas consideraciones y a la revisión documental, se explica la metodología bajo la cual se construyen los recursos previamente mencionados y se diseña el proceso de

testeo mediante una actividad piloto. Posteriormente se presentan los resultados de la intervención, un pequeño análisis de las más de 2600 entrevistas realizadas y algunas recomendaciones, observaciones y sugerencias de la actividad piloto, por último, se exponen las conclusiones y apreciaciones finales del proceso de investigación realizado.

1. Capítulo 1 - Problema de Investigación.

1.1. Justificación.

La alta tasa de crecimiento demográfico registrada durante los dos siglos pasados ha traído consigo el desarrollo de amplias sociedades, en las que frecuentemente se evidencian diversas problemáticas de toda índole. Algunas problemáticas son emergentes de diversas prácticas y variables que afectan la cotidianidad. En particular, la competencia feroz por el poderío económico de las potencias ha desencadenado en el mundo una suerte de consumismo sin límites que nos llevó a desconocer, por mucho tiempo, el impacto de las prácticas de manufactura en la conservación de las especies con las que cohabitamos la tierra y también de los recursos naturales de los que disponemos. Recursos que antes considerábamos inagotables pero que hoy su deterioro nos plantea algunos de los problemas más grandes que la humanidad ha enfrentado en la historia.

El problema puntual del deterioro de la calidad de recursos indispensables para la supervivencia de las especies nos plantea como educadores matemáticos una tensión, por un lado, la educación matemática centrada en el correspondiente contenido curricular matemático y por otro lado la utilización de los conceptos, objetos y modelos matemáticos al servicio de la formación crítica, en valores y conciencia ambiental. Esto considerando si es posible o deseable para un educador matemático, hacer uso de procesos de matematización para analizar estos fenómenos del día a día del estudiante, facilitando herramientas que permitan realizar una

lectura y comprensión profunda de la realidad, las problemáticas más urgentes e incluso algunas posibles rutas de solución.

Las problemáticas ambientales han tomado mayor relevancia, como también, la investigación y los estudios en el campo de la educación ambiental. En esta situación la Educación Ambiental, emerge como una alternativa de cambio social de gran significado y trascendencia (Acebal, 2010, p. 26). Otras de las perspectivas de Acebal se enfocan en el ¿por qué una educación ambiental? en la que se infiere que “la educación ambiental es una respuesta a la urgente necesidad que posee nuestra sociedad de formar ciudadanos capaces de saber analizar los problemas ambientales más próximos aplicándose de tal forma que contribuyan directamente en su resolución” (Acebal, 2010, p. 27).

Teniendo en cuenta las discusiones propiciadas por Acebal, es de gran relevancia para el campo de la educación matemática poder abordar dichas cuestiones medioambientales, que a su vez implican el desarrollo de prácticas matemáticas en la comunidad académica. Por otro lado, el estado del arte refiere a una ausencia en el campo de estudio y de la investigación en la educación ambiental; de modo que, como lo señala Tovar (2013) “los aportes documentales están enfocados a una didáctica y pedagogía ambiental en contextos de educación superior y en menor medida, en la educación ciudadana o de comunidades.” p. 886. La ausencia de una educación ambiental en los currículos educativos, pone de manifiesto una falta de concientización a posteriori por vacíos estructurales en los currículos a priori.

Desde otra perspectiva, la ausencia de una educación ambiental en los currículos, propone para nosotros, como educadores en formación, asumir la educación matemática en términos de conceptos y contextos medioambientales, lo que fortalece una enseñanza y

aprendizaje interdisciplinario. Teniendo en cuenta este hecho, retomamos los tres pilares que señala Tovar (2013) en los que sustenta la educación como una forma responsable de asumir el desarrollo de una concientización ambiental.

- la enseñanza busca que el sujeto integre las diferentes dimensiones del saber en la resolución del problema o estudio del caso
- las metodologías son variadas y por lo general incluye la dimensión experimental en el marco de la solución del problema;
- Esta tendencia es propia de la enseñanza de las ciencias con enfoque ambiental.

p. 890.

Estos aportes a la implementación de una educación ambiental, establecen la necesidad de promover un alfabetismo científico a partir de las ciencias con el objetivo de asumir y entender los problemas socioambientales del entorno en que vivimos. De otra manera, como lo resalta Acebal (2010), la ausencia de este alfabetismo trae y traerá repercusiones en la conservación de nuestro medio ambiente.

“... Las consecuencias del analfabetismo científico son mucho más peligrosas en nuestra época que en cualquier otra. Hoy en día resulta alarmante y temerario que el ciudadano medio mantenga una total ignorancia sobre las problemáticas ambientales que amenazan el futuro de nuestro planeta y, por tanto, de nuestra especie ...” (Acebal, 2010, p. 27).

En este sentido, es sumamente relevante promover desde el quehacer matemático, pedagógico, didáctico y demás, acciones del docente de matemáticas en la promoción de una educación ambiental enfocada a: el análisis, interiorización y solución de las problemáticas

socioambientales a partir de la interdisciplinariedad de la educación matemática con otras dimensiones del saber.

En la ciudad de Bogotá, cada vez son más alarmantes los índices de contaminación en el aire, posicionándose como una de las problemáticas más urgentes de la ciudad y sus habitantes, así como lo manifiesta Behrentz (2007) “... las concentraciones atmosféricas de material particulado superan los valores establecidos por la reglamentación ambiental de la ciudad ... en particular, en la zona industrial de Bogotá (localidad de Puente Aranda)” p. 87, o también, como lo indica el IDEAM, en su informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2019 (2020), “Resaltan las estaciones de Carvajal-Sevillana ... Puente Aranda, Kennedy ... debido a que presentaron altas excedencias de material particulado durante el 2019” p. 55, generando alerta en la comunidad.

Por lo dicho anteriormente, se torna imperativo el promover diferentes tipos de metodologías y estrategias que permitan formar a los bogotanos desde la reflexión y conciencia ambiental, la prevención, el desarrollo sostenible y las prácticas amigables con el medio ambiente, de modo que intervengan positivamente el ecosistema con su quehacer cotidiano. Por lo anterior decidimos abordar las tensiones generadas (educación matemática centrada en el aspecto curricular - inclusión de la educación ambiental en las propuestas educativas), combinando elementos de la fenomenología didáctica (Freudenthal, 1983) específicamente la educación matemática realista (Bressan, 2005), y sus principales enfoques, los modelos matemáticos deterministas, además haciendo uso de herramientas computacionales, relacionadas con la modelación, el diseño, la programación y de ofimática.

1.2. Antecedentes y Planteamiento del Problema de Investigación.

En nuestro mundo contemporáneo, hemos venido identificando diferentes problemas y dificultades generados en simultáneo con el desarrollo de la humanidad. Es inherente al hombre la necesidad de avanzar, pero de la mano con la evolución, se ciernen nuevas problemáticas. Problemáticas que en la actualidad atañen el cuidado del medio ambiente, la reflexión sobre la conciencia ambiental y la sostenibilidad medioambiental, en concomitancia, Prieto (2021) menciona del VIII Plan de Acción en Materia de Medio Ambiente (PMA) ciclo 2021-2030 que:

“... Recoge sin duda el carácter de urgencia que presenta la conservación ambiental y pretende acelerar la transición ecológica pero siempre desde un punto de vista sostenible, equilibrado y de igualdad de condiciones. Para ello pondrá el foco de su desarrollo en seis objetivos fundamentales...” (p. 16)

Dichos objetivos se enfocan tanto en el cuidado del medioambiente como en la conservación y en la sostenibilidad de la población europea y posteriormente la población mundial. En síntesis, estos objetivos se refieren, según Prieto (2021, p. 16-17) a:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- Objetivo de nula contaminación
- Adaptación al cambio climático y todas las consecuencias que acarrea
- Crecimiento sostenible, “reembolsando” al planeta más de lo “recolectado”
- Conservación, protección y recuperación de la biodiversidad
- Reducir los efectos climáticos producidos por el sistema actual de producción y consumo.

En las últimas décadas, el estado de la calidad del aire a nivel mundial se ha visto afectado por diversas variables, que en gran medida se fundamentan en el incremento demográfico en los territorios (Pinzón, 2019, p. 11). Este hecho, sumado con las tendencias de consumo contemporáneas y el incremento de la población (Piaggio, 2007, p. 4-6), impulsa prácticas sociales asociadas a la actividad industrial, a la demanda y consumo de combustibles, promoviendo así, la creación y propagación de materiales particulados tóxicos, que contaminan y afectan la salud pública y el medio ambiente en general.

El incremento demográfico ha generado implicaciones en los reportes adscritos en el Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) esto se traduce en el incremento de la cantidad de vehículos automotores. En la ciudad de Bogotá, una de las ciudades con mayor crecimiento demográfico en Latinoamérica, se reportó en mayo del 2019 un parque automotor aproximado a 2'400.000 vehículos (García, 2020, p. 9). En donde se indica que sólo el 7% de los vehículos pertenecen al servicio público y al Sistema Integral de Transporte Público (SITP), mientras que analizando el uso de transporte automotor privado se nos indica que existe un vehículo particular por cada tres habitantes del distrito.

Teniendo en cuenta estos datos se debe resaltar, que además del excesivo uso de vehículos, la mayoría de estos automotores funcionan a base de combustibles fósiles. Este hecho evidencia la necesidad de implementar energías renovables (energías limpias) en la cotidianidad del ciudadano bogotano de manera consciente y contundente. De modo correspondiente, se han generado altos índices de contaminación, sobre todo en los últimos años producto de materiales particulados como lo son el dióxido de carbono CO_2 y monóxido de carbono CO (García, 2020, p. 10).

Estos factores resaltan una gran problemática medioambiental urgente, que se hace aún más preocupante cuando se registran tan solo 203 estaciones de monitoreo de la calidad del aire a nivel nacional. Parafraseando a Hernández (2020) se demuestra así una baja cobertura en el monitoreo de estos índices de contaminación si se tiene en cuenta que Colombia cuenta con 1.122 municipios (p. 1) Resaltemos que solo Bogotá cuenta con 20 estaciones para el monitoreo de las condiciones meteorológicas y de la calidad del aire.

En los meses previos a la pandemia del SARS-CoV 2 se declaró alerta naranja en la ciudad de Bogotá, debido a que la calidad del aire que se venía reportando llegaba a niveles tóxicos para la salud pública. Por ello desde la alcaldía mayor de Bogotá se hicieron varios llamados de atención a la población sobre la necesidad de disminuir los factores contaminantes (Mejia, 2019, p. 5-6). En consecuencia, se reglamentaron algunas medidas restrictivas para la población citadina, entre ellas: El aumento de días sin carro en el año, la propuesta de pico y placa ambiental, Incluir a las motocicletas dentro del mecanismo pico y placa y ampliar la duración de la jornada de restricción vehicular.

Desde el ámbito social y puntualmente académico, muchos integrantes de la comunidad educativa se ven en la constante necesidad de desplazarse con frecuencia entre sus diferentes destinos, por ello, el uso de vehículos automotores se ha hecho indispensable para el ciudadano bogotano y más cuando su población incrementa, como establece (Onursal, 1997, p. 34) El uso de vehículos automotores cada vez es más relevante cuando es creciente la población territorial. Sin embargo, como usuarios de servicio automotor público o auto particular siempre estamos generando, con cada viaje o uso del vehículo, unos aportes de materiales particulados a la contaminación de la calidad del aire.

Por todo lo anterior, decimos que estamos frente a una coyuntura de carácter social, que implica fenómenos medio ambientales que pueden modelarse matemáticamente y su matematización aporta elementos para la comprensión de nuestra participación en la problemática y la mitigación de sus consecuencias pasa por la necesidad de comprender el alcance de las decisiones que tomamos, en este caso, en materia de movilidad. Cuando nos preguntamos por las matemáticas que explican estos fenómenos y el papel de los profesores de matemáticas en el abordaje de esta problemática, notamos que existe una marcada necesidad de promover el desarrollo de la reflexión y la conciencia ambiental en términos de la preservación del medio y el uso de vehículos automotores, pues su ausencia, contribuye a la degradación de nuestro propio medio de vida, nuestros ecosistemas y nuestro planeta en general.

1.3. Pregunta de investigación.

¿Qué elementos deben considerarse en el diseño y construcción de un recurso digital que permita una intervención pedagógica y que promueva la conciencia ambiental de una población respecto de los niveles de contaminación per cápita de CO_2 por el uso de vehículos automotores en Bogotá?

1.4. Objetivo General.

Diseñar una propuesta de impacto y conciencia socio-ambiental, en particular sobre el uso responsable de los medios de transporte automotores, a partir del diseño y aplicación de una cartilla para la reflexión ambiental y una herramienta digital que se fundamenta en modelos matemáticos deterministas e introducirlas en una intervención pedagógica realizada con estudiantes del colegio Nuestra Señora del Pilar Sur.

1.5. *Objetivos Específicos.*

- Construir modelos matemáticos deterministas asociados al cálculo de niveles de contaminación de CO_2 emitidos por el uso de vehículos automotores en la ciudad de Bogotá y utilizarlos como insumo en una intervención pedagógica sobre conciencia ambiental.
- Programar una herramienta digital que se estructura a partir de modelos matemáticos deterministas ayudando a determinar los niveles de contaminación por CO_2 que genere el usuario de los medios de transporte bogotanos.
- Generar una Cartilla Institucional para dirigir y promover el uso del aplicativo virtual, en la que los usuarios puedan apoyarse para llevar esta problemática a diferentes grupos y poblaciones como apoyo a la interiorización de una conciencia ambiental.
- Promover el uso de la herramienta diseñada en aulas de clase mediante una Cartilla para la Reflexión Ambiental, como una actividad de la asignatura de física, que alcance el núcleo familiar de los estudiantes y su entorno próximo, tomando como grupo piloto los cursos 8°, 9°, 10° y 11° del colegio Nuestra Señora del Pilar Sur.

2. Capítulo 2 - Referente Teórico

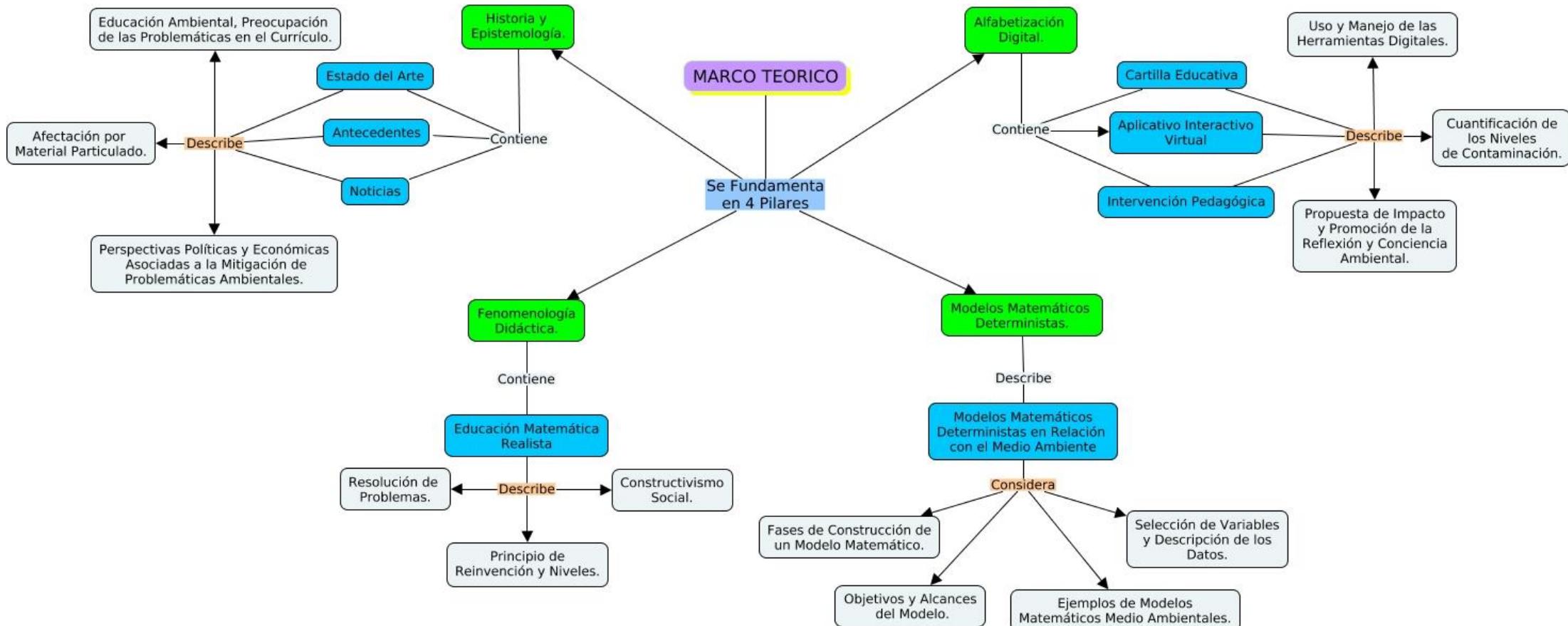


Figura 1 - Referente Teórico. Fuente: Elaboración Propia.

2.1. *Constructos y Categorías.*

Para generar una revisión teórica amplia, que nos permita nutrir nuestra perspectiva acerca de la problemática de la calidad del aire en Bogotá, proponemos profundizar en cuatro (4) pilares que fundamentan nuestra propuesta. Inicialmente se propone una revisión epistemológica que dé cuenta de algunas investigaciones y propuestas referentes a la degradación de la calidad del aire por contaminación atmosférica vehicular; seguido, se aborda los modelos matemáticos deterministas como una herramienta de análisis, interpretación y comprensión de las realidades cotidianas; posteriormente, se hace hincapié a la alfabetización digital y el uso de recursos digitales en el aula, esto en correspondencia del momento histórico que atraviesa la humanidad y finalmente se abordarán algunas nociones y perspectivas asociadas a la fenomenología didáctica y educación matemática realista, en la que se resaltaron aspectos asociados a la matematización y desarrollos en el aula de matemáticas.

2.2. *MARCO TEÓRICO*

2.2.1. *Estado del arte - Historia y epistemología:*

2.2.2. *Problemáticas medioambientales, consecuencias en el ecosistema, cambio climático y salud pública.*

La contaminación atmosférica, derivada de materiales particulados altamente tóxicos se ha convertido en una problemática de carácter ambiental a nivel mundial (Zilio. M, 2008, p. 136). Como lo refiere Pinzón (2017) se puede entender la contaminación atmosférica como “la presencia o acción de los contaminantes en condiciones tales de duración, concentración e intensidad que afecten la vida, la salud humana, animal o vegetal; los bienes materiales del hombre, de la comunidad, o que interfieran en su bienestar” p. 20. En este sentido, se puede

inferir que la problemática de carácter ambiental afecta de manera contundente el ecosistema y por tanto la salud pública. La afectación a causa de los materiales particulados en la atmósfera trae consigo mismos otras consecuencias que no son ajenas a la salud pública; como lo son el calentamiento global y las glaciaciones en las últimas décadas. Gases como el metano CH_4 y CO_2 dióxido de carbono, propician el efecto invernadero, efecto que amplifica el calentamiento solar en la tierra (Robinson, A. 2009, p. 7).

La diversidad de materiales particulados afecta de manera contundente la salud pública y traen consigo mismos problemas de cambio climático. Pero se debe reconocer de la misma manera las afectaciones de glaciaciones emergentes del calentamiento global producido por el incremento desbordado de dióxido de carbono. El incremento de las temperaturas en el globo terráqueo ha causado el desprendimiento de grandes cantidades de glaciares, de tal manera que, como lo resalta Medina, M. (2006) “Las predicciones indican que, a la tasa de repliegue observada en la actualidad, gran parte de los glaciares alpinos del mundo habrán desaparecido por completo dentro de unas décadas” p. 53.

En el siglo XX y XXI se ha incrementado el interés por las problemáticas medioambientales. Se han visualizado diversas afectaciones por la emisión de dióxido de carbono en la atmósfera, de la misma manera, han resaltado diversas propuestas, investigaciones y acciones para mitigar la contaminación atmosférica.

Muchos de estos impulsos son promovidos por colectivos sociales que han planteado diversos objetivos para el decrecimiento de los niveles de contaminación, generando así, amplias y diversas discusiones en el campo ético y moral de lo viable o no viable en atención a los intereses individuales o colectivos de los individuos. Teniendo en cuenta lo anterior, en

este marco se abordaron las problemáticas ambientales, de salud pública, socioculturales y económicas a partir de la investigación del estado del arte desde las siguientes perspectivas:

- Afectación por el material particulado CO_2 .
- Perspectivas políticas y económicas asociadas a la mitigación de problemáticas ambientales.
- Educación ambiental, preocupación de las problemáticas en el currículo.

2.2.3. Afectación por el material particulado CO_2 .

Teniendo en cuenta que existe una diversidad en la emisión de componentes particulados nocivos para la determinación de la calidad del aire, la salud pública y el medio ambiente. En este estudio se aborda específicamente uno de los materiales particulados que genera altos índices de contaminación atmosférica, este componente es el dióxido de carbono (CO_2), producido por diversas causas, una de ellas el uso de vehículos automotores.

Según La Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (2017) Este material particulado se genera cuando el motor de combustión interna no es capaz de quemar de forma total el combustible en los cilindros. De esta manera Valencia, M. (2013) caracteriza la combustión como “Una reacción química mediante la cual un material reacciona con oxígeno para obtener cantidades apreciables de energía” p. 47. De modo que, si esta combustión es incompleta entonces la combustión no es regulada y mayor es la cantidad de sustancias nocivas expulsadas en los gases de escape hacia la atmósfera. generando así gases nocivos para la salud como es el caso del (CO_2).

Las diversas prácticas cotidianas en la sociedad, el crecimiento demográfico e industrial en las ciudades, han expuesto la producción de material particulado que incide en la calidad del aire, generando así un deterioro en la atmósfera. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero elaborado por el Ideam y el Pnud, Colombia aumentó 15% sus emisiones de CO_2 en los últimos 20 años al pasar de 245 millones toneladas en 1990 a 281 millones de toneladas en 2010. En el 2012 se obtuvo una cifra de 178.258 millones de toneladas de CO_2 de las cuales el transporte terrestre significó el 32,5%, es decir, alrededor de 29.791.200.000, veintinueve mil setecientos noventa y uno millones doscientos mil, toneladas (Cigüenza, 2017, Noticia).

Como lo resalta (Alfonzo, 2018, Noticia) la movilidad automotriz es sin duda uno de los desafíos para mitigar los índices de contaminación en el aire. Este hecho hace considerar la reducción significativa de las emisiones de CO_2 en el transporte automotor. Algunos estudios tienen previsto para el 2030 promover en el comercio automotriz vehículos eléctricos impulsados por energías limpias y renovables. Asimismo, y basándose en el promedio de vida útil de un automóvil (aproximadamente a 20 años) se propone cumplir con la reducción entre el 80 y 95% de las emisiones para el año 2050.

Esta hipótesis es bastante alejada del contexto colombiano teniendo en cuenta que la mayor parte de las energías a bases no renovables suponen el 60% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (Prieto. D, 2021, p. 18). Teniendo en cuenta lo anterior, algunas investigaciones sugieren la captura de dióxido de carbono en corrientes de combustión. Este hecho ayudaría a mitigar los índices de CO_2 expedidos por los vehículos de combustión interna en tránsito. para ello (Valencia. M, 2013) plantean 3 pilares fundamentales:

1). Captura pre-combustión: Consiste en convertir cualquier combustible en gas de síntesis. El $C0_2$ se separa del gas de síntesis y la combustión se lleva a cabo con hidrógeno. **2) captura postcombustión** En este caso la combustión se lleva a cabo y el $C0_2$ se recupera de los gases producto de la combustión. **3) oxicombustión:** Este proceso está basado en una combustión con oxígeno puro para obtener una corriente de $C0_2$ enriquecida, con mayor probabilidad de una separación de alta eficiencia. (p. 48)

Las intenciones de persuadir el material particulado en la atmósfera son cada vez más frecuentes. En Latinoamérica se ha propiciado mayor interés en las problemáticas medioambientales de manera que, las posturas propias del movimiento ambiental sugieren no desligar los problemas ambientales con los problemas sociales (Acebal, M. 2010, p. 32). En la actualidad se han contemplado ciertas sugerencias propias del movimiento ambientalista, impulsando así, propuestas y proyectos a través de colectivos sociales y líderes ambientales.

Las relaciones económicas, políticas y ambientales han efectuado alternativas para el confrontamiento de dichas problemáticas socioambientales; a continuación, se indicarán las perspectivas políticas y económicas que han incidido en la mitigación de la contaminación atmosférica y sus relaciones con la salud pública.

2.2.4. Perspectivas políticas y económicas asociadas a la mitigación de problemáticas ambientales.

Las diferentes organizaciones ambientales en sus territorios han propuesto el desarrollo de políticas públicas con el objetivo de disminuir las problemáticas asociadas a la contaminación atmosférica. En este sentido (Piaggio, M. 2007, p. 5) afirma que todos los

problemas tienen un origen en común y se refiere a la actividad humana cuya incidencia en las problemáticas ambientales está determinada por el crecimiento económico de las últimas décadas. Piaggio reconoce dentro de sus trabajos la fuerte relación entre la contaminación atmosférica emergente del CO_2 y el crecimiento económico, afirmando que en los países mayormente industrializados padecen un incremento en la afectación de la salud pública de sus habitantes.

Teniendo en cuenta las relaciones económicas y ambientales, en 1987 se propone agudizar las políticas públicas en los sectores industrializados con altos índices de productividad. Estos hechos surgen tras los planes de desarrollo sostenible. De este modo, se establecen restricciones en defensa del medio ambiente por parte de las (ONU) organización de las naciones unidas (Prieto, D. 2021, p. 10). Estos hechos han convocado entes gubernamentales y sindicatos representativos de cada una de las naciones del mundo. El caso más evidente de las últimas décadas es el tratado de parís en el que se vinculan 129 países desde el año 2016 (Prieto, D. 2021, p. 18)

En el panorama nacional, las políticas públicas en Colombia están alineadas con los objetivos propuestos por la ONU y el acuerdo de París. De modo que, la consolidación de las normatividades apunta a un plan de acción climático en el que se informe sus iniciativas y logros de manera periódica. Desde el tratado de parís, estas iniciativas serán sometidas a evaluaciones de cumplimiento de compromisos a nivel internacional (Prieto. D, 2021. p.18).

En este sentido, las políticas ambientales se deben someter a la transición de economías sostenibles basadas en hidrocarburos y energías renovables reemplazando los combustibles en bases fósiles como lo son el carbón y el petróleo, mitigando así, en la menor cantidad de tiempo

los gases asociados al efecto invernadero (MADS. 2021, p. 3-4). En Colombia específicamente estas políticas emergen de manera general a través del decreto 02 de 1982 en el que se determina “Art.73. Obligación del estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran en el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales.” (Zaride, N. 2014, p. 68).

En consecuencia, al acuerdo 02 emergen diversas políticas públicas para el control y mitigación de los índices de contaminación en la atmósfera. En el siguiente cuadro tomado de (Zaride, N. 2014, p. 68) se evidencian a modo general dichas políticas en defensa del medio ambiente.

Título de la norma	Contenido
Decreto 2811 de 1974	Código de recursos naturales y del medio ambiente. Arts. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de Infraestructura.
Ley 09 de 1979	Código sanitario nacional
Decreto 02 de 1982	Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74. Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas. Art. 7 a 9. Definiciones y normas generales. Art.73. Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales. Art. 74. Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera. Art. 75. Prevención de la contaminación atmosférica.

Tabla 1 - normatividad sobre el recurso atmosférico. Zaride N, 2014, p. 68.

Ley 99 de 1993	Creación del SINAE y se dictan disposiciones en materia ambiental. Art.5. Funciones de Minambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental. Art. 31. Funciones de las CAR relacionadas con calidad y normatividad ambiental.
Decreto 948 de 1995	Normas para la protección y control de la calidad del aire.
Resolución 1351 de 1995	Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1
Resolución 005 de 1996	Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
Resolución 864 de 1996	Identifica equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario según art. 170, ley 223 de 1995.

Tabla 2 - normatividad sobre el recurso atmosférico.

Como se puede evidenciar en la tabla 1 y 2, de manera general, a nivel nacional colectivos sociales y organismos públicos han optado por medidas jurídicas para el desarrollo de políticas atmosféricas. Por otro lado, podemos apreciar que, por cuestiones relacionadas a la economía y el medio ambiente, se debe de reglamentar niveles permisibles de contaminación por fuentes móviles (Piaggio, M. 2007, p. 68). Este hecho deriva cuestiones acerca de la mitigación absoluta en la contaminación atmosférica, de tal manera que, desde el campo educativo se proponen otras alternativas para disminuir las problemáticas en la calidad del aire.

El desarrollo de la conciencia ambiental es uno de los retos en la educación actual. Las políticas públicas no están deslegitimadas en asumir desde el campo educativo las problemáticas ambientales. Como lo resalta (MADS, 2021) las políticas medioambientales deben establecerse “haciendo énfasis en la necesidad de recursos para financiar inversiones en infraestructura, capital intelectual, instituciones reguladoras, investigación y educación para la ciudadanía” p. 4. En este orden de ideas; a continuación, observaremos las perspectivas de la educación ambiental en defensa del medio ambiente y la mitigación de la contaminación atmosférica.

2.2.5. Educación ambiental, preocupación de las problemáticas en el currículo.

Perspectivas generales sobre Educación Ambiental

En atenuación a las problemáticas ambientales por contaminación atmosférica se han propuesto y promovido diversas investigaciones que impulsan soluciones desde enfoques económicos, políticos y científicos. Aunque estos enfoques se desarrollen específicamente en su campo, todos están estrechamente relacionados. En este sentido (Acebal. M. 2010) reconoce dentro de los desarrollos, la educación como un nuevo enfoque para mitigar dichas problemáticas.

“los organismos internacionales cada vez apuestan más por la educación como instrumento indispensable para que la humanidad pueda progresar manteniendo una relación equilibrada con el entorno” (p. 27)

De la misma manera, Acebal reconoce las críticas asociadas a la educación ambiental por su generalísimo y utopía, puesto que, dentro de sus convicciones, él asegura, no se reconoce las diversas interpretaciones o percepciones que tienen las culturas y sociedades frente a la educación ambiental. Este hecho recae en amplias discusiones éticas y morales asociadas a juicios objetivos y subjetivos emergentes de cada contexto.

Esto implica pensarse la educación ambiental como una herramienta o un medio en el que, a través de su campo de estudio se pueda generar, impulsar, promover y propiciar un modo de concientización ambiental y reflexión profunda que fundamente un impacto social en defensa a las problemáticas medio ambientales por contaminación atmosférica.

En Latinoamérica los desarrollos en el campo de la educación ambiental son recientes respecto a los países europeos. Pero desde perspectivas latinoamericanas, se ha visibilizado la intención de fomentar la educación ambiental desde los currículos, buscando así la formalización en los centros académicos; a continuación, se resaltarán las perspectivas de educación ambiental en Latinoamérica.

2.2.6. Perspectivas en Latinoamérica.

En América Latina los sindicatos y movimientos ambientalistas han reconocido el papel de la educación como una herramienta necesaria para el análisis crítico de las condiciones ambientales, permitiendo identificar los principales problemas y aumentar la participación humana en la solución de los mismos (Acebal, M. 2010, p. 32-33). En Latinoamérica muchas de las propuestas en educación ambiental emergieron de iniciativas propiciadas por organismos europeos, las cuales fueron acogidas en el contexto latinoamericano tardíamente. Los primeros proyectos fueron integrados en la década de los 70 a través de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

La vinculación de los proyectos ambientales en el contexto latinoamericano apareció por medio de los ministerios de salud y agricultura y tenían como objetivo institucionalizar la educación ambiental en los currículos educativos. De esta manera, se impulsaban las intenciones de fomentar una educación ambiental en el campo de la educación básica y media, estableciendo así, un formalismo en el sector académico y de una manera informal en la incorporación de lo ambiental en lo cotidiano como política de Estado (Acebal, M. 2010, p. 34).

Es importante tener en cuenta estos hechos, ya que, en la actualidad los currículos de matemáticas expuestos por el ministerio de educación nacional (MEN) no han definido específicamente espacios para el análisis medio ambiental. Por otro lado, se reconoce en los currículos de matemáticas la modelación de fenómenos desde una perspectiva muy general, pero este hecho no implica precisamente una educación ambiental definida que promueva la concientización por las problemáticas medioambientales.

Uno de los análisis expuestos por Acebal, reconoce una ventaja en los desarrollos tardíos de la educación ambiental en Latinoamérica. Puesto que los modelos educativos ambientales ya establecidos fueron herramientas de análisis bajo las experiencias en los países que ya habían sido aplicados. Este hecho pudo generar avances constructivistas y progresar en los objetivos de institucionalizar la educación ambiental.

“La Educación Ambiental se dio tardíamente en América Latina, con respecto a los países europeos [...] Este surgimiento tardío en esta región puede ser una ventaja porque permite analizar más críticamente el proceso vivido en otros países.” (Acebal, M. 2010, p. 34).

Estas ventajas visualizaron varias problemáticas en los sistemas educativos, las cuales repercutieron en la formalización de la educación ambiental en los currículos. Algunas de las problemáticas más frecuentes establecidas por Acebal. M (2010) eran:

- 1. falta de formación de los maestros/as;
- 2. escasa capacitación de otros profesionales;
- 3. no hay iniciativa de los Municipios ni del sector privado;

- 4. no se atiende a los problemas de los indígenas ni de sectores marginados;
- 5. poca comunicación con la comunidad científica y tecnológica. (p. 34)

Estas problemáticas sugieren estructurar una educación ambiental a partir de la formación y capacitación de profesionales en las instituciones de educación superior. Además de encargarse de atender, promover y asegurar la participación de todas las comunidades en los escenarios académicos y políticos. Ahora bien, para promover una solución a dichas problemáticas y teniendo en cuenta las cuestiones asociadas a las discusiones éticas y morales Acebal ha propuesto abordar **¿cuál sería el papel de la educación en la formación de una conciencia ambiental?** con el objetivo de reconocer el papel de la educación ambiental como una herramienta fundamental en la construcción de un mundo con un sentido ético distinto del desarrollo.

En esta propuesta se visibiliza el rol de la educación ambiental más allá de una política educativa que se debe establecer por obligación en los currículos, Por otro lado, destaca la importancia de promover la conciencia ambiental como un acto autónomo de cada individuo para armonizar las coyunturas socioambientales de la actualidad.

2.2.7. *La escuela como balanza de armonía social.*

Este enfoque centra sus objetivos en “armonizar” los colectivos sociales con los recursos naturales “La escuela puede, como institución, ayudar a armonizar la relación entre la cultura, el trabajo, los recursos naturales, el conocimiento científico y las formas de organización social.” (Acebal, M. 2010, p. 33) Teniendo en cuenta este enfoque, se pretende a través de la intervención en las aulas de matemáticas promover la interiorización de una

conciencia ambiental a partir del reconocimiento de las problemáticas por salud pública derivadas de la contaminación atmosférica en Bogotá.

En primer lugar, se quiere concientizar sobre las problemáticas existentes por contaminación atmosférica, específicamente por el uso de vehículos automotores por los usuarios citadinos. Se debe resaltar, el papel de las matemáticas, esencialmente la modelación matemática, para el análisis y cuantificación de los niveles de contaminación por dióxido de carbono.

En este punto es de gran importancia abordar las cuestiones teóricas asociadas a la fenomenología de la didáctica de las matemáticas, como también, los aspectos teóricos desarrollados en el campo de la modelación matemática y sus aplicaciones en la educación ambiental. Por este motivo, en el desarrollo del presente marco teórico se abordarán ciertas posturas asociadas a la Educación Matemática Realista y los aportes de la matematización en los escenarios de educación matemática.

2.2.8. Fenomenología Didáctica y Educación Matemática Realista.

En el campo de estudio de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, la resolución de problemas juega un papel importante en la adquisición del saber matemático, puesto que el análisis e identificación de las estrategias propuestas por los estudiantes en el abordaje de las situaciones, manifiesta la comprensión del conocimiento involucrado en las problemáticas (Narváez, D. 2015, p. 3).

La resolución de problemas como práctica y quehacer matemático reta al docente y al estudiante lograr coherencia al concebir el conocimiento matemático. La relación entre los

objetos matemáticos (en el sentido de Godino y Batanero) y la resolución de problemas como práctica matemática cuya actividad característica es la matematización (Freudenthal, 1983) Establecen una situación compleja en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. (Narváez, D. 2015, p. 3)

La complejidad está determinada en la relación entre los objetos matemáticos y las situaciones problema. Este hecho se hace evidente cuando se busca “encontrar problemas cuya resolución permita el aprendizaje matemático deseable” (Narváez, D. 2015, p. 3) En consecuencia, esta complejidad implica a los docentes entender las estrategias de resolución impuestas por el estudiante, además de analizar las formas de comprensión del conocimiento matemático de cada individuo.

En este sentido, el campo de la fenomenología didáctica resulta ser una herramienta fundamental para fomentar la educación ambiental en el aula de matemáticas. La interiorización de una conciencia ambiental junto con la comprensión de los objetos matemáticos emergentes la resolución problemas promueven el interés de establecer situaciones en las que el estudiante logre una coherencia frente al conocimientos adquiridos en matemáticas y las problemáticas medioambientales asociadas a la contaminación atmosférica.

Las propuestas de intervención pedagógica deben estar direccionadas a situaciones problema en las que se involucre el desarrollo de los objetos matemáticos a través de la modelación de los fenómenos. En este orden de ideas expuestas por Narváez reconoce la importancia de las bases constructivistas en el campo de la educación matemática para el desarrollo de propuestas de intervención pedagógica que permitan avanzar en el proceso de matematización de situaciones (Narváez, D. 2015, p. 6).

Reconoce además que, el medio y el entorno en el que vivimos son un escenario de aprendizaje de suma importancia ya que los objetos matemáticos cobran sentido y significado en la realidad del sujeto. Así Narváez expone que los objetos matemáticos no están desligados de los contextos en que vive el sujeto “*La práctica de las matemáticas y el aprendizaje no son actividades aisladas de los contextos socioculturales en que tienen lugar*” (Narváez, D. 2015, p. 5) esta idea supone la determinación del conocimiento construido.

2.2.8.1. *Constructivismo Social - Interacción Social Del Individuo Con Su Medio*

La modelación de los fenómenos sugiere la interacción del individuo con su medio (Payer, 2011, p. 2). Desde una perspectiva constructivista, este hecho determina el desarrollo cognitivo del sujeto en tanto se determine esencialmente la reflexión abiertamente sobre los conceptos adquiridos, los problemas y las diferentes estrategias de resolución durante el aprendizaje de las matemáticas (Narváez, D. 2016, p. 6).

Teniendo en cuenta lo anterior, la reflexión continua y activa de los objetos matemáticos como de las estrategias abordadas para la resolución de problemas permiten al estudiante tener plena conciencia de los desarrollos matemáticos emergentes. El constructivismo social además de reconocer las interacciones entre el medio y el sujeto como fundamentales hace hincapié en la construcción de conocimiento a través de los “esquemas” propios de la realidad y su comparación con los esquemas de los individuos que lo rodean.

El conocimiento además de formarse a partir de las relaciones ambiente-yo, es la suma del factor entorno social [...] Los nuevos conocimientos se forman a partir de los

propios esquemas de la persona producto de su realidad, y su comparación con los esquemas de los demás individuos que lo rodean. (Payer, 2011, p. 2)

Las ideas del constructivismo no son ajenas a las nociones asociadas a la matematización. Esto se debe a que tanto las ideas de constructivismo y la matematización buscan fomentar una reflexión frente al saber en cuestión. La duda es el principio del saber. Por eso es muy relevante establecer situaciones de interés en las que se conciba la educación matemática y ambiental.

En este sentido a través de los aportes expuestos por la fenomenología didáctica se busca establecer situaciones a partir de las problemáticas medioambientales en las que el estudiante conciba y logre dotar de sentido y significado los objetos matemáticos emergentes para interiorizar y promover una educación y conciencia ambiental. El desarrollo metodológico del presente trabajo de investigación no sugiere una intervención directa de los estudiantes frente a los modelos matemáticos, pero, por otra parte, la aplicación y recolección de los datos haciendo uso de la calculadora ambiental lo conllevan a la interpretación de los datos cuantificados y su profunda reflexión con la contaminación atmosférica.

2.2.8.2. *Principios de ReinvenCIÓN y Niveles.*

En el presente trabajo es de gran importancia resaltar los aspectos relacionados a la resolución de problemas, puesto que, como lo indica Narváez 2015 “la solución de problemas conduce a una reconsideración de la naturaleza de los problemas y de la manera como se conciben las matemáticas mismas) p. 9. Esto significa un gran aporte a la educación matemática del propio quehacer matemático del sujeto de tal manera que su propia experiencia con las matemáticas concibe los objetos matemáticos.

Las ideas asociadas a la reconsideración de la naturaleza del problema se fundamentan en el principio de reinención expuestas por Freudenthal en la que los estudiantes “no crean, ni descubren, sino que reinventan modelos, conceptos, operaciones y estrategias matemáticas con un proceso similar a los que usan los matemáticos al inventarlas” (Bressan, A. 2005, p. 5-6). Este principio de reinención tiene como objetivo concebir el aprendizaje de las matemáticas a través del formalismo del sentido común, la validación y veracidad de las relaciones matemáticas con las fenomenologías expuesta, dicho de otra manera, por las situaciones problema establecidas.

Por otro lado, concebir los objetos matemáticos a partir de sus propios desarrollos emergentes de la resolución de problemas, establece una visión de las matemáticas más allá de una disciplina caracterizada por resultados precisos y procedimientos infalibles, cuyos elementos básicos son las operaciones aritméticas, los procedimientos algebraicos y los términos geométricos y teoremas (Narváez. D. 2015, p. 9). De modo que, se evita concebir las matemáticas como un proceso en el que prima el proceso y no el propio razonamiento matemático.

En este sentido, la modelación matemática siendo una práctica en la que a través de una situación problema se hace necesario el desarrollo de los objetos matemáticos para su propio análisis y solución se concibe como un elemento importante en el campo de la educación ambiental y ambiental.

La modelación matemática resulta ser un aspecto importante en la matematización de los fenómenos ambientales y se relaciona con el Principio de Niveles descrito por Bressan

(2006, p. 6). El principio de niveles categoriza dos pilares fundamentales en la resolución de problemas, en primer lugar, se hacen evidentes sólo procesos asociados a la “matematización horizontal” que refiere a los procesos de matematización en la que se “identifica las matemáticas en contextos generales, se esquematiza, fórmula y visualiza un problema de varias maneras, se descubre relaciones y regularidades, se transferir un problema real a uno matemático. transfiriendo un problema real a un modelo matemático” (Narváez, D. 2015, p. 11). Estos procesos descritos en la matematización horizontal se manifiestan en la intervención pedagógica, en la que los estudiantes al tener un acercamiento a los modelos matemáticos ya establecidos o “ya conocidos” transfieren un problema de su contexto (en este caso las afectaciones por contaminación atmosférica) a una esquematización matemático reinventada. que surge en un primer momento a través de la intuición, el sentido común, la aproximación empírica, la observación y la experimentación inductiva (Bressan, A. 2005, p. 6).

En el desarrollo del presente marco teórico se harán evidentes las nociones asociadas a modelación matemática y sus desarrollos en las problemáticas de carácter medio ambiental, específicamente en las problemáticas asociadas a las afectaciones de salud pública por contaminación atmosférica de vehículos automotores. Se observan desarrollos en el campo de los modelos matemáticos deterministas y la selección de variables en dichos modelos que tienen por objetivo reconocer la huella ecológica de cada individuo tras las problemáticas de contaminación en el aire en la ciudad de Bogotá.

2.2.9. Modelos Deterministas En El Campo Medioambiental

Teniendo en cuenta que nuestra problemática emerge de los índices de contaminación expuestos por el compuesto particulado dióxido de carbono (CO_2) se plantea la creación, desarrollo y análisis de modelos matemáticos deterministas que expongan los aportes per-

cárita de CO_2 emitidos por los usuarios de vehículos automotores. En este orden de ideas, para la construcción de dichos modelos se concibe una metodología en la que en un primer momento se identifican y se clasifican una muestra de datos estrictamente categorizados para la determinación de las variables a considerar.

Con las intenciones de generar una metodología que tenga por objetivo determinar las variables del modelo se considera la idea de (Luna, 2013) en las que expone que:

“Las metodologías de evaluación de impacto ambiental deben ser integrales, con la finalidad de identificar, predecir, cuantificar y valorar las alteraciones (impactos ambientales) de un conjunto de acciones y/o actividades. Es decir, nos permiten conocer qué variables físicas, químicas, biológicas; así como los procesos socioeconómicos, culturales, y paisajísticos, que serán afectados significativamente por el proyecto o actividad.” p. 7.

En este sentido como se enuncia en la idea de (Luna 2017) Las problemáticas de carácter sociocultural involucran en su gran mayoría una diversidad de variables a analizar, es de gran importancia tener en cuenta las incidencias de variables ajenas al campo de las matemáticas, de modo que, el análisis de las variables emerja de una búsqueda profunda interdisciplinar, en las que se afronten contenidos o conocimientos físicos, biológicos, químicos, sociales...etc. De esta manera; a continuación, se determinarán las nociones asociadas al concepto de modelos matemáticos deterministas y algunas concepciones a tener en cuenta en el desarrollo de dichos modelos.

2.2.9.1. Consideraciones asociadas a la modelación matemática.

Algunos autores consideran los modelos matemáticos como la expresión formal en lenguaje matemático de un fenómeno, la determinación de las variables es un proceso de gran relevancia en la construcción del modelo, como lo resalta Ochoa (2007, p. 73) En los modelos determinísticos las buenas decisiones se basan en sus buenos resultados [...] Esto depende de la influencia que puedan tener los factores, también en la cantidad de información que el tomador de decisión tiene para controlar dichos factores. En este sentido los modelos de carácter deterministas tienen una decisión propia en la muestra de datos, hecho que difiere de los modelos estocásticos en la que la incertidumbre emergente de las probabilidades de los datos es más amplia.

En la construcción de un modelo determinista se tienen en cuenta diversas perspectivas, (Maldonado, L. F. 2013, p. 12.) Resalta las siete fases para la construcción de un modelo matemático; En primer lugar, destaca la definición y objetivos del problema a resolver, luego Recolección y proceso de datos empíricos, en este proceso se resalta la cuantificación de la muestra de datos. por otro lado, se considera formulación del modelo matemático a partir de dos hechos fundamentales, los cuales son; Selección de las variables más relevantes a incluir y de las interrelaciones entre ellas, dando a lugar un modelo de carácter estructural y la expresión en términos matemáticos de las relaciones entre las variables, con lo que se obtiene un modelo funcional con capacidad operativa.

- 1. Definición del problema y de sus objetivos.**
- 2. Definición de la teoría que gobierna el problema.**
- 3. Descripción de la situación física en términos matemáticos.**
- 4. Solución matemática del modelo.**
- 5. Comparación del modelo con la situación real.**
- 6. Estudio de las limitaciones del modelo.**
- 7. Aplicación del modelo e interpretación de los resultados obtenidos.**

Tabla 3 - Pasos en el proceso de modelado. Maldonado, L. F. 2013. p.12.

Se debe tener en cuenta que los parámetros que se generan entre la interrelación de las variables y la validez de modelo se efectúan con metodologías experimentales o la aproximación a la predicción de los fenómenos a estudiar. Esto quiere decir que tanto los modelos deterministas como los modelos estocásticos pueden ser metodologías de resolución de problema aproximadas no exactas, esto depende de varias circunstancias como lo pueden ser; la complejidad de la situación en cuestión, las limitaciones establecidas en la situación problema y la descripción del espacio muestral de las variables.

Se debe resaltar que, el diseño de la calculadora nombrada en este trabajo está estrictamente diseñada bajo modelos matemáticos deterministas. En este sentido es relevante destacar los aspectos relacionados a procesos que llevan a cabo en la modelación de situaciones medioambientales. En la tabla 3 (Maldonado, L. F. 2013) destaca en primer lugar el interés por una problemática del mundo real en la que emerge la formulación del modelo a través de las matemáticas como medio de análisis, Seguido a este hecho destaca la importancia de los desarrollos matemáticos para la resolución y conclusión de la situación problema y por último y menos importante la interpretación y validación determinada por la certeza de las predicciones establecidas por el modelo.

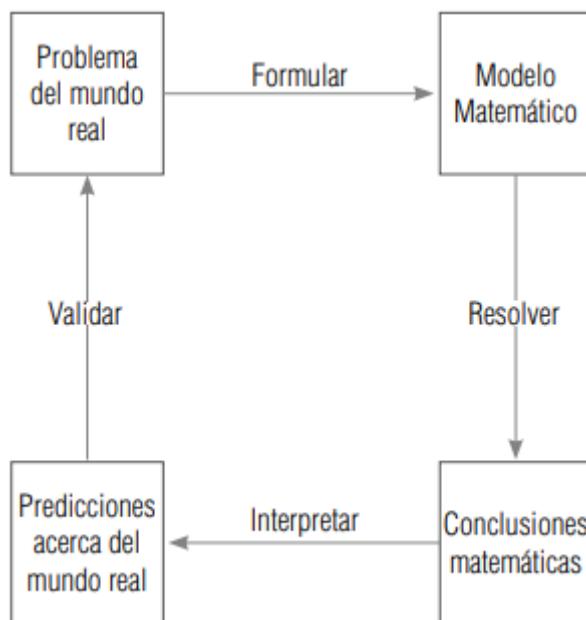


Tabla 4 - Procesos de modelado. Maldonado, L. F. 2013, p. 11.

2.2.9.2. *Objetivos asociados a la construcción de los modelos*

deterministas:

La construcción de los modelos matemáticos deterministas tiene como objetivo reflexionar sobre los niveles de contaminación que se aportan por el uso de vehículos automotores. En este sentido, los modelos matemáticos son el medio por el cual se cuantifican dichos niveles de contaminación.

Por otro lado, el diseño y elaboración de los modelos tiene por objetivo estructurar y crear el aplicativo virtual, en el que se hacen evidentes las toneladas anuales de dióxido de carbono emergentes de la quema de combustibles por el parque automotor de la ciudad de Bogotá.

Teniendo en cuenta los anteriores objetivos, es importante reconocer los desarrollos establecidos en modelos matemáticos ya elaborados para el diseño y análisis de los niveles de contaminación en la capital (Bogotá). Por este motivo, en este marco teórico se harán evidentes algunos datos asociados a las variables de contaminación atmosférica Además de esquemas elaborados para la interrelación de variable en la modelación del fenómeno ambiental.

2.2.9.3. *Datos, variables y esquemas en los modelos medioambientales.*

En este apartado se presentarán algunas observaciones relacionadas a estudios ya expuestos que abordan el cálculo de los niveles de contaminación de CO_2 emergentes del uso de vehículos automotores. A continuación, en la tabla 5 se visualiza el desarrollo de un modelo matemático determinista que se basan en 3 variables; estas variables son:

- A. Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos; o, si no disponemos de este dato, opción B.
- B. Cuantía económica (euros) asociada al consumo de combustible (diésel o gasolina); o, si tampoco disponemos de este dato, opción C.
- C. Kilómetros recorridos y marca y modelo del automóvil (diésel o gasolina).

Tabla 5 - Comisión Interdepartamental del Cambio Climático 2011, p. 18.

Las dos primeras variables de consumo están categorizadas en litro de combustible y costo del consumo del combustible. Por otro lado, se tiene en cuenta una tercera variable que está asociada a los kilómetros recorridos por el vehículo automotor y que pretende cuantificar el factor constante de CO_2 emergente del consumo de combustible por kilómetro recorrido.

Teniendo en cuenta la importancia del factor constante de contaminación, en el estudio establecido por la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (2011) los modelos matemáticos deterministas categorizan 3 tipos de vehículos automotores en los que se especifica los litros de combustible consumidos; estos vehículos son: Vehículos particulares, motocicletas y autobuses.

A. Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos	
DATOS DISPONIBLES	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (litros diésel o gasolina)	<p>Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los factores de emisión siguientes:¹⁴</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro • Diésel: 2,61 kg de CO₂/litro • Bioetanol: 2,38 kg de CO₂/litro - % bioetanol¹⁵ Si utilizamos bioetanol 5, el combustible tiene un 5 % de bioetanol (y un 95 % de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2,38 – (0,05 x 2,38) = 2,26 kg de CO₂/litro • Biodiésel: 2,61 kg de CO₂/litro - % biodiésel¹⁶ Si utilizamos biodiésel-30, significa que tiene un 30 % de biodiésel (y un 70 % de diésel) y las emisiones asociadas son = 2,61 – (0,3 x 2,61) = 1,83 kg de CO₂ /litro

Tabla 6 - Descripción litros de combustible consumidos por Vehículos particulares.

En la tabla 6 se puede apreciar el consumo de combustibles por litros y su respectiva emisión de contaminación a la atmósfera. De esta información se puede inferir que la gasolina emite 2,38 kg de CO₂ por litro, el Diesel 2,62 kg de CO₂ por litro. Este factor de contaminación es semejante para los vehículos (buses y motocicletas) A continuación se observarán dichos niveles cuantificados.

A. Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos	
FUENTE DE LOS DATOS	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (litros gasolina)	Cálculo de las emisiones de CO ₂ a partir del siguiente factor de emisión: ³⁰ <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro

B. Cuantía económica (euros) asociada al consumo de combustible	
DATOS DISPONIBLES	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Coste económico del consumo de combustible (gasolina) (euros)	<p>1.º Cálculo de los litros consumidos (céntimos €/litro): De forma orientativa, para Cataluña pueden utilizarse los datos siguientes³¹:</p> <p>Año 2010:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina 95: 117,1 céntimos €/l • Gasolina 98: 128,8 céntimos €/l <p>2.º Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir del siguiente factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina: 2,38 kg de CO₂/litro

Tabla 7 - Descripción litros de combustible consumidos por motocicletas.

A. Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos	
DATOS DISPONIBLES	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (litros diésel o gasolina)	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los factores de conversión siguientes:³⁴ <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro • Diésel: 2,61 kg de CO₂/litro • Bioetanol: 2,38 kg de CO₂/litro - % bioetanol³⁵ • Si utilizamos bioetanol 5, el combustible tiene un 5 % de bioetanol (y un 95 % de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2,38 – (0,05 x 2,38) = 2,26 kg de CO₂/litro • Biodiésel: 2,61 kg de CO₂/litro - % biodiésel³⁶ • Si utilizamos biodiésel-30, significa que tiene un 30 % de biodiésel (y un 70 % de diésel) y las emisiones asociadas son = 2,61 – (0,3 x 2,61) = 1,83 kg de CO₂/litro • Gas natural: 2,71 kg de CO₂/kg gas natural³⁷

Tabla 8 - Descripción litros de combustible consumidos por autobuses.

En la tabla 7, se puede visualizar los índices de contaminación a partir del valor económico expuesto en la inversión de combustibles para vehículo automotor. En este cuadro se muestra la relación entre el costo del combustible y su respectiva tasa de contaminación al ser consumido. Teniendo en cuenta el contexto Bogotano a continuación se harán evidentes los precios de combustibles tales como ACPM y gasolina, los cuales son los más usados en el parque automotor distrital.

Precios de referencia por ciudades	Vigencia 10 de Noviembre de 2020	
	Gasolina MC (\$/gal)	ACPM (\$/gal)
Bogotá	8.250	8.237
Medellín	8.179	8.245
Cali	8.224	8.347
Barranquilla	7.910	7.966
Cartagena	7.873	7.935
Montería	8.123	8.185
Bucaramanga	8.003	8.024
Villavicencio	8.350	8.337
Pereira	8.249	8.297
Manizales	8.237	8.287
Ibagué	8.218	8.227
Pasto	6.878	7.519
Cúcuta	6.448	6.783
*Promedio PVP Precio - 13 Ciudades Principales	7.919	8.030

Tabla 9 - Precio combustible de referencia por ciudad, Minenergía, 2020.

Los modelos matemáticos establecido en la mayoría de los casos describen específicamente los índices de consumo de combustible y la frecuencia en que se hace de esta manera se debe resaltar que para el análisis de los índices de contaminación de dióxido de carbono en la atmósfera de Bogotá no se consideran los datos y variables asociadas al transporte marítimo y de aviación. Por otro lado, si se consideran los vehículos automotores tales como

buses, vehículos particulares, taxis y motos. A continuación, se destacarán algunos ejemplos de modelos matemáticos deterministas para la cuantificación de los índices de contaminación.

2.2.9.4. Modelos matemáticos generados para el cálculo de los niveles de contaminación en la atmósfera.

Como se había mencionado anteriormente, los modelos matemáticos deterministas que tienen por objetivo la cuantificación de los índices de contaminación atmosférica, describen sus variables y datos en relación a las frecuencias de consumo. En el modelo expuesto en la tabla 10, se establece los datos de actividad (AD) se refieren a los litros de combustible consumido, coste económico del combustible, que a su vez se traduce en litros, o los kilómetros recorridos durante un viaje (Bedoya, V. R., Sardà, O.M., & i Guasch, C. M. 2016, p. 309)

$$g \text{ CO}_2 \text{ emitidos} = AD_i \times EF_i$$

Donde:

g CO₂ = gramos de CO₂
AD = datos de actividad
EF =factor de emisión de CO₂
i = tipo de combustible o modo de transporte usado

Tabla 10 - Modelo determinista (Bedoya, V. R., Sardà, O. M., & i Guasch, C. M. 2016. p. 308.)

Como se había visto en la tabla 5, el factor de emisión EF corresponde a la cantidad de litros de combustible consumidos, que a su vez representa los niveles de contaminación cuantificados como los niveles de monóxido de carbono emitidos por litro de combustible consumido.

2.2.10. Alfabetización Digital y uso de recursos virtuales en el aula

En concomitancia con el momento socio histórico cultural que atravesamos, debido al SARS CoV 2, fue necesario remitirse a las herramientas digitales y virtuales (TIC), en aras de seguir trabajando con los estudiantes. Esto supone una infinidad de retos, como la accesibilidad

a los medios, o la disponibilidad de recursos económicos (Díaz-Castrillón & Toro-Montoya, 2021, p. 199). Si trascendemos de estas problemáticas y nos enfocamos en el desarrollo de las clases, haciendo uso de las TIC, podemos aseverar que no ha sido nada fácil para la generalidad de los actores educativos hacer uso de estas diversas herramientas y aplicaciones modernas, pues es algo nuevo y que, de no ser por la necesidad, muchas personas hubieran preferido no utilizar.

De manera que se ha venido presentando un proceso de alfabetización digital por parte de toda la comunidad educativa, principalmente en las familias que no disponían de los medios de conectividad y que se vieron en la necesidad de adquirir bien sea un dispositivo móvil, un ordenador, una Tablet, etc. Justo como nos indica Joye (2020) así nos encontramos en medio de un proceso de aprendizaje y de reconocimiento de las TIC en su documento, el proceso que se da en diferentes grados de complejidad y para la generalidad de actores educativos en niveles proporcionales a su rol educativo. Estos conocimientos no van a desaparecer, en algún momento se va a retornar a la presencialidad total y este saber se podrá seguir aplicando en aras de actualizar cada vez más el aula de clases.

Entonces la discusión trasciende de las dificultades generadas por la pandemia, para posarse sobre estos insumos o procesos de alfabetización digital, que son conocimientos, aptitudes, habilidades y capacidades recientemente desarrolladas, que posteriormente se entrelazan con aquellas estrategias y las diversas flexibilizaciones curriculares que se proyectaron, en aras de potenciar el proceso formativo y de aprendizaje de los estudiantes (Rocas, 2020, p. 24), hablamos entonces de las enseñanzas y retos que se presentan ante el currículo fruto de la coyuntura actual y de su abordaje, propuestas e implementación en el campo educativo.

3. Capítulo 3 - Metodología Calculadora Ambiental Interactiva

3.1.1. Naturaleza de la Propuesta:

Como se ha podido mencionar a lo largo del presente trabajo, existe una problemática relativa a la calidad del aire y a la contaminación del mismo, principalmente por componentes micro particulados; en respuesta a esto se da un interés particular en el desarrollo de la conciencia ambiental en los ciudadanos bogotanos, esto como una posible medida de contra impacto, por ello se propone el diseño e implementación de una cartilla didáctica, qué fundamenta sus actividades en el uso de la calculadora virtual interactiva, de modo que permita potenciar la sensibilidad ambiental en una población determinada, siendo al tiempo, esta cartilla didáctica, una herramienta útil y de gran impacto, que queda disponible al alcance de la ciudadanía bogotana para su futura optimización y uso.

3.1.2. Constructos y Categorías

La construcción de la cartilla didáctica se propone como el resultado de diferentes aspectos y componentes a desarrollar, necesarios para realizar el ensamblaje y articulación de cada uno de los apartados deseados, que se quiere contenga la cartilla: primeramente se deben generar los modelos matemáticos deterministas que contemplan las variables por las que pregunta la encuesta de la calculadora; también se debe realizar la programación del aplicativo virtual, incluyendo la interfaz, funcionamiento de la calculadora en relación con los modelos deterministas y otros aspectos propios del proceso de ingeniería y diseño; así mismo se debe generar la cartilla didáctica, todos sus componentes y consideraciones, en formato virtual pdf. De modo que presentamos inicialmente el desarrollo de la calculadora como aplicativo y en segunda instancia se construye la cartilla como recurso didáctico.

3.2. Desarrollo de Modelos para la Calculadora Ambiental

Para la construcción del aplicativo “Calculadora Ambiental Interactiva”, decidimos establecer tres (3) fases, se recalcan los referentes descritos en el marco teórico y las intenciones de generar una **herramienta y recurso didáctico para la reflexión ambiental**, de manera que estos insumos nos den directriz en nuestro trabajo.

La primera fase corresponde a la definición de las variables que se deben considerar, sin olvidar que estamos trabajando con modelos matemáticos deterministas; una segunda fase corresponde al diseño de los modelos que nos permitan determinar la cantidad de contaminación de CO_2 que aporta una sola persona según los medios automotores que usa en su cotidianidad; finalmente se procederá a la construcción del modelo Muck Up del aplicativo y luego la aplicación Calculadora Virtual Interactiva.

En el desarrollo de los modelos matemáticos para la creación de la calculadora virtual, se considera específicamente el planteamiento de los modelos matemáticos deterministas, los cuales cuantifican los niveles CO_2 generados por cada persona usuaria del transporte automotor. Para el planteamiento de los modelos se consideran las variables ya definidas.

3.2.1. Fase 1. Identificación de variables

En esta fase se pretende identificar las variables con mayor influencia en los niveles de contaminación de CO_2 producidos por el uso de vehículos automotores en la ciudad de Bogotá. En consideración, el análisis y determinación de las variables deben permitir una amplia recolección de datos, necesarios para la cuantificación de los aportes de CO_2 generados por los usuarios de la calculadora virtual. En este orden de ideas, la determinación de las variables del

fenómeno ambiental permitirá establecer los impactos ambientales desde el punto de vista de las variables físicas, químicas, Biológicas y de más variables a considerar, esto pensando que,

“... las metodologías de evaluación de impacto ambiental deben ser integrales, con la finalidad de identificar, predecir, cuantificar y valorar las alteraciones (impactos ambientales) de un conjunto de acciones y/o actividades. Es decir, nos permiten conocer qué variables físicas, químicas, biológicas; así como los procesos socio económicos, culturales, y paisajísticos, que serán afectados significativamente por el proyecto o actividad.” (Luna, 2014, p. 37).

Teniendo en cuenta lo anterior se pretende establecer variables de frecuencia, las cuales refieren al tiempo y periodicidad de un evento, variables de carácter químico (constantes de contaminación de CO_2 por tipo de vehículo), variables físicas a las que refieren al tipo de vehículo automotor, variables económicas las cuales refieren al precio del combustible y variables relacionadas culturales que son determinados por cada usuario del transporte automotor. La recolección de datos está determinada por preguntas que se le hacen al usuario en relación a las variables de contaminación ya establecidas. Esta recolección de datos y determinación de variables dan apertura a la fase 2 de la investigación asociada a la planificación, planteamiento y desarrollo de modelos matemáticos que cuantifican los niveles de contaminación por cada sujeto.

3.2.2. Fase 2. Planteamiento de los modelos.

En esta fase se determina el modelo matemático que cuantifica los aportes de CO_2 de cada individuo usuario de vehículos automotores. Para el planteamiento del modelo matemático se tuvo en cuenta las variables del fenómeno ambiental ya definidas. Además, se

tuvo en cuenta las variables establecidas para proponer una posterior encuesta, con el objetivo de tener un método cómodo de recolectar los datos que posteriormente serían reemplazados en los modelos matemáticos para el cálculo de los índices de contaminación generados por cada sujeto encuestado o que haga uso del aplicativo.

En el planteamiento del modelo matemático se decidió hacer el estudio de los niveles de contaminación de CO_2 generados por vehículos automotores a través de 2 categorías las cuales son: los niveles de contaminación generados por vehículos de servicio público (taxis, Transmilenio, buses tradicionales) y los niveles de contaminación generados por vehículos de uso privado o particulares (carro y moto). En este orden de ideas a continuación se evidencian dichos modelos.

Modelos para vehículos automotores de transporte público.	
Tm – TON CO_2 producidas anualmente por uso de Transmilenio.	
Modelo para TM	Convenciones
$T_m = \frac{k_5 a}{1000} \cdot f \cdot \frac{365}{7}$ <p>Ecuación 1</p>	<p>f = Cantidad de veces que usa Transmilenio en unas semanas</p> <p>a = Promedio de los minutos que duran los viajes</p> <p>k_5 = Constante de contaminación por persona por uso de Transmilenio (0.00028 kg CO_2)</p> <p>¿Suele hacer uso del servicio de Transmilenio?</p> <p>En promedio ¿cuántas veces usa Transmilenio a la semana?</p>

	En promedio ¿cuántos minutos duran los viajes que realizas?
S – TON CO_2 producidas anualmente por el uso de servicio público.	
Modelo para SITP	Convenciones
$S = \frac{y \cdot t \cdot k_2 \cdot \frac{365}{7}}{1000}$ Ecuación 2	<p>y – Cantidad de viajes a la semana</p> <p>t – Horas de duración del viaje</p> <p>k₂ – Constante de contaminación para el servicio público:</p> $\frac{\frac{42.128 \text{ kg}}{365}}{12'200.000} CO_2$ <p>¿Cuántos viajes realiza semanalmente?</p> <p>¿En promedio cuántas horas duran el recorrido?</p>
L – TON CO_2 producidas anualmente por el uso de taxis.	
Modelo para Taxi	Convenciones
$L = \frac{k_3 \cdot z \cdot u \cdot \frac{365}{7}}{1000000}$ Ecuación 3	<p>u – Cantidad de veces que se utiliza el servicio de taxi semanalmente</p> <p>z – Promedio del valor que marca el taxímetro</p> <p>k₃ – Constante de contaminación para servicio de taxi: $(167 \times 0.60)gr CO_2 = 100.2gr CO_2$</p> <p>En promedio ¿Cuántas veces utiliza el servicio de taxi semanalmente?</p> <p>En promedio ¿Cuánto marca el taxímetro en sus viajes?</p>

Tabla 11. Planteamiento de los modelos de aporte de CO_2 según los medios de transporte públicos.

Es importante aclarar que los modelos que planteamos, se construyeron teniendo en cuenta la recolección de datos que se realizó, para ello se tomaron valores promedios dentro de

los datos claves que necesitábamos, se debe resaltar que los datos seleccionados se extrajeron de los datos actualizados del Ministerio de energías para establecer los valores correspondientes al precio del combustible (Precio combustible de referencia por ciudad, Minenergía, 2020) para que los diferentes modelos fuesen lo más estándar posibles, de manera que, al ser utilizados, los resultados que se generen estén enfocados exclusivamente al usuario; por otro lado, para generar las variables que corresponden a las respuestas de la calculadora, se decidió generar preguntas exclusivamente dicotómicas o cuantitativas, gracias a la recolección de información que realizamos, estandarizamos los resultados, de manera que las respuestas que da el usuario simplemente deben estar dentro de los parámetros de las preguntas, así el cálculo será efectivo y extremadamente cercano del resultado exacto/real.

Modelos para vehículos automotores de transporte particular.	
X – TON CO_2 producidas anualmente por el uso de vehículo particular.	
Modelo para carro	Convenciones
$X = \frac{d}{8350} \cdot 3.78541 \cdot k_1 \cdot \frac{365}{7}$ <p>Ecuación 4</p>	k₁ – Constante de contaminación para automóvil particular 2,37 kg de CO ² d – Dinero que gasta semanalmente en gasolina <i>¿Cuánto invierte en gasolina a la semana? (d)</i>
M – TON CO_2 producidas anualmente por uso de motocicletas	
Modelo moto	Convenciones

$$M = \frac{\frac{k_4 \cdot q \cdot j \cdot \frac{365}{7}}{70} \cdot \frac{k_4 \cdot q \cdot |p - j| \cdot \frac{365}{7}}{35}}{1000000}$$

$$M = \frac{\frac{k_4 \cdot q \cdot \frac{365}{7}}{35} \cdot (\frac{j}{2} + |p - j|)}{1000000}$$

Ecuación 5

j – Promedio de las veces que el usuario utiliza su moto

q – Promedio de los minutos que el usuario utiliza su moto

p – Promedio de las veces que el usuario comparte su moto

k₄ – Constante de contaminación por kilómetro por pasajero 167 gr CO²

¿Tienes moto?

En promedio ¿Cuántas veces usas tu moto a la semana?

En promedio ¿Cuántos minutos tardan los recorridos que realizas en tu moto?

En promedio ¿Cuántas veces a la semana llevas parrillero?

Tabla 12. Planteamiento de los modelos de aporte de CO₂ según los medios de transporte particulares.

En el planteamiento del modelo para el vehículo particular moto se tuvo en cuenta si el vehículo era compartido, es decir si llevaba acompañante. De manera general, en todos los modelos se consideró hacer un análisis de los niveles de contaminación en un periodo de tiempo anual. Se debe aclarar que las constantes de contaminación de cada vehículo automotor fueron establecidas según datos propiciados por el ministerio de transporte y relacionada con los modelos ya establecidos de la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (2011, p. 22)

R – TON CO_2 producidas anualmente por el usuario de la calculadora.

$$R = T_m + S + L + X + M$$

$$R = \frac{k_5 a}{1000} \cdot f \cdot \frac{365}{7} + \frac{y \cdot t \cdot k_2 \cdot \frac{365}{7}}{1000} + \frac{k_3 \cdot z \cdot u \cdot \frac{365}{7}}{1000000} + \frac{d}{8350} \cdot 3.78541 \cdot k_1 \cdot \frac{365}{7} + \frac{k_4 \cdot q \cdot \frac{365}{7} \cdot (\frac{j}{2} + |p - j|)}{35 \cdot 1000000}$$

Ecuación 6

El modelo R es la sumatoria de los modelos X, S, M, L, T_m , de manera simple, este modelo indica la cantidad total de toneladas de CO_2 anuales, que aporta el usuario de la calculadora o la persona que haga uso o se le aplique la cartilla.

Tabla 13. Planteamiento del modelo general de aportes de CO_2 .

3.2.3. Construcción de la Calculadora Ambiental Interactiva

A continuación, describiremos el proceso que realizamos para construir la calculadora virtual interactiva, los aspectos que se tuvieron en cuenta y demás caracterizaciones pertinentes para la estructuración del aplicativo virtual; inicialmente debemos aclarar que en la fase previa se desarrollaron los modelos matemáticos y las respectivas preguntas asociadas, que ayudan a generar el cálculo de los aportes de CO_2 para el respectivo encuestado (usuario de la calculadora), con este insumo, ahora nos enfrentamos a la problemática de construir dicho aplicativo virtual

3.2.4. MockuP - Calculadora Ambiental

Dada la poca experiencia que tenemos como grupo en el ámbito de crear aplicaciones virtuales, más específicamente en la programación de software, decidimos hacer uso de una técnica de construcción de organizaciones, particularmente de la domótica, en donde antes de modernizar o realizar una actualización de un espacio, máquina, etc. se hace un "MockUp", un bosquejo o plano, en el que de manera gráfica se presenta la expectativa de lo que se espera lograr, es un recurso gráfico, no funcional, pero de gran utilidad, pues permite identificar cómo

deseamos que se presente la aplicación, también ayuda a esclarecer qué tipos de apartados se van a implementar.

En particular, nuestro MockUp nos ayudó a establecer categorías para realizar las diferentes preguntas, de manera que entre cada categoría se dé un pequeño espacio de diálogo con el usuario, también nos permitió visualizar cómo buscamos presentar los resultados al usuario. Con el anterior insumo y la encuesta que adjuntamos a continuación, nos proponemos ahora desarrollar la calculadora.

- ¿Tiene carro particular?
- En promedio ¿Cuánto invierte en gasolina a la semana?
- ¿Utiliza servicio público de Bus - microbús?
- En promedio ¿Cuántos viajes realiza semanalmente?
- En promedio ¿Cuántas horas demora el recorrido?
- ¿Suele utilizar taxi?
- ¿Con qué frecuencia utiliza el servicio de taxi semanalmente?
- En promedio ¿Cuánto marca el taxímetro en sus viajes?
- ¿Tiene moto propia?
- En promedio ¿Cuántas veces usas tu moto a la semana?
- En promedio ¿Cuántos minutos tardan los recorridos que realizas en tu moto?
- En promedio ¿Cuántas veces a la semana llevas parrillero?
- ¿Suele hacer uso del servicio Transmilenio?
- En promedio ¿Cuántas veces usa Transmilenio a la semana?
- En promedio ¿Cuántos minutos duran los viajes que realizas?

3.3. Calculadora Ambiental Interactiva

Para realizar la construcción del programa virtual, se tuvo en cuenta nuestra objetivo principal, que es generar una herramienta interactiva que le permita al usuario conocer sus aportes de CO_2 en un periodo de un año; para cumplir con nuestro objetivo, lo primero que realizamos fue elegir un lenguaje de programación que nos permitiera realizar la calculadora con las especificaciones deseadas, para nuestra sorpresa la mayoría de lenguajes lo permiten, por lo que decidimos usar "Python", pues es de fácil acceso y la lógica que maneja es bastante más sencilla que otros lenguajes como "c" o "java". Comenzamos con la construcción del código necesario, primero generando algunos espacios de interacción con el usuario:

```
"""Trabajo para poder encontrar las emisiones de Co2 generadas """
from numpy import abs
from random import randint
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from matplotlib import cm
from matplotlib import colors
from numpy.core.fromnumeric import transpose
print("CALCULADORA DE EMISIONES")
print('Lea cuidadosamente las indicaciones para que la calculadora realice el cálculo respectivo')
print(';Cuál es tu nombre?')
nombre=input()
```

Figura 2 - Código inicial, con el que se busca generar empatía con el usuario. Fuente: Elaboración Propia

Ahora planteamos un método sencillo de responder las preguntas que sugerimos y debido a que nuestra intención es generar una calculadora, decidimos usar exclusivamente valores numéricos dentro de las opciones para responder la encuesta, de manera que cuando el usuario responde las preguntas automáticamente se computan dentro del modelo correspondiente, también incorporamos algunos comandos que ayudan a limitar los tipos de respuestas que da el usuario, además que agregamos algunos mensajes extras que van apareciendo según el tipo de respuesta del usuario, esto para generar cercanía con el usuario. lo podemos notar en la siguiente parte del código:

```

print("¿Tiene carro particular?")
while True:
    carro=input(' por favor escriba 1 para si y 0 para no \n')
    if carro.isdigit() ==True:
        if carro== "1" or carro=="0":
            break
    else:
        print(nombre, ' por favor digite un valor correcto')
if carro == "1":
    while True:
        print("En promedio ¿Cuánto invierte en gasolina a la semana? ")
        gasolina=input(" por favor escriba un valor en pesos \n")
        if gasolina.isdigit() ==True:
            break
        else:
            print(nombre, ' el valor introducido No es correcto')
    gasolina=int(gasolina)
def C(gasolina):
    k=2.37 #Constante de contaminación para automóvil particular
    return gasolina*k*(0.1973820929/8350)
CARRO=C(gasolina)
else:
    print(nombre, " qué bien no usas transporte privado, tu huella de carbono debe ser muy baja")
CARRO=0

```

Figura 3 - Implementación del primer modelo dentro del código de programación. Fuente: Elaboración Propia.

Algo similar a lo anterior se hace para el código correspondiente a los demás modelos; ahora le indicamos al aplicativo que sume el resultado de los niveles de CO_2 de cada uno de los modelos aplicados, para conocer el aporte total realizado por el usuario de la calculadora, de manera que lo pueda conocer, además de esto, programamos algunos consejos o tips, que aparecen de manera aleatoria entre una pequeña base de datos que generamos; gracias a lo anterior, el usuario recibe las toneladas de CO_2 que aporta cada año al medio ambiente según los medios de transporte que utiliza, además de una invitación a reducir dichos niveles mediante la aplicación de alguno de los consejos que ofrece el aplicativo.

```

#Consumo de Co2
Total=CARRO+PUBLICO+TAXI+MOTO+TRASMILENIO
print(nombre, "Tu huella de carbono en el planeta es de: ", Total, "Ton/año")
print('antes que te vayas ',nombre,' tenemos un consejo para ti')
c=randint(1,10)
if c=='1':
    print("Ten en cuenta el uso de vehículos eléctricos")
elif c=='2':
    print("Conviértete en bici-usuario")
elif c=='3':
    print("Comparte tu vehículo con alguien de confianza")
elif c=='4':
    print("Planifica rutas cortas")
elif c=='5':
    print("Evita el exceso de carga")
elif c=='6':
    print("Camine y no contamine")
elif c=='7':
    print("Considera el transporte público en lugar del particular")
elif c=='8':
    print("Mantente al día con la revisión tecnomecánica y de gases de tu vehículo")
elif c=='9':
    print("Cambia tu moto de dos tiempos por una de cuatro tiempos o una eléctrica ")
else:
    print("Planta un árbol cerca de tu hogar")
print(nombre, 'gracias por usar la calculadora de emisiones')

```

Figura 4 -Consejos implementados dentro del aplicativo en desarrollo. Fuente: Elaboración Propia.

Gracias a todo el proceso desarrollado hasta este punto nos preocupamos de condensar nuestros avances en una presentación sencilla, limpia, que ayude al usuario a usar de mejor modo la calculadora, introduciendo un apartado inicial, que es una ventana que da bienvenida y presenta la aplicación al usuario.

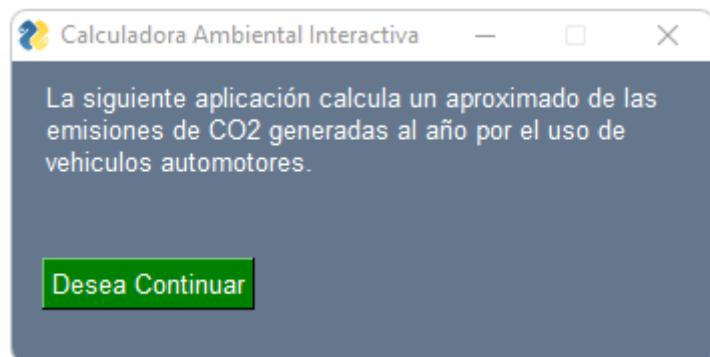


Figura 5 - Ventana Inicial de Presentación. Fuente: Elaboración Propia.

El usuario entonces debe presionar el botón subrayado y accede a un panel, que presenta la encuesta de manera clara y directa, los datos que se recolectan mediante la encuesta serán

computados por la aplicación para su posterior uso en el cálculo de las toneladas de CO_2 al año que aporta el usuario de nuestro recurso para la reflexión ambiental.

The screenshot shows the 'Modelo CO2' application window. It contains a list of questions in blue and red text, each followed by a checkbox labeled 'si' and a button labeled with a letter (P1 through P5). Below the questions are five green buttons labeled 'Modelo TM', 'Modelo SITP', 'Modelo Taxi', 'Modelo Carro', and 'Modelo Moto'. At the bottom are two green buttons: 'Modelo R-TON CO2' and 'Mostrar resultados'.

Pregunta	Opción	Valor
¿Suele hacer uso del servicio de transmilenio?	<input type="checkbox"/> si	P1
En promedio ¿Cuantas veces usa transmilenio a la semana?	<input type="checkbox"/>	0
En promedio ¿Cuantos minutos duran los viajes que realizas?	<input type="checkbox"/>	0.00
¿Suele hacer uso del servicio de transporte publico?	<input type="checkbox"/> si	P2
En promedio ¿Cuantos viajes realiza semanalmente?	<input type="checkbox"/>	0
En promedio ¿Cuantas horas dura el recorrido?	<input type="checkbox"/>	0.00
¿Suele hacer uso del servicio de taxi?	<input type="checkbox"/> si	P3
En promedio ¿Cuantos veces utiliza taxi semanalmente?	<input type="checkbox"/>	0
En promedio ¿Cuanto marca el taxímetro en sus viajes?	<input type="checkbox"/>	0.00
¿Tiene vehículo particular?	<input type="checkbox"/> si	P4
En promedio ¿Cuanto invierte en gasolina a la semana?	<input type="checkbox"/>	0.00
¿Tiene moto?	<input type="checkbox"/> si	P5
En promedio ¿Cuantas veces usas moto a la semana?	<input type="checkbox"/>	0
En promedio ¿Cuantas minutos tardan los recorridos?	<input type="checkbox"/>	0.00
En promedio ¿Cuantas veces a la semana lleves parrillero?	<input type="checkbox"/>	0.00

Figura 6 - Panel Principal de la Calculadora. Fuente: Elaboración Propia.

Cada botón de la calculadora tiene una funcionalidad, así, los botones “P1”, “P2”, “P3”, “P4” y “P5” habilitan la edición en las celdas; los botones “Modelo Vehículo” ejecutan los modelos y generan el cálculo de los aportes de CO_2 para el usuario de la calculadora. También gracias a la funcionalidad del lenguaje Python, se añadió un apartado que permite comparar los niveles de contaminación de cada uno de los medios de transporte utilizados por el usuario, esto mediante un cuadro que presenta los porcentajes parciales que se aporta según el uso de cada vehículo. Se realiza un pequeño ejemplo para ilustrar el uso del aplicativo:



Figura 7 - Resultados Totales del Usuario. Fuente: Elaboración Propia.

Observemos los resultados de ejemplo, pero expresados individualmente en sistema de representación porcentual y notemos como el vehículo carro es el que presenta la mayor parte del porcentaje de contaminación total:

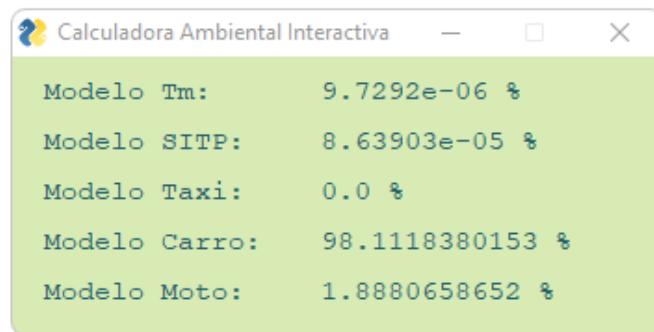


Figura 8 - Resultados Totales del Usuario. Fuente: Elaboración Propia.

Consideramos entonces que con el resultado alcanzado estamos cómodos y podemos continuar con la construcción de la cartilla, que nos debe permitir presentar la problemática al usuario, desde diferentes puntos de vista y recursos, que nutran el contexto abordado, al tiempo que invita a concientizarse de la importancia del cuidado del aire y la participación del usuario en dicha tensión actual.

3.4. Diseño de Cartilla para la Conciencia Ambiental Intervención en la educación Secundaria Básica

Con los diferentes insumos que hemos generado previamente, nos podemos disponer a generar la cartilla didáctica virtual para la concientización ambiental; pero antes de articular la propuesta, se quieren hacer algunas aclaraciones que pueden orientar de mejor manera el objetivo y los alcances del trabajo. Primeramente, se aclara que la cartilla va a ser probada una única vez en una población particular, esto para realizar una prueba piloto y validar las respuestas de los encuestados, así mismo, identificar aspectos a mejorar y recomendaciones generales que sean pertinentes y ayuden a potenciar las herramientas diseñadas.

3.4.1. Cómo se Construyó la Cartilla

Justo como se ha mencionado anteriormente, nuestro objetivo es el de ofrecer un recurso que les permita a las personas conocer de la problemática ambiental actual y qué papel juegan en esto, si existe algún compromiso, o modo de responsabilidad. Por lo anterior, la cartilla comienza su presentación con una portada, algunas páginas de información general de interés, información y recursos frente a la problemática de la calidad del aire en Bogotá, la presentación de la calculadora ambiental e instrucciones de uso, finalmente se enlaza una exposición interactiva que presenta al usuario la matemática e ingeniería que estuvo detrás del desarrollo del aplicativo y los créditos finales.

3.4.2.1. Portada y Primeras Páginas:

En la portada se quiso exponer la relación con la vida saludable, la naturaleza y el carácter de nuestra propuesta con el cuidado del medio ambiente y expresar un aire puro, como un sitio de paz y armonía. A lo largo de la cartilla se incluyen enlaces codificados en “códigos QR” qué es el modo bajo el cual hemos resuelto construir el contexto de esta problemática para el usuario.

Las primeras páginas de nuestra cartilla se encargan de ofrecer al usuario, desde diferentes fuentes y tipos de recursos digitales, la suficiente información para que tenga un panorama más amplio y claro acerca del estado actual de nuestro planeta en términos medio ambientales. Recalcamos la importancia del cambio climático y el cuidado de los ecosistemas gracias a los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU (Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Rieckmann, M. 2017).

Agregamos también algunos documentales que recuerdan el momento actual que atraviesa el planeta debido a la extinción de diferentes especies de flora y fauna endémicas de diferentes partes del mundo. Esto con la intención de cargar emocionalmente al usuario y empatizar con sus necesidades e intereses.



Figura 9 - Portada y Primera Página de la Cartilla: Fuente Elaboración Propia.

3.4.2.2. Páginas de Contextualización acerca de la Calidad del Aire en Bogotá:

En las siguientes páginas de la cartilla se presentan algunas noticias referentes a momentos de alerta por la mala calidad del aire en la ciudad de Bogotá. Hablamos de finales del 2018 cuando se declaró alerta amarilla debido a algunos incendios en los cerros orientales aledaños a la ciudad de Bogotá o hacia finales del 2019 y principios del 2020 cuando nuevamente se declara alerta amarilla en la ciudad (Mejia, 2019, p. 5-6).

Ante estos eventos, unas de las primeras medidas que se toman por parte de la alcaldía mayor de Bogotá, es la de reducir el tráfico vehicular, mediante diferentes estrategias como lo son los “pico y placa” medioambientales o algunas restricciones a ciertos sectores de la movilidad, como a los conductores de servicios de tracto-camión “Art 74-prohibición y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera” (Zaride, N. 2014, p. 68)

.

Al tiempo se presentan las consecuencias que trae consigo esta ola de contaminación del aire y del ecosistema bogotano, siendo las enfermedades respiratorias las respuestas más comunes entre los ciudadanos. Esto a largo plazo también genera otro tipo de complicaciones para la salud de los transeúntes, pues se ha demostrado que, el desarrollo cognitivo y fisiológico de los seres humanos también depende de estos factores presentes en el entorno próximo (Organización Mundial de la Salud. 2018, p. 23-34).

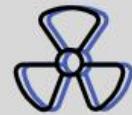
Bogotá es una de las ciudades más grandes del país y de Latinoamérica, al considerarse como una ciudad vehicularmente congestionada, nos da una idea del tamaño y magnitud del parque automotor con el que cuenta, "... circulan cerca de 2'400.000 vehículos. De estos, el 50% son automóviles, el 20% motocicletas y el 14%, camionetas.



Solo un 5% corresponde a transporte de servicio público y un 2%, a taxis amarillos. Esto significa que por cada 3 habitantes hay un vehículo a motor y por cada motocicleta, 4 carros ..." Orostegui, O. (2020) Director de Bogotá como Vamos.



AFFECTACIÓN A LA SALUD PÚBLICA POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.



Los problemas por contaminación atmosférica han incrementado junto con la tasa de mortalidad por afectaciones en la salud pública, específicamente en patologías respiratorias. Reportes de la OMS han cuantificado en el año 2012 una tasa de 2,6 millones de muertes a causa de contaminación atmosférica, sin tener en cuenta las muertes por contaminación de interiores que supera las 3.3 millones de muertes (OMS, 2006).



Figura 10 - Páginas de Contextualización. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2.3. Páginas de Presentación del Aplicativo e Instrucciones de Uso.

Una vez se ha desglosado esta temática para el usuario de la cartilla, procedemos a presentar la aplicación “Calculadora Ambiental Interactiva” y su sitio de descarga, dado que es una herramienta digital portable, no requiere de proceso de instalación o descompresión de ficheros, sino exclusivamente de su descarga, posterior a esto se presentan las instrucciones de uso.

Para utilizar la aplicación basta con descargar el recurso enlazado en la cartilla e iniciar el ejecutable, dentro del documento se presentan algunas páginas que desarrollan un ejemplo al tiempo que van explicando para qué sirve cada uno de los botones del recurso, también se anexaron algunas aclaraciones respecto a la interpretación de los resultados, esto con la intención de facilitar la comprensión al usuario.

SE HA HECHO EVIDENTE UN PROBLEMA, QUE SE TORNA EN UNA CARRERA CONTRA EL TIEMPO PARA SALVAR AL PLANETA.

TÚ TAMBIÉN FORMAS PARTE DE ESTA PROBLEMÁTICA, POR ESO TE QUEREMOS PREGUNTAR:

¿CUÁLES SON TUS APORTES A LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL?

Para responder la anterior pregunta, te presentamos la siguiente herramienta digital, que llamamos La Calculadora Ambiental Interactiva

Es un sencillo aplicativo que nos permite calcular un aproximado de las emisiones de CO₂ que generamos al año, exclusivamente por el uso de vehículos automotores, mediante algunas preguntas acerca de los medios de transporte que solemos utilizar en nuestra cotidianidad.

Figura 11 - Instrucciones de Descarga y Uso de la Aplicación. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2.4. Páginas Finales y de Créditos.

Para realizar la parte final de la cartilla se anexa una presentación online interactiva que ayuda a dar validez y justificación a los resultados obtenidos por la calculadora mediante un apartado de “La Matemática detrás de la Calculadora Ambiental”, además que presenta al usuario el proceso que se desarrolló y las fases que se diseñaron para construir el recurso virtual.

El objetivo de añadir este apartado final es el de validar el proceso previamente desarrollado frente al usuario, para dotar de sustento a los resultados que la calculadora puede presentar, es decir, subyace un interés de justificar frente al usuario que las respuestas que arroja la calculadora deben ser tomadas en cuenta, pues los valores que arroja son unos índices altos para una única persona, esto también da cuenta al usuario del recurso acerca de la magnitud de la problemática y que tal vez no estamos siendo tan conscientes de ello.

Se cierra la cartilla con una página de créditos a los desarrolladores y editores del aplicativo digital y la cartilla para la reflexión ambiental, los respectivos datos de publicación y un pequeño mensaje inspirador de un gran divulgador científico, escritor y docente de ciencias naturales.

Haciendo un ejemplo:

The application interface includes a survey section with questions like "¿Suele hacer uso del servicio de transmilenio?" and "¿Cuántas veces usa taxi semanalmente?", each with a yes/no checkbox and a bar chart. Below the survey are five model results: Modelo TM, Modelo SITP, Modelo Taxi, Modelo Carro, and Modelo Moto, with their respective values in scientific notation.

Below the survey is a button labeled "Mostrar resultados".

A callout box points to the results table with the text: "Esta opción presenta tus porcentajes de emisiones de CO2 por cada tipo de vehículo automotor que uses."

Another callout box points to the results table with the text: "En este ejemplo, podemos observar que el vehículo que tiene un mayor porcentaje de contaminación es el auto particular."

Text at the bottom left: "Debido a que el servicio público es usado por una población amplia, los aportes de CO2 por parte del usuario son mínimos, de ahí que el porcentaje y también los resultados de la pantalla anterior se muestren en notación científica."

La Matemática detrás de La Calculadora Ambiental Interactiva

The diagram shows three types of vehicles (bus, taxi, car) connected to a central computer icon. Arrows point from each vehicle icon to its corresponding model representation below it.

Text: "Para desarrollar el aplicativo se consideraron tres (3) fases. Una inicial que corresponde a la revisión documental y recolección de información; Una segunda que se trata de la construcción de los modelos matemáticos deterministas que usaría la calculadora; Finalizamos con una fase de diseño, prototipado y desarrollo del aplicativo con ayuda del lenguaje de programación Python."

QR code and text: "¿Quieres Saber Más?"

Figura 12 - Instrucciones de Uso y Justificación Matemática del Recurso. Fuente: Elaboración Propia.

Nuestro siguiente objetivo se trata de aplicar por primera vez y a modo de prueba piloto nuestra cartilla para la reflexión ambiental y el aplicativo digital “Calculadora Ambiental Interactiva”. Esto con la intención de realizar un primer testeo, revisar el alcance de la propuesta en una pequeña población e incluso analizar los resultados, de este modo también determinar diferentes aspectos a potenciar de la propuesta y recursos desarrollados.

3.5. Aspectos Metodológicos de la intervención Pedagógica.

3.5.1. Aplicación de Cartilla para la Conciencia Ambiental

La cartilla para la reflexión ambiental que se ha diseñado se aplicará en la institución educativa congregacional privada: Nuestra Señora del Pilar Sur, en compañía de los niveles de bachillerato: 8vo, 9vo, 10mo y 11mo. Bajo la guía de la asignatura de física como actividad bimestral, proyecto de aula. Esto con el objetivo de implementar la actividad piloto y testear los recursos de esta propuesta, en una pequeña población con alcance de aproximadamente 2000 personas, de la localidad de San Cristóbal en Bogotá, así obtener algunas perspectivas, comentarios y recomendaciones iniciales de los insumos diseñados y presentar un pequeño análisis de los resultados medidos.

3.5.2. Caracterización infraestructural.

La institución educativa se encuentra ubicada en la localidad cuarta (4) de Bogotá D.C., San Cristóbal, sobre la avenida décima (10) con calle once (11) sur. específicamente en el barrio Quinta Ramos, que pertenece al estrato socioeconómico dos (2). Debido a que es una institución de carácter congregacional cuenta con diferentes espacios dedicados a la oración y la reflexión, esto incluye templos, salas de oración, capilla y áreas de meditación; también cuenta con diferentes espacios para el desarrollo de los estudiantes, como lo son: laboratorios de física, de química, de inglés, salas especializadas de danzas y de teatro, posee tres (3) canchas para deportes, dos (2) de baloncesto y una (1) de voleibol.

En las inmediaciones de la institución se encuentran diferentes tipos de conjuntos residenciales y espacios de zonas residenciales, se puede encontrar la estación de Transmilenio Ciudad Jardín, el parque barrial Ciudad Berna, el hospital San Rafael, un tramo del río Fucha

y diferentes tipos de negocios comerciales con relativa cercanía. Lo que presenta esta institución como un sitio de historia, trayectoria, concurrido y de renombre entre los transeúntes.

3.5.3. Caracterización poblacional.

Se desarrollará el trabajo de intervención con la cartilla didáctica en compañía de las estudiantes de la institución, pertenecientes a los grados: 8°, 9°, 10° y 11°, aclarando que es una institución femenina; la población de más de 200 estudiantes, se describe como un grupo de jovencitas entre los 13 y los 18 años de edad, que viven en los barrios aledaños a la institución, principalmente en un estrato socioeconómico 2 y 3.

En su mayoría, adolescentes que viven en plenitud la época de la posmodernidad y por tanto obedecen a las diferentes corrientes ideológicas y del entretenimiento propias del Zeitgeist actual, como son las redes sociales, los aplicativos virtuales, entre otros. Sus personalidades son variadas, pero nada extraordinario a resaltar, con caracteres dóciles, muy atentas, comunicativas, empáticas y diligentes.

3.5.4. Propuesta de Intervención:

Desde el área de Ciencias Naturales, la asignatura de Física, para los niveles de 8°, 9°, 10° y 11°, en la institución a intervenir, dispuso el espacio de la tercera y la cuarta semana académica del primer bimestre, para realizar la socialización, implementación y recolección de resultados del piloto con la cartilla didáctica para la concientización ambiental.

Dicho trabajo se plantea a partir de dos momentos, el primero corresponde a la socialización y explicación del uso deseado para la cartilla, sus alcances y modos de uso de la

calculadora mediante algunas actividades; en un segundo momento, se espera que las estudiantes utilicen el aplicativo virtual en sus hogares, de preferencia en compañía de sus familiares, para luego recolectar la información y resultados propios del trabajo ejecutado.

Luego de aplicar las actividades y recolectar los resultados, se hace el respectivo cruce y análisis de la información recaudada, para postular algunas conclusiones, sugerir cambios, recomendaciones metodológicas y mejoras en la calculadora o la cartilla, de modo que quede como un insumo disponible, como un recurso que permite el desarrollo de la conciencia ambiental.

3.5.5. Piloto con una Población

Como se pudo mencionar previamente la actividad piloto se asignará a las estudiantes bajo el desarrollo del proyecto de aula de la asignatura del área de ciencias naturales, física. Para indicar a las estudiantes lo que debían realizar se generó un correo electrónico con las instrucciones de la actividad bimestral de la materia y se anexó un video tutorial que explica el proceso de descarga de la calculadora y cómo utilizarla.

3.5.5.1. Instrucciones del proyecto de Aula: “Calculadora Ambiental Interactiva”

El docente titular de la asignatura de física (*Jesús Alejandro Sánchez*) informó a las estudiantes desde las primeras semanas del primer bimestre que se iba desarrollar una actividad tipo encuesta que ayudaría a concientizarnos de una problemática ambiental de gran envergadura.

Sobre la tercera semana del primer periodo, se comentó a las estudiantes que se realizaría el envío de la cartilla para la reflexión ambiental y en ella el recurso digital “Calculadora “Ambiental Interactiva”, durante el desarrollo de las sesiones de clase con los grados 8°, 9°, 10°, y 11°. se explicó el uso de la calculadora y algunas indicaciones para su fácil acceso.

Al finalizar la semana se compartió con las estudiantes un correo electrónico que indicaba cómo se debía desarrollar el proyecto de aula y que debían entregar como asignación para la asignatura de física. El correo electrónico que se compartió se presenta a continuación mediante una captura:

JESUS ALEJANDRO, SANCHEZ TRUJILLO 22 feb 2022, 22:50
para c1101, c1102, c1103, c1001, c1002, c1003, c0901, c0902, c0903, c0801, c0802, c0803 ▾

[Cartilla - Calculadora Ambiental Interactiva.pdf](#)

Cordial saludo. Espero que se encuentren muy bien.

El presente mensaje busca compartirles la Cartilla de la Calculadora Ambiental Interactiva y las instrucciones para realizar el Proyecto de Aula ¿qué se debe entregar y cuáles son los tiempos para desarrollar esto?

Video (instrucciones): <https://youtu.be/lAVT4yWITg8>

Leamos las siguientes indicaciones:

Inicialmente, se deben tomar apuntes de los principales aspectos y características que llamen su atención de la cartilla.
Debe resolver la encuesta propuesta en la calculadora, considerando en sus respuestas los datos de su familia en general.
Luego debe entrevistar a nueve (9) personas, aplicándose la encuesta.
Acto seguido, los resultados expresados en la casilla Modelo R-TON CO2 deben ordenarse en una página de Excel, según las instrucciones del video.
Finalmente, el documento Excel, se debe guardar bajo el formato de: curso y nombre completo de la estudiante. Este documento debe enviarse al correo institucional del docente Jesús Sánchez.

asanchez@colpilsur.edu.co

El asunto del correo debe ser: Proyecto de Aula

Y debe enviarse a más tardar el dia Sábado 05 de marzo.

Les deseo muchas bendiciones y éxitos.

Atentamente,
Jesús Alejandro Sánchez.

Figura 13 - Instrucciones de Uso y Justificación Matemática del Recurso. Fuente: Elaboración Propia.

En el mensaje se pide a las estudiantes que realicen inicialmente una revisión de los recursos, además que tomen apuntes de los aspectos más importantes o de los que llamen su atención, luego se pide que se utilice el aplicativo en 10 oportunidades, para posteriormente

tabular los resultados del botón “Modelo R-TON CO_2 ” en un documento de Excel que se enviará al docente de la materia.

El video que se incluye en el correo es un pequeño tutorial de como descargar la calculadora, pues se encuentra alojada en la nube de Google Drive y por ello se debe hacer un proceso que se prefirió dejar claro. Se incluye del mismo modo el uso de la calculadora, desde su ejecución inicial hasta el aspecto de resultados finales. Se quiere aclarar también que se dio un periodo de entrega de resultados hasta el viernes 11 de marzo del presente año.

De este modo las estudiantes encuestaron a una población de aproximadamente 2000 personas, entre los cuales se encuentran sus familiares, amigos, vecinos y personas cercanas a la institución, lo que nos puede dar un indicio favorable y fiable de los resultados que encontramos para esta muestra.

4. Capítulo 4. Conclusiones y Resultados.

Hasta este momento, hemos construido y presentado una propuesta que se ha estructurado y cuidadosamente se ha secuenciado mediante ciertas actividades, con el objetivo de desarrollar una intervención pedagógica que nos ayude testear todos los recursos e insumos que hemos diseñado y a su vez que permita reflexionar sobre aquellos aspectos y características que se pueden mejorar o ajustar de la propuesta.

Dado lo anterior, se dio inicio al proceso de intervención pedagógica y testeo de la propuesta, justo como se acordó, en compañía de la población de estudiantes de bachillerato, del colegio Nuestra Señora del Pilar Sur, específicamente los grados 8°, 9°, 10° y 11°. Esta intervención se efectuó entre el viernes 18 de febrero de 2022 hasta el viernes 11 de marzo del mismo año.

4.1. Resultados de la Experiencia Piloto como Docentes.

Debido a la cercanía que se tiene con la institución, la propuesta pedagógica y el trabajo deseado, se pudo desarrollar con todas las garantías, el apoyo, la disponibilidad más atenta por parte de la institución y el cumplimiento de las estudiantes con su asignación académica. Este proceso se dialogó en primera instancia con las directivas académicas de la institución y posteriormente presentado a la señora rectora del colegio mediante una carta de autorización y el establecimiento de los acuerdos respecto al tratamiento de datos; a su vez la institución incorporó la propuesta como una actividad del proyecto del área de ciencias naturales PRAE.

La propuesta se presentó en cada uno de los grupos de estudiantes, desde 8° hasta 11°, mediante una socialización con ayuda de la cartilla para la reflexión ambiental, en la clase de física. Dicha socialización trató de presentar a modo general la problemática medio ambiental

que se cierre sobre la población mundial, sobre todo la que se refiere a la calidad del aire y su relación con el uso de vehículos automotores, particularmente en la ciudad de Bogotá. Así, se hace evidente una problemática que corresponde a la gran parte de la población citadina.

De este modo, se compromete a las estudiantes con dicha problemática, reflexionando acerca de su rol y tipo de aporte a este modo de contaminación; como respuesta a esta interrogante, se presenta el aplicativo “Calculadora Ambiental Interactiva”, que ayuda a determinar al usuario, la magnitud del aporte de CO_2 en toneladas al año, según los medios de transporte que utiliza comúnmente.

Las estudiantes se mostraron identificadas con la situación que se expuso y expresaban tener algunos conocimientos relativos a este tema, esto facilitó la recepción de la propuesta. A su vez, las estudiantes expresaron de diferentes maneras que su participación en esta problemática es casi inevitable, debido al uso indispensable de los medios de transporte automotores, lo que se traduce en una tensión entre la necesidad del uso del transporte automotor y la importancia del cuidado del medio ambiente.

A lo largo de la intervención, el docente se identificó como un guía en el uso del aplicativo, de modo que se mantuvo atento a las inquietudes y necesidades de las estudiantes, de este modo pudo recopilar diferentes percepciones e impresiones de las estudiantes, respecto a al trabajo desarrollado, a los hallazgos realizados, las reflexiones y aprendizajes que la actividad dejó.

4.2. Resultados de las estudiantes y percepciones

Durante el desarrollo de la actividad, cerca de 4 semanas de espacio para la aplicación de la cartilla para la reflexión ambiental y el uso de la calculadora ambiental interactiva, las estudiantes se acercaron en diferentes oportunidades a compartir sus experiencias con el uso del aplicativo, sus descubrimientos con los resultados obtenidos por la calculadora y sus reflexiones respecto a la problemática estudiada.

En cuanto a las experiencias, de modo general, las estudiantes entrevistaron principalmente personas cercanas a su núcleo familiar y vecinos de sus conjuntos o aledaños a sus residencias. Que confirmaron sentirse relacionados con la problemática y reconocieron una cierta participación y culpa en esta emergencia ambiental. Mencionemos también que a pesar que la mayoría de estudiantes viven relativamente cerca de la institución, es cierto que algunas se desplazan grandes distancias desde sus hogares.

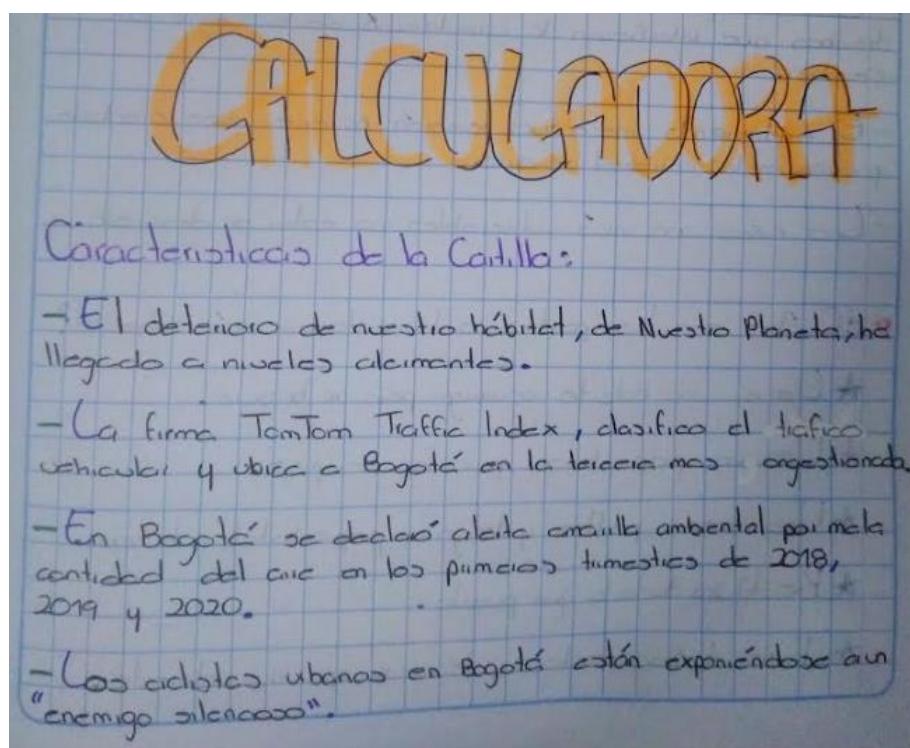


Figura 14 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Resaltan de los hallazgos realizados, que las personas se mostraban sorprendidas al saber la cantidad de material micro particulado que se puede llegar a aportar al medio ambiente solo por el uso de medios vehiculares particulares, comparando este resultado con el bajo índice de contaminación que representan los medios de servicio público, bus y SITP. Del mismo modo, algunas personas, sugieren de manera consciente algunas soluciones que podrían implementarse como el uso de la bicicleta o caminar.

Entre los descubrimientos más sorprendentes está el elevado aporte de material micro particulado por parte de la población pilarista, pues gran parte de las estudiantes y sus familias se desplazan en vehículo particular y casi no frecuentan el servicio público o utilizan medios de transporte de gran impacto medio ambiental como servicios aéreos y buses interdepartamentales, que no se consideran en la calculadora, pero representan un valor extra a estos elevados resultados.

- Bogotá se podría considerar como una ciudad urbana, igualmente como una ciudad congestionada.
 - Los problemas por contaminación atmosférica han incrementado junto con la tasa de mortalidad específicamente en patologías respiratorias.
 - En el 2012 hubo una tasa de 2,6 millones de muertes a causa de contaminación atmosférica.
 - La contaminación del aire agrava las enfermedades neurodegenerativas.
 - Las micropartículas contaminantes pueden ayudar a formar trombos que interfieren la circulación de la sangre al cerebro.
 - El rendimiento intelectual también parece verse afectado por una mala calidad de aire.
 - Los niños son más vulnerables por estar en desarrollo.
- ¿Cuáles son tus aportes a la contaminación ambiental?
- ★ Llevar una bolsita contigo para mi basura.
 - ★ Uso mi propia bolsa para los compras.
 - ★ Uso menos pitillos y tengo mi propia botella de agua.
 - ★ Reciclo todo lo que pueda.
 - ★ Tomo duchas cortas y uso mi ropa racionalmente.

Figura 15 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Dado el carácter de la propuesta, gran parte de las estudiantes expresó diferentes sentires y emociones relativas a la preocupación por el cuidado de la calidad del aire, sobre todo porque es una realidad en la que la mayoría de la población participa, muy cercana al contexto cotidiano de la población intervenida y que tiene un gran abanico de alternativas y soluciones enfocadas al desarrollo sostenible.

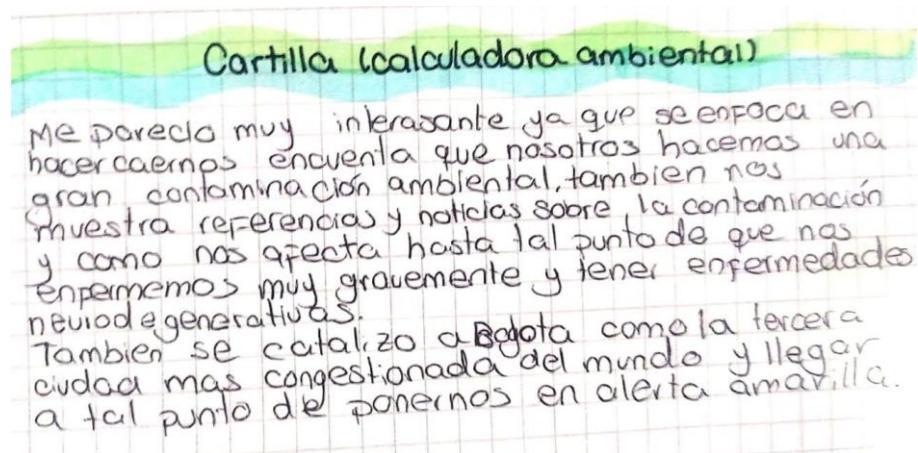


Figura 16 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Lo anterior da cuenta de un proceso de conciencia y reflexión por parte de las estudiantes, quienes han validado la pertinencia de la investigación desarrollada, la urgencia de atender esta problemática desde diferentes espacios y la importancia de concienciar a la población bogotana en general, respecto de sus hábitos de movilidad. También nos ha permitido medir el alcance de la propuesta, en términos de que si logra generar un nexo o vínculo con la población intervenida y además ofrece diferentes herramientas que ayudan a informarse y reflexionar sobre el cuidado del medio ambiente.

Concluido el plazo máximo para desarrollar la propuesta y hacer uso de los diferentes recursos digitales disponibles, las estudiantes hicieron el respectivo envío de los resultados de sus encuestas y demás evidencias de su trabajo con la cartilla y la aplicación “Calculadora Ambiental Interactiva”, Los datos se tabularon en un documento de Excel considerando los grupos académicos de la población entrevistada, esto para generar una posterior lectura estadística.

Resultados de Aplicación: Calculadora Ambiental Interactiva, con las Estudiantes de 8º a 11º y su Entorno Próximo del Colegio Nuestra Señora del Pilar Sur.

Toneladas de CO₂ Aportadas en un Año por el Usuario de la Calculadora Ambiental Interactiva Según los Medios de Transporte Automotor que Frecuenta.

802	803	901	902	903	1001	1002	1003	1101	1102
0,00280124	1,257021206	0,0000134	7,90121632	1,12047205	3,08129308	0,00760557	0,01904968	6,45847135	0,41201107
0,15842218	1,410672857	0,05597908	2,28439737	0,36573992	1,68070261	2,16551024	2,089888384	3,58772333	0,00112484
0,08359566	3,937417273	1,82998016	2,32128405	2,80117,165	0,00000247	0,22952222	0,00017759	6,74655447	0,08415864
0,00056023	1,281943139	3,11990082	2,321806521	1,25393151	0,00000068	1,07144406	1,567564747	3,92163958	0,64376387
0,10561502	3,134828571	3,36140522	4,179771656	0,78370734	0,47022444	0,68891767	0,00392209	2,24102314	1,04895521
0,0000005	2,925800005	8,82976714	4,48485918	0,47022922	0,0000021	2,99733093	0,63445919	2,82356282	0,81039144
0,08210265	0,12987147	0,00000013	1,720740066	3,55280979	0,00000217	2,80901667	4,228594063	6,18119908	3,24268476
0,78370724	2,927138715	1,68070261	1,149438229	2,8086349	1,8070439	0,92999914	2,10E-06	2,80117222	2,46793315
1,15E-06	2,507862859	4,20175653	1,254453901	0,67930198	1,48187363	1,89170989	1,094615186	1,77640286	0,04237561
0,0065821	2,058985716	1,354386632	3,36145455	3,5326326	0,33004623	6,26985466	1,141396863	4,57757388	1,08641238
2,3976817	3,92168942	3,71441871	6,66182109	3,54759116	1,80513167	2,80118582	0,00281109	0,17593466	2,80117102
0,00995184	0,04105166	3,0247677	8,085867	0,61994522	2,53114622	1,88089714	0,0743	0,267852169	1,48E-05
0,01124515	0,33968543	2,11115928	1,716665279	7,90E-07	1,4789664	0,00000555	0,0017104	0,0818174	1,513005544
0,01027	1,89022699	2,16212392	8,283334721	2,8086349	3,0176286	4,39186371	0,00672281	0,1578619	2,80117161
1,68070261	4,76323471	3,50504359	5,886737839	9,87E-06	1,19886947	3,52218456	0,01124045	0,31465266	2,80117122
0,00112057	0,02575138	1,41778484	9,411326216	2,80117102	2,37159468	0,62697262	0,0548091	0,04789316	0,00000003
3,36140522	1,67198257	2,04468728	0,39216394	0,47022675	3,89652464	3,37290667	0,00506511	0,807945963	1,04E-06
0,0000004	0,00011964	0,96290708	2,82107615	9,87E-06	9,87567885	0,00000831	1,12046871	0,41965785	0,77322867
2,03763857	2,80119568	2,62089326	8,22017116	2,80117102	1,3154258	6,62969681	1,14286004	0,31516359	4,0760013
4,53815571	3,8329712	3,32738065	3,666,109	0,67921418	1,17534968	3,18183025	0,0199	0,16339954	0,20581

Figura 17 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Análisis de Dispersion.

Gracias al trabajo desarrollado en compañía de las estudiantes del Pilar, principalmente los grupos de bachillerato, las directivas institucionales y en general la comunidad académica del colegio congregacional Nuestra Señora del Pilar Sur, se logró realizar 2610 entrevistas, haciendo uso de la “Cartilla para la Reflexión Ambiental” y el Aplicativo “Calculadora Ambiental Interactiva”.

Estos resultados se tabularon en un documento de Excel, clasificando los datos según los cursos académicos de las estudiantes. Dado que no es un objetivo de este proyecto analizar los resultados de este proceso, si podemos generar una lectura estadística inicial, que nos permita leer la situación particular de la comunidad a quien pertenecen los datos recolectados y que nos ayuda a verificar el alcance que tiene la propuesta.

Gracias al tipo de muestra que tenemos, hay una amplia gama de análisis estadísticos que son muy interesantes y dientes de la situación que se evalúa, de modo que proponemos un **análisis de dispersión** para los resultados recolectados con ayuda del software de análisis estadístico R-Studio. Las medidas de dispersión nos indican que tanto se alejan, diferencian o

cómo varían los datos respecto de los que se ubican en el centro de la agrupación, lo usamos como un recurso para buscar tendencias u observaciones.

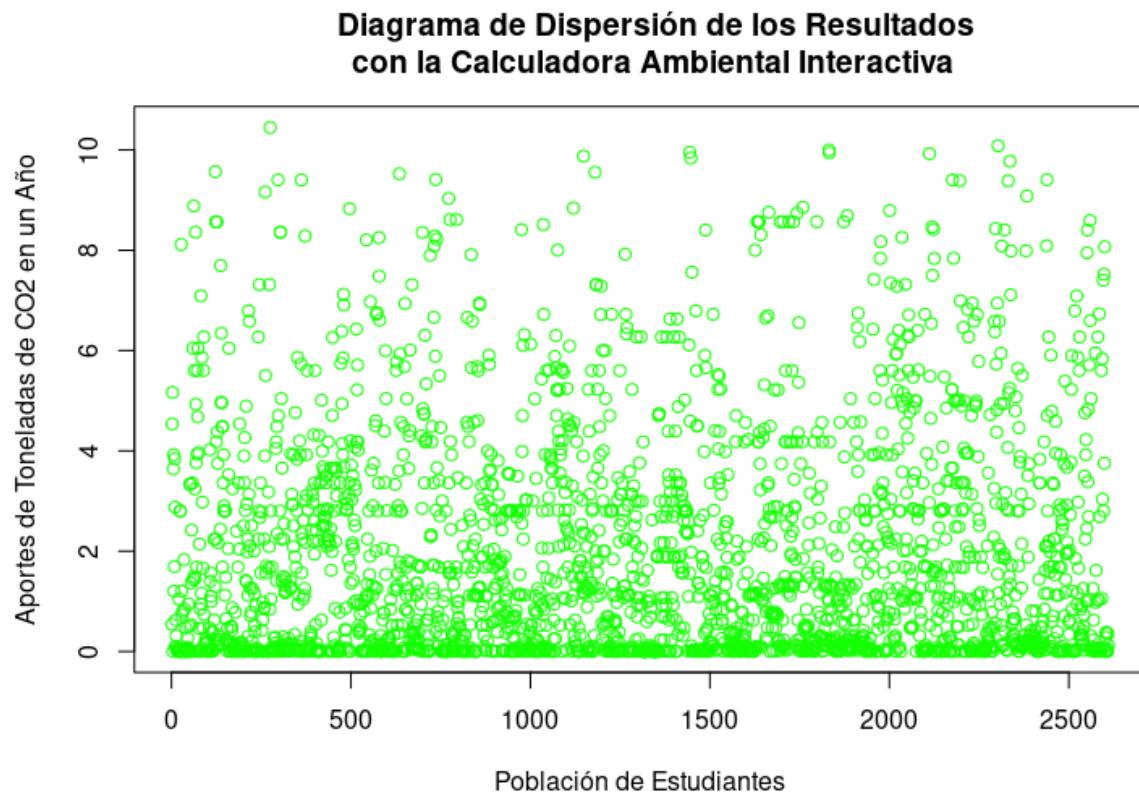


Figura 18 - Diagrama de Dispersion de los Resultados. Fuente: Elaboración Propia.

Presentamos una gráfica de dispersión de los resultados que se obtuvieron durante el proceso con las estudiantes del Pilar. Esta representación gráfica nos permite hacer unas observaciones iniciales. En primer lugar, no hubo una encuesta que nos dé razón de un aporte de más de 10 Toneladas. También podemos afirmar que hay dispersión y no se aprecia una tendencia tan puntual, aunque la mayoría de los resultados se agrupan entre 0 Toneladas y 2 Toneladas. Es importante apuntar que esta población inicial de 2610 personas, como un solo grupo aporta cerca de 5.000 Toneladas de CO_2 al año.

Podemos apreciar que hay bastantes valores que están muy cercanos a las 0 Toneladas o que directamente valen 0 Toneladas, esto nos da cuenta de familias o grupos familiares que generan aportes de CO_2 a baja escala por vehículos automotores, posiblemente se movilicen en servicios alternativos, pero también tenemos valores cercanos a las 10 Toneladas, esto se valida con apreciaciones de algunas estudiantes, que afirmaban un alto uso vehicular en sus hogares debido a la necesidad permanente de movilizarse a diferentes puntos de la ciudad.

Para nuestro estudio, la media aritmética de las 2610 lecturas que obtuvimos, según la población encuestada, es $\bar{x} = 1.923129 \text{ Ton } CO_2/\text{año}$, indicándonos que por usuario se pueden estar generando cerca de 2 Toneladas de material microparticulado CO_2 al año. Si esta realidad se cumpliera para solo 100.000 habitantes bogotanos, estamos hablando de un aporte de cerca de $192.312,9 \text{ Ton } CO_2/\text{año}$; una cifra escalofriante teniendo en cuenta que el estudio Movilidad en Cifras 2015, declaró que “... el total del parque automotor registrado en Bogotá D.C. fue de 2.148.541 vehículos. De acuerdo con el tipo de servicio, la mayoría es de servicio particular con un 93,91% del total.” (p. 6)

Recordemos que la varianza indica la variedad que estos datos presentan, es decir, si todos los valores en un conjunto de datos son iguales, entonces no hay dispersión. Para nuestro caso la varianza $\sigma^2 = 4.903831 (Ton CO_2/año)^2$, revelando que hay una dispersión considerable de los datos. Para entender de mejor modo la variabilidad de los datos, presentamos otras medidas de dispersión que también son muy interesantes.

Si analizamos la raíz cuadrada de la varianza, encontramos la desviación típica o desviación estándar, este parámetro nos orienta en la exactitud de la media, en pocas palabras nos indica que tan dispersos se encuentran los datos de la media. La desviación estándar es de

$\sigma = 2.21446 \text{ Ton CO}_2/\text{año}$, revelando que los datos están más bien alejados de la media. Esta variabilidad de la que hablamos, también la podemos medir con ayuda del coeficiente de variación, se reduce a la relación de la desviación estándar con respecto a la media, $\frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{2.21446}{1.923129} \approx 1.15148$.

Según los resultados que hemos desarrollado, estamos frente a una distribución de datos con una variabilidad muy alta, pues el coeficiente de variación supera el 100%; esto nos deja ver que la población entrevistada por las estudiantes sostiene hábitos, en cuanto a la movilidad, muy diferentes y que posiblemente vivan en diferentes sectores, no solo de la localidad donde se ubica la institución educativa, sino de la ciudad de Bogotá en general.

4.4. *Observaciones y Recomendaciones de la Cartilla para su futura Aplicación*

La intervención piloto que se llevó a cabo ha sido una experiencia muy nutritiva dados los aprendizajes del proceso de testeo y también los diferentes aportes que esto hace a nuestra propuesta, permitiendo observar y analizar diferentes aspectos que se pueden mejorar y potenciar dentro de la cartilla y su intención de ser usada como parte de una intervención pedagógica.

En primera medida se recomienda presentar esta propuesta como parte de un proceso macro, que la engloba y le de apoyo a la cartilla para la reflexión ambiental, pues se pudo notar que al proponerse la actividad como parte del proyecto de área de ciencias naturales PRAE, las estudiantes asumieron la responsabilidad con propiedad generando un trabajo minucioso y comprometido. Al tiempo, esta propuesta hace un rol inicial de actividad de impacto y

concientización, pero que puede dar paso a propuestas y actividades posteriores que sirvan como medida de acción frente a esta problemática.

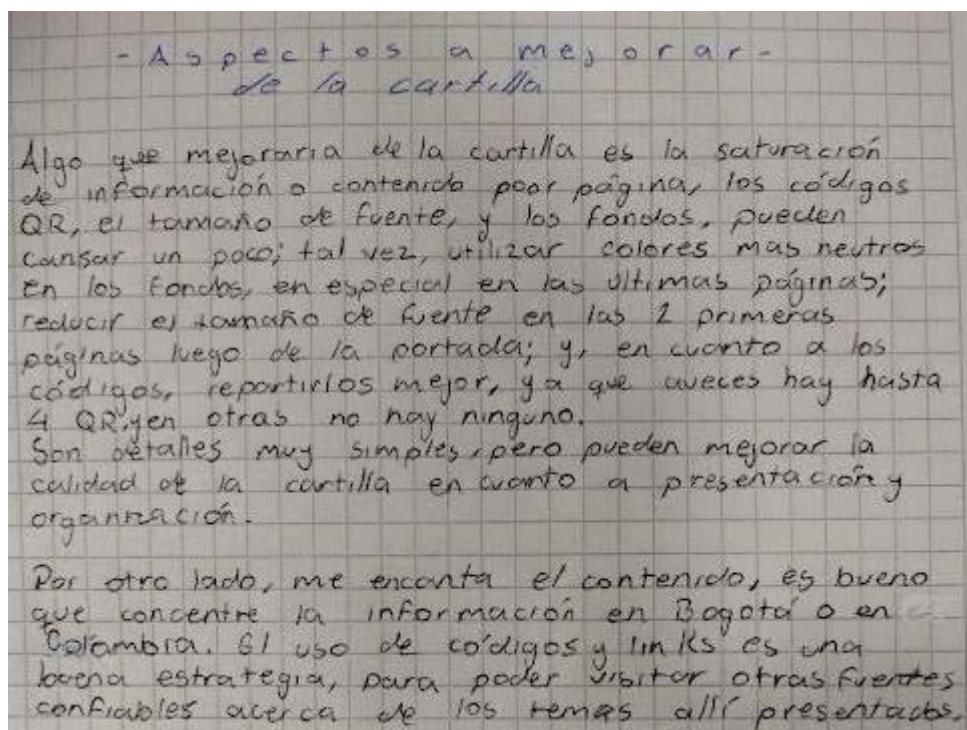


Figura 19 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

También hay observaciones muy valiosas en el aspecto gráfico de la cartilla, pues algunos padres de familia apoyaron a sus hijas en el uso y aplicación de Calculadora Ambiental Interactiva; reflexiones en torno a la fuente, el tamaño de la letra y los colores, es decir, el formato que se usó para la edición del documento, haciendo una invitación a mejorar el orden, la estética y el modo en que se presenta la información expuesta en la cartilla.

Otra de las recomendaciones que se hacen más pertinentes es ampliar los recursos y enlaces que ofrece la cartilla, pues en algunos casos la información puede percibirse reducida y no se dan todas las herramientas para el usuario más curioso; esto se afirma debido a que algunas estudiantes indicaron que habían aspectos puntuales de los datos presentes en la cartilla que se hacen interesantes pero que no necesariamente se ampliaba la información, por ello

debería existir un glosario adjunto con la cartilla que amplíe cada uno de los principales conceptos que se presenten.

Como sugerencia de algunas usuarias de la cartilla para la reflexión ambiental, se indica la posibilidad de incluir algunas actividades dentro de la cartilla, esto como herramienta empática y que amplíe el panorama y conciencia del usuario respecto a la calidad del aire en Bogotá. También se sugiere anexar las instrucciones para hacer uso de la calculadora y presentar algunas preguntas orientadoras para mejorar la experiencia interactiva con ambos recursos.

4.5. Ajustes Sugeridos al Aplicativo

La herramienta que denominamos calculadora ambiental interactiva, es un sencillo recurso que hemos venido desarrollando en diferentes momentos de este trabajo, por encontrarse en una fase de desarrollo encontramos diversos aspectos que aún podemos potenciar en buena medida, sobre todo si consideramos de las percepciones y comentarios que realizaron las estudiantes del colegio Nuestra Señora del Pilar Sur, quienes tuvieron la oportunidad de interactuar con dicho aplicativo.

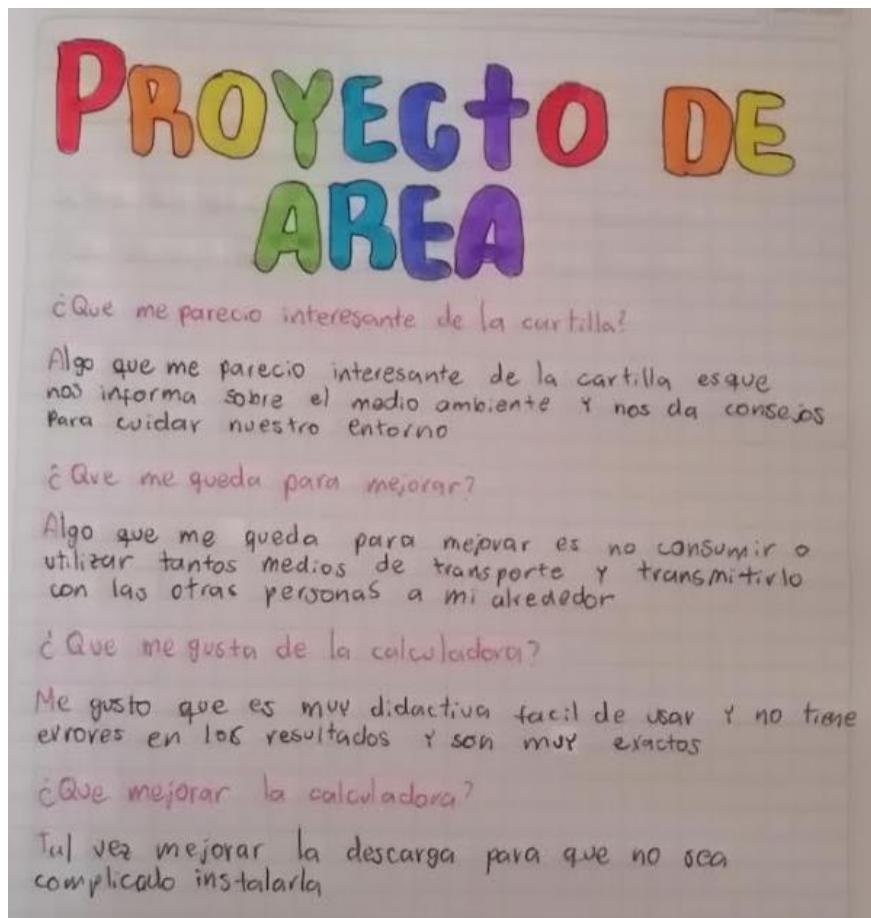


Figura 20 - Evidencias Intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Durante los diferentes encuentros de clase, las estudiantes comentaron en varias oportunidades el estado de sus avances respecto al proyecto de aula de la materia, entre sus observaciones más recurrentes encontramos aspectos como: el aplicativo es considerablemente lento al momento de descargarse y también al ejecutarse o generar el arranque.

Esto puede deberse sobre todo a la falta de un algoritmo de optimización de procesos para el código usado en el desarrollo de la calculadora es sencillo sin mayor ciencia de datos. A su vez, el proceso de descarga también es lento, pues debido a la misma falta de optimización, el archivo .exe, es decir, el documento ejecutable, pesa más de 100 Mb (megabytes), lo que es una décima parte de una Gb (Gigabyte), siendo un archivo pesado y de lenta descarga.

Otra dificultad a considerar y que las estudiantes en repetidas ocasiones hicieron mención, respecto al uso del aplicativo, es que en algunas ocasiones y dependiendo del equipo que se utilice y su potencia, puede llegar a quedarse pegado, cerrarse de manera inesperada o no funcionar “... en cuanto al programa le vi problemas y fue que se bloquea algunas veces...” asegura una estudiante de décimo grado. Además, la aplicación solo funciona en equipos con sistema operativo Windows, en plataformas como Mac o Android no funciona.

Dentro del uso del aplicativo, las preguntas que se presentan y los datos que se pueden digitar son limitados, esto se pensó así en un principio, para hacer que el aplicativo fuese sencillo y claro para el usuario. Pero también es cierto que se dejó de considerar otros medios de transporte automotores y otras variables que limitan el alcance y la exactitud de los resultados que presenta la calculadora.

4.6. Conclusiones

Como grupo de trabajo hemos podido observar cada una de las facetas de nuestra propuesta y también cómo ésta ha evolucionado, pasando por diferentes momentos y dificultades que ayudaron a reajustar permanentemente nuestro trabajo, objetivos y alcances. Inicialmente los enfoques abordados en las situaciones medioambientales no estaban definidos para promover una propuesta de impacto y conciencia ambiental, es decir, no estaban determinadas las perspectivas relacionadas a la Educación Matemática Realista y Educación Matemática Crítica. De otra manera, pudimos evidenciar la relación entre la educación matemática realista y su influencia en los modelos matemáticos adscritos de trasfondo en el aplicativo virtual (calculadora ambiental).

La educación matemática crítica destacó en nuestro trabajo un enfoque en el abordaje de situaciones medioambientales para el desarrollo de la conciencia ambiental. Estableciendo de esta manera junto con la educación matemática realista, las relaciones entre la educación matemática y la educación medioambiental.

Las intervenciones pedagógicas y el desarrollo del software como herramienta de análisis para los problemas socio ambientales determinaron una masiva participación de la comunidad académica, en la que se pudo recolectar y cuantificar los niveles de contaminación per cápita teniendo en cuenta la aplicación de la metodología adscrita a este trabajo. En consecuencia, se puede determinar una conclusión para cada uno de los objetivos establecidos al inicio de esta investigación, desde el objetivo general hasta los objetivos específicos, así:

En relación con nuestro objetivo general se logró diseñar una propuesta de impacto y conciencia ambiental en la que se desarrolló una intervención pedagógica. En esta intervención se hizo el piloto de la cartilla y la calculadora ambiental. Se debe reconocer que en los procesos previos al diseño y construcción de los modelos matemáticos se evidenciaron procesos relacionados a la Educación Matemática Realista (EMR). En un primer lugar se evidenció el principio de niveles (Bressan. A, 2005. p.6) Específicamente las categorías de matematización horizontal y vertical.

En los procesos asociados a la matematización horizontal se observó el acogimiento contextual de una situación problema en la que se llevó a cabo a una esquematización y representación matemática, de ella emergieron situaciones de intuición, sentido común, aproximación empírica, observación y experimentación inductiva. Estos procesos propios de la matematización horizontal fueron relevantes para el abordaje del principio de reinención

en el que los estudiantes reflexionaron profundamente sobre los objetos matemáticos y las fenomenologías ambientales.

El principio de reinención fue relevante para el abordaje de aspectos vinculados a la modelación y resolución de problemas, así mismo para el impacto y promoción de la conciencia ambiental. Esto se debe a que a través de una reinención guiada se establecieron modelos matemáticos, conceptos, operaciones y estrategias matemáticas que buscan el formalismo y la reflexión profunda entre los objetos matemáticos emergentes y la situación modelada.

4.6.1. Conclusiones de los Objetivos Específicos

- Construir modelos matemáticos deterministas asociados al cálculo de niveles de contaminación de CO_2 emitidos por el uso de vehículos automotores en la ciudad de Bogotá D.C.

Nuestro trabajo comenzó como una actividad que buscaba interpretar con mayor rigor y formalismo uno de los fenómenos medioambientales más importantes de la actualidad, al tiempo que debía llegarse a una propuesta que llamara a la promoción de la conciencia ambiental. De ahí nuestra incursión en el uso de los modelos matemáticos deterministas, esto también se justifica debido a la sencillez de estos modelos en comparación con los modelos estocásticos. Para realizar el diseño de nuestros modelos, primeramente, fue necesaria una amplia revisión documental, que nos ayudará a determinar diferentes variables y aspectos que debíamos incluir en nuestras ecuaciones y que nos ayudarán a determinar qué tanto contamina una persona según los medios de transporte que frecuenta. De este modo seleccionamos cinco (5) modos de transporte automotor, que fuesen de conocimiento general, para el posterior diseño de seis (6) modelos deterministas construidos a partir de diferentes variables y

constantes que explican el fenómeno del deterioro de la calidad del aire por el uso individual de vehículos automotores.

Los modelos que se construyeron consideran diferentes tipos de variables, como lo son la cantidad de combustible que se usa semanalmente o la cantidad de minutos que dura un recorrido en alguno de los medios de transporte, pero a su vez, dichos modelos se soportan en razonamientos lógicos, como la consideración de una constante de contaminación determinada según el medio de transporte, eso significa que ya existen algunos valores estandarizados, como la cantidad de CO_2 que se aporta según los minutos que dura un recorrido de Transmilenio. Para suministrar los valores que utilizarán los modelos deterministas se plantea una encuesta con 15 preguntas. Sin embargo, hay aún diferentes variables y medios de transporte que no se consideraron y que hacen que los resultados obtenidos por el usuario de la calculadora no sean del todo precisos.

Estas variables son diversas y de una amplia gama de posibilidades, pues podríamos considerar la masa de la persona, ya que a un mayor peso se genera un mayor consumo de combustible y por ende una mayor contaminación, o también otros medios vehiculares, como los tracto camiones que también aportan una cifra importante a los niveles de la contaminación del aire, los aviones o buses interdepartamentales, que son otros sistemas de movilidad muy usados por la población bogotana. Por lo anterior, si bien nuestros modelos buscan ser muy rigurosos y mantener en lo posible diversas variables en consideración, lo cierto es que se puede potenciar bastante más aún, mejorando de esta manera no solo la aplicación en sí misma, sino también la experiencia que significa hacer uso de esta y por lo tanto el alcance de la propuesta.

- Programar una herramienta digital que se estructura a partir de modelos matemáticos deterministas ayudando a determinar los niveles de contaminación por CO_2 que genere el usuario.

Uno de nuestros Pilares es la alfabetización digital y el desarrollo de recursos digitales, por ello, el proceso de construcción de la calculadora representó un reto complejo, pues nuestro foco como licenciados en matemáticas no es precisamente este, por lo anterior, la construcción de la calculadora se hizo a través de diferentes etapas, resumidas así: en un primer momento se diseñaron los modelos matemáticos y la encuesta que fundamentaría los cálculos, luego se pasó a hacer un proceso de MockUp no funcional, donde esbozamos la apariencia que buscábamos para el aplicativo, de este modo seleccionamos el software Python y generamos un Mockup funcional, donde ya podíamos ver en funcionamiento a la calculadora, pero en una pantalla negra, en un cuadro de comandos, esto aún era distante de nuestro objetivo, por lo que sometimos el aplicativo a una reedición, donde se incluye una interfaz con mayor desarrollo, un mensaje de bienvenida, resultados sectorizados, botones interactivos y una pantalla de cierre; y aunque el aplicativo se puede seguir desarrollando nos sentimos satisfechos con el resultado que se logró hasta este punto.

Realizar el diseño y desarrollo de un aplicativo digital, es una experiencia muy enriquecedora en cuanto a los conocimientos, habilidades y competencias que se desarrollan mediante esta actividad. Así, entendemos que la construcción de un recurso digital es un proceso complejo, que implica considerar diferentes aspectos y procesos que deben funcionar bien individualmente, pero que también deben funcionar adecuadamente entre sí: nos referimos a la dificultad que significó implementar los modelos diseñados en el código de la calculadora, que consideraba mediante diferentes comandos dentro de su escritura la forma y condiciones

de la interfaz, la posición y función de cada uno de los botones, que se debían relacionar entre sí y que no se debía generar ninguna interferencia entre ellos y la programación de los comandos. De cierto modo aquí también estamos empleando procesos de modelación matemática, lo que nos demuestra y da cuenta de la gran variedad en que la modelación matemática, como proceso de la actividad matemática, puede ser usada, sobre todo para potenciar la enseñanza y por consiguiente el aprendizaje.

El resultado final es una aplicativa digital funcional, de nuestra autoría, desarrollado en lenguaje de programación Python, que funciona en sistemas operativos Windows y para el que se proponen algunas mejoras y adaptaciones en los de hacer una mejor herramienta y recurso pedagógico. Aplicativo que, además, ayuda a cuantificar al usuario los aportes anuales de CO_2 que genera según sus costumbres o tendencias de movilidad vehicular y le permite evidenciar cuál de los cinco medios de transporte (Bus, Transmilenio, Coche Particular, Moto y Taxi) es el que representa un mayor índice de contaminación en su caso particular.

- Generar una Cartilla Institucional para dirigir y promover el uso del aplicativo virtual, en la que los usuarios puedan apoyarse para llevar esta problemática a diferentes grupos y poblaciones como apoyo a la interiorización de una conciencia ambiental.

Gracias a los diferentes aspectos de nuestra propuesta, construimos una aplicación con un gran potencial para valorar los aportes de CO_2 , por usuarios de vehículos automotores en un periodo anual. Lo anterior nos obliga a invitar a la población a hacer uso del aplicativo “Calculadora Ambiental Interactiva”. Es en este punto cuando nace el interés de generar un recurso que ayude o desemboque en el uso de la calculadora diseñada, esta labor la logramos

gracias a la “Cartilla para la Reflexión Ambiental”. Siendo este documento el que facilita al usuario toda la información y recursos audiovisuales relevantes para construir una perspectiva amplia de la emergencia sanitaria que representa esta problemática del cuidado de la calidad del aire. Además de nutrir la percepción y el contexto de esta coyuntura, respecto al uso de vehículos automotores en Bogotá, ofrece el link de descarga de la calculadora y el respectivo instructivo para su uso, al tiempo presenta un ejemplo y las funciones que trae consigo. La cartilla finaliza con una pequeña presentación que ayuda a explicar el proceso de ingeniería y justificación matemática que subyace detrás del desarrollo de la calculadora.

El documento que se diseñó, no sólo representa una fuente de información, datos y un insumo pedagógico más, sino que se traduce en una herramienta potente que puede ser utilizada o considerada en la planeación de cualquier docente o grupo especializado que se interese en esta tensión, sobre todo en aras de promover la conciencia ambiental respecto de la calidad del aire, que a nivel mundial representa uno de los mayores índices de contaminación. Por lo anterior, notamos que este objetivo se alcanzó satisfactoriamente, pues el resultado final, “La Cartilla para la Reflexión Ambiental”, puede ser llevada a diferentes poblaciones, en diferentes lugares de la ciudad o incluso del país, donde a través de una determinada orientación, se puede hacer que el grupo intervenido reflexione sobre sus tendencias y costumbres de movilidad vehicular, así mismo se concienticen de su participación en la producción de materiales contaminantes micro particulados y por ende asuman su responsabilidad en la búsqueda de soluciones o estrategias que contrarresten o minimicen la producción de este modo de contaminación tan nociva para la salud y el desarrollo de una vida plena.

- Promover el uso de la herramienta diseñada en aulas de clase mediante una Cartilla para la Reflexión Ambiental, como una actividad de la asignatura de física, que alcance el

núcleo familiar de las estudiantes y su entorno próximo, tomando como grupo piloto los cursos 8°, 9°, 10° y 11° del colegio Nuestra Señora del Pilar Sur.

Gracias a un nexo previamente establecido con la Congregación Católica de las Hermanas de la Caridad de Santa Ana y sobre todo con una de sus instituciones educativas en la ciudad de Bogotá, el Colegio Femenino en Pastoral Nuestra Señora del Pilar Sur, se implementó satisfactoriamente la actividad piloto diseñada. La propuesta fue bien recibida por la comunidad Pilarista, pues despertó de buena manera el interés de las estudiantes, no solo por la temática que aborda, siendo el cuidado medio ambiental una tendencia frecuente en la actualidad, sino también por el hecho de permitir conocer el rol que desempeñan las personas desde su propia individualidad y principalmente cuál es su grado de aporte a esta problemática. El proceso que se desarrolló en la institución permitió hacer observaciones, sugerencias y recomendaciones de cada apartado de la propuesta, lo que es una retroalimentación muy valiosa, que nos presenta el posible alcance de la iniciativa y como se puede seguir mejorando para perfeccionar la herramienta.

Las estudiantes realizaron un primer ejercicio con el aplicativo digital, que consiste en aplicar la encuesta de la “Calculadora Virtual Interactiva” a los integrantes de su propio núcleo familiar, los primeros resultados fueron muy llamativos pues algunas estudiantes generaban unos aportes relativamente bajos, mientras que algunas otras estudiantes tenían valores muy elevados, esto llamó la atención, pues el principal diferencial entre ambos subgrupos se redujo al uso de vehículos particulares, observación que fue sucedida por la conclusión de algunas estudiantes, quienes se sorprendieron de los reducidos aportes por parte de los usuarios de servicio público en materia de componentes micro particulados tóxicos, en comparación con los aportes por los usuarios del servicio taxi o del servicio privado.

Por otro lado, la indicación para las estudiantes consistió en aplicar esta encuesta a otras 9 personas, ajenas al núcleo familiar inmediato, por ello se realizaron cerca de 2600 lecturas. Las experiencias del proceso van desde transeúntes y habitantes de sectores aledaños a la institución, hasta primos, tíos y allegados a las familias de las estudiantes, quienes fueron entrevistados y a quienes se presentó la cartilla y la calculadora, propiciando espacios en los que estas personas conocieron de esta emergencia ambiental, al tiempo que se concientizan del tipo de participación que tienen en la problemática de la contaminación del aire, por lo menos, en cuanto al uso de medios de transporte automotores; incluso algunos participantes confesaron planes o determinaciones para mitigar estos índices, como hacer un mayor uso del servicio de transporte público o no usar tantas veces a la semana servicios de taxi. Siendo esto último una evidencia muy clara de que mediante nuestra propuesta se logra transformar el modo de actuar y de pensar de los entrevistados, ofreciendo diferentes herramientas en aras de hacerlos más conscientes y reflexivos de su modo diario de vivir.

4.6.2. Sugerencias y Proceso a Seguir.

Teniendo en cuenta los desarrollos y resultados obtenidos se tiene en consideración efectuar las correcciones y sugerencias correspondientes según las recomendaciones y observación de la comunidad académica, en relación a los modelos matemáticos deterministas y los dos insumos digitales, la cartilla y la calculadora. Para las cuestiones asociadas a los modelos matemáticos se estima una mayor descripción del espacio muestral de los datos, así mismo incluir nuevas variables que proporcionen una mayor descripción de los niveles de contaminación atmosférica expuestos en la ciudad de Bogotá.

Para el diseño y edición de la cartilla educativa se pretende atender las recomendaciones de las estudiantes del colegio Nuestra señora del pilar Sur, en las que resaltan una simplicidad en la información y organización en los datos asociados al escáner QR, además de considerar una nueva edición asociada la estética de la cartilla, en la que se establezcan fondos y colores neutros que contribuyan a la retención de la información de una manera más óptima e inteligible.

Por otro lado, se considera tener un mayor alcance en la aplicación de la calculadora ambiental interactiva a fin de promover una educación para el cuidado medio ambiental emergente de procesos asociados a la educación matemática realista. Para concebir dicho alcance se propone hacer público el acceso al aplicativo virtual. Se tiene pensado establecer una interfaz para equipos móviles (celulares) descargable con el objetivo de implementar las tecnologías al alcance de las nuevas generaciones.

5. Bibliografía

Acebal, M. (2010) Conciencia ambiental y formación de maestras y maestros. Tesis

Doctoral, Universidad de Málaga. Obtenido de:

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4170/5/dt-01-08.pdf>.

Behrentz (2007) Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Artículos de

investigación, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Obtenido de:

<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/epdf/10.16924/revinge.26.10>.

Bressan, A. (2005). Los principios de la educación matemática realista. Reflexiones

teóricas para la educación matemática, 5, 69. Obtenido de:

<https://educrea.cl/wp-content/uploads/2017/06/DOC1-principios-de-educacion-matematica-realista.pdf>.

Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (2011) Guía práctica para el

cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Obtenido de:

<https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>.

Díaz-Castrillón, F. J., & Toro-Montoya, A. I. (2021). SARS-CoV-2/COVID-19: The

virus, the disease and the pandemic. Medicina & laboratorio, 24(3), 183-205.

Maldonado, L. F. (2013). El modelamiento matemático en la formación del ingeniero.

Grupos de Investigación Kishurim Tecnice Tecnimat Griduc Gidsaw Cognitek.

Bogotá: Ediciones Universidad Central. Obtenido de:

<http://iconk.org/docs/modelamiento.pdf>.

García, L. (junio de 2020). Estudio de pre factibilidad para la implementación de un sistema público de alquiler de bicicletas en la ciudad de Bogotá D.C. Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25093>.

Hernández, I. (2020). SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE Y SU PROYECCIÓN A 2030. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/11349/25381>.

IDEAM (2020) Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2019. Bogotá, Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023898/InformeCalidadAire_2019.pdf.

Joye, C. M. M. (2020). Educação a Distância ou Atividade Educacional Remota Emergencial: em busca do elo perdido da educação escolar em tempos de COVID-19. Fortaleza, Brasil: Distance Education or Emergency Remote Education.

Luna. J. (2014) Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. Universidad de la Sierra Juarez. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/264407862_Metodologias_para_la_identificacion_y_valoracion_de_impactos_ambientales.

MADS (2021) POLÍTICA EXTERIOR AMBIENTAL DE COLOMBIA: PROPUESTA PARA UNA ACTUACIÓN EFICAZ EN UN CONTEXTO APREMIANTE. Academia diplomática Augusto Ramírez Ocampo. Informe Minambiente. Bogotá Colombia. Obtenido de:

https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/FOTOS2020/2021_y._romo_politica_exterior_ambiental_de_colombia_propuesta_para_una_actuacion_eficaz_en_un_contexto_apremiante.pdf.

Bedoya, V. R., Sardà, O. M., & I Guasch, C. M. (2016). Estimación de las emisiones de CO_2 desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín. *Transporte y Territorio*, (15), 302-322. Universidad de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/3330/333047931017.pdf>.

Medina, M. (2006) LAS GLACIACIONES, EL DIÓXIDO DE CARBONO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL. Artículo de la revista Avance y Perspectiva. Obtenido de:
http://www.geo.umass.edu/grads/medina/Papers/Medina%20Elizalde%20AyP_2005%20copy.pdf.

Mejía, L. (2019). Informe Bogotá Región Calidad del Aire. Obtenido de:
<http://asogravas.org/wp-content/uploads/2019/12/Informe-Bogotá-Región-Calidad-del-Aire.pdf>.

Minenergía (2020). Precios de Combustibles Año 2020. Datos abiertos. Ministerio de energía de Colombia- recolección de datos precio del combustible. Obtenido de:
<https://www.minenergia.gov.co/precios-ano-2020>.

Ochoa, J. (2007) La Modelación como Proceso en el Aula de Matemáticas. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234312004.pdf>.

OMS (2018) Contaminación atmosférica y salud infantil. Organización Mundial de la

Salud. Artículo Científico: Suiza obtenido de:
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275548/WHO-CED-PHE-18.01-spa.pdf?ua=1>.

Onursal, B. (1997) Contaminación atmosférica por vehículos automotores: experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina. Obtenido de:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/136631468263934974/pdf/WTP37310SPANISH.pdf>.

Payer, M. (2011) TEORÍA DEL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL DE LEV VYGOTSKY EN COMPARACIÓN CON LA TEORIA JEAN PIAGET.

Obtenido de: <http://www.proglocode.unam.mx/system/files/TEORIA%20DEL%20CONSTRUCTIVISMO%20SOCIAL%20DE%20LEV%20VYGOTSKY%20EN%20COMPARACIÓN%20CON%20LA%20TEORIA%20JEAN%20PIAGET.pdf>.

Piaggio, M. (2000) Relación entre la contaminación atmosférica y la calidad del aire con

el crecimiento económico y otros determinantes. Obtenido de:
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4170/5/dt-01-08.pdf>.

Pinzón, D. (2019). ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ A PARTIR DEL

DESARROLLO DE MODELOS ESTADÍSTICOS ARIMA. Obtenido de:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24495/PinzónHassanAngieDaniella2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Prieto, R. (2021). Economía circular: La gestión de la escasez. Obtenido de:
https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/50650/TFM-D_00323.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Rieckmann, M. (2017). Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje. UNESCO Publishing. Obtenido de:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QaEzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP4&dq=objetivos+de+desarrollo+sostenible+&ots=DlVVtuh3_&sig=3tquGXmNr0A-L-kAKe0xnr7qz3A#v=onepage&q=objetivos%20de%20desarrollo%20sostenible&f=false.

Robinson, B. (2009) Efectos Ambientales de los Incrementos Atmosféricos de Dióxido de Carbono. Obtenido de: http://www.petitionproject.org/gw_article/spanish.pdf.

Sánchez, B. y Torres, J. (2012) Educación Matemática Crítica: Un abordaje desde la perspectiva sociopolítica a los Ambientes Políticos. Grupo EdUtopia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <http://funes.uniandes.edu.co/708/1/educacion.pdf>.

Tamayo, C. (s.f.). TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DATOS. Recuperado de: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>.

Tovar, L. (2013) Pedagogía ambiental y didáctica ambiental como fundamentos del currículo para la formación ambiental. Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. Obtenido de:

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4170/5/dt-01-08.pdf>.

Valencia, M. (2013). Aproximación conceptual a la separación del dióxido de carbono en corrientes de combustión. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Vol. 22 No 34. Obtenido de: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2217/2182>.

Zaride, N. (2014). Principales normas ambientales colombianas. Universidad EAN. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1615/NormasAmbientales.pdf;js>.

Zilio, M. (2008) Emisiones de dióxido de carbono en América Latina: Un aporte al estudio del cambio climático. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/510/51002207.pdf>.