

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SBDART PARA LA ESTIMACIÓN DEL FORZAMIENTO
RADIATIVO DE AEROSOL

Anteproyecto – Proyecto Avanzado I

Presentado por:

Fernando Londoño Palacio

Correo electrónico:

flondonop@eafit.edu.co

Tutora:

Elena Montilla Rosero

Correo electrónico:

emontill@eafit.edu.co

Pregrado en Ingeniería Física

Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

29 de enero de 2024

Contenido

pág.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	3
2. OBJETIVOS:	3
2.1 OBJETIVO GENERAL:	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	4
3. ANTECEDENTES:	4
4. JUSTIFICACIÓN:	4
5. ALCANCE:	5
6. METODOLOGÍA PROPUESTA:	5
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:	6
8. PRESUPUESTO:	6
9. PROPIEDAD INTELECTUAL:	7
10. REFERENCIAS:	8

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El cambio climático hace referencia a los cambios a largo plazo en las temperaturas y a los patrones climáticos que se evidencian en el planeta Tierra [1], este cambio se debe a varios factores, entre ellos, el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, la deforestación, el crecimiento poblacional, entre otros [2]. Un factor que debe resaltarse es el denominado forzamiento radiativo de los aerosoles que hace referencia a la capacidad que tienen los aerosoles presentes en la atmósfera de absorber o esparcir la radiación aumentando o disminuyendo la temperatura. Es importante aclarar que la tierra debe mantenerse en un equilibrio térmico y para ello se mide el flujo neto de las energías incidente y emitida por el sistema Tierra-atmósfera, el conocido balance radiativo [3].

Los aerosoles atmosféricos ejercen una influencia tanto directa como indirecta en el balance radiativo [4]. Estos se dividen en aerosoles naturales, como los marítimos, volcánicos o desérticos, y aerosoles antropogénicos, generados por la quema de combustibles, la quema de biomasa, las fundiciones metalúrgicas, entre otros [5]. Aunque se ha realizado una estimación inicial de que los aerosoles podrían tener un forzamiento radiativo negativo, la incertidumbre en las mediciones supera el valor determinado, lo que hace que este dato no sea completamente confiable. Sin embargo, si este valor se confirmara como preciso, los aerosoles podrían contribuir al enfriamiento atmosférico. Según las palabras de Paulo Artaxo, físico de la Universidad de São Paulo y experto en aerosoles y su impacto en el clima, "los aerosoles enmascaran un tercio del calentamiento global que ya se ha producido" [7]. Esto demuestra que los aerosoles tienen un efecto significativo en las dinámicas climáticas y, por lo tanto, merecen ser objeto de estudio en el Valle de Aburrá, donde aún no se han realizado investigaciones que cuantifiquen el efecto de los aerosoles en el clima.

Actualmente se encuentran varios modelos fisicomatemáticos que permiten simular y calcular la transferencia radiativa en la atmósfera para varias aplicaciones, entre esos se encuentran el modelo SBDART, el DART, libRadtran, entre otros [6].

Conociendo que el cambio climático tiene como consecuencia el cambio de dinámicas geológicas, biológicas y sobre la física de la atmósfera y el clima, es relevante preguntarse, ¿La aplicación del modelo SBDART considerando las propiedades ópticas y físicas de los aerosoles locales permitiría conocer el forzamiento radiativo debido a estas partículas en el Valle de Aburrá?

2. OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Estimar el forzamiento radiativo debido a los aerosoles atmosféricos en el Valle de Aburrá mediante la implementación del modelo SBDART.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 2.2.1 Comprender los fundamentos del modelo fisicomatemático implementado en el código SBDART de transferencia radiativa.
- 2.2.2 Determinar las propiedades físicas y ópticas de los aerosoles atmosféricos involucradas en el modelo SBDART a partir de la revisión bibliográfica de la literatura disponible.
- 2.2.3 Implementar el modelo SBDART utilizando la información disponible localmente.

3. ANTECEDENTES:

La transferencia radiativa es el fenómeno físico que involucra la transmisión de energía en forma de radiación electromagnética. La propagación de la radiación a través de un medio se ve afectada por los procesos de absorción, emisión y esparcimiento [13]. En el contexto de la ciencia atmosférica, este fenómeno revela que la estructura térmica y la estratificación atmosférica están en gran medida influenciadas por la transferencia radiativa. Según la media global de energía, más del 80% se suministra a través de este proceso; un 68% se debe a la absorción de onda larga proveniente de la emisión de la superficie terrestre, y un 12% se debe a la absorción directa de onda corta proveniente del sol [14].

Dada la complejidad y amplitud del forzamiento radiativo en la atmósfera, existe una abundancia de literatura al respecto. A modo de ejemplo, se pueden destacar estudios realizados en ciudades de China, donde se empleó el modelo SBDART para estimar el forzamiento radiativo directo de aerosoles atmosféricos. Los resultados revelan que propiedades como la humedad relativa y el tipo de partícula tienen un impacto significativo en los parámetros ópticos de los aerosoles. Además, se ha verificado que el Single-scattering Albedo (SSA), seguido del espesor óptico de aerosoles (AOD) y el factor de asimetría (g), son propiedades que ejercen una influencia destacada en el forzamiento radiativo causado por los aerosoles [10][11].

Adicionalmente, en la ciudad de Gandhinagar, India, también se utilizó el modelo SBDART con el propósito de comprender cómo los aerosoles afectan el balance radiativo. La implementación de este modelo en el análisis del forzamiento radiativo debido a los aerosoles para ondas cortas reveló una correlación positiva entre el AOD y el ADRF (Aerosol Direct Radiative Forcing) [12], demostrando así que, en este caso, los aerosoles contribuyen al calentamiento de la atmósfera.

4. JUSTIFICACIÓN:

Desde el siglo XIX, la temperatura global ha experimentado un aumento de 1.1 °C, y se estima que este incremento podría haber sido de 1.6 °C de no ser por el efecto de los

aerosoles atmosféricos [7]. Por lo tanto, resulta relevante estimar el forzamiento radiativo de los aerosoles en el Valle de Aburrá, ya que estos datos servirán como base para las predicciones climáticas y serán fundamentales para la implementación de medidas medioambientales coherentes con el Plan de Acción Climática de Medellín 2020-2050, que reconoce la necesidad de gestionar y mitigar el cambio climático a nivel local [9].

La Universidad EAFIT está desarrollando dos programas de investigación, 4DAir-MOLIS y 4DAir-MISDAM, con el objetivo de medir y caracterizar los componentes atmosféricos para comprender y predecir las dinámicas climáticas, así como estimar la contaminación urbana, la cual tiene repercusiones directas en la salud de la población [8]. Dentro del marco de trabajo de estos programas, se espera obtener el cálculo de la transferencia radiativa para contribuir a la toma de decisiones en la gobernanza del aire y la capacidad de gestionar el cambio climático. Así, la comprensión de los aerosoles atmosféricos y sus propiedades ópticas y microfísicas es crucial para comprender el balance energético.

La realización y finalización de este proyecto requiere una comprensión integral tanto del modelo fisicomatemático del SBDART como de las propiedades ópticas y físicas de los aerosoles. En este contexto, un ingeniero físico emerge como el profesional idóneo para esta tarea, ya que posee la capacidad de analizar el modelo fisicomatemático y las características de los aerosoles. Su destreza en programación científica le permite abordar desafíos técnicos, cuenta con habilidades instrumentales que lo familiarizan con los dispositivos de medición, y su habilidad para ajustar el modelo de acuerdo con las necesidades específicas del Valle de Aburrá lo posiciona como un recurso clave para el éxito del proyecto.

5. ALCANCE:

Estimar el forzamiento radiativo de aerosoles no depende de un solo instrumento de medición sino de varios, ya sean in situ o de detección remota. De este modo, el alcance de este proyecto será que mediante el entendimiento de los modelos de transferencia radiativa, las propiedades ópticas y microfísicas de los aerosoles, uso de bases de datos locales disponibles y con la implementación del modelo SBDART, dar cuenta de una primera estimación del forzamiento radiativo de aerosoles en el Valle de Aburrá.

6. METODOLOGÍA PROPUESTA:

Para este proyecto investigativo se implementará una metodología en cascada que contempla las siguientes fases:

1. Revisión de la literatura: Esta etapa tiene como objetivo comprender el forzamiento radiativo e identificar los principales elementos en el modelo SBDART.

2. Instalación del programa SBDART: En esta fase, se establecen los requisitos de software necesarios para la operación del modelo SBDART y se inicia la ejecución del programa basado en software libre.
3. Estudio detallado del modelo fisicomatemático SBDART y funcionamiento del programa: En esta fase, se profundiza en cada una de las variables del modelo fisicomatemático. Se determinan las variables de entrada y salida del código, y se exploran posibles escenarios en los que los métodos matemáticos o numéricos no produzcan resultados coherentes con la física subyacente al fenómeno.
4. Implementación del modelo y ejecución para obtener resultados simulados del forzamiento radiativo: Durante esta etapa, se lleva a cabo la implementación del código adaptándolo a las propiedades y variables específicas de la localidad. Se simulan los resultados y se almacenan para análisis futuro.
5. Análisis comparativo y evaluación de la sensibilidad a diferentes variables: Se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos, se evalúa la sensibilidad del forzamiento radiativo de aerosoles a diversas variables de entrada, y se presentan conclusiones del proyecto.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

El cronograma se presenta en forma de tabla de actividades y se puede evidenciar en la Tabla 1. A cada una de las actividades se le asigna un número determinado de semanas marcadas con colores para su finalización y su respectiva fase y porcentaje de avance.

8. PRESUPUESTO:

El presupuesto se divide en honorarios y en insumos, para mostrar los costos asociados al proyecto se muestran las Tablas 2 y 3. Es válido aclarar que este presupuesto es un aproximado y se emplean instrumentos de medición de los que se conoce su disponibilidad, sin embargo, podrían requerirse otros instrumentos de acuerdo con las necesidades que se observen a lo largo del estudio y revisión de bibliografía.

De este modo, se especifica que el presupuesto necesario para llevar a cabo del proyecto es de 808,310.000 pesos colombianos.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES			Semana																	
Actividad	FASE	Estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Revisión de la literatura en el contexto del forzamiento radiativo de aerosoles	1	20%																		
Revisión de la literatura del modelo SBDART	1	15%																		
Instalación del programa SBDART	2	100%																		
Estudio del modelo SBDART	3	5%																		
Entendimiento del programa	3	10%																		
Entendimiento del funcionamiento del programa respecto a las propiedades de aerosoles relevantes	3	0%																		
Ejecución del modelo para simulación de resultados	4	0%																		
Evaluación de sensibilidad de parámetros	5	0%																		
Análisis y conclusión de resultados (¿Se logró el objetivo?)	5	0%																		
Anteproyecto	Evaluación	100%																		
Avance 1		0%																		
Avance 2		0%																		
Entrega Final		0%																		

Tabla 1: Cronograma de actividades.

Presupuesto (Honorarios)	Valor por hora	Número de horas	Total (COP)
Estudiante	20,000	216	4,320,000
Tutora	55,000	18	990,000
Total			5,310,000

Tabla 2: Presupuesto (Honorarios)

Presupuesto (Insumos)	Valor (COP)
Computador	3,000,000
Lidar	500,000,000
Fotómetro solar	300,000,000
Total	803,000,000

Tabla 3: Presupuesto (Insumos)

9. PROPIEDAD INTELECTUAL:

La propiedad intelectual del proyecto pertenece a la Universidad EAFIT así como los derechos a su distribución. Sin embargo, los derechos morales pertenecen al autor y al tutor del proyecto y siendo plenamente intransferibles.

10. REFERENCIAS:

- [1] ¿Qué es el cambio climático? | naciones unidas *United Nations*. Accedido el 29 de enero de 2024 [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- [2] “Causas y consecuencias del cambio climático”. Fundación Aquae. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-y-consecuencias-cambio-climatico/?gclid=CjwKCAiAtt2tBhBDEiwALZuhAJ0AJrYp7-BNIHuq5ZYU6sBalskurHFibEtmQy2RHkcV_hlkms_rcxoCTn0QAvD_BwE
- [3] “Vocabulario climático para comunicadores y divulgación general”. Wayback Machine. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: https://web.archive.org/web/20190627040306/http://www.acomet-web.com/vocabulario_climatico.pdf
- [4] “Cambio climático: efectos indirectos de los aerosoles atmosféricos”. Dialnet. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7418684#:~:text=Los%20aerosoles%20atmosféricos%20y%20los,tanto,%20el%20cambio%20climático%20global.>
- [5] “Qué es un aerosol, origen, composición y efectos en la salud”. El tiempo.es. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.clima.com/meteopedia/aerosol>
- [6] Contributors to Wikimedia projects. “Atmospheric radiative transfer codes - Wikipedia”. Wikipedia, the free encyclopedia. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_radiative_transfer_codes
- [7] “La contaminación que enfría el clima global”. Revista Pesquisa Fapesp. Accedido el 29 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://revistapesquisa.fapesp.br/es/la-contaminacion-que-enfria-el-clima-global/#:~:text=La%20mayoría%20de%20los%20aerosoles,Tierra%20con%20una%20intensidad%20mayor.>
- [8] “Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes”. PAHO/WHO | Pan American Health Organization. Accedido el 3 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes#:~:text=La%20contaminación%20del%20aire%20puede,impactos%20adversos%20en%20la%20salud.>

[9] “Plan de acción climática de Medellín 2020-2050”. Alcaldía de Medellín. Accedido el 5 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: [https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-medio-ambiente/cambio-](https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-medio-ambiente/cambio-climatico/#:~:text=Consciente%20de%20los%20desafios,%20Medellín,a%20los%20efectos%20del%20clima.)

[climatico/#:~:text=Consciente%20de%20los%20desafios,%20Medellín,a%20los%20efectos%20del%20clima.](https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-medio-ambiente/cambio-climatico/#:~:text=Consciente%20de%20los%20desafios,%20Medellín,a%20los%20efectos%20del%20clima.)

[10] Lu a b d et al. (2022) “Sensitivity and uncertainties assessment in radiative forcing due to aerosol optical properties in diverse locations in China, Science of The Total Environment”.

Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722075490>

(Accedido: 11 de febrero de 2024).

[11] *Retrieval of gridded aerosol direct radiative forcing based on multiplatform datasets.*

(s.f.). AMT – Disponible: <https://amt.copernicus.org/articles/13/575/2020/> (Accedido: 11 de febrero de 2024).

[12] Estimation of Aerosol Radiative Forcing Over an Urban Environment Using Radiative Transfer Model. (s.f.). IEEE Xplore. Disponible:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9358932> (Accedido: 11 de febrero de 2024).

[13] Contributors to Wikimedia projects. (2005, 17 de octubre). *Radiative transfer* - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia.

Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/Radiative_transfer (Accedido: 13 de febrero de 2024)

[14] Salby, M. L. (2012). Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press.