



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la
Amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo
Hysplit - 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Alanya Buendia, Susana Milagros (ORCID 0000-0002-3756-8869)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID 0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres: Justidiano Alanya Romero,
Susana Buendia Aparco y hermanos por
su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerzas, pasión y perseverancia para investigar.

A mis padres por darme la vida, por brindarme el soporte moral y emocional. A mis hermanos por confiar en mí apoyándome en cada momento. A mi novio Ruben Bendezu por apoyarme incondicionalmente. A mi querida amiga Alicia Rocha por su apoyo en el desarrollo de mi tesis.

A la facultad de ingeniería y arquitectura, escuela profesional de ingeniería ambiental de la universidad Alas Peruanas, por ser la institución que me brindó las bases de mis conocimientos para ser profesional.

A la universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de obtener mi título profesional de ingeniera ambiental.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de la investigación:	19
3.2 Variables y operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra, muestro	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5 Procedimientos	23
3.6 Método de análisis de datos	28
3.7 Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS	32
4.1 Focos de incendios forestales.....	33
4.2 Formación de aerosoles.....	39
4.3 Transporte de aerosoles atmosféricos	43
4.4 Espesor óptico de aerosol.....	47
4.5 Correlación entre focos de incendios forestales y espesor óptico de aerosol.	50
4.6 Contrastación de hipótesis de la investigación	52

V. DISCUSIÓN	54
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos	22
Tabla 3: Promedio de Validación de instrumentos.....	23
Tabla 4: Incendios forestales registrados en los estados de Brasil en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019.....	35
Tabla 5: Resumen de los resultados de focos de incendios forestales en la Amazonía de Brasil en el periodo de estudio, agosto, septiembre y octubre del año 2019.	37
Tabla 6: Resultados de la formación de aerosoles, obtenidos de los gráficos de variación espacial de AOD de MODIS-TERRA.	42
Tabla 7: Estadística mensual del espesor óptico de aerosol (500nm), media (x), mínimo (Min), máximo (Max) y desviación estándar (S).	49
Tabla 8: Resultados de prueba t de student para el análisis de correlación de los datos de espesor óptico de aerosol y focos de incendios forestales, , estadístico T (T), alfa (α), grado de libertad (gl), valor crítico (vc), coeficiente de correlación (r^2).	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Efecto directo e indirecto de la radiación solar sobre los aerosoles.	13
Figura 2: Efecto indirecto de la radiación solar sobre los aerosoles.....	14
Figura 3: Mapa de la provincia de Huancayo	24
Figura 4: Fotómetro solar CIMEL, observatorio de Huancayo-IGP	25
Figura 5: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de agosto del año 2019.	33
Figura 6: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de septiembre del año 2019.	33
Figura 7: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de octubre del año 2019.....	34
Figura 8: Características de la zona de estudio, biomas de Brasil.	36
Figura 9: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/08/17 – 2019/08/22 (agosto del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.	39
Figura 10: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/09/18 – 2019/09/21 (septiembre del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.	40
Figura 11: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/10/27 – 2019/10/30 (octubre del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.	41
Figura 12: Comparación de resultados de formación de aerosoles, obtenidos de los gráficos de variación espacial mensual de AOD-550nm de MODIS-TERRA.	42
Figura 13: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de agosto del año 2019 – modelo HYSPLIT.....	44
Figura 14: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de septiembre del año 2019 – modelo HYSPLIT.....	45
Figura 15: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de octubre del año 2019 – modelo HYSPLIT.	46
Figura 16: Comportamiento de AOD en el mes de agosto del año 2019.	47
Figura 17: Comportamiento de AOD en el mes de septiembre del año 2019.	47
Figura 18: Comportamiento de AOD en el mes de octubre del año 2019.	48

Figura 19: Comparación de los resultados de la media de AOD-500nm mensual.	49
Figura 20: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para agosto del año 2019.	50
Figura 21: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para septiembre del año 2019.	51
Figura 22: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para octubre del año 2019.	52

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019. Es aplicado, descriptivo, cuantitativo y no experimental. Para el cual se recolectaron los registros de focos de incendios forestales de Brasil del Instituto Nacional de Investigaciones espaciales para agosto, septiembre y octubre del año 2019; datos de AOD (espesor óptico de aerosol) por el sensor MODIS de TERRA para determinar la formación de aerosoles; datos de espesor óptico de aerosol (AOD) del fotómetro Solar de la red de monitoreo de la NASA de AERONET instalado en el observatorio de Huancayo; el transporte de aerosoles atmosféricos se analizó con el modelo Hysplit. El resultado obtenido fue que el número de focos de incendios en agosto (51 935) y septiembre (53 234) fueron mayores que en octubre (25 613); los valores máximos de emisión de AOD en Brasil fueron de (0.49) agosto, (0.8) septiembre, descendiendo en octubre (0.33); el análisis de retrotrayectoria indicó que los aerosoles que llegan a Huancayo provienen de la amazonia de Brasil; los valores medios de AOD en Huancayo para agosto (0.191 ± 0.091) y septiembre (0.156 ± 0.078) fue mayor que octubre (0.095 ± 0.035). Se concluyó que existe un transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia de Brasil e influyen significativamente sobre Huancayo durante los meses de agosto y septiembre del año 2019, viéndose reflejado en el coeficiente de correlación con 0.7029 y 0.715 para dichos meses.

Palabras claves: Espesor óptico de aerosol, transporte, focos de incendio.

ABSTRACT

The objective of the research work was to determine the transport of atmospheric aerosols due to forest fires in the Amazon and its influence in Huancayo through the Hysplit model during 2019. It is applied, descriptive, quantitative and not experimental. For which the records of forest fire sources in Brazil were collected from the National Institute for Space Research for August, September and October 2019; AOD (aerosol optical depth) data from TERRA's MODIS sensor to determine aerosol formation; aerosol optical depth (AOD) data from the Solar photometer of the NASA AERONET monitoring network installed at the Huancayo observatory; Atmospheric aerosol transport was analyzed with the Hysplit model. The result obtained was that the number of fire sources in August (51,935) and September (53,234) were higher than in October (25,613); the maximum values of AOD emission in Brazil were (0.49) August, (0.8) September, decreasing in October (0.33); the back-trajectory analysis indicated that the aerosols arriving in Huancayo come from the Brazilian Amazon; The mean AOD values in Huancayo for August (0.191 ± 0.091) and September (0.156 ± 0.078) were higher than October (0.095 ± 0.035). It was concluded that there is a transport of atmospheric aerosols due to forest fires in the Amazon of Brazil and they significantly influence Huancayo during the months of August and September of the year 2019, being reflected in the correlation coefficient with 0.7029 and 0.715 for said months.

Keywords: Aerosol optical depth, transportation, fire sources.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema de escala mundial que está vinculado con el incremento de la temperatura de la tierra, donde en el último siglo presentó un calentamiento de 0.8°C (Ballester et al., 2006); esto a consecuencia del incremento de emisión de los gases de efecto invernadero y aerosoles antropogénicos (IPCC, 2007). La contaminación atmosférica es la aparición de elementos contaminantes en la atmósfera que modifican su composición, está relacionada con el cambio climático; tiene una gran variedad de fuentes ya sea antropogénica o natural que provienen de procesos industriales, parque automotor, combustión de biomasa, incendios forestales, entre otros (Oyarzún, 2010). La quema de biomasa e incendios forestales son las fuentes importantes de contaminación del aire en la región tropical del planeta, tienen una emisión significativa de gases traza y aerosoles que juegan un papel importante en la química atmosférica y el clima (Crutzen & Andreae, 1990).

Los aerosoles están suspendidos en el aire en forma de partículas ya sea sólidas o líquidas (IPCC, 2007), estas pueden componer de polvo de suelo, hollín, sales marinas, etc. (Expósito G., 1999); persisten varias horas en la atmósfera y tienen un rango de tamaño de 0.01µm y 10 µm (IPCC, 2007), tienen efectos directos e indirectos en el clima y otros procesos; estos producen un enfriamiento cuando reflejan la radiación solar o un calentamiento a través de la absorción de la radiación (OMM, 2016); además que las partículas de aerosoles tienen impactos nocivos en la salud de las personas si exceden sus concentraciones (Brunekreef & Holgate, 2002).

La región amazónica de Brasil es una zona de cuantioso dinamismo de quemadas de vegetación, donde transforman el suelo para la obtención de terrenos agrícolas, crecimiento urbano, etc. (Suárez et al., 2006). En agosto del 2019 la amazonia de Brasil se ganó la atención del mundo por los incendios forestales ocurridos ya que según el informe científico del Proyecto de Monitoreo de los Andes Amazónicos (MAAP), hasta noviembre del mismo año se registraron incendios forestales que arrasaron con 160 400 hectáreas de bosque primario, 25 800 hectáreas de bosque secundario se quemaron (Finer & Mamani, 2019).

La motivación que llevó a realizar esta investigación es porque se ha evidenciado el transporte de contaminantes, entre ellos los aerosoles atmosféricos hacia la

amazonia y región Andina del Perú (Suárez et al., 2006), es decir, la quema de biomasa y los incendios forestales de la amazonia de Brasil provocan un transporte transfronterizo de aerosoles atmosféricos en dirección a la provincia de Huancayo. (Angeles & Angeles, 2017).

La justificación teórica de la investigación se da con el propósito de aportar al conocimiento existente el posible transporte de aerosoles atmosféricos hacia la ciudad de Huancayo desde la amazonia de Brasil durante el año 2019. Por argumento metodológico el estudio pretende validar el modelo Hysplit, un modelo de dispersión poco empleado en investigaciones desarrolladas anteriormente lo cual podrá ser utilizado en futuros trabajos de investigación. La utilidad práctica es dar a conocer y aplicar en futuras investigaciones el modelo Hysplit para determinar trayectorias de contaminantes en el aire como los aerosoles atmosféricos. Por relevancia ambiental del presente estudio dará a conocer la posible presencia e influencia de aerosoles sobre la cuenca atmosférica de Huancayo provocados por incendios forestales en Brasil, ya que según anteriores estudios estos aerosoles tienen un efecto de enfriamiento o calentamiento del aire provocando consecuencias climáticas y ambientales (Artaxo et al., 2006).

De lo mencionado anteriormente se plantea el problema general de la investigación ¿Cuál es el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019?; Siendo los problemas específicos: ¿Cuáles son los focos de incendios forestales que generan aerosoles atmosféricos en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019?; ¿Cuál es la frecuencia de incendios forestales en la Amazonía y cómo influyen en el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019?; ¿Cuál es la formación de aerosoles atmosféricos debido a los incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo durante el año 2019?. Siendo el objetivo general determinar el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019; los objetivos específicos fueron: Identificar los focos de incendios forestales que generan aerosoles atmosféricos en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019; Determinar la frecuencia de

incendios forestales en la Amazonía y cómo influyen en el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019; Determinar la formación de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019.

La hipótesis general planteada en el estudio fue: El transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019. Siendo las hipótesis específicas: Los focos de incendios forestales que generan mayor concentración de aerosoles atmosféricos durante el año 2019 se ubican en la Amazonia de Brasil y Perú e influyen significativamente en Huancayo durante el año 2019; La frecuencia de incendios forestales en la Amazonía de Brasil influyen significativamente en el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019; La formación de aerosoles atmosféricos se dan por incendios forestales en la Amazonía e influyen significativamente en Huancayo durante el año 2019.

II. MARCO TEÓRICO

Angeles & Angeles (2017) en su investigación planteó como objetivo cuantificar la procedencia de los aerosoles que se transportan hacia la región Andina del Perú y conocer si estos aerosoles provocan un calentamiento o enfriamiento en el sistema terrestre. Empleó el modelo Hysplit para determinar traslado de contaminantes dirigidas de la Amazonía de Brasil a la región Andina del Perú. Los datos de espesor óptico de aerosol fueron obtenidos a través de los satélites TERRA, AQUA y el fotómetro solar CIMEL de la central de control de la NASA donde fueron procesadas. Los datos de focos de incendio se obtuvieron de la plataforma virtual del INPE de Brasil. Los resultados de la variación temporal del espesor óptico de aerosol a 550 nm se obtuvieron con la comparación entre MODIS de los satélites AQUA y TERRA y las mediciones del fotómetro solar CIMEL, donde en los meses de agosto y septiembre presento una variación temporal entre 0.0 a 0.5 en el año 2014; la variación temporal del espesor óptico de aerosol de la región de Brasil hacia la ciudad de Huancayo evidencia que en el mes de septiembre hay un transporte de aerosoles en dirección a la región de Huancayo. Concluyó que las emisiones de aerosoles son de 0.96 en estación húmeda en comparación de 0.25 de la estación seca; se evidencia que en el mes de septiembre ocurre un transporte de contaminantes entre ellos los aerosoles a la región Andina del Perú, ya que Cuiaba, Alta Floresta y Huancayo muestran un valor máximo de 1, 1.2 y 0.12.

Navarro Barboza (2019) tuvo como objetivo de determinar la influencia de los aerosoles provocados por la quema en los andes centrales del Perú en el periodo de julio a octubre del año 2017. Para ello empleó el modelo WRF-CHEM, utilizó esquemas de parametrización física y datos de espesor óptico de aerosol (AOD). Como resultado obtuvo que los valores de EOA tienen un incremento correspondiente al número de focos de incendios de julio a agosto del año 2017 y se obtuvo una disminución leve en el mes de octubre, así mismo indicó que las condiciones meteorológicas no favorecen la aparición de incendios en la zona y periodo de estudio, por lo que la aparición de la precipitación en octubre influye en la disminución de los valores de EOA. Finalmente concluye con los resultados de correlación entre los focos de incendio y el EOA donde resultó 0.77, por lo tanto, demostró el impacto de la quema de biomasa y el EOA espesor óptico de aerosol.

Victoria & Estevan (2021) tuvo como objetivo determinar las características del aerosol atmosférico en el observatorio de Huancayo durante el año 2019. El estudio recopiló datos del fotómetro solar de Huancayo que es parte de la red AERONET y de MODIS de los satélites AQUA y TERRA; identificó el espesor óptico de aerosol (AOD) y el coeficiente de Angstrom (EA); recopiló datos de focos de incendios y por último determinó la retrotrayectorias de masas de aire con el modelo Hysplit; para los datos de AOD se evaluaron valores mínimos, máximos y medios con el exponente de Angstrom; también evaluó los tipos de aerosoles presentes en la zona de estudio y se emplearon valores del fotómetro solar para la intercomparación de los resultados. Los resultados de la investigación determinaron que la media de AOD y EA (AERONET) fueron 0.159 ± 0.073 y 1.624 ± 0.198 , de AOD de AQUA y TERRA fueron 0.088 ± 0.056 y 0.098 ± 0.087 ; el modelo Hysplit mostró como resultado un transporte de aerosoles procedentes de Huánuco, Pasco, Ucayali y un porcentaje mínimo de países como Bolivia y Brasil hacia el observatorio de Huancayo; la intercomparación de AOD AQUA y TERRA con datos de la red AERONET, logró los coeficientes de correlación 0.794 y 0.796. La investigación concluye que los valores máximos, mínimos y medios de AOD TERRA fue mayor que AOD AQUA; en el mes de agosto se registraron valores máximos de AOD MODIS; mayor número de incendios forestales se registraron en los meses de agosto y septiembre; en la estación AERONET se encontraron tipos de aerosoles abundantes en el observatorio de Huancayo como CNT (51.9 %) y BIO (47.0 %). Los mayores transportes de masas de aire hacia el observatorio de Huancayo provienen de la Amazonía del Perú.

Calderón M. (2018) tuvo como objetivo identificar la influencia de partículas PM10 transportados de Perú y países vecinos por la quema de biomasa, sobre el espesor óptico de aerosol (AOD). El estudio empleó datos de agosto de 2015 y enero de 2016 (periodo no lluvioso y lluvioso); el modelo WRF-CHEM se empleó para el modelamiento y así determinar los valores de concentración de PM10 y determinar su transporte; se recopilaron datos de AOD del fotómetro solar CIMEL CE-318T; se realizó un ensayo de correlación con los datos de PM10 para comprobar si los datos obtenidos con el modelo empleado son de buena calidad y establecer si los datos son representativos. Los resultados de la

investigación indicaron que la cantidad de focos de incendio en el mes de agosto de 2015 fue significativamente mayor que los de enero de 2016; los valores de PM10 en el mes de agosto fue mayor al mes de enero. Se constató que la ciudad de Huancayo es afectada tanto por partículas que se generan en el Perú, como partículas procedentes de Brasil y Bolivia. Por último, se probó que el espesor óptico de aerosol es afectado por las partículas de PM10, ya que para el mes de agosto del 2015 el coeficiente de correlación es de 76.8 %.

Zielinski et al. (2016), tuvo como objetivo determinar los cambios del espesor óptico de aerosol (AOD) en la región de Europa del Este y el Mar Báltico debido a incendios forestales ocurridos en el área de Bielorrusia y Ucrania en 2002. La investigación seleccionó datos de tres estaciones de la red AERONET las que utilizaron fotómetros Solares CIMEL en 7 longitudes de onda ubicadas alrededor del mar Báltico; los datos utilizados fueron de calidad de nivel 2.0, se recolectaron datos de espesor óptico de aerosol (AOD) y coeficiente de Angstrom; la trayectoria de masas de aire se calculó con el modelo HYSPLIT en 500, 1500 y 3000 m; los resultados de AOD se respaldaron por los análisis de datos de satélites con el sensor MODIS. Los resultados indicaron que los valores de AOD en el mes de agosto aumentaron significativamente en comparación de otros meses de año 2002, los promedios anuales del AOD en las tres estaciones fueron raramente altos en comparación y difieren con los datos de 1999 y 2003; el modelo Hysplit indicó que las masas de aire podrían haber transportado partículas sobre la estación Gotland a una altitud inferior a 3000 msnm durante el 15 y 27 de agosto del 2002; los resultados obtenidos por MODIS a 550 nm para cinco regiones en el 15 y 27 de agosto de 2002 indican un aumento de AOD para las regiones de Ucrania, el Báltico y Bielorrusia (0.6-0.7) en comparación con el resto de Europa; estos resultados junto con las trayectorias de masas de aire muestran que las partículas finas fueron transportadas a la región del Báltico con vientos del suroeste que transportaron masas de aire de las áreas de los incendios forestales. El estudio concluye que en agosto de 2002 se transportaron masas de aire contaminadas de las áreas de incendios forestales hacia toda la región, con la evidencia de niveles muy altos de AOD superior a 0.7.

Darga Saheb et al. (2019), tuvo como objetivo principal examinar la variación espacial, estacional e interanual de la quema de biomasa y su impacto en las

propiedades ópticas regionales de los aerosoles en el norte de la India. La investigación se realizó mediante observaciones de aerosoles multisatélite de puntos de incendio activos, Espesor óptico de aerosol (AOD) de 550 nm; los datos fueron recopilados del sensor MODIS y observaciones en Tierra como el fotómetro solar CIMEL de AERONET de la estación de Kampur durante enero de 2003 a diciembre de 2017; los transportes de largo alcance de aerosoles de humo se determinaron mediante la sinergia de observaciones terrestres, satelitales y simulaciones del modelo Hysplit. Los resultados de incendios activos del sensor MODIS determinaron un incremento en la cantidad de ocurrencias de incendios en la India en un periodo de 15 años del 2003 al 2017 con un promedio de 1477 de incendios por año; las temporadas incendios dominantes son en marzo y mayo donde representan más del 45 %. La observación satelital muestra una gran pendiente de parámetros de aerosoles del noroeste al sureste a lo largo de las colinas del Himalaya, lo que indicó un transporte regional de aerosoles de humo sobre la región; los datos fueron respaldados con observaciones de AOD en tierra en cuatro ubicaciones una de ellas Kampur a través del fotómetro solar CIMEL de la red AERONET, los valores climatológicos promediados del AOD terrestre para las cuatro estaciones fueron $0,52 \pm 0,26$, $0,75 \pm 0,40$, $0,45 \pm 0,24$ y $0,57 \pm 0,29$ respectivamente. Las rutas de transporte de humo originadas por la quema de residuos de cultivos analizadas mediante el modelo HYSPLIT, indicaron que la mayoría de aerosoles de humo se transportan al este de IGP una de las regiones del norte de la India, al centro de la India y regiones oceánicas adyacentes. El estudio concluye que la quema de biomasa y aerosoles afecta a todo el norte de la India y las regiones oceánicas vecinas.

Gyanesh Kumar et al. (2019), tuvo como objetivo explorar la distribución del tamaño y las características de las características de la masa de los aerosoles ambientales y sus fuentes de combustión durante el periodo posterior al monzón en el norte la India. Se recopilaron datos de incendios del satélite MODIS, para determinar la influencia de las masas de aire durante el periodo de estudio se evaluó la trayectoria de masas de aire (5 días, 500 msnm) utilizando el modelo Hysplit para determinar el alcance de los incendios y la fuente de las masas de aire. El estudio tuvo como resultados del recuento de incendios por MODIS una intensidad de quemadas en la región; los datos de trayectoria de masas de aire de

largo alcance prevalecieron durante el periodo de muestreo; se determinaron datos elevados de PM₁: $253 \pm 31 \mu\text{g m}^{-3}$ y de PM_{2.5}: $286 \pm 39 \mu\text{g m}^{-3}$ durante la noche lo que indica un impacto de la altura de la capa límite menos profunda. La fracción gruesa más alta ((PM₁₀-PM_{2.5}) / PM₁₀) de PM durante el día, especialmente por la tarde (0.5 ± 0.2) se atribuye a la elevación de polvo mineral debido a la mayor velocidad del viento. La quema de biomasa pareció ser la fuente dominante de PM ambiental en el sitio de muestreo, la quema de biocombustible en la cocina doméstica podría ser la dominante. contribuyente a la concentración mejorada de PM en el lugar de muestreo en IGP a barlovento durante el período de estudio.

Della Ceca (2018) planteó como objetivo estudiar la distribución espacio temporal de aerosoles atmosféricos y evaluar la relación entre las medias de AOD satelital material particulado de una estación de monitoreo y datos meteorológicos en la ciudad de Córdoba-Argentina. El periodo de estudio fue de 2003 y 2013, se desarrolló a través de datos de espesor óptico de aerosol (AOD) con el sensor MODIS de los satélites TERRA y AQUA; se hizo un nuevo algoritmo. Se examinó la concentración y variación por año, mensual y estacional de los aerosoles; se evaluó la correlación de AOD y valores de material particulado. Los resultados de AOD indicaron que en los meses de diciembre a febrero los valores fueron parcialmente altos en Córdoba donde de otoño a invierno estos disminuyen; desde el mes de agosto se nota un mayor incremento de AOD alcanzó el valor máximo en septiembre, esto concuerda con la época de quema de biomasa de la ciudad de Córdoba y países cercanos como Bolivia, Brasil y Paraguay donde demuestra el transporte no solo regional sino continental de los aerosoles incluido material particulado provocado por incendios

Alegría C. (2015) en su investigación planteó como objetivo determinar las propiedades microfísicas de los aerosoles procedentes de medidas del fotómetro solar y Lidar en el valle de Aburrá, Colombia. Los datos del estudio se desarrollaron durante los años 2013 y 2014 donde emplearon un fotómetro solar de red AERONET de la NASA, un sistema Lidar actuando a 532 nm, impactador de aerosol PM_{2.5} de un laboratorio de calidad de aire y estación meteorológica común; estudiaron el reparto de dimensión de partículas, volumen, radio y

concentración de PM 2.5 por monitoreo del fotómetro solar, BAM 1020 y sistema Lidar. El estudio concluyó que la temperatura de la zona influyó en alteración de los valores de AOD, concentración de PM2.5 y los apuntes Lidar en correlación a las alturas de CLA y el reparto de partículas por su tamaño.

Como teorías relacionadas a la investigación, los aerosoles son un grupo de partículas de forma líquida o sólida en suspensión de todas las formas, tamaños y composiciones en el aire; posee fuentes naturales como sal marina, polvo mineral, aerosoles orgánicos; su fuente antropogénica incluye sulfatos, nitratos y aerosoles carbonosos que provienen de fuentes de combustión de combustibles fósiles (Borduas & Donahue, 2018). Por otra parte Bellouin & Haywood (2020), describe a los aerosoles como partículas líquidas o sólidas que se emiten directamente a la atmósfera o se convierten a partir de precursores gaseosos, e indican que los medios naturales o las actividades humanas generan aerosoles; permanecen en la tierra hasta dos semanas, donde experimentan transformación química y transporte a larga distancia.

Los rangos de tamaño de los aerosoles comprenden entre los 0.01 μm y 10 μm y en el aire persisten por muchas horas. Los aerosoles en el clima intervienen directamente esparciendo y captando radiación; indirectamente intervienen alterando las características ópticas y el ciclo de vida de las nubes participando como núcleos de condensación en la creación de las nubes (IPCC, 2007). Según Golden (2000) los aerosoles oscilan de 2 nm a 10 μm y las partículas que surgen de combustión se encuentran entre 0.05 a 0.35 μm .

Existen dos tipos de aerosoles, el aerosol primario: Son aerosoles que en forma de partícula se emiten a la atmósfera; el aerosol secundario: es el resultado de un proceso de transformación de gas-partícula (Expósito G., 1999). Por otro lado Bellouin & Haywood (2020) indica que los aerosoles primarios son partículas directamente emitidas de fuente como polvo, rocío de mar y cenizas volcánicas; los aerosoles secundarios se componen a través de la condensación de gases en la atmósfera, produciendo partículas como sulfato y aerosol orgánico.

Los aerosoles provocan la dispersión de la luz solar y la absorben en distintos grados en función de sus propiedades físicas y ópticas. Además, desempeñan un efecto de enfriamiento del clima, sin embargo, también pueden provocar un

calentamiento adicional de la atmósfera (OMM, 2016). Borduas & Donahue (2018) describen que las partículas pueden interactuar directamente con la radiación al dispersar la luz y reducir la radiación a la superficie, pero el aerosol de carbono (hollín) también puede absorber la radiación y calentar la atmósfera, si intervienen a modo de núcleos de condensación de las nubes también contribuyen en la dispersión.

Las características físicas de los aerosoles son: Distribución global donde los aerosoles se distribuyen en la tropósfera de forma heterogénea a causa del periodo de permanencia y variedad de fuentes, donde las conglomeraciones más altas están cerca de las áreas donde se emitieron los aerosoles; los aerosoles perciben muchos cambios físico - químicos durante su permanencia en la atmósfera y son eliminadas relativamente rápido, por las precipitaciones. Tiempo de vida: El tiempo de vida depende generalmente de la dimensión y naturaleza higroscópica del aerosol atmosférico (Días R., 2005). Distribución de tamaños: esta característica física del aerosol atmosférico es primordial por la interrelación del aerosol con la radiación solar y el periodo de permanencia en el aire (Días R., 2005). Las partículas muestran distintas formas, ya que las que tienen un radio superior a $0.5 \mu\text{m}$ no poseen una estructura esférica, es por eso que las que tienen dimensiones de $0.001 \mu\text{m}$ a $100 \mu\text{m}$ conceden espacio a grupos con características químicas y ópticas de tal manera que se logran agrupar entre partículas finas y gruesas que dependerán de su diámetro (Alegría C., 2015). Distribución vertical: los aerosoles se también se extienden de forma vertical y la distribución de esta depende especialmente de su tamaño. Otras investigaciones evidencian que las partículas con radios menor a $0.1 \mu\text{m}$ disminuyen velozmente de 1 a 10 partículas por cm^3 entre uno 28 y 30 km; las partículas grandes de entre 0.1 y $1 \mu\text{m}$ disminuyen en la tropósfera donde llegan a valores de entre 10 y 20 partículas/ cm^3 . Entretanto estas partículas comienzan a crecer con la altura en la parte baja de la estratósfera llegando a 15 y 25 Km y las estimaciones de partículas varían de 50 y 200 partículas/ dm^3 . A nivel global se muestra esta capa de aerosoles y tiene el nombre de la capa de aerosoles de Junge (Días R., 2005).

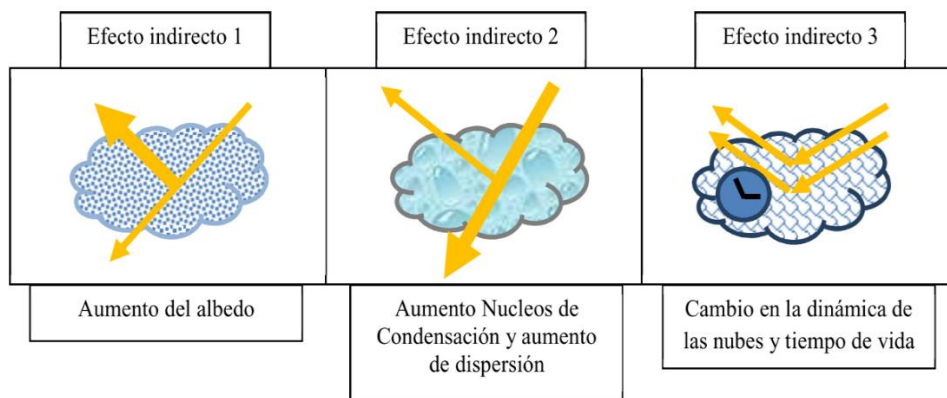
Los aerosoles actúan en el clima de la Tierra mediante la alteración del balance radiativo a través del efecto directo e indirecto, ya que provocan enfriamiento

cuando reflejan la radiación solar o calentamiento al absorber la radiación (Días R., 2005). Como se muestra en la **figura 1**, el efecto directo está coligado a la correlación entre los aerosoles y la radiación solar. Existen fenómenos ópticos que esta implicados como la difusión y absorción la radiación por los aerosoles estos intervienen de forma opuesta, en otras palabras, la reflexión de la radiación solar prevalece a consecuencia de la dispersión favoreciendo al descenso de la temperatura en la superficie de la tierra; entretanto se produce un resultado opuesto con la absorción, donde provoca un calentamiento sobre la superficie de la tierra y la atmósfera baja (Palacios P., 2014). Como se muestra en la **figura 2**, el efecto indirecto hace alusión a la intervención de los aerosoles sobre el centro de condensación de las nubes incrementando la agrupación de las gotas de agua y las partículas de hielo alterando las microfísicas de las nubes y perjudicando a sus características radiativas; también se denomina el efecto albedo de las nubes Según las últimas investigaciones aseguran que las nubes incrementan su tamaño y subsisten más tiempo cuando hay gran cantidad de aerosoles, que cuando estas precipitan provocan tormentas extremas (Días R., 2005).



Fuente: Días R. (2005)

Figura 1: Efecto directo e indirecto de la radiación solar sobre los aerosoles.



Fuente: Días R. (2005)

Figura 2: Efecto indirecto de la radiación solar sobre los aerosoles.

El espesor óptico de aerosol es una magnitud adimensional, simboliza la carga total de todos los aerosoles sobre la columna atmosférica. Es decir, indica el poder que tienen los aerosoles que a una determinada longitud de onda puede disminuir la radiación solar, a través de la difusión o absorción de la radiación (Vivanco C., 2014). El calculo del espesor óptico total esta demostrada en la ley de Lambert – Beer, donde interpreta la atenuación de la radiación a su transporte por la atmósfera, el espesor óptico total es calculado utilizando la siguiente ecuación (Contreras et al., 2014).

$$\tau = \frac{\ln\left(\frac{RI_{0\lambda}}{I_{\lambda}}\right)}{m} \dots\dots\dots(1)$$

Donde: R = Factor de correlación distancia sol y la tierra; I_{λ} = Intensidad de radiación examinada a una determinada longitud de onda (λ), a nivel de la superficie del suelo; $I_{0\lambda}$ = intensidad de radiación en el extremo de la atmósfera, adquirido gráficamente por el método de Langley, particularmente para una; m = masa del aire definido por la secante del cenital solar.

El fotómetro solar CIMEL CE-3018T se encuentra instalado en el observatorio de Huancayo del instituto geofísico del Perú (IGP), en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR); desde el 20 de marzo de 2015, esto como parte del programa AERONET (Aerosol Robotic Network) de la NASA. Este instrumento ha sido diseñado para realizar mediciones directas de radiación

solar de forma automática, estas mediciones se realizan en 8 longitudes de onda 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940, y 1020 nm respectivamente, cada 15 minutos; permite calcular el espesor óptico de aerosol (AOD) en función de la atenuación de la radiación solar directa medida en cada longitud de onda y calculada según la ley de Lambert Beer – Bouguer. Los datos a cada hora son transmitidos a satélites y retransmitidos para la central de control en la NASA, en el que son tratadas y habilitadas para el público en internet (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>). Los valores de AOD se miden en tres niveles de calidad; nivel 1, nivel 1.5 y nivel 2.0 (datos seleccionados en la nube y de calidad garantizada). La calibración del equipo está a cargo de GSFC (Goddard Space Flight Center) parte de la NASA y son responsables de mantener la calidad y funcionamientos de todos los instrumentos; la calibración al fotómetro solar se realiza de 6 a 12 meses después de recopilar datos, ya que los datos obtenidos pasando los 12 meses no son fiables porque son susceptibles a condiciones ambientales. El fotómetro solar se calibra mediante la técnica de Langley, con el que se busca determinar el coeficiente de calibración para convertir el número digital de salida del instrumento en una salida deseada para los datos de espesor óptico de aerosol, agua precipitable y radiancia (AERONET, 2020).

Los incendios forestales según el Instituto Nacional de Defensa Civil son la extensión y propagación sin control del fuego sobre un terreno de vegetación ya sea en bosques, regiones áridas o semiáridas y selvas; en muchos casos los incendios son provocados por negligencia de las personas. Si el fuego se encuentra en condiciones adecuadas para su propagación podría recorrer extensas y amplias extensiones de terrenos boscosas provocando daños muy graves a la flora, fauna y al suelo, además que ocasiona pérdidas ecológicas económicas y sociales de forma directa e indirecta (INDECI, 2006). Por otro lado Bilbao et al. (2020), indica que los incendios forestales son la extensión libre no planificada del fuego en la vegetación, la procedencia de estos incendios son de causas naturales como, erupciones volcánicas, existencia de algunos minerales en el suelo, terremotos, pero ocurren con poca frecuencia que los incendios androgénicos esta última es la primordial causa de incendios de ecosistemas; esto es producto de uso de suelos agrícolas o ganaderas y su incorrecto uso o ampliación de áreas de cultivo. La quema es la utilización del fuego a la

vegetación que posibilita que el fuego se confine a una determinada área, es empleada con muchas intensiones como en los trabajos campesinos agrícolas y ganaderas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) es una plataforma web vinculado a la ocurrencia de incendios en la vegetación, tiene un programa denominada Queimadas de desarrollo tecnológico e innovación de productos, procesos y geo servicios para el monitoreo y modelado de la ocurrencia, propagación y clasificación del fuego vivo en la vegetación; su riesgo, extensión y severidad; para esto utiliza técnicas de teledetección, geo procesamiento y modelado numérico. Actualiza automáticamente de forma diaria datos de América, África y Europa (INPE, 2020).

El estado atmosférico o meteorológico está definido a través de las variables meteorológicas tal como la precipitación, temperatura, velocidad y dirección de vientos (Pabón et al., 1998). La dirección de vientos es el rumbo de donde viene el viento, esta se define conforme a los 8 o 16 rumbos de la roda náutica acorde del norte geográfico, es decir, la dirección del viento se refiere a los diferentes rumbos de la rosa de vientos; para determinar la dirección de vientos se utiliza un veleta (Ayllón, 2003). La velocidad de viento es conocida también como la fuerza el viento, y se mide en metros por segundos, en kilómetros por hora o en nudos; este es igual a una amilla por hora o 0.51 m/s. La velocidad del viento generalmente no es constante durante un gran intervalo de tiempo, para determinarla se emplean anemómetro y anemógrafos. La precipitación se describe como el descenso del agua proveniente de las nubes, ya sea en estado líquido o sólido. Se produce cuando las pequeñas gotas de las nubes se unen y a si formar gotas más grandes donde dominan la fuerza del aire y estas caen. Cada gota de nube en su mayoría tiene un diámetro de entre 10 y 30 μ , y una gota de lluvia aproximadamente 2000 μ . El desarrollo de las gotas de las nubes son por el choque directo o por coalescencia entre gotas, o sea, la acumulación de pequeñas gotas por el rompimiento de su estabilidad coloidal; la precipitación se mide a través de un pluviómetro o pluviógrafo (Andrades R. & Muñoz L., 2012).

Las masas de aire son grandes porciones de aire de 1600 Km o más que tiene características homogéneas de temperatura, humedad y densidad; se clasifican

en masas de aire frío (producen tormentas) y caliente (producen lloviznas) (Andrades R. & Muñoz L., 2012). Sus principales aspectos a considerar son la región de origen: es un área extensa de superficie plana y características homogéneas; la trayectoria de desplazamiento: las masas de aire empiezan a cambiar su estructura cuando dejan su lugar origen, estos cambios afectan a la humedad, temperatura y estabilidad vertical; la edad: es el tiempo que utilizado la masa de aire en su desplazamiento desde que deja su lugar de origen.

El modelo de trayectoria integrada lagrangiana híbrida de una sola partícula (HYSPLIT) fue desarrollado por el laboratorio de recursos aéreos de NOAA por sus siglas en inglés (National Oceanic and Atmospheric Administration); es un modelo de sistema íntegro, es muy utilizado ya que determina la dispersión y el transporte atmosférico, además sirve para calcular trayectorias simples de masas de aire, alteración química, deposición y simulaciones de dispersión. El estudio de trayectoria inversa es una de las aplicaciones más comunes del modelo, describe la fuente de las masas de aire y constituyen una relación entre la fuente y el receptor. Es decir, Hysplit se emplea para estimar la posición de la masa de aire con el tiempo basado en un algoritmo de velocidad de masa de aire lagrangiano tridimensional (latitud, longitud y altitud). El modelo se ha utilizado ampliamente para comprender las fuentes de aerosoles y el mecanismo de hundimiento (Stein et al., 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación:

El tipo de la investigación es aplicada ya que busca estudiar y averiguar la influencia del transporte transfronterizo de aerosoles atmosféricos en la Ciudad de Huancayo que están basadas en investigaciones iniciales y referencias teóricas; donde Lozada (2014) menciona que la investigación aplicada, emplea conocimientos básicos para buscar generar más información para analizar y solucionar problemas en un contexto definido.

La investigación es de enfoque cuantitativo, debido a su búsqueda de medición de correlación de los focos de incendios forestales en el aerosol atmosférico; ya que Hernández et al. (2014) menciona que el enfoque cuantitativo es aquel que utiliza la recopilación de datos para demostrar la hipótesis, a través del cálculos numéricos y el análisis estadístico.

La investigación es no experimental descriptivo ya que no se manipulan las variables porque ya han sucedido más solo se observa el comportamiento para poder analizarlas; ya que según Hernández et al. (2014) menciona que la investigación no experimental es aquella donde no se varían intencionalmente las variables independientes, es decir se observan fenómenos tal como suceden y se analizan.

El diseño de la investigación es transversal correlacional ya que busca calcular el grado de relación entre las variables de focos de incendios forestales y aerosoles atmosféricos en momento determinado, según Hernández et al. (2014), los diseños de investigación transversales reúnen datos en un solo momento, busca explicar variables y estudiar su interrelación en un momento determinado. Las investigaciones correlacionales explican la relación entre dos o más variables, en los diseños transversales correlacionales el investigador observa, reporta las causas y efectos ya ocurridos.

3.2 Variables y operacionalización

V1: Incendios forestales

V2: Aerosoles atmosféricos

En la siguiente **tabla 1** se clasifican las variables que se estudiaron en la investigación.

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INCENDIOS FORESTALES	Según INDECI 2006 (Instituto Nacional de Defensa Civil). Define a los incendios forestales como la extensión y propagación sin control del fuego sobre un terreno de vegetación ya sea en bosques, regiones áridas o semiáridas y selvas.	Los datos se obtendrán del INPE-Brasil, se analizara mediante la correlación con los datos de AOD para determinar la influencia de los aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia sobre la ciudad de Huancayo.	Focos de incendios forestales	Lugares de quema	Adimensional
				Cantidad de focos de incendio	Números enteros
				Área de quema	ha
				Características de la zona	Adimensional
			Frecuencia de incendio	Alto	Adimensional
				Medio	
				Bajo	
Formación de aerosoles	Longitud de onda	nm			
	Espesor óptico de aerosol	Adimensional			
AEROSOLES ATMOSFERICOS	Se define como una partícula en suspensión en la atmósfera que se presenta de forma sólida líquida o coloidal, las partículas pueden estar compuestas por polvo de suelo, material biogénico, hollín, sales marinas u otros (Seinfeld & Pandis, 1987)	Los aerosoles atmosféricos serán medidos en base a la relación de datos de focos de incendio forestal de la Amazonía de Brasil con datos de espesor óptico de aerosol presentes en Huancayo y el transporte de aerosol atmosférico mediante el modelo HYSPLIT.	Transporte de aerosol atmosférico	Trayectoria	Adimensional
			Espesor óptico de aerosol (500nm)	Mínimo	Números enteros
				Máximo	
				Promedio	

3.3 Población, muestra, muestro

La población en el presente trabajo de investigación son todos los aerosoles que se generan en el incendio de la Amazonía de Brasil en el año 2019.

La muestra son los datos del espesor óptico de aerosol obtenidos del fotómetro solar del Instituto Geofísico del Perú – Observatorio de Huancayo del año 2019; Hernández et al.,(2014) menciona que la muestra es un subgrupo de datos recolectados que pertenecen a la población.

El muestreo fue a criterio del investigador por la facilidad y accesibilidad de los datos, ya que solo existe un fotómetro solar que mide los aerosoles atmosféricos en la región de Huancayo, el muestreo se realizó para los meses de agosto, Septiembre y octubre del año 2019; ya que durante esos meses sucedieron los grandes incendios forestales en la Amazonia de Brasil.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica para el desarrollo de la presente investigación se basa en la observación de datos, los instrumentos se detallan en la **tabla 2**.

Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos

Nº	Nombre de instrumento	Variable
01	Focos y frecuencia de incendios forestales en la Amazonía de Brasil	Incendios forestales
02	Formación de aerosoles	Incendios forestales
03	Espesor óptico de aerosol y transporte de aerosoles atmosféricos	Aerosoles atmosféricos

Para poder recolectar datos para la investigación fue necesario evaluar los instrumentos a utilizar, para ello se usaron ítem de validación. Para contrastar la validez de cada instrumento de investigación se registró el porcentaje dado por los expertos, los cuales dieron como resultado un promedio de 89.44% por lo que se acepta los instrumentos de la investigación (ver **Tabla 3**).

Tabla 3: Promedio de Validación de instrumentos

NOMBRE DEL ESPECIALISTA	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN		
	Focos y frecuencia de incendios forestales en la Amazonía de Brasil	Formación de aerosoles por los incendios forestales en la Amazonía de Brasil	Espesor óptico de aerosol y transporte de aerosoles atmosféricos
Ing. Castro Tena, Lucero	95 %	95 %	95 %
Ing. Holguin Aranda, Luis	85 %	85 %	85 %
M.S.c. Güere Salazar, Fiorella Vanessa	90 %	85 %	90 %
PROMEDIO DE VALORACIÓN	90 %	88.33 %	90 %
PROMEDIO TOTAL DE VALORACIÓN	89.44%		

3.5 Procedimientos

3.5.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la cuenca atmosférica de la Provincia de Huancayo perteneciente al departamento de Junín; ubicada cerca de la zona ecuatorial a 12° 4' 34.51" S y 75° 12' 43.412" O, tiene una superficie total de 319,41 km² y a una altitud media de 3 249 msnm.

La ciudad de Huancayo durante todo el año posee un clima templado e inestable, variando en 28 °C en los días más cálidos y – 5 °C en las noches más frías; presenta una temporada de lluvias que inicia en el mes de octubre y continua en noviembre, diciembre, enero, febrero y abril; la temporada seca inicia en el mes de mayo y continua en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Huancayo tiene temperatura media anual de 12.0 °C y presenta una precipitación anual media de 936.1 mm (**Figura 3**).

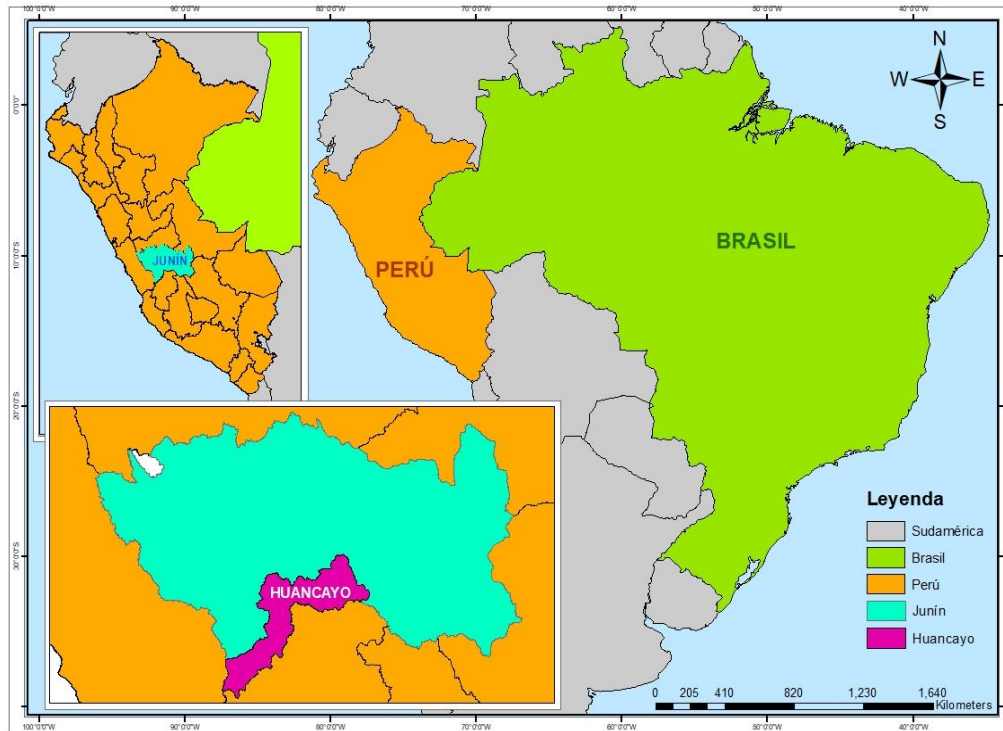


Figura 3: Mapa de la provincia de Huancayo

3.5.2. Materiales y equipos

El fotómetro solar CIMEL CE-318T: Se encuentra instalado en el observatorio de Huancayo del instituto geofísico del Perú (IGP), en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR); desde el 20 de marzo de 2015, esto como parte del programa AERONET (Aerosol Robotic Network) de la NASA.

Este instrumento ha sido diseñado para realizar mediciones directas de radiación solar de forma automática, estas mediciones se realizan en 8 longitudes de onda 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940, y 1020 nm respectivamente, cada 15 minutos; permite calcular el espesor óptico de aerosol (AOD) en función de la atenuación de la radiación solar directa medida en cada longitud de onda y calculada según la ley de Lambert Beer – Bouguer. Los datos a cada hora son transmitidos a satélites y retransmitidos para la central de control en la NASA, en el que son tratadas y habilitadas para el público en internet (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>).

Los valores de AOD se miden en tres niveles de calidad; nivel 1, nivel 1.5 y nivel 2.0 (datos seleccionados en la nube y de calidad garantizada). La calibración del equipo está a cargo de GSFC (Goddard Space Flight Center) parte de la NASA y son responsables de mantener la calidad y funcionamientos de todos los instrumentos.

La calibración al fotómetro solar se realiza de 6 a 12 meses después de recopilar datos, ya que los datos obtenidos pasando los 12 meses no son fiables porque son susceptibles a condiciones ambientales. El fotómetro solar se calibra mediante la técnica de Langley, con el que se busca determinar el coeficiente de calibración para convertir el número digital de salida del instrumento en una salida deseada para los datos de espesor óptico de aerosol, agua precipitable y radiancia (AERONET, 2020)

En la **figura 4**: se muestra el fotómetro solar CE-318T instalado en el Instituto Geofísico del Perú, observatorio de Huancayo.



Figura 4: Fotómetro solar CIMEL, observatorio de Huancayo-IGP

INPE (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales)

El instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil a través del sensor MODIS, realiza un monitoreo activo de incendios forestales que son localizados por satélites; estos datos se encuentra en el siguiente enlace <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>.

Sensor MODIS

El sensor MODIS se ubica en el satélite TERRA desde mayo de 2002, dicho satélite es parte del sistema de observación de la Tierra; esta cruza por el ecuador de norte a sur. Todos los datos de MODIS son almacenados en varios niveles y versiones. El sensor recopila datos de espesor óptico de aerosol a 550nm en nivel 6 que fue creado para tres algoritmos que operan varios tipos de superficies. La colección 6.1 es la versión mejorada ya que agrega un nuevo conjunto de datos.

MODELO HYSPLIT

El modelo de trayectoria integrada lagrangiana híbrida de una sola partícula (HYSPLIT) fue desarrollado por el laboratorio de recursos aéreos de NOAA por sus siglas en inglés (National Oceanic and Atmospheric Administration); es un modelo de sistema íntegro, es muy utilizado ya que determina la dispersión y el transporte atmosférico, además sirve para calcular trayectorias simples de masas de aire, alteración química, deposición y simulaciones de dispersión. El estudio de trayectoria inversa es una de las aplicaciones más comunes del modelo, describe la fuente de las masas de aire y constituyen una relación entre la fuente y el receptor. Es decir, Hysplit se emplea para estimar la posición de la masa de aire con el tiempo basado en un algoritmo de velocidad de masa de aire lagrangiano tridimensional (latitud, longitud y altitud). El modelo se ha utilizado ampliamente para comprender las fuentes de aerosoles y el mecanismo de hundimiento (Stein et al., 2015).

3.5.3. Obtención de datos

Datos de focos de Incendios Forestales: El registro de focos de incendios forestales está basado en el recuento de focos del satélite MODIS de la NASA, estos datos fueron obtenidos mediante la plataforma virtual del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil de los meses de agosto, septiembre y octubre de 2019. La frecuencia de incendios forestales se determinó de acuerdo al criterio del investigador, en nivel alto, medio y bajo.

Datos de formación de aerosoles atmosféricos: Los valores de aerosoles se obtuvieron de las gráficas espaciales del espesor óptico de aerosol (AOD) del sensor MODIS que se encuentra a bordo del satélite TERRA para los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019, los datos obtenidos fueron de la colección 6.1, las variaciones espaciales del espesor óptico de aerosol fueron a una longitud de onda de 550nm para las regiones de Brasil y Perú con una ubicación de 84.2871W, 18.7287S, 57.2168W, 1.1346N. Los datos descargados fueron para el periodo de 2019/08/17 – 2019/08/22; 2019/09/18 – 2019/09/21 y 2019/10/27 – 2019/10/30.

Espesor óptico de aerosol (AOD): Para el presente trabajo se descargaron datos de espesor óptico de aerosol recopilados por el fotómetro Solar CIMEL CE 318T instalado en el observatorio de Huancayo del IGP; a través de la plataforma virtual del programa AERONET (Aerosol Robotic Network) de la NASA, los datos de AOD se descargaron a un nivel de calidad de 2.0 en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2019 a una longitud de onda de 500 nm respectivamente.

Modelización con Hysplit: Para evaluar el transporte de espesor óptico de aerosol (AOD) se empleó el análisis de retro-trayectorias. La configuración del modelo se realizó para una trayectoria regresiva, que se obtuvo a partir de datos GDAS 0.5°, donde se consideró la hora de llegada a las 15:00 hora UTC, a alturas de 1000, 2000 y 3000 metros sobre el

nivel del suelo. Dichas alturas fueron tomadas con el propósito de disminuir los efectos de la topografía y así observar el comportamiento de las masas de aire a alturas menores y mayores. Estas corridas del modelo se realizaron para el 15 de los meses de agosto, septiembre y para el 26 de octubre del año 2019, ya que los aerosoles generados en la amazonia de Brasil se trasladan en aproximadamente 4 a 5 días de haberse generado; por lo que se escogieron dichas fechas en base a los valores máximos del AOD registrados por el fotómetro solar en la Ciudad de Huancayo.

3.6 Método de análisis de datos

Procesamiento de datos focos de incendio: Una vez descargados los datos de focos de incendio fueron procesados en el programa ArcMap, donde se obtuvieron mapas que nos permitieron interpretar y cuantificar los focos de incendios forestales generados en la Amazonia en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019, para posteriormente correlacionarlos con los datos de espesor óptico de aerosol (AOD) y finalmente determinar su influencia.

Procesamiento de datos de espesor óptico de aerosol (AOD): Una vez obtenidos los datos de AOD pasaron por un proceso de filtrado donde se ordenaron y revisaron los datos para que coincidan de acuerdo al tiempo y lugar de estudio. Los datos descargados fueron tratados en el programa Microsoft Excel donde se identificaron los promedios y los valores de concentración máximos de AOD para los meses de agosto, septiembre y octubre del 2019 en la ciudad de Huancayo. Finalmente, estos datos fueron correlacionados con los datos de incendios forestales producidos en la Amazonia para de esta manera determinar su influencia.

Procesamiento estadístico: Para el resumen de los resultados se utilizó la estadística descriptiva donde se obtuvo el promedio, valores máximos por día y mes de los datos de espesor óptico de aerosol empleando el programa Microsoft Excel. En el procesamiento estadístico de la presente investigación se aplicaron:

- **Análisis de regresión mediante el coeficiente de determinación:**

El análisis de regresión utiliza métodos que permiten una mejor relación práctica entre dos o más variables; el coeficiente de determinación se

emplea para conocer si un modelo es apropiado, en otras palabras, el coeficiente de determinación es la proporción de la varianza total de la variable demostrada por la regresión, ayuda a revelar la bondad del ajuste de un modelo a la variable que se intenta explicar.

Análisis de regresión:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 \dots \dots \dots (2)$$

Coefficiente de determinación:

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STCC} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$SCE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$, es la suma de los cuadrados de del error.

$STCC = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$, es la suma total de los cuadrados corregida.

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

El producto del coeficiente de determinación fluctúa de 0 a 1, ya que si el valor se acerca más a 1 superior será el ajuste del modelo a la variable que se pretende demostrar. Por lo contrario, si el valor se acerca más a 0 indica que el modelo está menos ajustado por lo tanto no será fiable (Walpole et al., 2012).

- **Media:** Es también denominado como el promedio, el resultado de la media se obtiene al dividir la suma de un conjunto de datos entre la cantidad de la misma (Walpole et al., 2012).

$$Media(X) = (\bar{x}) = \frac{X_1+X_2+\dots+X_3}{N} \dots \dots \dots (4)$$

- **Desviación estándar:** Es el índice numérico de la difusión de un grupo de datos, representa el promedio de las desviaciones individuales de cada estudio con relación a la media de una difusión; se usa para constituir un valor de referencia para apreciar la variación universal de un proceso, es decir cuanto mayor sea la desviación estándar más será la dispersión de la población.

Es la raíz cuadrada positiva de s^2 , y se denota con s (Walpole et al., 2012).

$$S = \sqrt{S^2} \dots \dots \dots (5)$$

Todos estos indicadores estadísticos fueron procesados en el Software Microsoft Excel.

- **Prueba T de student para medias de dos muestras emparejadas.**

Para la constatación de la hipótesis del estudio se empleó la prueba T de student para media de dos muestras emparejadas donde se emplearon los datos de focos de incendios forestales y los datos de espesor óptico de aerosol (AOD)

La prueba t posibilita comparar las medias de dos series de mediciones realizadas sobre las mismas unidades estadísticas, se apoya en una distribución muestral de medias renombrado como la distribución t de Student que se reconoce por los grados de libertad (Hernández et al., 2014).

Estadístico de prueba se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{d}{s_d/\sqrt{n}} \dots \dots \dots (6)$$

Dónde: **t**=estadístico t calculado; **d**=promedio de las diferencias; **S_d**=desviación estándar de las diferencias.

Sigue una distribución t con n-1 grados de libertad, por lo tanto, se rechazará la hipótesis nula (H₀) si t >valor crítico

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación titulada “Aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit – 2019” respeta el reglamento de investigación, código de ética, y la Resolución de Consejo Universitario N° 0262-2020/UCV de la Universidad Cesar Vallejo, cumpliendo con los principios de ética en investigación establecidas. La investigación no realizó un proceso experimental por lo que no causó alguna alteración al medio ambiente durante su proceso de desarrollo.

El presente trabajo de investigación hace uso de libros, artículos e investigaciones las cuales son citadas y referenciadas adecuadamente

aplicando las normas ISO, con el propósito de constatar lo que no es de nuestra propiedad. El estudio fue sometida al software Turnitin para poner a prueba el porcentaje de similitud y verificar su originalidad.

IV. RESULTADOS

4.1 Focos de incendios forestales

Los resultados de los focos de incendios forestales obtenidos en la presente investigación se demuestran en la **Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Tabla 4 y Tabla 5.**

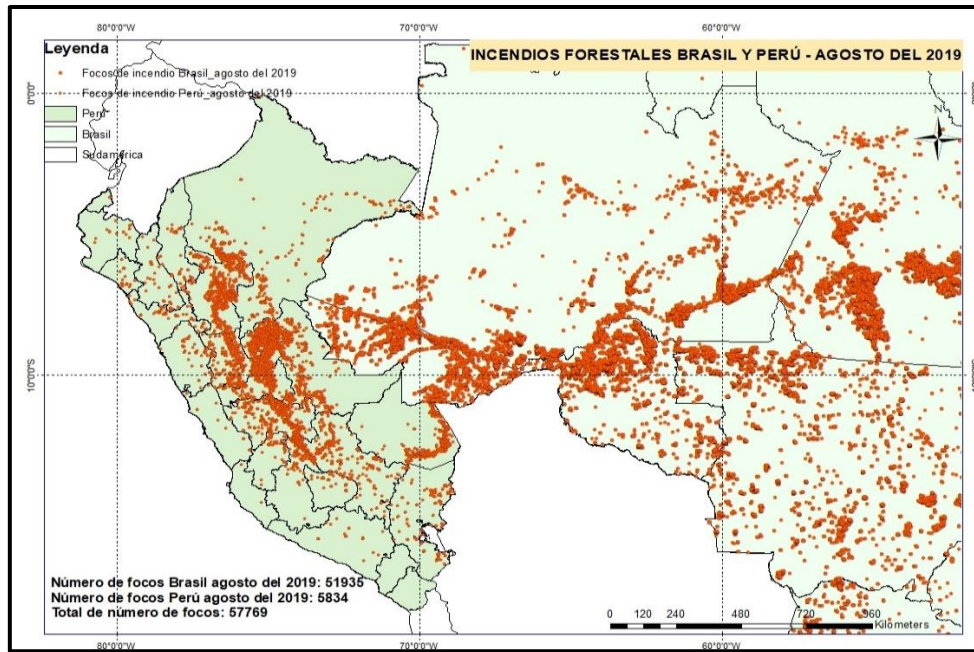


Figura 5: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de agosto del año 2019.

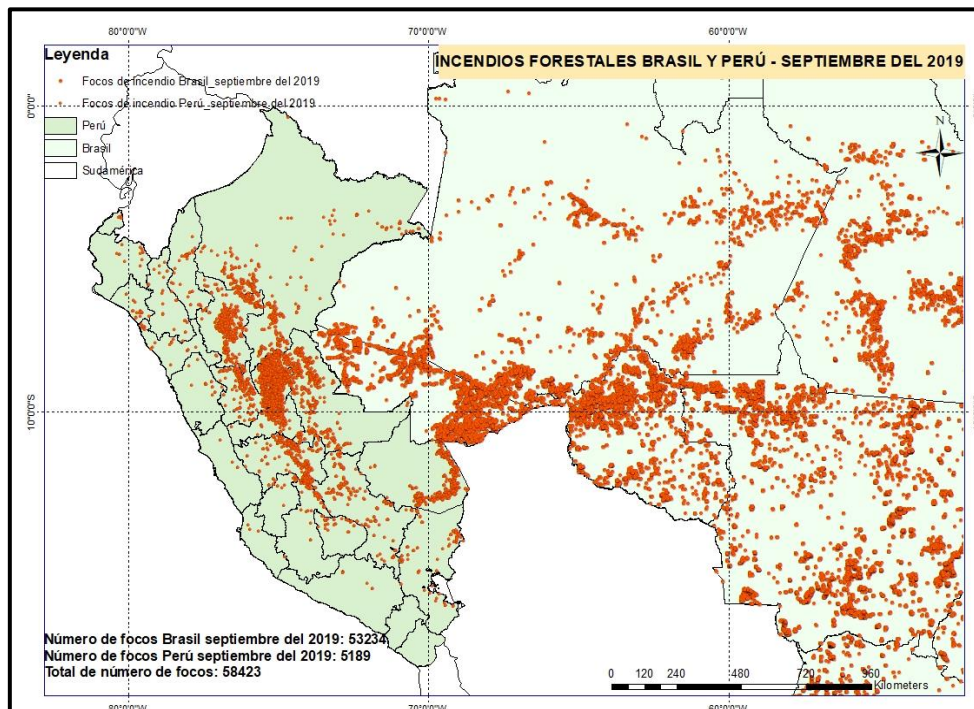


Figura 6: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de septiembre del año 2019.

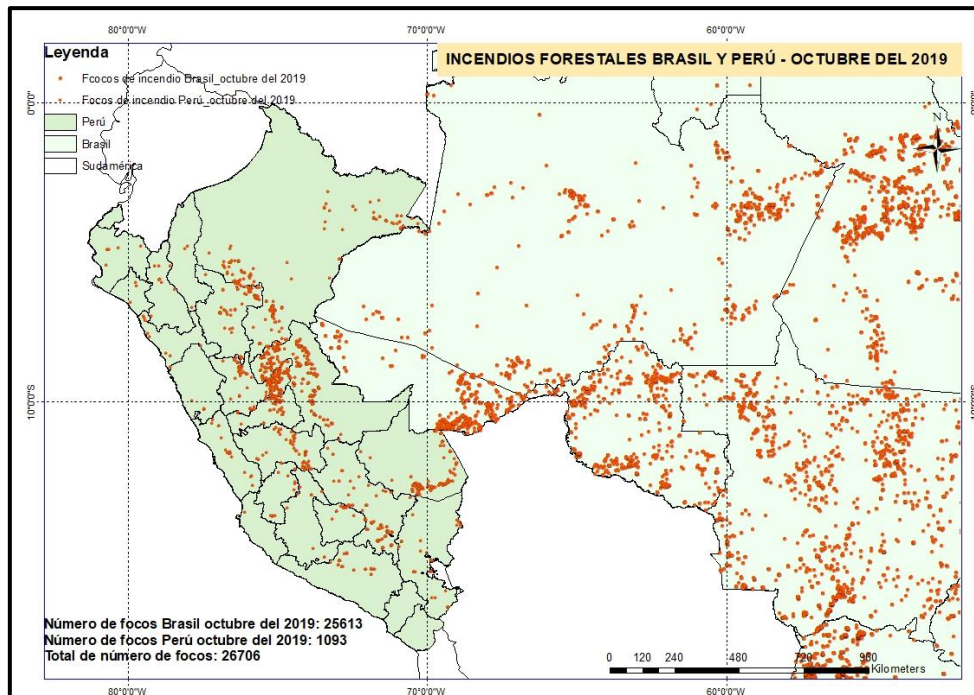


Figura 7: Focos de incendios forestales registrado en la zona de estudio para el mes de octubre del año 2019.

En las **figuras 5, 6 y 7** se muestran la distribución espacial de los focos de incendios forestales en la zona de estudio detectados en el mes de agosto, septiembre y octubre del año 2019, cada marca de color rojo presente en el mapa simboliza un foco de incendio que fue detectado por el sensor MODIS en el satélite AQUA. Se observa que la mayor cantidad de focos de incendios se encuentran en la sierra peruana y en la Amazonía de Brasil en los estados de Pará, Mato Grosso, Amazonas, Rondonia, Mranhao, Acre, Tocantis, Mato Grosso Do Sul, Mineas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Sao Paulo, Goiás, Bahía, Rio de Janeiro, Ceará.

Tabla 4: Incendios forestales registrados en los estados de Brasil en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019.

Lugares de quema	Cantidad de focos de incendio		
	Agosto	Septiembre	Octubre
Acre	3051	2977	354
Alagoas	6	12	20
Amapá	21	138	540
Amazonas	6668	3026	548
Bahia	542	1896	1783
Ceará	138	460	1373
Distrito Federal	29	116	27
Espírito Santo	35	171	73
Goiás	698	4149	873
Maranhao	3366	3667	3645
Mato Grosso	8030	10747	1774
Mato Grosso Do Sul	2430	3210	2310
Minas Gerais	1369	3833	2049
Pará	10185	4618	3870
Paraíba	41	139	332
Paraná	1144	731	310
Pernambuco	14	76	204
Piauí	2117	3137	2671
Rio de Janeiro	157	208	70
Rio Grande Do Norte	52	81	235
Rio Grande Do Sul	1647	523	104
Rondonia	5593	3644	556
Roraima	5	26	53
Santa Catarina	939	272	68
Sao Paulo	742	872	308
Sergipe	0	0	1
Tocantis	2916	4505	1462
TOTAL	51 935	53 234	25 613

En la **Tabla 4** se observan los valores de focos de incendios forestales en cada estado de Brasil para el periodo de estudio, Se resalta que la cantidad total de focos de incendios forestales para el mes de agosto fue de 51 935 donde el estado de Pará presentó 10 185 número de focos la mayor cantidad de focos en dicho mes; el mes de septiembre se identificaron 53 234 focos de incendios donde el estado de Mato Grosso presentó el mayor número de focos con 10 747;

el mes de octubre tubo un total de 25 613 focos de incendios donde el estado de Pará volvió a presentar un mayor número de focos con 3 870.

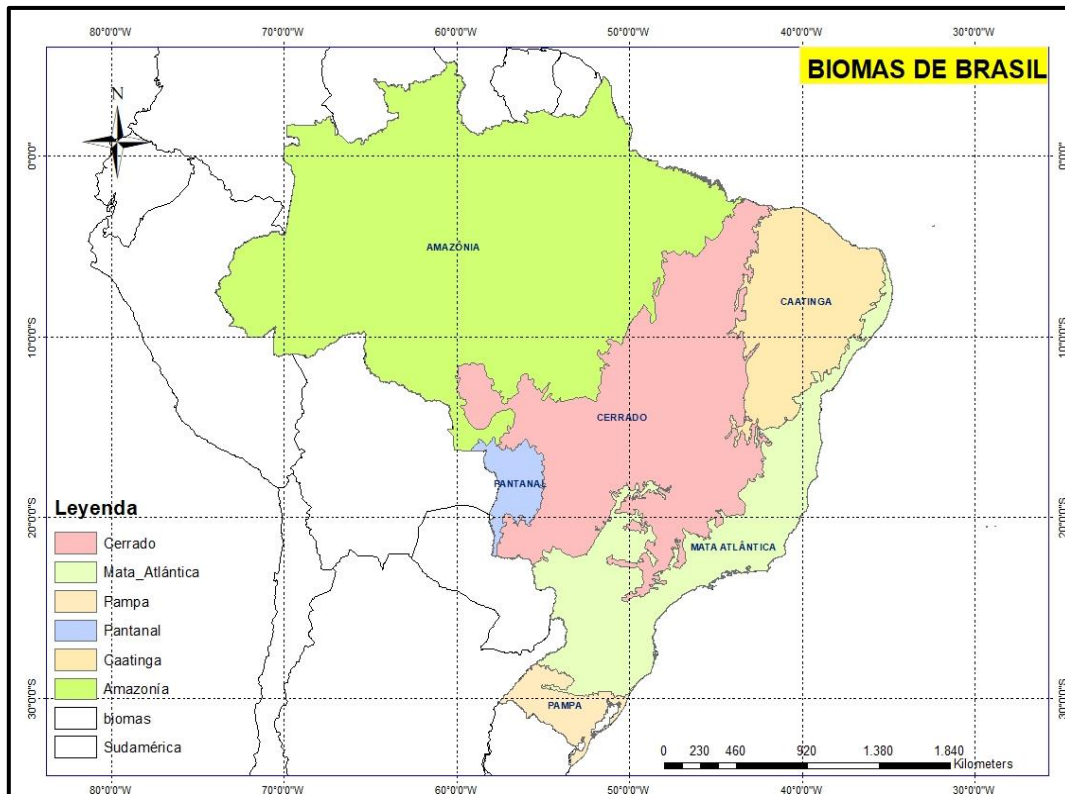


Figura 8: Características de la zona de estudio, biomas de Brasil.

En la **Figura 8** se muestra los biomas de Brasil, donde presenta condiciones ambientales específicas que determinan la flora y fauna en el área por lo cual se divide en seis biomas. Amazonia: corresponde el 49.5 % de todo Brasil, posee el bosque tropical más grande del mundo, acoge a la mayor cantidad de especies de flora y fauna, pero está siendo amenazada por la actividad agrícola, tiene un clima húmedo ecuatorial. Cerrado: este bioma ocupa el 23.3% posee baja vegetación por lo que es una zona de actividad agrícola y ganadera, es la sabana más rica del mundo. Mata Atlántica ocupa el 13 % y está en la zona costera de Brasil por lo que es ocupado por la mitad de la población de todo el país, tiene alta variedad de flora y fauna el cual solo se conserva en un 27 %. Caatinga ocupa el 10.1%, es una zona de clima cálido y de gran actividad agrícola ganadera por lo que la vegetación está muy alterada y ha sufrido la destrucción de flora y fauna. Pampa posee el 2.3 % tiene un clima lluvioso, es una zona agrícola con amplia cobertura vegetal de la misma. Pantanal que tiene el 1.8% posee flora y fauna endémica y de otros biomas, es una zona ganadera.

Tabla 5: Resumen de los resultados de focos de incendios forestales en la Amazonía de Brasil en el periodo de estudio, agosto, septiembre y octubre del año 2019.

Mes	Lugares de quema	Cantidad de Focos de incendio	área de quema Km ²	Frecuencia de incendio	características de la zona					
					Amazonia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlántica	Pampa	Pantanal
agosto	Pará, Mato Grosso, Amazonas, Rondonia, Maranhao, Acre, Tocantis, Mato Grosso Do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Sao Paulo, Goiás, Bahia, Rio de Janerio, Ceará.	51 935	73 500	Alta	59,50%	2,50%	24,90%	9%	0,90%	3,30%
septiembre	Mato Grosso, Pará, Tocantis, Goiás, Minas Gerais, Maranhao, Rondonia, Mato Grosso Do Sul, Piauí, Amazonas, Acre, Bahía, Sao Paulo, Paraná.	53 234	92 930	Alta	37,40%	5,30%	43,20%	8,10%	0,50%	5,40%
octubre	Pará, Maranhao, Piauí, Mato Grosso Do Sul, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Tocantis, Ceará, Goiás, Rondonia, Amazonas, Amapá, Acre, Paraíba	25 613	50 140	Media	30,70%	18,40%	32,60%	8,50%	0,30%	9,50%

En la **Tabla 5** se muestra el resumen de los resultados de focos de incendios forestales en la Amazonía de Brasil en el periodo de estudio. Se observa que la mayor cantidad de focos de incendios sucedieron en el mes de septiembre (53 234 focos), continuando por agosto (51 935 focos). En el mes de octubre ocurrieron la menor cantidad de incendios (25 613). La mayor área de quema se presentó en el mes de septiembre con 92 930 km², seguido del mes de agosto que tuvo un área de 73 500 km², el mes de octubre presentó la menor área de quema con 50 140 km². Brasil. La frecuencia de incendio fue mayor en el mes de septiembre, seguido de agosto; el mes de octubre presentó una frecuencia media. Según las características de la zona de estudio el 59.50% de focos de incendios en el mes de agosto se presentaron en la Amazonía de Brasil esto se relacionaría con el crecimiento de la actividad agrícola en la zona. En el mes de septiembre el 43.20% de focos ocurrieron en el bioma Cerrado de Brasil, seguido del mes de octubre que el 32.60% de focos de incendios ocurrieron en el Bioma Cerrado. El Bioma Cerrado predomina en durante los meses de septiembre y octubre, esto se relacionaría con la gran actividad agrícola ganadera que posee.

4.2 Formación de aerosoles

Los resultados de la formación de aerosoles obtenidos en la presente investigación se demuestran en la **Figura 9, Figura 10, Figura 11 y Tabla 6**.

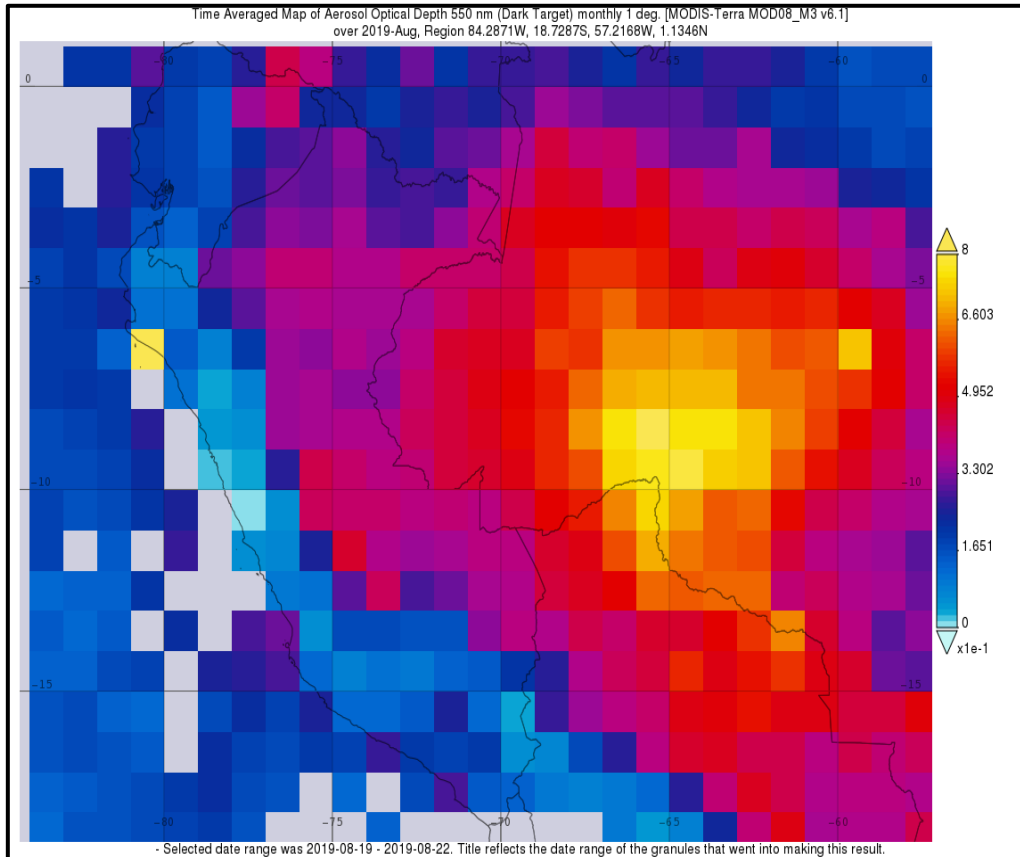


Figura 9: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/08/17 – 2019/08/22 (agosto del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.

La **Figura 9**, muestra la variación espacial del espesor óptico de aerosol a una longitud de onda de 550 nm en las regiones de Brasil, Bolivia y Perú a 84.2871W, 18.7287S, 57.2168W, 1.1346N en el mes de agosto del año 2019; estos valores provienen del sensor MODIS que se encuentra a bordo del satélite TERRA. Los valores obtenidos para el mes de agosto se encuentran entre (0.1 color azul – 0.8 color amarillo), donde los valores máximos predominan en Brasil que oscilan entre 0.49 (color rojo) – 0.8 (color amarillo) y en la región del Perú de 0.33 (color morado) - 0.49 (color rojo) respectivamente. Se observaron mayores valores en la región de Brasil, lo que evidenció una mayor formación de aerosoles en esta región en el mes de agosto del año 2019.

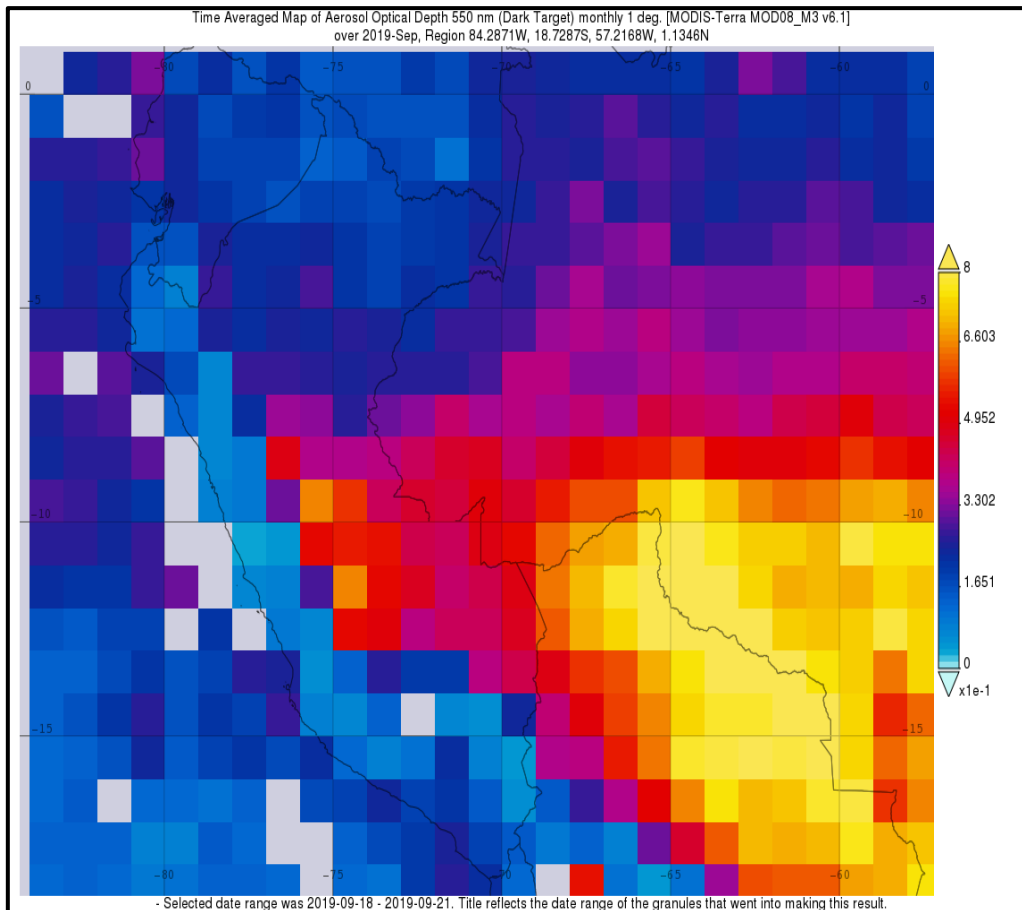


Figura 10: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/09/18 – 2019/09/21 (septiembre del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.

La **Figura 10**, muestra la variación espacial del espesor óptico de aerosol a una longitud de onda de 550 nm en las regiones de Brasil, Bolivia y Perú a 84.2871W, 18.7287S, 57.2168W, 1.1346N en el mes de septiembre del año 2019; estos valores provienen del sensor MODIS que se encuentra a bordo del satélite TERRA. Los valores obtenidos se encuentran entre (0.1 color azul – 0.8 color amarillo), donde los valores máximos predominan en la región de Brasil y Bolivia que oscilan entre 0.49 (color rojo) – 0.8 (color amarillo) y en la región del Perú de 0.3 (color morado) - 0.6 (color anaranjado) respectivamente, donde se evidencia que los valores de AOD fueron mayores en el mes de septiembre en comparación del mes de agosto, es decir hubo mayor formación de aerosoles en el mes de septiembre del año 2019 en la región de Brasil.

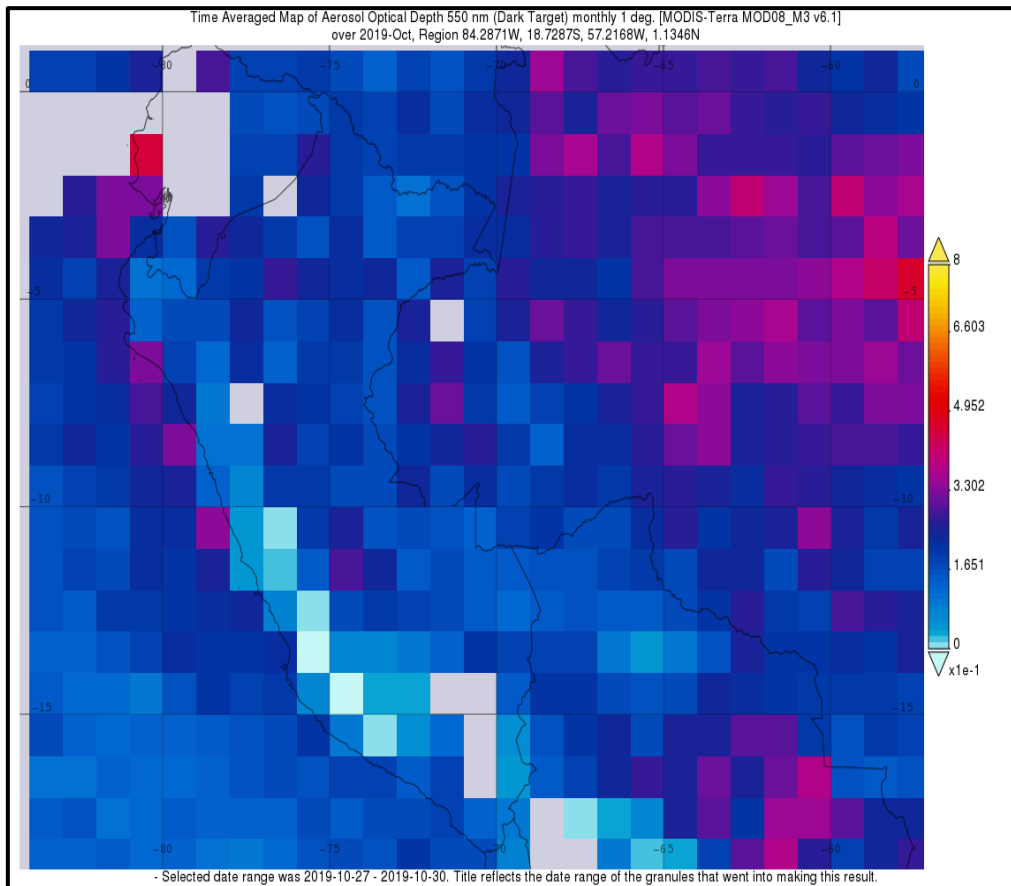


Figura 11: Variación espacial de AOD en un rango de periodo de 2019/10/27 – 2019/10/30 (octubre del 2019) para Brasil y Perú obtenida del sistema MODIS-TERRA.

La **Figura 11**, muestra la variación espacial del espesor óptico de aerosol a una longitud de onda de 550 nm en las regiones de Brasil, Bolivia y Perú a 84.2871W, 18.7287S, 57.2168W, 1.1346N en el mes de octubre del año 2019; estos valores provienen del sensor MODIS que se encuentra a bordo del satélite TERRA. Los valores obtenidos se encuentran entre (0.1 color azul - 0.5 color anaranjado), donde los valores máximos predominan en la región de Brasil que oscilan entre 0.3 (color morado) – 0.49 (color rojo) y en la región del Perú de 0.1 (color azul) - 0.3 (color morado) respectivamente, donde se evidencia que los valores de AOD fueron menores en el mes de octubre en comparación del mes de agosto y septiembre, es decir hubo una menor formación de aerosoles en el mes de octubre del año 2019 en la región de Brasil.

Tabla 6: Resultados de la formación de aerosoles, obtenidos de los gráficos de variación espacial de AOD de MODIS-TERRA.

Mes	Longitud de onda (nm)	Espesor óptico de aerosol
Agosto	550	0,49
Septiembre	550	0,8
Noviembre	550	0,33

En la **Tabla 6**, se muestran los resultados de la formación de aerosoles en la Región de Brasil y Perú, obtenidos de los gráficos de variación espacial de AOD a una longitud de onda de 550 nm del sensor MODIS en el satélite TERRA para los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019. Se observó que para el mes de agosto el valor máximo que predominó fue de 0.49 en la región de Brasil; en el mes de septiembre el valor máximo que prevaleció fue de 0.8 en las regiones de Brasil y Bolivia; en el mes de octubre el valor máximo que predominó fue de 0.33. Esto indicó que en el mes de septiembre del año 2019 hubo una mayor formación de aerosoles seguido del mes de agosto, en el mes de octubre se observó una disminución de formación de aerosol.

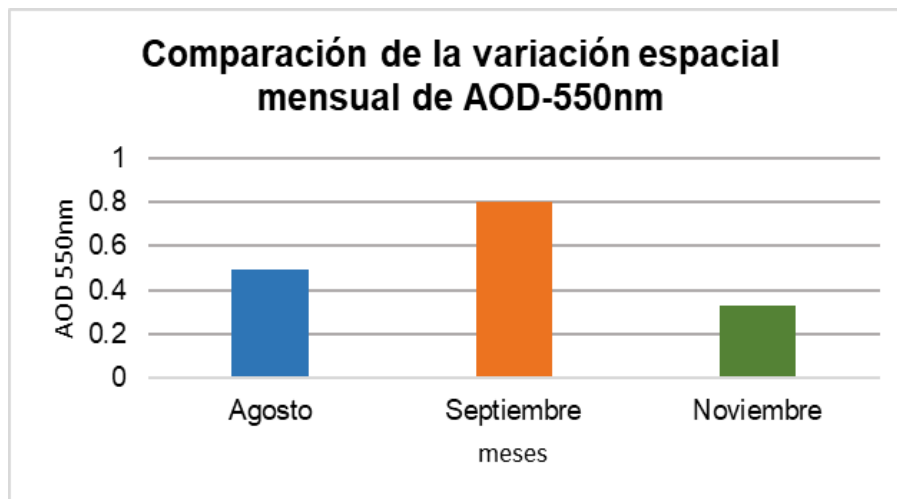


Figura 12: Comparación de resultados de formación de aerosoles, obtenidos de los gráficos de variación espacial mensual de AOD-550nm de MODIS-TERRA.

La **Figura 12** muestra la comparación de los resultados de formación de aerosoles obtenidos de los gráficos de variación espacial de los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019, del sensor MODIS-TERRA. Se observó que en el mes de septiembre hay incremento de formación de aerosol, seguido del mes de agosto, eso coincidiría con la alta presencia de focos de incendios forestales en dichos meses en la región de Brasil; se identificó que en el mes de octubre hay una disminución de formación de aerosoles atmosféricos por lo que coincide con el descenso de números de focos de incendios forestales en dicho mes en la región amazónica de Brasil.

4.3 Transporte de aerosoles atmosféricos

Para determinar el transporte de los aerosoles atmosféricos hacia la Región de Huancayo, se efectuó un estudio de retro-trayectorias con el modelo Hysplit. Las corridas del modelo se realizaron a una trayectoria regresiva de las últimas 72 horas con alturas de 1000, 2000 y 3000 metros sobre el nivel del suelo, se eligió un conjunto de trayectoria ya que inició múltiples trayectorias desde la primera ubicación de inicio seleccionada y cada miembro del conjunto de trayectorias se calculó compensando los datos meteorológicos por un factor de cuadrícula fijo; esto dio como resultado 27 miembros para todos los desplazamientos posible en X, Y y Z. Las corridas del modelo se dieron en bases a los valores máximos del AOD registrado por el fotómetro solar CIMEL en Huancayo, ya que los aerosoles que se generan demoran en trasladarse aproximadamente 4 a 5 días, es decir la corridas se realizaron 5 días antes del día en que se presentó el valor máximo de AOD en Huancayo. Por lo cual las fechas para obtener la trayectoria de aerosoles fueron para el 15 de agosto, septiembre y para octubre el día 19.

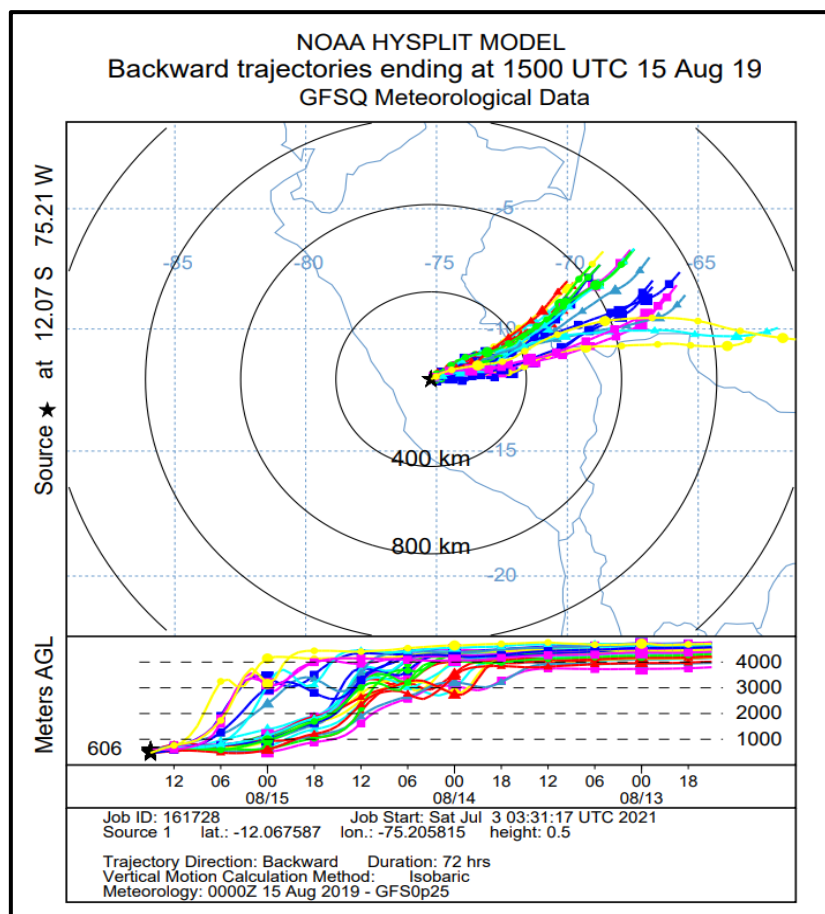


Figura 13: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de agosto del año 2019 – modelo HYSPLIT.

La **Figura 13** muestra el transporte de vientos hacia la región de Huancayo para el mes de agosto del año 2019 a distintas altitudes. Se observa que las masas de aire provienen del noreste de la Ciudad de Huancayo, estos se originan en la región Amazónica de Brasil; la misma que presentó un gran número de focos de incendios forestales en el mes de agosto de 2019, lo que indicaría que estas masas de aire transportaron consigo aerosoles atmosféricos provocados por incendios forestales.

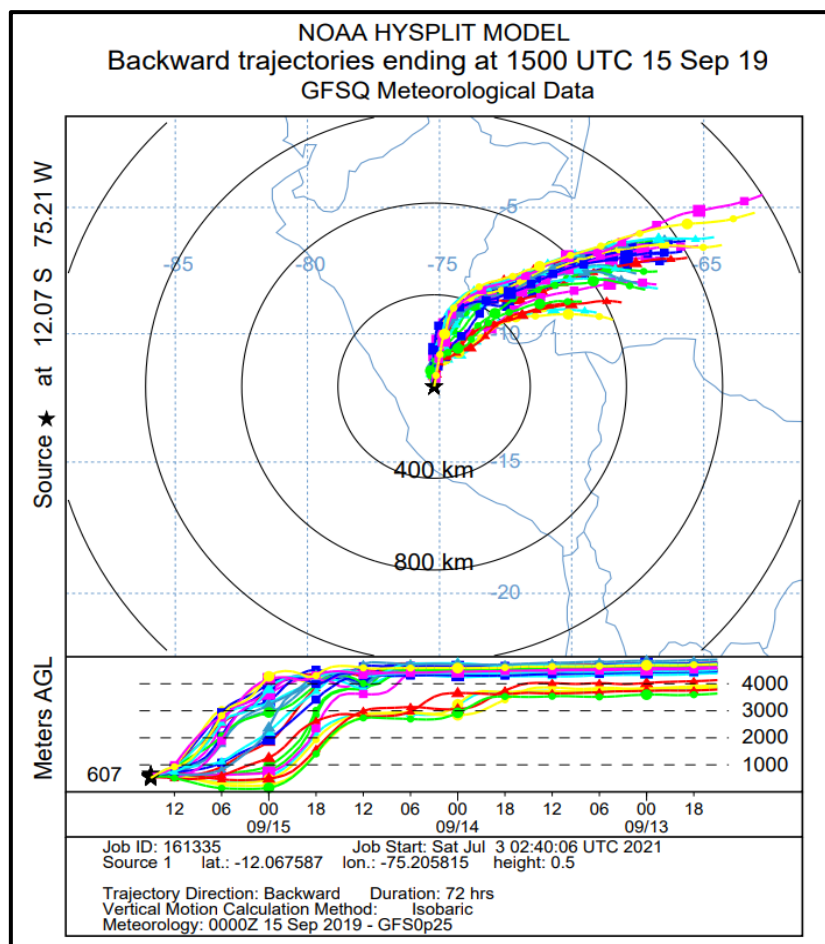


Figura 14: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de septiembre del año 2019 – modelo HYSPLIT

En la **Figura 14** se aprecia el transporte de vientos hacia la región de Huancayo en el mes de septiembre del año 2019, se revela que las masas de aire provienen del noreste de la ciudad de Huancayo, estos se originan de la región Amazónica de Brasil; la misma que presentó la mayor cantidad de focos de incendios forestales en el mes de septiembre del año 2019 en comparación al mes de agosto, por lo que indicaría que las masas de aire transportaron consigo aerosoles atmosféricos generados en los incendios forestales.

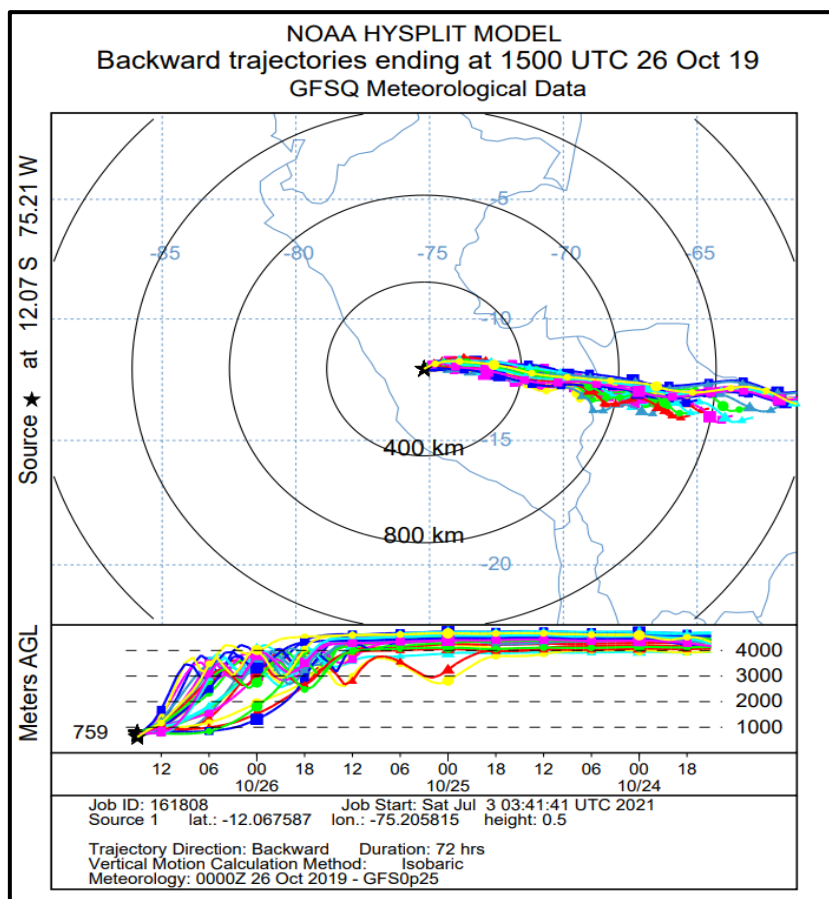


Figura 15: Trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo para el mes de octubre del año 2019 – modelo HYSPLIT.

En la **Figura 15** muestra el transporte de vientos hacia la región de Huancayo en el mes de octubre del año 2019, se revela que las masas de aire provienen del sureste de la ciudad de Huancayo, estos se originan de la región Amazónica de Brasil y Bolivia; esto indica que las masas de aire transportaron consigo aerosoles atmosféricos de Brasil y Bolivia hacia la región de Huancayo.

En general las retro-trayectorias desarrolladas con el modelo Hysplit mostraron un transporte de masas de aire predominante del noreste de la región de Huancayo para los meses de agosto y septiembre, los vientos fueron originados en la región amazónica de Brasil; en dichos meses se presentaron un mayor número de focos de incendios forestales resaltando el mes de septiembre en comparación a agosto, por lo que indicaría que las masas de aire transportaron aerosoles atmosféricos hacia la ciudad de Huancayo generados por los incendios forestales ocurrido en Brasil.

4.4 Espesor óptico de aerosol

Los resultados de espesor óptico de aerosol obtenidos en la presente investigación se demuestran en la **Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Tabla 7.**

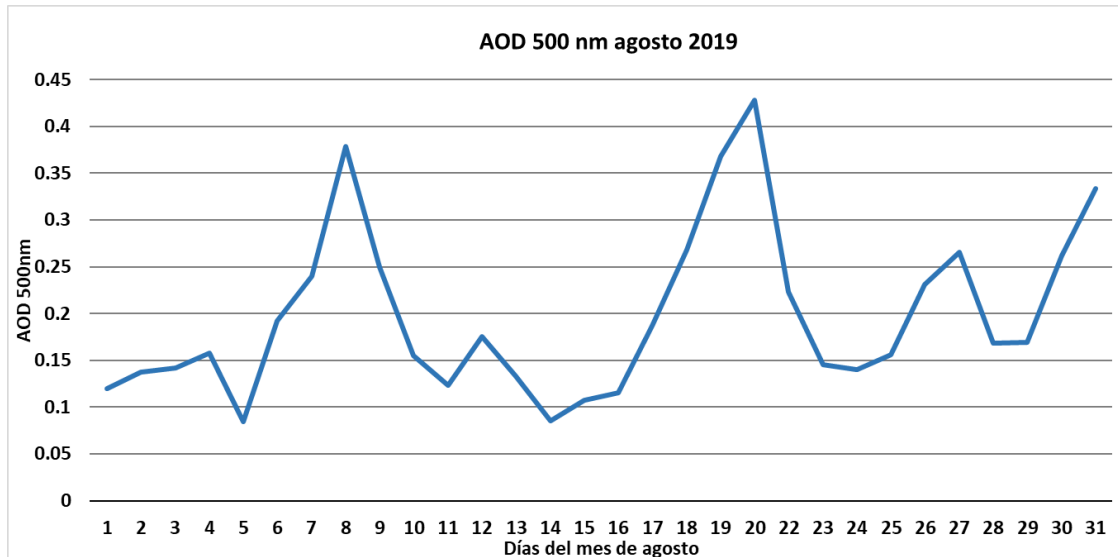


Figura 16: Comportamiento de AOD en el mes de agosto del año 2019.

En la **Figura 16**, se observa el comportamiento por día del espesor óptico de aerosol (AOD) a una longitud de onda de 500 nm en el periodo del mes de agosto del 2019, obteniendo un promedio de 0.191, valor máximo de 0,560 y un valor mínimo de 0.047. Es importante resaltar que el día 21 del mes de agosto no tiene valor por que el fotómetro no registró datos por la presencia de nubosidad.

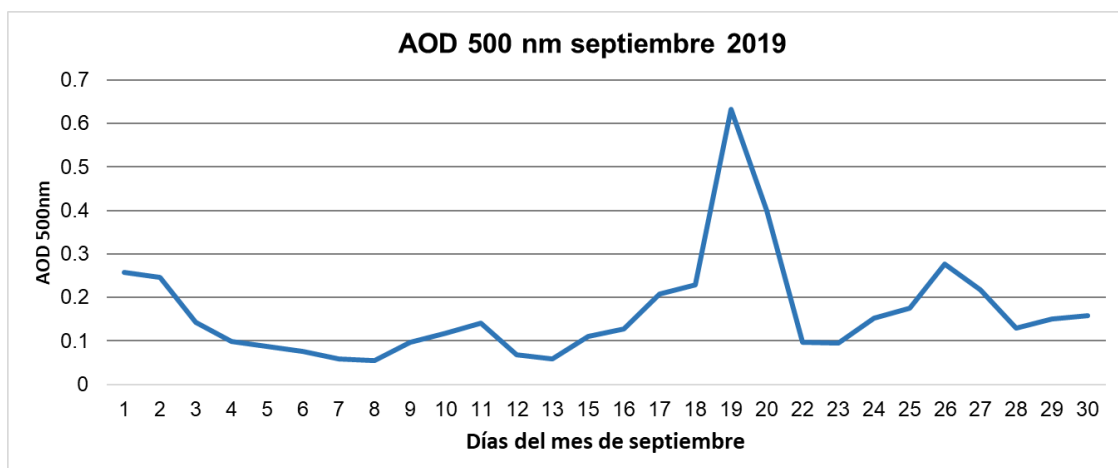


Figura 17: Comportamiento de AOD en el mes de septiembre del año 2019.

En la **Figura 17**, se observa el comportamiento por día del espesor óptico de aerosol (AOD) a una longitud de onda de 500 nm en el periodo del mes de septiembre del 2019, obteniendo un promedio de 0.156, valor máximo de 0.696 y un valor mínimo de 0.040. Es importante resaltar que los días 14, 21 del mes de septiembre no tienen valores ya que el fotómetro no registró datos por la presencia de nubosidad.

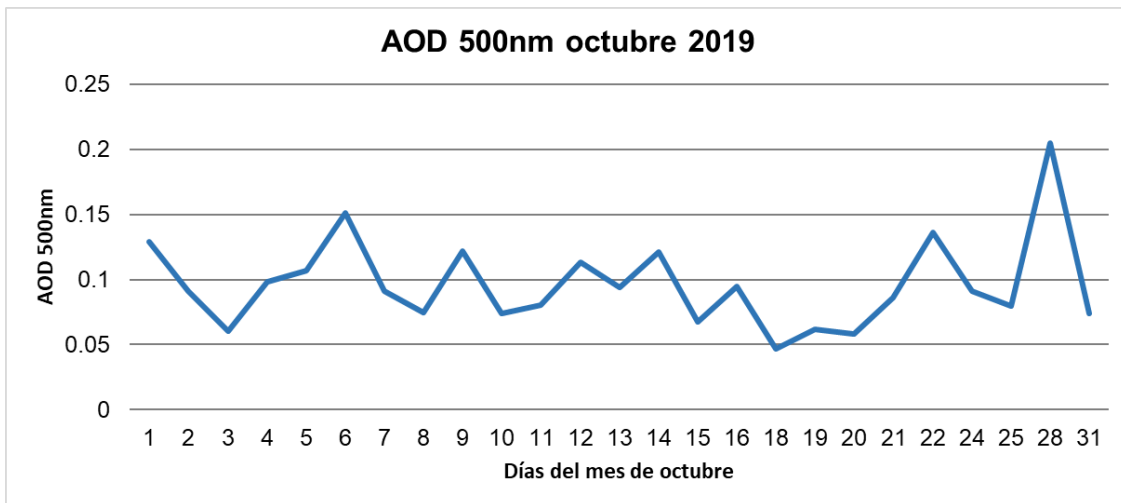


Figura 18: Comportamiento de AOD en el mes de octubre del año 2019.

En la **Figura 18**, se observa el comportamiento por día del espesor óptico de aerosol (AOD) a una longitud de onda de 500 nm en el periodo del mes de octubre del 2019, obteniendo un promedio de 0.095, valor máximo de 0.465 y un valor mínimo de 0.036. Es importante resaltar que los días 17, 23, 26, 27, 29 y 30 del mes de septiembre no tienen valores ya que el fotómetro no registró datos por la presencia de nubosidad.

Tabla 7: Estadística mensual del espesor óptico de aerosol (500nm), media (\bar{x}), mínimo (Min), máximo (Max) y desviación estándar (S).

Mes	Espesor óptico de aerosol (500nm)			
	\bar{x}	Min	Max	S
Agosto	0,191	0,047	0,560	0,091
Septiembre	0,156	0,040	0,696	0,078
Octubre	0,095	0,036	0,465	0,035

En la **Tabla 7** muestra la estadística mensual de los datos de espesor óptico de aerosol (AOD) a 500nm obtenidos por el fotómetro solar CIMEL del observatorio de Huancayo en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019. Se observa que el valor promedio de AOD para el mes de agosto (0.191 ± 0.091) es mayor al mes de septiembre (0.156 ± 0.078), el valor promedio del mes de octubre (0.095 ± 0.035) es menor en comparación de los otros meses; el valor máximo de AOD se presentó en el mes de septiembre (0.696), seguido del mes de agosto (0.560) y octubre (0.465); el valor mínimo en el mes de octubre es notable (0.036).

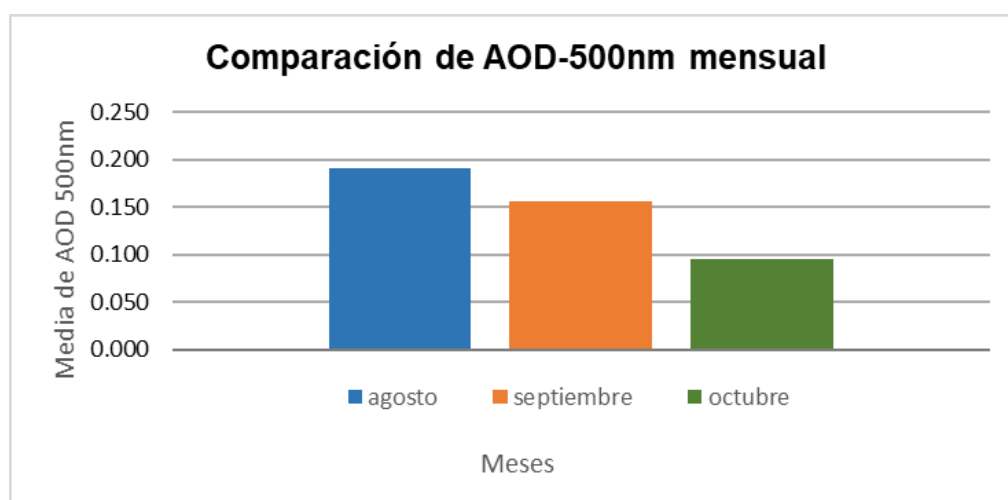


Figura 19: Comparación de los resultados de la media de AOD-500nm mensual.

La **Figura 19** muestra la comparación de los resultados de la media de AOD a 500nm de los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019, obtenidos del fotómetro solar CIMEL del observatorio de Huancayo. Se observó que el

promedio mensual es mayor para el mes de agosto, seguido del mes de septiembre; el mes de octubre presentó un menor promedio mensual de AOD.

4.5 Correlación entre focos de incendios forestales y espesor óptico de aerosol.

Los resultados de la correlación entre los focos de incendios forestales y el espesor óptico de aerosol se demuestran en la **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22**.

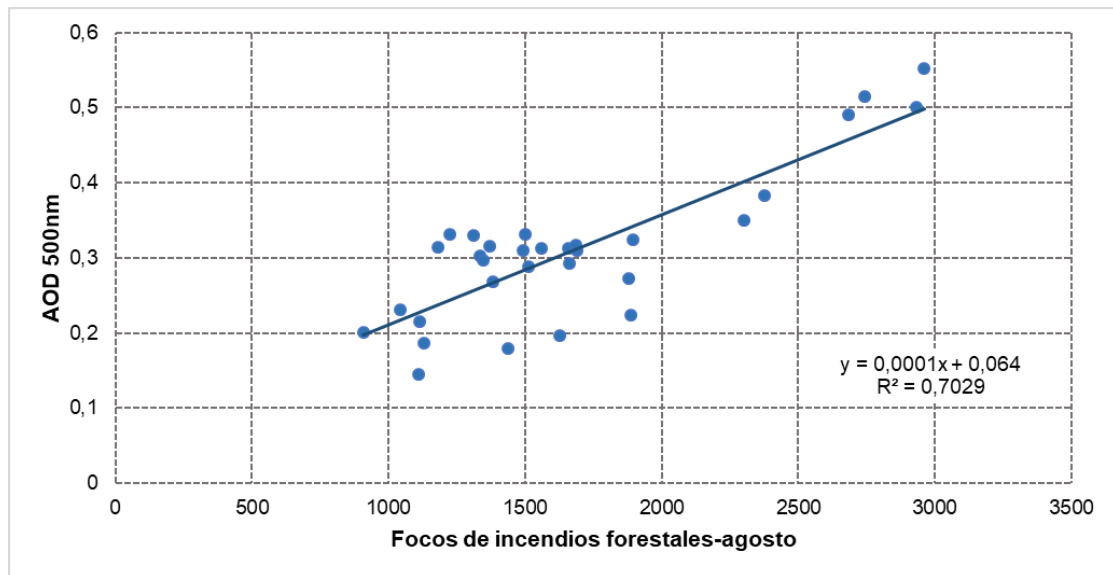


Figura 20: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para agosto del año 2019.

En la **Figura 20** se muestra la correlación de los valores de espesor óptico de aerosol (AOD) a 500nm, registrado por el fotómetro instalado en el observatorio de Huancayo y los focos de incendios forestales registrado en Brasil para el mes agosto del año 2019, donde los puntos azules representan los datos de AOD y focos de incendio correlacionados y la línea de color negro es la línea de regresión de mejor ajuste entre los datos mencionados. El resultado del coeficiente de determinación (R^2) fue 0.7029, lo que indicó la existencia de una correlación lineal significativa entre AOD y los focos de incendios forestales, esto

mostró que a mayor número de focos de incendios forestales que se generaron en Brasil provocó un aumento de AOD en la región de Huancayo para el mes de agosto del año 2019.

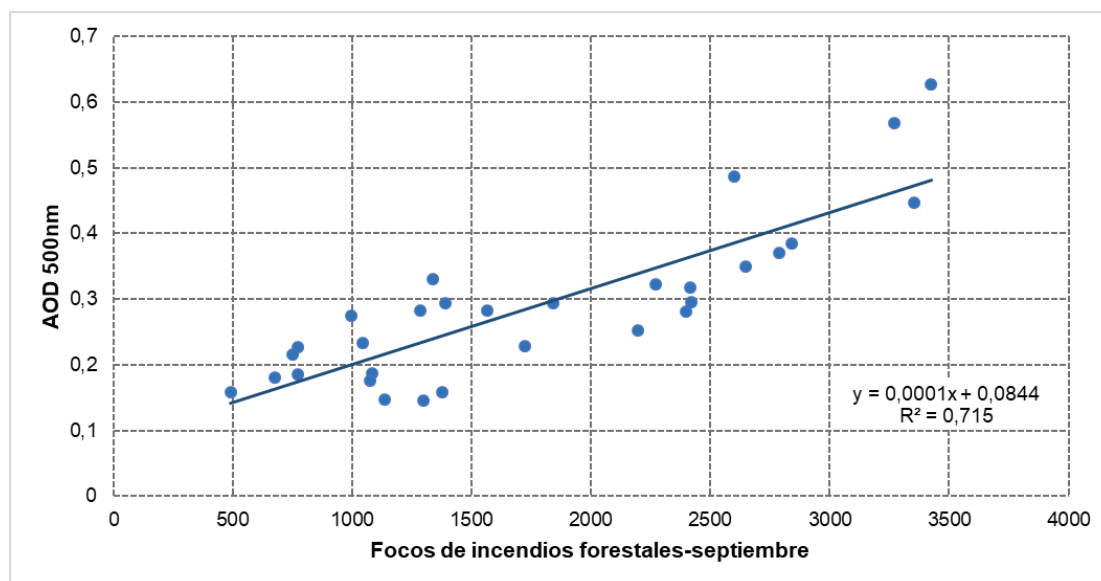


Figura 21: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para septiembre del año 2019.

En la **Figura 21** se muestra la correlación de los valores de espesor óptico de aerosol (AOD) a 500nm, registrado por el fotómetro instalado en el observatorio de Huancayo y los focos de incendios forestales registrado en Brasil para el mes septiembre del año 2019, donde los puntos azules representan los datos de AOD y focos de incendio correlacionados y la línea de color negro es la línea de regresión de mejor ajuste entre los datos mencionados. El resultado del coeficiente de determinación (R^2) fue 0.715, lo que indicó la existencia de una correlación lineal significativa entre AOD y los focos de incendios forestales, esto mostró que a mayor número de focos de incendios forestales que se generaron en Brasil provocó un aumento de AOD en la región de Huancayo para el mes de septiembre del año 2019.

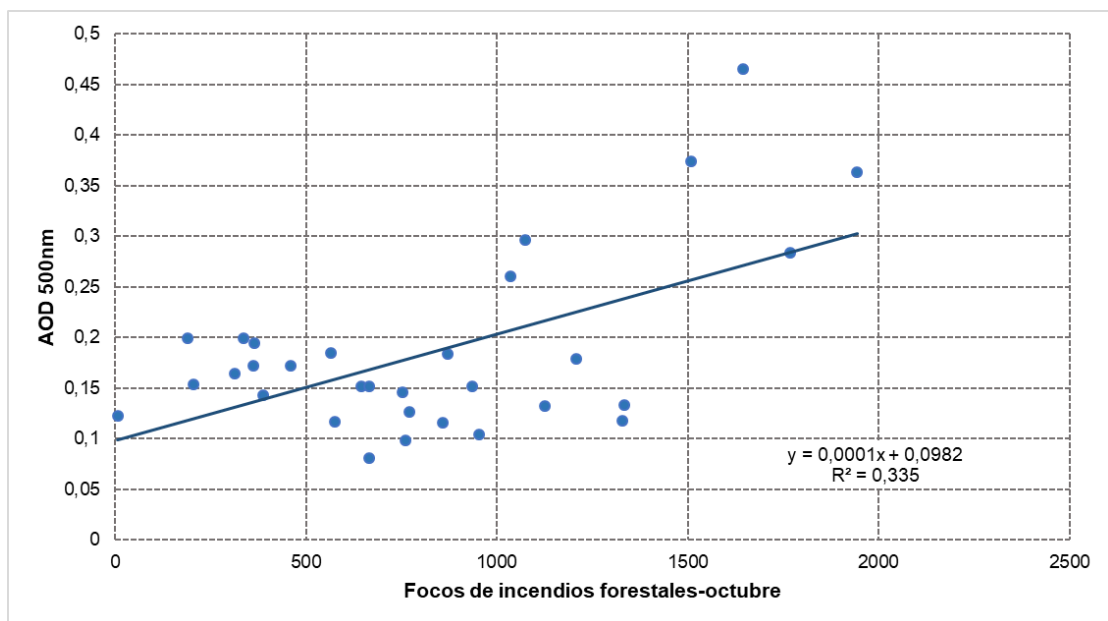


Figura 22: Diagrama de dispersión entre los valores de espesor óptico de aerosol a 500nm y focos de incendios forestales de Brasil para octubre del año 2019.

En la **Figura 22** se muestra la correlación de los valores de espesor óptico de aerosol (AOD) a 500nm, registrado por el fotómetro instalado en el observatorio de Huancayo y los focos de incendios forestales registrado en Brasil para el mes octubre del año 2019, donde los puntos azules representan los datos de AOD y focos de incendio correlacionados y la línea de color negro es la línea de regresión de mejor ajuste entre los datos mencionados. El resultado del coeficiente de determinación (R^2) fue 0.335, lo que indicó una menor correlación lineal entre AOD y los focos de incendios forestales, esto mostró que durante el mes de octubre no hubo una influencia significativa en AOD de los focos de incendios forestales generados en el mes de octubre del año 2019.

4.6 Contrastación de hipótesis de la investigación

Para la contratación de hipótesis se planteó lo siguiente:

H₀: El transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia no tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019.

H_a: El transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019.

Tabla 8: Resultados de prueba t de student para el análisis de correlación de los datos de espesor óptico de aerosol y focos de incendios forestales, , estadístico T (T), alfa (α), grado de libertad (gl), valor crítico (vc), coeficiente de correlación (r^2).

T	α	gl	vc	r^2
17,47	0,05	91	1,66	0,68

La **Tabla 8** muestra el análisis de correlación de los datos de espesor óptico de aerosol (AOD) y focos de incendios forestales para el periodo de estudio, meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019 para la contrastación de la hipótesis de la investigación; donde los resultados del estadístico t fue 17.47, el valor de alfa (nivel de significancia) fue 0.05, el grado de libertad fue 91, el valor crítico resultó 1.66 y el coeficiente de correlación de Pearson fue 0.827.

Si **T > VC**; si el estadístico T es mayor que el valor crítico, la hipótesis nula se rechaza.

Por lo tanto, según los resultados obtenidos en a la tabla 8, se rechaza la hipótesis nula ya que el valor del estadístico T es mayor al valor crítico siendo $17.47 > 1.66$. Entonces se concluye que el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonía tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se sostiene que el número de focos de incendios forestales fue mayor para el mes septiembre (53 234) y el mes de agosto (51 935) del año 2019, además para el mes septiembre se quemaron 92 930 km² y para agosto 73 500 km², ya que esos meses están dentro de la estación seca en la amazonia Brasil; así mismo se determinó con el Modelo Hysplit, que durante dichos meses el transporte de masas de aire se dirigen del noreste de la región de Huancayo donde los vientos fueron originados y dirigidos desde la región amazónica de Brasil, lo que indicaría que las masas de aire transportaron aerosoles atmosféricos hacia la ciudad de Huancayo desde la región amazónica de Brasil durante los meses de septiembre y agosto del año 2019 ya que durante esos meses se generaron mayor número de focos de incendios forestales. Por lo que coincide con los datos de espesor óptico de aerosol obtenidos del fotómetro solar del observatorio de Huancayo, donde los valores máximos de espesor óptico de aerosol que se presentó durante dichos meses en la Ciudad de Huancayo, siendo para septiembre un AOD a 500nm (0.696) y para agosto AOD a 500nm (0.560) y valores promedios para agosto 0.191 ± 0.091 , septiembre 0.156 ± 0.078 ; por lo que se determinó que los focos de incendios forestales que generan mayor concentración de aerosoles atmosféricos se ubican en la amazonia de Brasil durante los meses de septiembre y agosto del año 2019 e influyen significativamente a la región de Huancayo. Los resultados guardan relación con el trabajo realizado por Angeles & Angeles (2017) donde menciona que para el mes de septiembre y agosto del año 2017 se produjo un mayor número de focos incendios forestales en Brasil siendo 51 395 y 36 650 respectivamente y demostró un transporte de aerosoles atmosféricos hacia Huancayo dirigidos de Brasil. Por otro lado los resultado del estudio de Victoria & Estevan (2021) mencionan que la mayor cantidad de focos de incendio forestales se presencié en los meses de agosto con 62 692 y septiembre con 60 952 del año 2019 de las regiones de Perú y países vecinos como Brasil, Bolivia y Ecuador, indicó que los aerosoles no sólo se dirigieron de Brasil sino también de países aledaños. A si mismo Calderón M. (2018) mencionó que durante el mes de agosto del año 2015, los países que registraron mayor número de focos de incendio fueron Brasil y Bolivia, indicó también que para dicho mes fue mayor el promedio de AOD de 0.146 como consecuencia del aumento de focos de incendios forestales.

El resultado de frecuencia de incendios forestales según criterio del trabajo sostiene que durante los meses de septiembre y agosto del año 2019 se presentaron una frecuencia alta de incendios forestales en la amazonia de Brasil ya que fueron los meses mayor número de focos incendios forestales 53 234 y 51 935 respectivamente, así mismo se determinó con el modelo Hysplit que durante dichos meses el transporte de masas de aire se dirigen del noreste de la región de Huancayo donde los vientos fueron originados y dirigidos desde la región amazónica de Brasil, lo que indicaría que las masas de aire transportaron aerosoles atmosféricos hacia la ciudad de Huancayo desde la región amazónica de Brasil durante los meses de septiembre y agosto del año 2019 ya que durante esos meses se generaron mayor número de focos de incendios forestales. Por lo tanto, se sostiene que la frecuencia de incendios forestales en la amazonia de Brasil influye significativamente en el transporte de aerosoles atmosféricos hacia la región de Huancayo durante los meses de septiembre y agosto del año 2019. Esto se relacionaría con los resultados del estudio de Angeles & Angeles (2017) donde mencionó que para el mes de septiembre y agosto del año 2017 se produjo un mayor número de focos incendios forestales en Brasil siendo 51 395 y 36 650 respectivamente y mostró un transporte de aerosoles atmosféricos hacia la región andina del Perú. Por otro lado Darga Saheb et al. (2019) menciona que durante el periodo de 2005 al 2017 en la India presentó un promedio de 1477 focos de incendios forestales y presentó un aumento del 8 % por año, donde indicó que el aumento del número de focos influyó en el transporte regional de aerosoles atmosféricos sobre el norte de la India; los resultados no guardan relación con lugar de estudio ya que dicho estudio se realizó en otro continente.

El resultado de la formación de aerosoles a través del sensor MODIS del satélite Terra a 550nm, indicó que los valores máximos de emisión de aerosoles atmosféricos se presentó en el mes de septiembre con un valor predominante de 0.8 en las regiones amazónicas de Brasil y Bolivia, siguiendo de agosto donde tuvo un valor predominante de 0.49 en la región amazónica de Brasil: esto indicaría que en los meses de septiembre y agosto hubo una mayor formación de aerosoles, ya que durante dichos meses se identificaron mayores números de focos de incendios forestales en la región amazónica de Brasil con 53 234

focos para septiembre y 51 935 focos para agosto. Así mismo se determinó con el modelo Hysplit, que durante dichos meses el transporte de masas de aire se dirige del noreste de la región de Huancayo donde los vientos fueron originados y dirigidos desde la región amazónica de Brasil, lo que indicaría que las masas de aire transportaron aerosoles atmosféricos hacia la ciudad de Huancayo desde la región amazónica de Brasil durante los meses de septiembre y agosto del año 2019. Por lo que coincide con los datos de espesor óptico de aerosol obtenidos del fotómetro solar del observatorio de Huancayo, donde los valores máximos de espesor óptico de aerosol que se presentó durante dichos meses en la Ciudad de Huancayo, siendo para septiembre un AOD a 500nm (0.696) para agosto AOD a 500nm (0.560) y valores promedios para agosto 0.191 ± 0.091 , septiembre 0.156 ± 0.078 . Esto sostiene que las formaciones de aerosoles atmosféricos se dieron por los incendios forestales en la amazonia de Brasil e influyen significativamente en la Región de Huancayo durante los meses de septiembre y agosto del año 2019. Lo que guarda relación con el estudio de Victoria & Estevan (2021) donde menciona que los valores máximos de AOD se registraron en el mes de agosto, es decir mostró una mayor formación de aerosoles atmosféricos durante agosto como resultado de los focos de incendios forestales, por lo contrario el transporte de masas de aire se originan en la Amazonia de Perú y transportan aerosoles atmosféricos hacia el observatorio de Huancayo, es se debería a que el estudio se centró en la región de Perú y fronteras de países vecinos. Así mismo (Angeles & Angeles, 2017) mostraron que durante el mes de septiembre del año 2017 se generaron mayores emisiones de aerosoles relacionado al incremento del número de focos de incendios forestales, además demostró que existe un transporte de aerosoles atmosféricos hacia la región andina del Perú. Calderón M. (2018) menciona que los valores más altos de AOD se presenciaron en el mes de agosto de 2015 a causa del incremento del número de focos de incendios forestales, es decir, hubo una mayor formación de aerosoles que se dieron por los mayores números de focos de incendio, lo que logra relacionarse con los resultados de la presente investigación.

Con los resultados de la correlación entre los valores de espesor óptico de aerosol proporcionados por el fotómetro solar (AOD) a 500nm y los focos de

incendios forestales registrados en Brasil, se sostiene que existe una correlación lineal significativa para los meses de septiembre y agosto, entre AOD y focos de incendios forestales con un coeficiente de correlación de $R^2=0.715$ para septiembre y $R^2=0.7029$ para agosto, esto mostró que a mayor número de focos de incendios forestales que se generaron en Brasil provocó un aumento de AOD en la región de Huancayo para el mes de septiembre y agosto del año 2019. Los resultados para la constatación de hipótesis del estudio entre la relación de las variables de focos de incendios forestales y espesor óptico de aerosol para los datos conjuntos de los tres meses de estudio agosto, septiembre y octubre del año 2019 arrojaron para el estadístico T, $T = 17.47$; valor de alfa, $\alpha=0.05$; grado de libertad, $gl = 91$; valor crítico, $VC=1.66$ y coeficiente de correlación, $R^2=0.68$; Por lo tanto, como $T > VC$ se rechaza la hipótesis nula (H_0), por consiguiente, se demuestra que la hipótesis de la presente investigación es correcta y que el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonía tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019. Los resultados guardan relación con el estudio de Navarro Barboza (2019) donde mostraron que existe una relación entre el incremento focos de incendios y el espesor óptico de aerosol en la zona centro andina del Perú en los meses de julio hasta agosto del año 2017 con una valor de correlación de $R^2=0.77$. Así mismo, Carrillo S. & Marin S. (2007) calculó un coeficiente de correlación de $R^2=0.82$ y demostró una relación entre el aumento de los focos de incendios en Brasil y el espesor óptico de aerosol de Huancayo. Los resultados son mayores al estudio de Suárez et al. (2006), donde presentaron una coeficiente de correlación de $R^2=0.10$, es se explicaría por el menor número de focos de incendios forestales presenciado en dicho periodo de estudio.

VI. CONCLUSIONES

- Los focos de incendios forestales ocurridos en los meses de septiembre (53 234 focos) y agosto (51 935 focos) del año 2019 generan mayor concentración de aerosoles atmosféricos (0.8) se ubican en la Amazonía de Brasil e influyen significativamente en la región de Huancayo por medio de un transporte de masas de aire, con un aumento de espesor óptico de aerosol sobre la región de 0.191 ± 0.091 y 0.156 ± 0.078 .
- La frecuencia de incendios forestales en la Amazonía de Brasil fue alta durante los meses de septiembre (53 234 focos, frecuencia alta) y agosto (51 935 focos, frecuencia alta) del año 2019 e influyen significativamente en el transporte de aerosoles atmosféricos a través de la trayectoria de masas de aire hacia la región de Huancayo.
- La formación de aerosoles atmosféricos en la amazonia de Brasil durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019 fue de 0.49, 0.8 y 0.33 respectivamente e influyeron significativamente por medio de un transporte de masas de aire sobre la región de Huancayo con un incremento del espesor óptico de aerosol de 0.191 ± 0.091 , 0.156 ± 0.078 y 0.095 ± 0.035 .
- Finalmente se determinó mediante el modelo Hysplit que existe un transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia de Brasil e influyen significativa en la región de Huancayo durante los meses de agosto y septiembre del año 2019 con un coeficiente de determinación de 0.7029 y 0.715.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar diferentes trabajos de investigación para determinar un transporte de aerosoles en otras regiones del Perú.
- Realizar estudios en ciudades cercanas a la frontera de la amazonia de Brasil para determinar el impacto del transporte de aerosoles atmosféricos.
- Desarrollar investigaciones de transporte de aerosoles atmosféricos en diferentes periodos de tiempo, ya que las condiciones atmosféricas son muy dinámicas y poco estables.

REFERENCIAS

- AERONET. (2020). *System Description - Aerosol Robotic Network (AERONET) Homepage.* AEROSOL ROBOTIC NETWORK. https://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/system_descriptions.html
- Alegría C., D. L. (2015). *Propiedades microfísicas de los aerosoles troposféricos derivadas de medidas de fotómetro solar y Lidar en el Valle de Aburrá.* Universidad Nacional de Colombia.
- Andrades R., M., & Muñoz L., C. (2012). *FUNDAMENTOS DE CLIMATOLOGÍA* (ISBN 978-84-695-2799-3; 551.58).
- Angeles, R., & Angeles, J. (2017). *Impacto del transporte transfronterizo de aerosoles atmosféricos debido a la quema de vegetación en la amazonia sobre la Región Andina del Perú.* <https://doi.org/N° 2006-4116>
- Artaxo, P., Oliveira, P. H., Lara, L. L., Pauliquevis, T. M., Rizzo, L. V, Junior, C. P., Paixão, M. A., Longo, K. M., Freitas, S. D. E., & Correia, A. L. (2006). EFEITOS CLIMÁTICOS DE PARTÍCULAS DE AEROSSÓIS BIOGÊNICOS E EMITIDOS EM QUEIMADAS NA AMAZÔNIA. *REvista Brasileira de Meteorologia*, 21(3), 1–22.
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de Meteorología y Climatología* (TRILLAS (ed.); 2a. ed.). Editorial Trillas. <https://doi.org/551.5`A886e>
- Ballester, F., Díaz, J., & Moreno, J. M. (2006). Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. *Gaceta Sanitaria*, 20(SUPPL. 1), 160–174. <https://doi.org/10.1157/13086040>
- Bellouin, N., & Haywood, J. (2020). Climatology of Tropospheric Aerosols. In *Climatology of Tropospheric Aerosols* (2nd ed., Issue January, pp. 1–9). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12436-4>
- Bilbao, B., Steil, L., Urbieto, I. R., Anderson, L., Pinto, C., & Gonzalez, M. E. (2020). *Incendios forestales. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAP* (J. A. M. y U. O. S. Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía (ed.)).

- Borduas, N., & Donahue, N. M. (2018). The Natural Atmosphere. In *Green Chemistry* (pp. 131–150). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00006-6>
- Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *Lancet*, 360(9341), 1233–1242. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11274-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11274-8)
- Calderón M., P. E. (2018). *Influencia del transporte de concentración de Pm10 en el espesor óptico de aerosoles de la ciudad de Huancayo en el año 2015-2016*. Universidad Continental.
- Carrillo S., G. J., & Marin S., M. R. (2007). *Estudio de los Aerosoles - Material Particulado en la ciudad de Huancayo y su relación con la quema de biomasa en Brasil*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Contreras, A., Julio, Á., Luis, S., & José, F. (2014). Determinación del espesor óptico de aerosol en la estación antártica peruana Machu Picchu. *Ciencia y Desarrollo*, 17(1), 11–20. <https://doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2014.V17i1.02>
- Crutzen, P. J., & Andreae, M. O. (1990). Biomass Burning in the Tropics : Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles. *Science*, Vol. 250(science.250.4988.1669), 1669–1678. <https://doi.org/10.1126/science.250.4988.1669>
- Darga Saheb, S., Yogesh, K., Mitra, D., Singh, A., Chandola, H. C., Sateesh, M., Babu, S. S., & Chauhan, P. (2019). Impact of biomass burning on regional aerosol optical properties: A case study over northern India. *Journal of Environmental Management*, 244(May), 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.025>
- Della Ceca, L. S. (2018). *Análisis espacio-temporal de la distribución de aerosoles atmosféricos en la ciudad de Córdoba (Argentina) y desarrollo de un modelo predictivo de los niveles de material particulado* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA]. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/6009>
- Días R., A. M. (2005). Caracterización de los aerosoles atmosféricos y su influencia en los niveles de radiación UV en la región de Canarias [Universidad de la Laguna]. In *Ciencias Y Tecnologías*.

https://doi.org/10.1007/978-0-387-35135-3_1

Expósito G., F. J. (1999). *Determinación del Espesor Óptico de Aerosoles Mediante Técnicas de Teledetección en la región de Canarias*. Universidad de la Laguna.

Finer, M., & Mamani, N. (2019). *Los Satélites Revelan qué impulsó los Fuegos en la Amazonía Brasileña*.
https://maaproject.org/2019/satelites_fuegos_brasil/

Golden, D. M. (2000). INTERACTION OF COMBUSTION WITH THE ATMOSPHERE. In *INTERACTION OF COMBUSTION WITH THE ATMOSPHERE* (Vol. 28, pp. 2383–2392). Proceedings of the Combustion Institute.

Gyanesh Kumar, S., Vikram, C., Gupta, T., & Debajyoti, P. (2019). Investigation of size distribution and mass characteristics of ambient aerosols and their combustion sources during post-monsoon in northern India. *Atmospheric Pollution Research*. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.10.003>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (EDITORES INTERAMERICANA S.A. (ed.); MCGRAW-HILL). MCGRAW-HILL.

INDECI. (2006). MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO. In *Intituto Nacional de Defensa Civil* (p. 69). Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

INPE. (2020). *Apresentação — Programa Queimadas INPE - Instituto Nacional de Investigações Espaciales*. Portal de Monitoreo de Incendios e Incendios Forestales.

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007 Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad*.

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. In *CIENCIAMÉRICA: Vol. N° 3*.

Navarro Barboza, H. (2019). *Simulación del transporte y dispersión de partículas PM10 producidas por quema de biomasa sobre los Andes Centrales de Perú con ayuda del modelo químico – meteorológico WRF-Chem* [Universidad

Nacional Mayor de San Marcos].
https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/048009.pdf

OMM. (2016). *Boletín de la OMM sobre los aerosoles* (Vol. 2010).
public.wmo.int/gaw

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/ISSN 0717-9502>

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Chile Enfermedades Respiratorias*, 26(1), 16–25.

Pabón, J. D., Zea, J., Gloria, L., Hurtado, G., González, O. C., & Montealegre, J. E. (1998). *La atmósfera , el tiempo y el clima*. IDEAM.

Palacios P., L. (2014). *Estudio del efecto directo de los aerosoles atmosféricos sobre Europa*.

Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J. B., Cohen, M. D., & F.Ngan. (2015). NOAA's hysplit atmospheric transport and dispersion modeling system. *BAMS*, December, 2059–2078.
<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>

Suárez, L., Castillo, L., Martín, M., Carrillo, G., Rimac, L., Pomalaya, J., & Menacho, R. (2006). Estudio de la variación estacional de ozono troposférico y aerosoles del Perú relacionado a las quemas de vegetación en la Amazonía. *Mosaico Cient*, 3(2), 36–41.

Victoria, C., & Estevan, R. (2021). Comportamiento de los aerosoles atmosféricos en el Observatorio de Huancayo durante los eventos de quema de biomasa del año 2019. *Revista de Investigación de Física*, 24(1), 40–54.

Vivanco C., S. V. (2014). Variabilidad temporal de aerosoles atmosféricos en Huancayo. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 04(01), 57–68.
<https://doi.org/10.18259/acs.2014006>

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias* (F. Hernández Carrasco & G. López Ballesteros (eds.); Novena edi). PEARSON EDUCACIÓN.

Zielinski, T., Petelski, T., Strzalkowska, A., Pakszys, P., & Makuch, P. (2016). Impact of wild forest fires in Eastern Europe on aerosol composition and particle optical properties. *Oceanologia*, 58(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2015.07.005>


ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema General	Objetivo general	Hipótesis General
¿Cuál es el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019?	Determinar el transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019	El transporte de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonia tiene influencia significativa en Huancayo mediante el modelo Hysplit durante el año 2019
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos
¿Cuáles son los focos de incendios forestales que generan aerosoles atmosféricos en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019?	Identificar los focos de incendios forestales que generan aerosoles atmosféricos en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019	Los focos de incendios forestales que generan mayor concentración de aerosoles atmosféricos durante el año 2019 se ubican en la Amazonia de Brasil y Perú e influyen significativamente en Huancayo durante el año 2019
¿Cuál es la frecuencia de incendios forestales en la Amazonía y cómo	Determinar la frecuencia de incendios forestales en la Amazonía y cómo	La frecuencia de incendios forestales en la Amazonía de Brasil influye significativamente en

influyen en el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019?	influyen en el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019	el transporte de aerosoles atmosféricos durante el año 2019
¿Cuál es la formación de aerosoles atmosféricos debido a los incendios forestales en la Amazonia y su influencia en Huancayo durante el año 2019?	Determinar la formación de aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la Amazonía y su influencia en Huancayo durante el año 2019.	La formación de aerosoles atmosféricos se da por incendios forestales en la Amazonía e influyen significativamente en Huancayo durante el año 2019

Anexo 02: Instrumentos de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSTRUMENTO. 01			
	FOCOS Y FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL			
Título:	"Aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit - 2019"			
Línea de investigación:	Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático			
Facultad:	Ingeniería Ambiental			
Tesista:	Susana Milagros Alanya Buendia			
Ficha:	FOCOS Y FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL			
Equipo:	Sensor MODIS, plataforma virtual de Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales			
Mes	Características de la zona	Área de quema (ha)	Lugares de quema	Cantidad de focos de incendio
Agosto				
Septiembre				
Octubre				




**LUIS FERMIR
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 1111112**

Firma del experto

**CIP:131344
 DNI: 43566120
 Teléfono: -**



**LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI:70837735
 CIIP: 162994
 TLF: 979705110**

Firma del experto


**CIP:
 DNI:
 Teléfono: -**



**M.Sc. GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
 CIP: 131344**

Firma del experto

**CIP:
 DNI:
 Teléfono: -**

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSTRUMENTO. 02	
	FORMACIÓN DE AEROSOLES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL	
Título:	"Aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit - 2019"	
Línea de investigación:	Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	
Facultad:	Ingeniería Ambiental	
Tesista:	Susana Milagros Alanya Buendia	
Ficha:	FORMACIÓN DE AEROSOLES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL	
Equipo:	Sensor MODIS	
Mes	Longitud de onda (nm)	Espesor óptico de aerosol
Agosto		
Septiembre		
Octubre		




**LUIS FERMIR
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111711**

Firma del experto

**CIP: 131344
 DNI:43566120
 Teléfono: -**



**LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI:70837735
 CIIP: 162994
 TLF: 979705110**

Firma del experto


**CIP:
 DNI:
 Teléfono:**



**MSc GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
 CIP: 131344**

Firma del experto

**CIP:
 DNI:
 Teléfono:**

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSTRUMENTO. 03			
	ESPESOR ÓPTICO DE AEROSOL Y TRANSPORTE DE AEROSOLES ATMOSFÉRICOS			
Título:	"Aerosoles atmosféricos debido a incendios forestales en la amazonia y su influencia en Huancayo mediante el modelo Hysplit - 2019"			
Línea de investigación:	Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático			
Facultad:	Ingeniería Ambiental			
Tesista:	Susana Milagros Alanya Buendía			
Ficha:	ESPESOR ÓPTICO DE AEROSOL Y TRANSPORTE DE AEROSOLES ATMOSFÉRICOS			
Equipo:	Fotómetro Solar CIMEL CE-318T, Modelo HYSPLIT			
MES	Espesor óptico de aerosol (500 nm)			Transporte de masas de aire
	Mínimo	Máximo	Promedio	Trayectoria
Agosto				
Septiembre				
Octubre				




**LUIS FERMIR
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111511**

Firma del experto

**CIP:131344
 DNI:43566120
 Teléfono: -**



**LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI:70837735
 CIIP: 162994
 TLF: 979705110**

Firma del experto

**CIP:
 DNI:
 Teléfono: -**



**MSc. GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
 CIP: 131344**

Firma del experto

**CIP:
 DNI:
 Teléfono: -**

ANEXO 03: Validación de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FOCOS Y FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 27 de junio del 2021


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 02

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FORMACIÓN DE AEROSOLES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 27 de junio del 2021


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **ESPOSOR ÓPTICO DE AEROSOL Y TRANSPORTE DE AEROSOLES ATMOSFÉRICOS.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 26 de junio del 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Holguin Aranda, Luis
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FOCOS Y FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de junio del 2021


LUIS FERMIR
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111111

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 02

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Holguin Aranda, Luis
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FORMACIÓN DE AEROSOLES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de junio del 2021


LUIS FERMIR
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. C.I.P. N° 111111

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Holguin Aranda, Luis
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **ESPOSOR ÓPTICO DE AEROSOL Y TRANSPORTE DE AEROSOLES ATMOSFÉRICOS.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de junio del 2021


LUIS FERRNIR
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. C.I.P. N° 111511

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Güere Salazar, Fiorella Vanessa
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FOCOS Y FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 27 de junio del 2021



MSc. GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
CIP: 131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 02

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Güere Salazar, Fiorella Vanessa
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FORMACIÓN DE AEROSOLES EN LA AMAZONÍA DE BRASIL**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

Lima, 27 de junio del 2021


 MSc. GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
 CIP: 131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Güere Salazar, Fiorella Vanessa
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **ESPELOR ÓPTICO DE AEROSOL Y TRANSPORTE DE AEROSOLIOS ATMOSFÉRICOS.**
 1.5. Autor (A) de Instrumento: Susana Milagros Alanya Buendía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDADSI

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 27 de junio del 2021



MSc. GÜERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA
 CIP: 131344