

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**

## **ESCUELA DE POSGRADO**

### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



## **TESIS**

**“Caracterización temporal del espesor óptico de aerosoles y su relación con las infecciones respiratorias agudas, Huachac - Chupaca 2015-2017”**

**PRESENTADA POR:**

**María Violeta Gonzales Pérez**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Huancayo – Perú**

**2020**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**

## **ESCUELA DE POSGRADO**

### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

#### **TESIS:**

**“Caracterización temporal del espesor óptico de aerosoles y su relación con las infecciones respiratorias agudas, Huachac - Chupaca 2015-2017”**

#### **PRESENTADA POR:**

**María Violeta Gonzales Pérez**

#### **PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE: MAESTRA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE:

\_\_\_\_\_  
Nombre del Presidente

PRIMER MIEMBRO:

\_\_\_\_\_  
Nombre del 1er. miembro

SEGUNDO MIEMBRO:

\_\_\_\_\_  
Nombre del 2do. miembro

ASESOR DE TESIS:

\_\_\_\_\_  
Nombre del 3er. miembro

Huancayo, ... de ..... de 2020

## **Dedicatoria**

Son muchas las personas a las que me gustaría dedicar este trabajo, nombrar a todos sería muy extenso y podría cometer un injusto olvido, pero estoy complacida por la amistad, cariño, apoyo y ánimos a todos ellos en las diferentes etapas de esta investigación y sin ellos no sería posible pensar en un mundo optimista y así tener un mundo mejor para todos.

Y con especial cariño, a todos mis profesores y mentores que he tenido a lo largo de estos años de estudio e investigación. Al igual que a mis alumnos en estos 5 años de experiencia docente ellos son la verdadera razón de mi superación y que siempre están con la predisposición de aprender para cuidar y mejorar nuestro futuro y medio ambiente.

A mis padres Florentino y María por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme brindado la oportunidad de educación y por ser ejemplos a seguir.

Y en particular quiero dedicar este trabajo al gran profesional y mejor amigo que me está ayudando a cumplir mis sueños, Ing. Walter Pérez, que más que un amigo, es un gran esposo que le da valor y magia a todos y cada uno de mis proyectos, con su constante e incansable paciencia, por ser incondicional y en lo personal, por ser el gran amor de mi vida.

## **Agradecimientos**

A Dios por acompañarme en mi diario caminar y quien me guía a lo largo de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Al Instituto Geofísico del Perú (IGP), por brindarme la gran oportunidad de desarrollar esta tesis que se realiza en el marco del proyecto MAGNET del IGP “Fortalecimiento de la Línea de Investigación en Física y Microfísica de la Atmósfera”, financiado por FONDECYT de CONCYTEC. (Convenio N 010-2017-FONDECYT).

Agradecer de manera especial a la Dra. Yamina Silva de Millones y al Dr. René Estevan Arredondo, por el asesoramiento y paciencia que me han brindado, para el desarrollo de esta investigación, de igual manera al Dr. Enrique Beltrán Lázaro, por los consejos durante el desarrollo de esta tesis.

Así mismo agradezco a la Odontóloga Jhaidy Cajahuanca Arauzo, encargada del Centro de Salud del distrito de Huachac y a la Tec. Isabel Aliaga Limas de la oficina de Estadística, por permitirme y brindarme los registros del periodo de estudio sobre las infecciones respiratorias agudas (IRAs) del distrito en mención.

También agradecer de manera muy especial al Médico Neumólogo Carlos La Hoz Vergara, por brindarme su tiempo, su apoyo y sobre todo su experiencia de manera incondicional durante esta investigación.

## Índice General

Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	x
Índice de ecuaciones.....	xiii
Resumen .....	xiv
Abstract .....	xv
Introducción.....	16
CAPITULO I .....	18
1.1 Antecedentes o marco referencial .....	18
1.2 Bases teóricas y conceptuales .....	21
1.2.1 Contaminación Atmosférica.....	21
1.2.1.1 Fuentes de contaminantes .....	22
1.2.2 Aerosoles Atmosféricos .....	25
1.2.2.1 Propiedades de los Aerosoles Atmosféricos .....	28
1.2.2.1.1 Espesor Óptico de Aerosoles (EOA) .....	28
1.2.2.1.2 Exponente de Ångström (EA) .....	30
1.2.2.2 Diagrama de dispersión o correlación EOA - EA.....	30
1.2.2.3 Clasificación de los aerosoles presentes en el valle del Mantaro	33
1.2.3 Infecciones Respiratorias Agudas .....	36
1.2.3.1 Clasificación de las Infecciones respiratorias agudas .....	37
1.2.3.2 Grupos Etarios y las Infecciones Respiratorias agudas .....	40
1.2.3.3 Relación de las Infecciones Respiratorias Agudas con los aerosoles atmosféricos.....	40
1.2.3.4 Mecanismos de trasmisión de las Infecciones Respiratorias Agudas.....	43
1.3 Definición de términos básicos .....	44
1.4 Hipótesis de investigación .....	45
1.4.1 Hipótesis Nula (Ho): .....	45
1.4.2 Hipótesis alterna (H1):.....	45

1.5	Operacionalización de las variables .....	45
	CAPITULO II.....	46
2.1	Tipo y nivel de investigación.....	46
2.2	Métodos de investigación .....	47
2.3	Diseño de la investigación .....	47
2.4	Población y muestra .....	48
	2.4.1 Población.....	48
	2.4.2 Muestra .....	48
	2.4.3 Técnica de muestreo .....	49
2.5	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	49
2.6	Técnica de procesamiento de datos .....	53
	CAPITULO III.....	56
3.1	Caracterización diaria, mensual, estacional y por tipos del espesor óptico de aerosol (EOA), para los años 2015, 2016 y 2017 .....	56
	3.1.1 Caracterización temporal diaria del EOA:.....	56
	3.1.2 Caracterización temporal mensual del EOA:.....	59
	3.1.3 Caracterización temporal del EOA estacionales:.....	62
	3.1.4 Caracterización del EOA medias mensuales por tipos:.....	64
3.2	Análisis y resultados de las infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) ....	69
3.3	Comparativo entre EOA e incidencias de IRAs .....	78
	Conclusiones.....	85
	Recomendaciones.....	87
	Bibliografía .....	88
	Anexos .....	95
	Anexo 1: Registro de precipitaciones durante los años 2015, 2016 y 2017 .....	95
	Anexo 2: Trayectorias de masas de aire - HYSPLIT Huancayo abril 2015 .....	96
	Anexo 3: Trayectorias de masas de aire - HYSPLIT Huancayo setiembre 2015.....	97

Anexo 4: Fragmento del script en Matlab para el procesamiento de los datos de EAO de acuerdo a los tipos de aerosoles.....	98
Anexo 5: Base de datos Espesor Óptico de Aerosoles (EOA) y Exponente de Angstrom (EA - $\alpha$ ) 2015-2016 y 2017.....	99
Base de datos AERONET: (EOA 440 nm) y Exponente de Angstrom (EA- $\alpha$ ) - año 2016 – estación IGP-HUANCAYO .....	100
Base de datos AERONET: (EOA 440 nm) y Exponente de Angstrom (EA- $\alpha$ ) - año 2017 – estación IGP-HUANCAYO .....	101
Anexo 6: Base de datos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) - Huachac 2015, 2016 y 2017.....	102
Registro de incidencia de iras: año, mes día, grupo etario y sexo del C. Salud del distrito de Huachac – setiembre 2017 .....	104
Anexo 7: Vista de datos y variables para ser procesados en el software estadístico SPSS .....	105
Anexo 8: Diagramas de dispersión entre EOA e IRAS, para los diferentes grupos etarios. ....	107
Anexo 9: Diagramas de dispersión entre EOA e IRAS, por género (sexo masculino y femenino). ....	111
Anexo 10: Matriz de consistencia.....	112
Anexo 11: Solicitud para el registro de datos de IRAs – Centro de Salud Huachac .....	115

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Tipos de partículas</i> .....	24
Tabla 2	<i>Efectos dañinos de las partículas</i> .....	25
Tabla 3	<i>Tipos de aerosoles atmosféricos basándose los valores característicos de EOA 440 nm y del coeficiente o exponente de Ångström (<math>\alpha</math>)</i> .....	31
Tabla 4	<i>Tipos de aerosoles atmosféricos basándose en valores característicos de EOA 440 nm y EA(<math>\alpha</math>), Estación IGP – Huancayo</i> .....	36
Tabla 5	<i>Clasificación de las IRAs de acuerdo al tracto respiratorio superior e inferior</i> .....	37
Tabla 6	<i>Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X: Enfermedades del sistema Respiratorio</i> .....	38
Tabla 7	<i>Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X: Enfermedades del sistema Respiratorio- IRAs - Altas</i> .....	39
Tabla 8	<i>Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X: Enfermedades del sistema Respiratorio- IRAs - Bajas</i> .....	39
Tabla 9	<i>Matriz de operacionalización de variables</i> .....	45
Tabla 10	<i>Número de días de medición con el fotómetro CIMEL 318 – Red AERONET (Estación IGP- Huancayo)</i> .....	48
Tabla 11	<i>Número de casos de IRAs registrados en el Centro de Salud del distrito de Huachac</i> .....	49
Tabla 12	<i>Grupos etarios considerados en este estudio</i> .....	52
Tabla 13	<i>Relación entre variables para determinar su fortaleza</i> .....	55
Tabla 14	<i>Valores promedios máximos diarios del EOA durante los años 2015, 2016 y 2017</i> .....	56
Tabla 15	<i>Valores máximos diarios del EOA durante los años 2015, 2016 y 2017</i> .....	56
Tabla 16	<i>Valores medias máximos y mínimos mensuales del EOA (<math>\lambda = 440</math> nm) durante los años 2015, 2016 y 2017</i> .....	59
Tabla 17	<i>Estaciones en el departamento de Junín- Perú</i> .....	62
Tabla 18	<i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas, Centro de Salud Huachac - año 2015</i> .....	69
Tabla 19	<i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario, Centro de Salud Huachac – año 2015</i> .....	70



Tabla 20 <i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario, Centro de Salud Huachac– año 2016</i> .....	71
Tabla 21 <i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – año 2016 Centro de Salud Huachac</i> .....	72
Tabla 22 <i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas, Centro de Salud Huachac - año 2017</i> .....	74
Tabla 23 <i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – año 2017 Centro de Salud Huachac.</i> .....	75
Tabla 24 <i>Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – periodo 2015-2017</i> .....	77
Tabla 25 <i>Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 – Distrito de Huachac</i> .....	82
Tabla 26 <i>Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 – por grupos etarios - Distrito de Huachac</i> .....	83
Tabla 27 <i>Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 – por sexo - Distrito de Huachac</i> .....	84

## Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Fuentes, tipos de contaminantes, procesos y efectos generales de la contaminación atmosférica. Fuente:(Aire—IDEAM, s. f.) .....	23
<i>Figura 2</i> Tamaño de partículas. Fuente (Ramachandran, 2015) Metphast MidwestEmerging Technologies Public Health & safety training programs.....	26
<i>Figura 3</i> Fuentes de aerosol atmosférico: incendios forestales, polvo extraterrestre, aerosoles continentales, volcanes, industria, automóviles, erosión eólica y resuspensión, reacciones de gas a partículas, captación en la nube (nucleación, difusión de Bornia, fosis), eliminación de precipitaciones (impactación, difusión browniana, fosis). Fuente (NOAA, s. f.) .....	27
<i>Figura 4</i> Diagrama típico de dispersión EOA (550 nm) frente a EA (0-2) con los tipos de aerosoles dados por el modelo OPAC. Fuente (Toledano et al., 2007)..	32
<i>Figura 5</i> Método gráfico de Gobbi. Comparación. Diferencia de Angstrom y el Exponente de Angstrom.....	33
<i>Figura 6</i> Diagrama de dispersión de las medias diarias del EOA (440 nm) versus EA (440 - 870 nm), para la clasificación de aerosoles: CNT (naranja), URB (marrón), MEZ (gris), PVO (amarillo), MAR (azul) y BIO (verde), se incluyeron todas las mediciones individuales realizadas en el período comprendido entre marzo de 2015 y diciembre de 2017. ....	35
<i>Figura 7</i> Tamaño de partículas. El nivel alcanzado por las partículas inhaladas por la vía aérea según su tamaño. ....	41
<i>Figura 8</i> Componentes del fotómetro Solar Cimel 318T de la estación IGP-Huancayo. ....	51
<i>Figura 9</i> Ubicación del fotómetro solar Cimel 318 (AERONET Estación IGP Huancayo) y los puestos de salud los cuales reportan al Centro de Salud del distrito de Huachac- Chupaca. ....	52
<i>Figura 10</i> Diagrama de flujo para el procesamiento de datos del espesor óptico de aerosoles. (Elaboración propia).....	53
<i>Figura 11</i> Diagrama de flujo para el procesamiento de datos de las IRAs. (Elaboración propia). ....	54
<i>Figura 12</i> Medias diarias del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año2016 y (c) año 2017, resultados con la $\lambda = 440$ nm (AERONET Estación IGP-Huancayo).....	57

<i>Figura 13</i> Series de tiempo mensual de la Red AERONET del EOA (a) septiembre 2015, (b) septiembre 2016 y (c) septiembre 2017, meses donde se registraron promedios diarios muy elevados durante esos años.....	58
<i>Figura 14</i> Medias mensuales del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017, resultados con la $\lambda = 440$ nm (AERONET Estación IGP-Huancayo).....	60
<i>Figura 15</i> Medias mensuales del EOA (AOD) del periodo 2015 - 2017, resultados con la $\lambda = 440$ nm (AERONET Estación IGP-Huancayo) .....	61
<i>Figura 16</i> Medias mensuales del EOA para 440 nm del periodo de estudio 2015-2017 con sus respectivas desviaciones estándar. ....	62
<i>Figura 17</i> Medias estacionales de EOA (440 nm) .....	63
<i>Figura 18</i> Medias estacionales de EOA (440 nm) por épocas durante el periodo 2015-2017) .....	63
<i>Figura 19</i> Histograma de las frecuencias de EOA (440 nm) y EA (440 – 870 nm). Para el periodo de estudio 2015-2017. ....	65
<i>Figura 20</i> Diagrama de dispersión construido con las medias diarias del EOA vs EA para $\lambda = 440$ nm - año 2016 .....	66
<i>Figura 21</i> Diagrama de dispersión del EOA & EA y porcentajes por Tipos de aerosoles en la atmósfera de Huancayo durante los meses que presentaron mayor valor de EOA (440 nm), durante el periodo de estudio 2015-2017. ....	67
<i>Figura 22</i> Medias mensuales por tipos del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017, resultados con la $\lambda = 440$ nm (AERONET Estación IGP-Huancayo) .....	68
<i>Figura 23</i> Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2015, Centro de Salud-Huachac. ....	69
<i>Figura 24</i> Frecuencia de casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2015. Centro de Salud Huachac. ....	70
<i>Figura 25</i> Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs - año 2015. Centro de Salud Huachac. ....	71
<i>Figura 26</i> Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2016. Centro de Salud Huachac. ....	72
<i>Figura 27</i> Frecuencia de los casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2016. Centro de Salud Huachac. ....	73
<i>Figura 28</i> Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs año 2016. Centro de Salud Huachac. ....	73

<i>Figura 29</i> Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2017. Centro de Salud Huachac. ....	74
<i>Figura 30</i> Frecuencia de los casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2017. Centro de Salud Huachac. ....	75
<i>Figura 31</i> Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs año 2017. Centro de Salud Huachac. ....	76
<i>Figura 32</i> Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs – Periodo de estudio 2015 - 2017. Centro de Salud Huachac. ....	77
<i>Figura 33</i> Comparación entre EOA ( $\lambda = 440 \text{ nm}$ ) e IRAs (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017 .....	79
<i>Figura 34</i> Comparativo entre EOA e IRAs durante el periodo de estudio 2015 - 2017 .....	80
<i>Figura 35</i> Comparación entre EOA (Media mensual tipo) e IRAs periodo 2015 - 2017 .....	81
<i>Figura 36</i> Diagrama de dispersión entre EOA (440 nm) e IRAs, durante el periodo .....	83

## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1</i> Ecuación para calcular el Espesor Óptico de los Aerosoles (EOA). Adaptado de (US Department of Commerce, s. f.).....	29
<i>Ecuación 2</i> Ley de Ångström relacionando el espesor óptico de aerosoles con la longitud de onda (en $\mu\text{m}$ ) .....	30
<i>Ecuación 3</i> Ecuación para el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson	55

## Resumen

Los aerosoles son partículas sólidas o líquidas en suspensión, que residen en la atmósfera durante varias horas, la propiedad óptica de los aerosoles como el Espesor Óptico (EOA) es una medida de la dispersión y absorción de luz visible por las partículas presentes en una columna vertical de la atmósfera, siendo útil para efectos de analizar la calidad del aire, porque es un valor proporcional a la concentración de partículas atmosféricas y que junto con el Exponente de Ångström ( $\alpha$ ), permite deducir el tipo de aerosoles presentes en la atmósfera. Se caracterizó la variación diurna, mensual, estacional y tipos de aerosoles, con datos registrados por el fotómetro CIMEL 318T de la red AERONET, Estación IGP- Huancayo, nivel 2.0,  $\lambda = 440$  nm, en el período comprendido entre marzo de 2015 a diciembre de 2017, demostrando que los meses comprendidos en la época poco lluviosa (julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre), presentan mayor presencia de aerosoles tipo BIO. Las infecciones respiratorias agudas (IRAs), constituyen un variado grupo de enfermedades provocadas por diversos agentes causales (virus y bacterias) que afectan al sistema respiratorio, existiendo factores de riesgo como la contaminación ambiental. El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el EOA e IRAs, y de acuerdo a la Correlación de Pearson como prueba de hipótesis hay una probabilidad de error del 20.8 % de no existir relación entre estas dos variables y usando como medida de correlación nos indica que la relación entre estas dos variables es baja, mostrando que los casos de IRAs estarían más relacionadas a otros factores de riesgo como la climática.

**Palabras clave:** aerosoles, espesor óptico de aerosoles (EOA), Exponente de Ångström ( $\alpha$ ), infecciones respiratorias agudas (IRAs).

## Abstract

Aerosols are solid or liquid particles in suspension, which reside in the atmosphere for several hours, the optical property of aerosols such as Aerosol Optical Depth (AOD) is a measure of the dispersion and absorption of visible light by the particles present in a column vertical of the atmosphere, being useful for the purposes of analyzing air quality, because it is a value proportional to the concentration of atmospheric particles and together with Exponent of Ångström ( $\alpha$ ), allows us to deduce the type of aerosols present in the atmosphere. The diurnal, monthly, seasonal variation and types of aerosols were characterized, with data recorded by the CIMEL 318T photometer of the AERONET network, IGP-Huancayo Station, level 2.0,  $\lambda = 440$  nm, in the period from March 2015 to December 2017, demonstrating that the months included in the dry season (July, August, September, October and November), present a greater presence of BIO type aerosols. Acute respiratory infections (ARIs) constitute a varied group of diseases caused by various causative agents (viruses and bacteria) that affect the respiratory system, with risk factors such as environmental contamination. The objective of this research was to determine the relationship between the EOA and IRAs, and according to the Pearson Correlation as a hypothesis test there is a 20.8 % probability of error if there is no relationship between these two variables and using as a correlation measure indicates that the relationship between these two variables is low, showing that ARI cases would be more related to other risk factors such as climate.

**Keywords:** aerosols, aerosol optical depth (AOD), Ångström exponent ( $\alpha$ ), acute respiratory infections (ARIs)

## Introducción

La calidad del aire en las zonas urbanas en todo el mundo se ve afectado por muchos tipos de contaminantes atmosféricos y de diferentes fuentes naturales y antropogénicas, las partículas finas y gruesas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) están relacionadas con aerosoles atmosféricos, desde el punto de vista de la ingeniería de la contaminación del aire, los aerosoles son importantes porque éstas partículas no deseadas se producen en la combustión y otros procesos industriales, siendo un problema de contaminación poco estudiado. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), ha incluido al espesor óptico de aerosoles (EOA) en un listado elemental de medidas del programa de vigilancia atmosférica (VAG). Es importante puntualizar que la quema de biomasa (incendios forestales y quemas de residuos vegetales), representan la mayor fuente individual de emisión de aerosoles del tipo biomasa y otros contaminantes como el benzopireno por ejemplo. Es así que, en días con eventos extremos de quemas, la visibilidad es poca, y eso afecta la salud humana y el ambiente. Los aerosoles tienen efectos directo e indirectos en el clima (IPCC, 2007), de una región determinada en el planeta, pero la magnitud o intensidad de sus efectos es en mucha medida aún desconocidos. Si bien es cierto ya existen algunos modelos y formas de conocer las propiedades de los aerosoles atmosféricos, aún queda mucho que perfeccionar por ser un problema amplio y global. Para ello existen estaciones terrestres como la Red Mundial AERONET, utilizando fotómetros y también hay satélites, que permiten la medida del EOA.

Para la caracterización de los aerosoles, existen muchos investigadores que dan pautas, pero esto no se ajusta a todo lugar, porque depende de factores geográficos y ambientales (Estevan et al., 2019). Hablar de contaminación atmosférica es un tema muy amplio y recurrente en estos últimos tiempos, como lo manifiesta (Chana, 2003) la contaminación atmosférica afecta a las ciudades y es el producto de la relación entre tiempo atmosférico y las características topográficas que influyen para la dispersión de los contaminantes (p. 95). Y como los factores geográficos son casi inalterables, estudios más exhaustivos harán que la caracterización de los aerosoles sea más precisa para cada lugar.



La (OMS, 2018), informa que en el año 2012 una de cada ocho muertes a nivel mundial se debe a la contaminación atmosférica; confirmando de esta manera que este tipo de contaminación constituye una dificultad ambiental al día de hoy, y un factor de riesgo importante para la salud humana, y este efecto colateral afecta principalmente a los extremos de la vida niños y personas de la tercera edad. Al no encontrar evidencias en la región Junín sobre EOA y salud pública, se hace necesario esta investigación, abriendo posibilidades a campos como la medicina, siendo el objetivo general de esta investigación: Determinar la relación entre el espesor Óptico de Aerosoles (EOA) y las Infecciones respiratorias agudas (IRAs) en los pobladores del distrito de Huachac en el periodo 2015 -2017, y para alcanzar este objetivo se caracterizó temporalmente los aerosoles atmosféricos con datos obtenidos de la estación IGP – Huancayo y para datos de IRAs se procede al conteo del número de casos registrados durante el periodo de estudio en el Centro de Salud del distrito de Huachac. Demostrando que existe una relación lineal positiva, con una fortaleza baja. Se resalta la disposición del fotómetro solar CIMEL 318T, que pertenece a la red AERONET, el cual permite obtener los datos de manera fácil (*Huancayo-IGP - AERONET Site Information Database*, s. f.), y de esta manera poder realizar trabajos de investigación relacionados a los aerosoles atmosféricos. Esta investigación desea ser referente para próximos estudios, porque se atribuyen muchas enfermedades a la contaminación atmosférica. Según (F. Martínez et al., 2006) “la caracterización de partículas suspendidas en la atmósfera inferiores a  $PM_{2.5}$  es crucial. Algunos estudios demuestran que cuanto más pequeño el tamaño de la partícula, el perjuicio al sistema respiratorio es mayor. Pero no solo están relacionadas a daños de la salud, estas partículas tienen una gran probabilidad para acelerar reacciones creadoras de ozono” y grandes tormentas (Press, 2016), las cuales hacen de los aerosoles un motivo más para su constante monitoreo y estudio.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes o marco referencial

Según lo manifestado por (Hernandez, 2016), quien mediante la investigación titulada *Caracterización de la contaminación por material particulado en Bogotá mediante Fotometría Solar*, presentado en el proceso de obtención del título de magister en Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional de Colombia, manifiesta que los aerosoles de origen antropogénico están afectando negativamente la salud humana, pero no solo eso, también el ciclo hidrológico y la química atmosférica. Para alcanzar el objetivo de este trabajo de investigación se utilizó el fotómetro solar de la red AERONET y equipos auxiliares como muestreadores tipo Harvard, durante una campaña de medición de aerosoles llamado CASERIBO, entre los meses de marzo y septiembre del año 2013. Esta campaña permitió caracterizar a los aerosoles de manera microfísica y radiactivas de la ciudad de Bogotá. El EOA fue analizado a 500 nm, arrojando un resultado de  $0.13 \pm 0.11$ , indicando una atmosfera urbana levemente contaminada y el exponente de Angstrom (EA) promedio fue de  $1.27 \pm 0.25$ , valores que indican una presencia dominante de partículas finas y que probablemente sea de origen antropogénico y sean resultantes de combustión incompleta. La conclusión de este trabajo señala que la relación de EOA y EA, indica la presencia de aerosoles continentales y antropogénicos clasificando internacionalmente esta atmosfera como ligeramente contaminada. Esta investigación demuestra que analizar el comportamiento mensual y semanal del EOA, permite comprender posibles relaciones entre características del mes, del año o del día de la semana y sus niveles de contaminación atmosférica.

Para (Oliveira, 2016), en el trabajo *Caracterização e classificação das propriedades ópticas de aerossóis na atmosfera de Natal, Brasil* [Caracterización y clasificación de propiedades ópticas de aerosol en la atmósfera de Natal, Brasil], presentado a la Universidad Federal de Rio Grande del Norte (UFRN) como parte de los requisitos para obtener el título de

Ingeniero Ambiental, indicó como objetivo principal caracterizar por primera vez los aerosoles atmosféricos de la ciudad de Natal, en función de sus propiedades ópticas, utilizando un fotómetro Cimel de la Red AERONET, instalado en el campus de la universidad. El periodo de estudio fue del 19 de enero al 5 de julio de 2016, los parámetros para la caracterización y clasificación fueron el espesor óptico por aerosoles y el coeficiente de Ångström ( $\alpha$ ). Los datos recolectados fueron analizados a 500 nm y por el intervalo de tiempo solo representa el 31 % de los días durante todo un año, los resultados fueron un EOA = 0.112 ( $\pm$  0.074), indicando aerosoles del tipo marino y un  $\alpha$  promedio (500-870 nm) de 0.140 ( $\pm$  0.203) indicando una atmósfera característica de zona costera. Este trabajo abre la posibilidad de utilizar el modelo de retrotraje de HYSPLIT, que le sirvió como base para confirmar el tipo de aerosoles durante ese periodo.

De igual manera en el trabajo de investigación titulado *Mediciones en la Patagonia argentina de espesor óptico de aerosoles con fotómetros solares de la red AERONET*, liderada por (L. A. Otero et al., 2016), trabajaron con fotómetros Cimel de la Red AERONET de 4 estaciones instaladas en el año 2012 y uno más ya instalado desde el año 2005, dedicados a la detección de aerosoles en suspensión, que provienen de cenizas volcánicas y polvo en la Patagonia dentro de un proyecto del Ministerio de Defensa de la Argentina, el objetivo fue hacer un análisis estadístico de los datos obtenidos y de esta manera determinar el tipo de aerosoles que caracteriza esta región, así mismo su comportamiento y la variabilidad. El periodo de trabajo fue desde enero del 2012 hasta agosto del 2014. Se analizaron un total de 28 418 datos (5 estaciones) en el nivel 1.5, estos datos fueron analizados en la región visible de 440 nm. Los resultados resaltan que más del 85 % de los datos son menores a 0.1 con un máximo de 0.05, indicando muy baja cantidad de aerosoles en suspensión. Concluyendo que predominan partículas gruesas y que el más frecuente es la presencia de aerosoles del tipo continental.

En cuanto a investigaciones que relacionan contaminación atmosférica con las enfermedades respiratorias, por ejemplo (Andrade et al, 2013), en el trabajo de investigación titulada *Aerosols from biomass burning and respiratory diseases*

*in children, Manaus, Northern Brazil* [Aerosoles de la quema de biomasa y enfermedades respiratorias en niños, Manaus, norte de Brasil], tuvo como objetivo investigar los efectos de partículas finas emitidas a través de quema de biomasa en hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños que viven en Manaus (Brasil). El método de estudio es descriptivo con diseño de series de tiempo ecológicas en un periodo de 8 años, se trabajó con datos de ingresos hospitalario, mientras que los niveles de  $PM_{2.5}$  se obtuvieron usando teledetección de aerosoles a través de medición de EOA en la longitud de onda de 550 nm. Para el tratamiento de los datos se utilizan métodos estadísticos usando la correlación de Pearson y regresión lineal múltiple entre variables y siendo el intervalo de confianza de 95 %. Los resultados demuestran concentraciones medias altas de  $PM_{2.5}$ , entre agosto y noviembre (periodo seco en esa región) y estos resultados están entre  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y cabe mencionar que fueron mayor el número de incendios registrados. Mientras que en la época de lluvia las concentraciones de  $PM_{2.5}$  fueron más bajas ( $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Haciendo la relación correspondiente entre los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias y  $PM_{2.5}$  demuestran que estas enfermedades están más relacionadas con las condiciones climáticas y en particular la humedad, que a la exposición a aerosoles emitidos por la quema e incendios forestales en el Región amazónica.

Dentro de los antecedentes nacionales, según la tesis presentada por (Calderón, 2018), para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Continental - Huancayo, titulada *Influencia del transporte de concentración de  $PM_{10}$  en el espesor óptico de aerosol de la ciudad de Huancayo en el año 2015-2016*, este trabajo de fin de grado destaca el transporte de las emisiones de  $PM_{10}$ , que se generan por la quema de grandes cantidades de vegetación en nuestro país y otros tales como Bolivia y Brasil; y resalta la influencia de estas partículas en el EOA obtenido por el fotómetro Cimel, Instituto Geofísico de Perú (IGP- Huancayo). Para ello se eligió un periodo de trabajo de 6 meses (agosto del 2015 a enero de 2016), período caracterizado por ser transitorio de seco a lluvioso. También hace un análisis entre la cantidad de incendios y  $PM_{10}$ , aplicando un modelamiento con ayuda

del modelo WRF–CHEM, para obtener datos de concentración PM<sub>10</sub>. Se hace una prueba de correlación con los datos de EOA y PM<sub>10</sub>. Como resultado, la cantidad de incendios en el período no lluvioso (agosto de 2015) fue mayor a los registrados en el período lluvioso (enero de 2016) y como consecuencia las concentraciones de PM<sub>10</sub> (época seca) fueron mayores a la época lluviosa.

## **1.2 Bases teóricas y conceptuales**

La presente investigación está enmarcada dentro de lo que constituye una serie de teorías sobre la contaminación atmosférica, aerosoles atmosféricos e infecciones respiratorias agudas.

### **1.2.1 Contaminación Atmosférica**

La contaminación de aire no es un fenómeno nuevo, la historia relata eventos muy catastróficos, incluso hay estudios donde mencionan que la causa de la extinción de los dinosaurios no fue solo por el impacto de un asteroide, este también se debió a la expulsión de material volátil a la atmósfera y produjo una contaminación extrema matando a los dinosaurios, como lo mencionan en el documental titulado *El fin de los dinosaurios. ¿Cómo se extinguieron?* (NASA Scientific Visualization Studio & Massachusetts Institute of Technology, 2018). Existen referencias desde la edad media y de tiempos recientes sobre episodios que provocaron muertes de muchos seres humanos y destrucción de ecosistemas enteros.

La contaminación atmosférica, según (Linea Verde, 2012), es la condición atmosférica en que algunas formas de energía o sustancias registran concentraciones muy elevadas sobre su estándar de calidad ambiental y que tienen efectos peligrosos para humanos, animales, y todo ecosistema, así mismo, se ven afectados el ciclo del agua y propiamente la química atmosférica.

Según la (OMS, 2018), la contaminación atmosférica simboliza un riesgo ambiental y de salud. Si se disminuye los niveles de contaminación del aire, muchos países pueden reducir la tasa de morbilidad ocasionados por

accidentes cerebrovasculares, cáncer al pulmón y muchas enfermedades del aparato respiratorio agudas o crónicas, entre ellas el asma.

Pero no solo afecta la salud humana, también destruye el desarrollo de las plantas, y mediante la sedimentación de partículas en las superficies de muchos materiales modifican su aspecto externo y puede reaccionar químicamente con la superficie del material modificando de manera permanente su estructura, esto se puede observar en edificios y obras de arte expuestas en algunos lugares públicos de las grandes ciudades.

#### **1.2.1.1 Fuentes de contaminantes**

Los contaminantes tienen fuentes naturales o artificiales, y pueden perdurar en la atmósfera un tiempo determinado o impreciso; suelen ser sólidos, líquidos o gaseosos. Para comprender mejor la contaminación atmosférica debemos distinguir dos conceptos como emisión e inmisión (figura 1). De acuerdo a (Ayuntamiento de Madrid, 2015), emisión es la salida de sustancias contaminantes al medio ambiente desde cualquier origen, mientras que la inmisión (calidad del aire ambiente) es la concentración de contaminantes al nivel respirable y del suelo que puede afectar a humanos, fauna, flora y materiales.

Recordemos que existen los llamados contaminantes primarios que son aquellos que son emitidos directamente de la fuente contaminante (por ejemplo, los aerosoles y partículas) y los contaminantes secundarios son aquellos que se forman por las reacciones de los primarios con otros contaminantes o con otros componentes presentes en la atmósfera como la radiación solar, humedad y otros, (por ejemplo, el ozono).

Para que ocurra contaminación del aire no solo depende de la concentración, tipo y fuente de contaminante, también están presentes factores que influyen en la dispersión (variables meteorológicas, como es la velocidad y dirección del viento (transporte convectivo horizontal) y la profundidad de la atmosfera. Las precipitaciones en forma de nieve o

lluvia tienen un efecto de limpieza en el aire, pero al final terminan afectando a cuerpos de agua y propiamente al suelo.

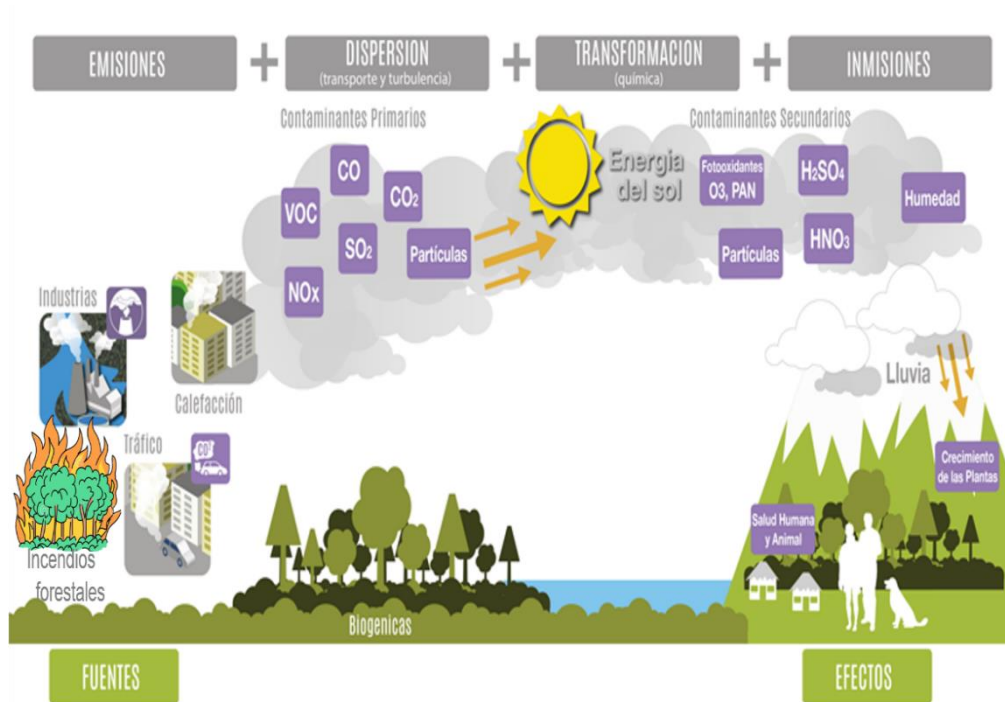


Figura 1 Fuentes, tipos de contaminantes, procesos y efectos generales de la contaminación atmosférica. Fuente:(Aire - IDEAM, s. f.)

La humedad favorece la acumulación de humos y polvo, la estabilización atmosférica y del fenómeno de inversión térmica de las capas de la atmósfera (transporte convectivo vertical), recordando que los lugares de baja altura como son las áreas alrededor de las montañas atrapan contaminantes durante las inversiones de temperatura.

En muchos países los contaminantes están normados y se han establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana, a estos contaminantes se les conoce como “contaminantes criterio”, ellos son el O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, Pb y partículas en suspensión o material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), los cuales se monitorean de manera continua. Como parte del objeto de estudio de esta investigación son los aerosoles, y que a la vez estos contaminantes están relacionados con las partículas PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>1</sub>, y estos pueden ser de ambos orígenes, en la (tabla N° 1) se muestra un resumen de ellas:

Tabla 1  
*Tipos de partículas*

Tipos de Partículas	Características
Polvos	Partículas sólidas con origen en la pulverización de las rocas, cenizas volcánicas o de partículas transportadas por el viento y dispersadas por el aire.
Humos	Partículas industriales (volatilización de metales y seguida de una reacción de oxidación en el aire o aglomeración de vapores) y de ignición (partícula de carbono e hidrocarburos no quemados y cenizas volantes).
Nieblas	Suspensiones de líquidos en forma de gotas que se condensan a partir de un gas evaporado.
Aerosoles	Nubes de partículas líquidas o sólidas microscópicas o submicroscópicas suspendidas en la atmósfera.

Nota: Adaptado de (Monitoreo de la calidad del aire, emisiones gaseosas y parámetros meteorológicos., 2014)

Se debe estudiar el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera, cada una tiene una característica determinada. Las partículas son muy variadas y con diferentes efectos adversos hacia la salud humana, ecosistemas y construcciones materiales (tabla 2) y de acuerdo a (Blazquez, 2015), su persistencia en la atmósfera es variada. En algunos casos llegan incluso a la estratósfera, pero habitualmente son atrapadas y arrastradas por las lluvias.

Mencionando también que las partículas en suspensión o material particulado se clasifican por su tamaño dentro de esta clasificación las partículas son ultrafinas ( $PM_{0.1}$ ), finas ( $\leq PM_{2.5}$ ) y gruesas ( $PM_{2.5}-PM_{10}$ ).

Según la (Revista N° 58, 2008), las partículas son heterogéneas y pueden derivar de diferentes orígenes, para el  $PM_{2.5}$ , su origen es principalmente antropogénico, como quemaduras y humos de vehículos, y las partículas de superior tamaño pueden poseer en su constitución un significativo componente de tipo natural, como polvo procedente de las intrusiones de viento del norte de África (polvo sahariano).



Tabla 2  
*Efectos dañinos de las partículas*

	Daños a la salud	Daños a la vegetación	Daños a los materiales
Partículas	Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar.	Obstrucción de las estomas. Disminución de la fotosíntesis. Necrosis y caída de hojas.	-Erosión por abrasión en edificios y estatuas. Deposición sobre edificios y estatuas.

Nota: Adaptado de (Monitoreo de la calidad del aire, emisiones gaseosas y parámetros meteorológicos., 2014)

### 1.2.2 Aerosoles Atmosféricos

Según lo mencionado por la (IPCC, 2007), los aerosoles atmosféricos son una conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, de origen natural o antropogénico y su tamaño está comprendido generalmente entre un intervalo de 0.01  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , que permanecen en la atmosfera durante varias horas o más. Similar concepto nos menciona la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos:

Los aerosoles son una colección de pequeñas partículas sólidas o líquidas en la atmósfera que pueden provenir de fuentes naturales (como incendios forestales, tormentas de polvo y volcanes) o actividades de las personas (como la quema de combustibles fósiles). Algunos aerosoles calientan la atmósfera porque absorben energía. Otros tienen un efecto de enfriamiento porque reflejan la luz del sol de vuelta al espacio. Los aerosoles también influyen en la formación de nubes. («US EPA», s. f.)

Autores como (Hinds, 1982), indican que deben ser capaces de observarse y medirse. Y generalmente el vocablo aerosol se refiere a los “componentes semivolátiles y no volátiles que forman parte de las partículas, pero no a los compuestos volátiles que residen únicamente en la fase gaseosa (Pöschl, Rudich, & Ammann, 2005)” (Marino, 2011). Por lo tanto, podemos manifestar que lo que respiramos no se compone exclusivamente de gases, también

contiene aerosoles partículas finas y gruesas (sólidas o líquidas) suspendidas en la atmosfera.

Como los efectos a la salud de los aerosoles están de acuerdo al tamaño de estos, y que varían desde unos cuantos nanómetros (0.000000001 m) hasta casi 100  $\mu\text{m}$  (0.0001 m, el grosor de un cabello humano) (figura 2), por esta razón generalmente no podemos verlos, pero podemos concluir que ellos están siempre en la atmosfera y lo más importante ellos modulan nuestro clima.

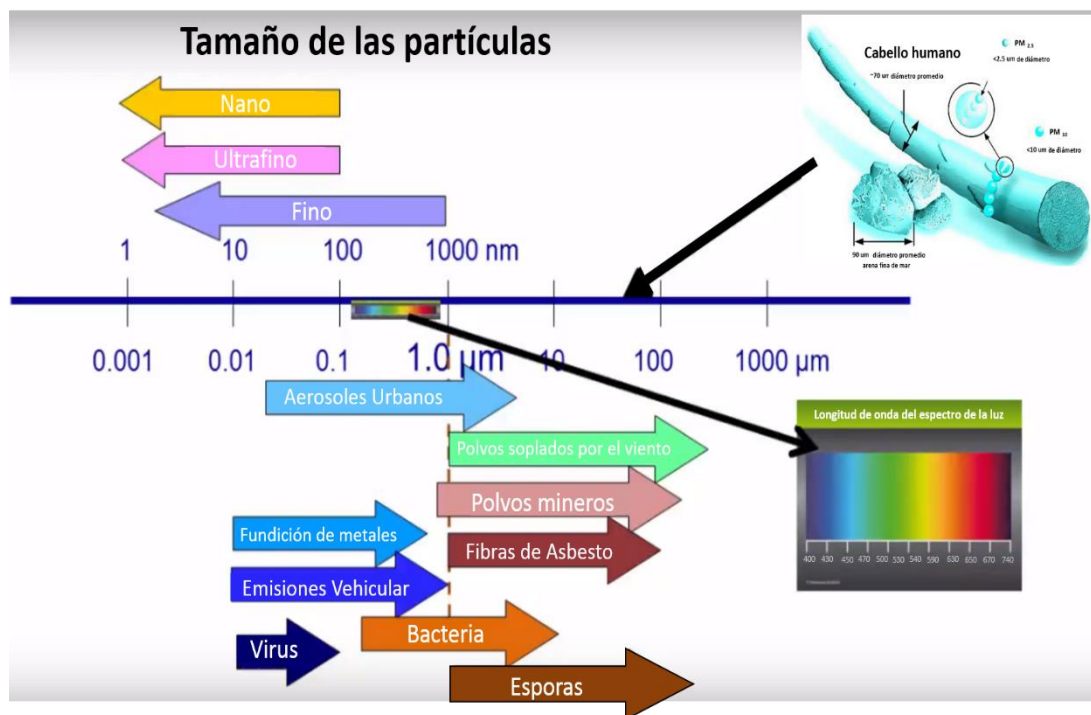
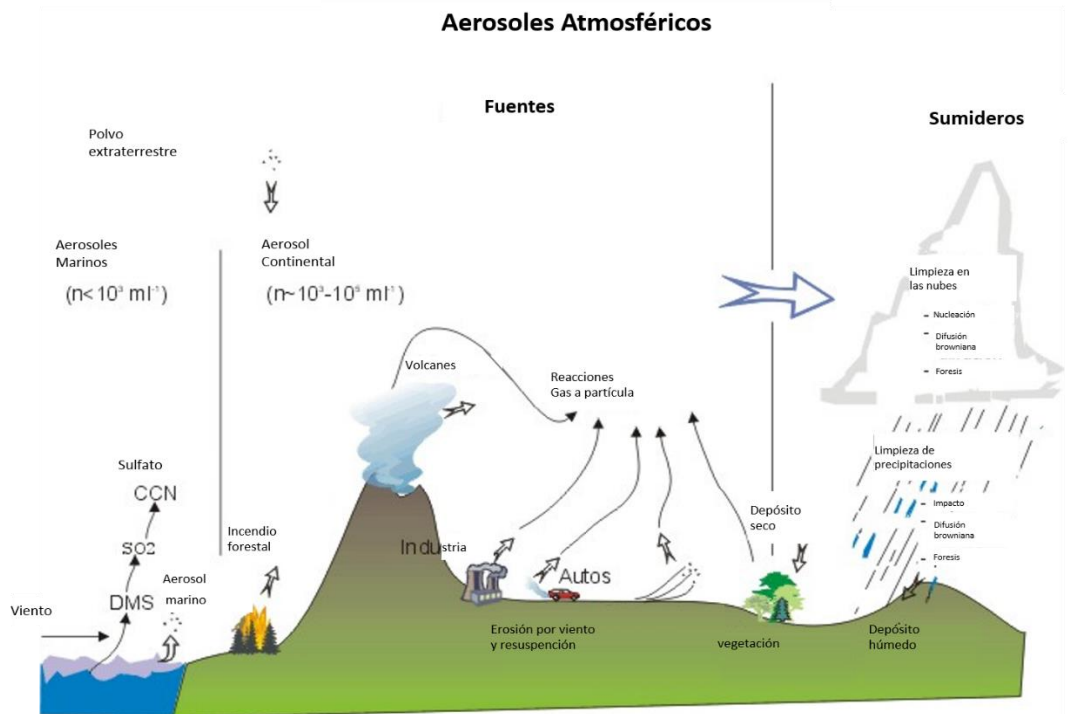


Figura 2 Tamaño de partículas. Fuente (Ramachandran, 2015) Metphast MidwestEmerging Technologies Public Health & safety training programs.

Los aerosoles pueden ser de distintos orígenes, naturales como los marinos, continentales (nube de polvo del Sahara por ejemplo), cenizas volcánicas y de acuerdo a (Marino, 2011), las fuentes de estos aerosoles son "biogénico (fuego forestal, polen, hongos, bacterias, virus, acción de organismos vivientes, desintegración y dispersión de materiales descompuestos de las plantas)" y los antropogénico, cuyas fuentes son quema de biomasa e incendios provocados, polvo, urbano, minera y que desempeñan una actuación muy significativa en la dinámica de la atmósfera y tienen su efecto en la salud humana, entendiéndose como negativa.

Si hablamos del tipo de contaminante, estas partículas de aerosol atmosférico, pueden ser de fuente primaria o secundaria “Los aerosoles primarios son formados por la emisión directa de las partículas desde su fuente y los secundarios se forman a partir de reacciones atmosféricas a partir de precursores gaseosos (Pandis, et al, 1992) y (Jacobson, 2005)” (Marino, 2011). Tanto las primarias, como las secundarias pueden formarse como resultado de fenómenos naturales o antropogénicas.



*Figura 3* Fuentes de aerosol atmosférico: incendios forestales, polvo extraterrestre, aerosoles continentales, volcanes, industria, automóviles, erosión eólica y resuspensión, reacciones de gas a partículas, captación en la nube (nucleación, difusión de Bornia, foresis), eliminación de precipitaciones (impactación, difusión browniana, foresis). Fuente (NOAA, s. f.)

Las fuentes de partículas de aerosol primarias son el rocío de mar, polvo del suelo, humo de incendios forestales, y partículas biológicas que incluyen polen, microbios y residuos de plantas, y que de acuerdo a («United States Environmental Protection Agency | US EPA», s. f.) se emiten directamente al medio ambiente (atmósfera), mientras que las partículas secundarias se forman en la atmósfera a partir de precursores gaseosos (figura 3); por ejemplo, “se forman sulfatos a partir de sulfuro de dimetilo o DMS (aerosol marítimo), biogénico y dióxido de azufre en el tipo volcánico (SO<sub>2</sub>)” (Andreae, 2007).

Según lo menciona (Marino, 2011), “en términos de masa, la mayor parte de las partículas se encuentra generalmente en torno a  $1 \mu\text{m}$ , aunque en lo concerniente al número de partículas, el 85 % se acumula en una fracción  $< 0.1 \mu\text{m}$  (Venkataraman et al., 2002)”. Así mismo en la misma tesis de (Marino, 2011), señala que “lo curioso de la masa orgánica resulta ser que solo se ha podido caracterizar un porcentaje muy pequeño de la misma, a pesar de existir numerosa investigación dedicada a su estudio y caracterización”.

### **1.2.2.1 Propiedades de los Aerosoles Atmosféricos**

De acuerdo a (Díaz Martínez, 2015), las “propiedades microfísicas (tamaño, constitución y forma) y propiedades ópticas (espesor óptico, función de fase, albedo de dispersión simple, entre otras), así como de su distribución vertical de concentración”. Nos centraremos en el EOA abreviado así para esta investigación) y de acuerdo a («Aerosol Optical Depth (AOD)», 2009), “es una medida de la dispersión y absorción de la luz visible por partículas presentes en una columna vertical de la atmosfera”. La lectura de EOA es muy útil para efectos de analizar la calidad del aire porque es un valor proporcional a la concentración de partículas en la atmósfera.

#### **1.2.2.1.1 Espesor Óptico de Aerosoles (EOA)**

De acuerdo a (J. V. D. Martínez, 2012), se obtienen medidas muy precisas de EOA, a través del uso de la teledetección y desde estaciones terrestres, internacionalmente se conoce al espesor óptico de aerosoles AOD (Aerosol Optical Depth) o AOT (Aerosol Optical Thickness). Hay que resaltar que, el primero es más utilizado por las redes de observación desde Tierra y el segundo por la comunidad de satélites, aunque es exactamente lo mismo.

Para determinarlo, se basa en la Ley de Beer- Lambert-Bouguer, que consiste en medir la extinción del haz solar por el polvo y la bruma ( $\tau_T$ ) y sustrayendo la atenuación debida a la dispersión Rayleigh ( $\tau_R$ ), y la

absorción de ozono ( $\tau_{O_3}$ ), el nitrógeno ( $\tau_N$ ) y otros gases (ecuación 1). En otras palabras, las partículas en la atmósfera (polvo, humo, contaminación), pueden bloquear la luz solar al absorber o dispersar la luz. Entonces el EOA nos indica cuánta luz solar directa evita que lleguen al suelo por estas partículas de aerosol. Es un número adimensional que está relacionado con la cantidad de aerosol en la columna vertical de la atmósfera sobre la ubicación de observación. Un valor de 0.01 corresponde a una atmósfera extremadamente limpia, y un valor de 0.4 correspondería a una condición muy nebulosa o contaminada. Mediante la Ley de Beer- Lambert-Bouguer, se puede derivar una expresión para calcular el espesor óptico total:

$$\tau_a = \tau_T - (\tau_{O_3} + \tau_N + \tau_R)$$

*Ecuación 1* Ecuación para calcular el Espesor Óptico de los Aerosoles (EOA). Adaptado de (US Department of Commerce, s. f.)

La ecuación 1, muestra como hallar el EOA ( $\tau_a$ ), el cual es igual a la suma del  $\tau_{O_3}$ ,  $\tau_N$  y  $\tau_R$ , menos el EOA total ( $\tau_T$ ). Y de acuerdo a lo señalado por (J. V. D. Martínez, 2012), “El espesor óptico es una magnitud directamente calculable a partir de las medidas desde suelo o satélite, ya que viene determinada por la transmisividad atmosférica”. Así mismo señala (J. V. D. Martínez, 2012):

Al contrario que la absorción por otros componentes gaseosos, los aerosoles no tienen bandas selectivas, por lo que su extinción se produce de forma continua en función de la longitud de onda. Caracterizar la dependencia espectral del EOA es de importancia, para poder abordar los efectos radiativos de los aerosoles y para la identificación de fuentes de aerosoles y su evolución temporal (Eck et al., 1999).

### 1.2.2.1.2 Exponente de Ångström (EA)

Existe una dependencia espectral del EOA que parametriza habitualmente, este exponente mediante la ley de Ångström (Ångström, 1929) (ecuación 2).

$$\tau_{\alpha\lambda} = \beta\lambda^{-\alpha}$$

*Ecuación 2* Ley de Ångström relacionando el espesor óptico de aerosoles con la longitud de onda (en  $\mu\text{m}$ )

Con respecto a lo señalado por (J. V. D. Martínez, 2012):

$\beta$  es el coeficiente de turbiedad de Ångström y  $\alpha$  es el llamado Exponente de Ångström (EA),  $\beta$  se relaciona directamente con la cantidad de aerosoles en la columna atmosférica y representa el espesor óptico de aerosoles a 1  $\mu\text{m}$ , mientras que  $\alpha$  está relacionado con el tamaño de los aerosoles presentes.

Es de esta manera que el exponente de Ångström describe la dependencia del espesor óptico con la longitud de onda y da información sobre del tamaño de las partículas. Los valores típicos van desde:

- $\alpha \approx 0$ , para partículas gruesas (polvo, partículas higroscópicas o agregadas),
- $\alpha > 2$  para partículas finas (Eck et al., 1999).

### 1.2.2.2 Diagrama de dispersión o correlación EOA - EA

Según diversas investigaciones se utilizan los datos del EOA y el EA, en diferentes longitudes de onda como 440 nm, 500 nm y 550 nm, para poder caracterizar a los aerosoles de acuerdo a sus tipos. Según la clasificación de (Hess et al., 1998), se reconocen tres tipos de aerosoles: continental limpio, promedio y contaminado, y el valor del EA está alrededor del valor 1.4 y el valor del EOA varía entre 0.064, 0.151 y 0.372. También podemos mencionar a (Holben et al., 2001), cuando en una de sus investigaciones presenta unos diagramas de relación EOA y EA, para caracterizar aerosoles urbanos (de fuentes industriales, zonas residenciales y de tráfico vehicular) en Washington, para compararlos con aerosoles

continentales (aerosoles presentes en zonas poco industrializadas y con pocas zonas residenciales) en una localidad de México.

De acuerdo a (Orozco et al., 2004), “los aerosoles atmosféricos son el conjunto de partículas sólidas o líquidas suspendidos en el aire” y estos son de muchos tipos.

Como existe una variedad de fuentes de aerosoles atmosféricos, estos se clasifican de acuerdo al EOA y para clasificarlos se utiliza estos diagramas de dispersión entre EOA y EA y por ende existen diversas formas para poder caracterizar a los aerosoles atmosféricos.

Así en la investigación realizada por (Otero et al., 2006), los aerosoles se obtienen a 440 nm de longitud de onda y son clasificados de acuerdo a una tabla en la cual resumen los tipos de aerosoles aplicando una correlación del Espesor Óptico de Aerosoles (EOA o  $\tau_{a 440}$ ), con el exponente de Angstrom (AE o  $\alpha$ ), indicado en la tabla 3:

Tabla 3

*Tipos de aerosoles atmosféricos basándose los valores característicos de EOA 440 nm y del coeficiente o exponente de Ångström ( $\alpha$ ).*

Tipo de aerosol	EOA / $\tau_{a 440}$	AE o $\alpha$
Continental Limpio	0.05 – 0.15	0.8 – 1.5
Continental Promedio	0.1 – 0.3	1 – 1.7
Continental Contaminado	0.08– 0.3	1.5 – 2.5
Urbanos/Industriales	> 0.25	> 1.2
Desértico	> 0.2	< 0.8
Marítimo	< 0.15	< 0.3
Quema de Biomasa	> 0.2	1.5 – 2.6
Antártico	< 0.1	< 0.8

Nota: Adaptado de (Otero et al., 1999)

Normalmente se utilizan los datos de EOA y AE de 440 nm a 500 nm, para catalogar los aerosoles de acuerdo a una serie de criterios por otros autores. Así como (Hess et al., 1998), que identifican y describen grupos de aerosoles predominantes en diferente regiones de nuestro planeta.

Básicamente estas clasificaciones son modelos que se basan en la recopilación de conocimientos sobre distintos tipos de aerosoles, a partir de las medidas realizadas y mostradas en la extensa literatura al respecto.

Según la tesis realizada por (Toledano O. C, 2005), menciona los modelos

de (Shettle & Fenn, 1979), así como (Aerosols, their Climatic Effects (Williamsburg, Deepak, Gerber, & Programme, 1983) e (International Aerosol Conference (2nd : Berlin, Aerosolforschung, & Research, 1986), (figura 4) y el modelo OPAC (Optical Properties of Aerosols and Clouds) de (Hess et al., 1998). Asignando a cada tipo de aerosol valores en rangos esperables para diferentes parámetros microfísicos y radiativos.

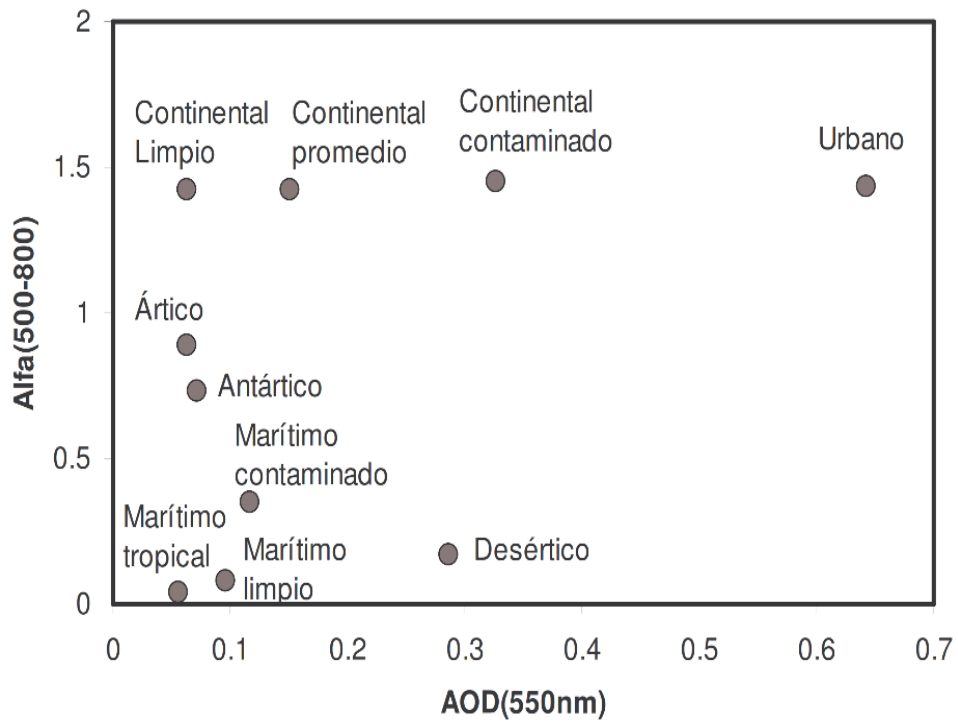


Figura 4 Diagrama típico de dispersión EOA (550nm) frente a EA (0-2) con los tipos de aerosoles dados por el modelo OPAC. Fuente (Toledano et al., 2007)

Según (Gobbi, Kaufman, Koren, & Eck, 2007), proponen un Método gráfico simple para convertir visualmente ( $\alpha$ ,  $\delta\alpha$ ) a la contribución del aerosol fino al EOA y al tamaño de los aerosoles finos. Esta información puede ser usada para rastrear mezclas, así mismo la contaminación del aerosol con el polvo y también para distinguir el crecimiento del aerosol por contaminación de nubes.

Este método propuesto es un método gráfico (figura 5) y se aplica al análisis de registros anuales en 8 sitios en 3 continentes, caracterizados por diferentes Niveles de contaminación, quema de biomasa y concentraciones de polvo mineral.



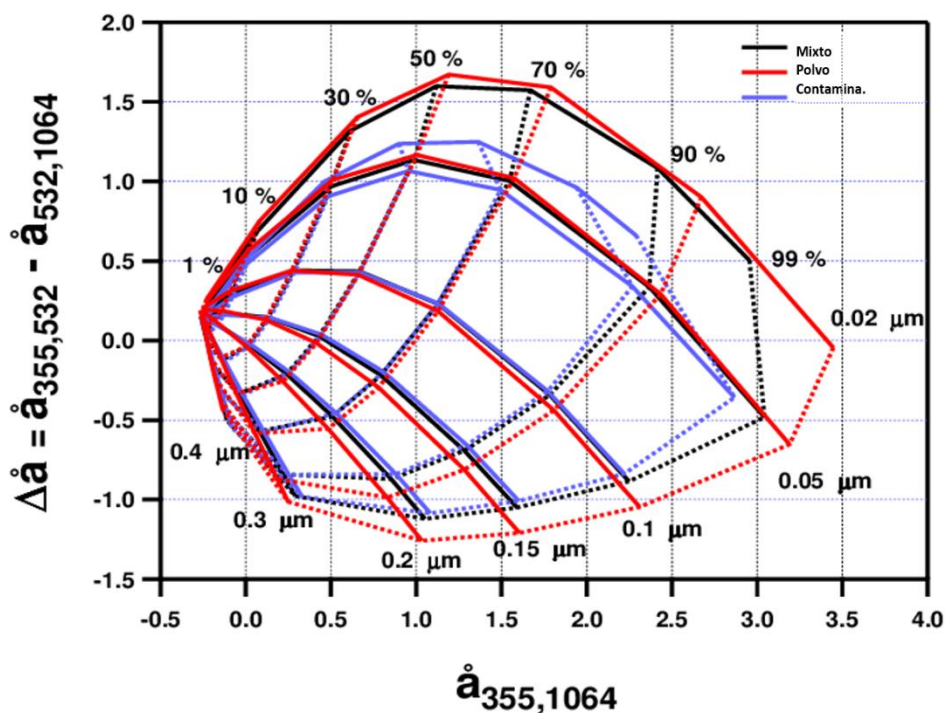


Figura 5 Método gráfico de Gobbi. Comparación. Diferencia de Angstrom y el Exponente de Angstrom

Según este método gráfico los resultados muestran el predominio de los aerosoles de modo fino en sitios contaminados. En condiciones meteorológicas estables, se observa un aumento en el tamaño del aerosol fino ya que la contaminación se estanca y aumenta en espesor óptico. La coexistencia de partículas gruesas y finas es evidenciada en los sitios contaminados a sotavento de regiones áridas.

Si bien no es parte del análisis el tamaño de partículas de aerosoles en esta investigación, se hace necesario mencionarlo porque en las investigaciones de salud pública con respecto a las enfermedades respiratorias que son ocasionadas por la contaminación ambiental se menciona que las partículas finas son las causantes de estas enfermedades y que tienen mayor tiempo en la atmósfera.

### 1.2.2.3 Clasificación de los aerosoles presentes en el valle del Mantaro

Se mencionaron varios métodos para la clasificación de aerosoles como los de (Hess, et al., 1998; Dubovik, et al., 2002; Gobbi, et al., 2007; Russell, et al., 2010). Sin embargo, es la construcción del diagrama de

dispersión EOA vs EA (D'Almeida, et al., 1991; Eck, et al., 1999; Holben, et al., 2001; Vergaz, et al., 2005; Otero, et al., 2006; Toledano, et al., 2007; Verma, et al., 2015), uno de los métodos más empleados, donde el EOA proporciona información sobre la carga de aerosoles y el EA sobre sus tamaños. El análisis conjunto de estas dos variables permite una mejor interpretación de los datos.

Para la clasificación de los aerosoles, se deben establecer rangos que definan los tipos de aerosoles. Dado que la selección de un umbral entre rangos no es una tarea fácil, estos límites deben ajustarse de acuerdo con las condiciones específicas de cada sitio de medición y su entorno geográfico. Para tal fin se construyó un diagrama de dispersión EOA vs EA, para cada mes. Los umbrales iniciales se establecieron a partir de la bibliografía existente citada anteriormente. Se utilizaron diagramas de dispersión mensuales y se analizaron días individuales para ajustar estos umbrales, siempre teniendo en cuenta las trayectorias calculadas de las masas de aire, con la ayuda del HYSPLIT (NOAA, 2019). El análisis realizado para la clasificación de aerosoles tuvo en cuenta el comportamiento mensual, estacional y anual de los aerosoles en el Huancayo.

Inicialmente fueron considerados siete tipos de aerosoles de acuerdo a lo reportado por otros autores. Sin embargo, las mediciones con altos valores del EA ( $\alpha$ ) se encontraban ocasionalmente sobre el tipo continental (CNT- aerosoles que tienen origen en los continentes), en los diagramas de dispersión. El análisis de trayectoria posterior realizado para estos casos mostró que al menos una de las tres trayectorias de acuerdo a la altura considerada (500, 1500 y 3000 m) pasó sobre la zona de estudio, como se muestra en los anexos 2 y 3. Un sexto tipo de aerosol se definió entonces como Urbano (URB – aerosol que predomina en lugares donde la actividad industrial es alta y sus fuentes son en esencia procesos industriales). Asimismo, las posibles fuentes que originan los aerosoles en el sitio de medición se han considerado a través del análisis de las masas de aire. Como resultado de estas consideraciones, se definieron finalmente seis tipos de aerosoles para la

zona de estudio (figura 6): Continental (CNT), Urbano o Industrial (URB), Mezcla (MEZ), Polvo (PVO – aerosoles compuestos por partículas minerales y sus fuentes son los desiertos), Marítimo (MAR-aerosoles que se originan en los mares y océanos) y Biomas (BIO – aerosoles cuyas fuentes son incendios forestales)

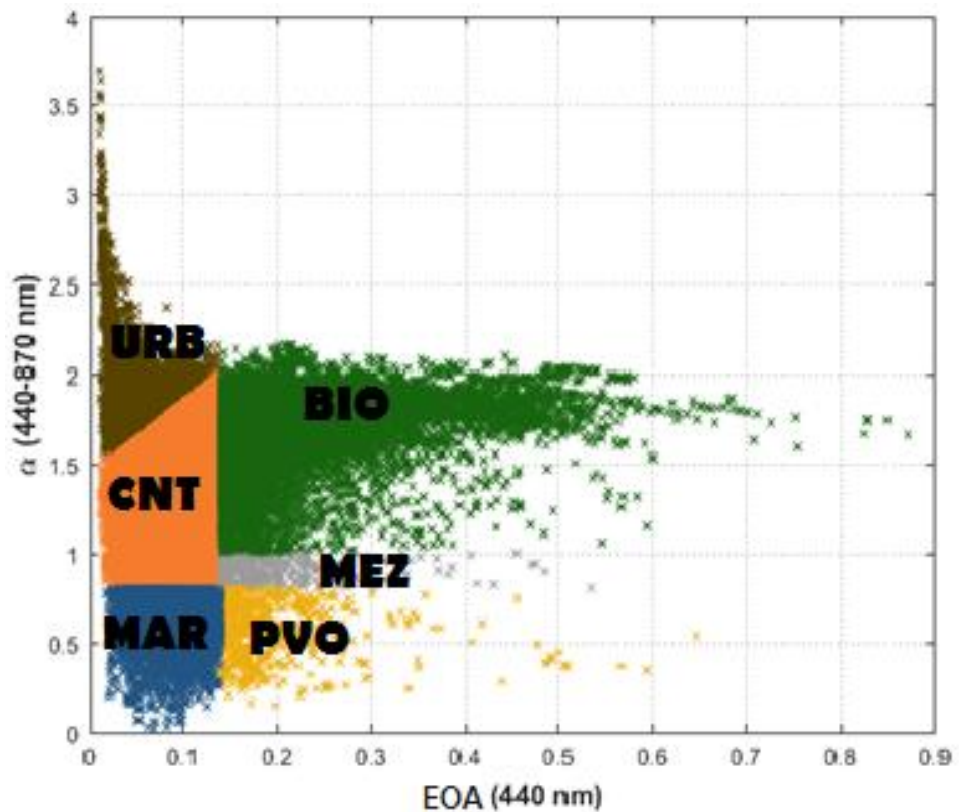


Figura 6 Diagrama de dispersión de las medias diarias del EOA (440 nm) versus EA (440 - 870 nm), para la clasificación de aerosoles: CNT (naranja), URB (marrón), MEZ (gris), PVO (amarillo), MAR (azul) y BIO (verde), se incluyeron todas las mediciones individuales realizadas en el período comprendido entre marzo de 2015 y diciembre de 2017.

La combinación de fuentes específicas y el tiempo de vida corta de los aerosoles explican su distribución no uniforme en todo el mundo. Así mismo de la condición de cada lugar y de su medio geográfico y ambiental.

De acuerdo a (Estevan et al., 2019), (tabla 4) se muestran rangos característicos de EAO ( $\tau_{440}$ ) y EA( $\alpha$ ), realizado para la estación del IGP-Huancayo, el cual desarrolla una clasificación determinando rangos para establecer los tipos de aerosoles:

Tabla 4

*Tipos de aerosoles atmosféricos basándose en valores característicos de EOA 440 nm y EA( $\alpha$ ), Estación IGP – Huancayo.*

Tipos de aerosol	EOA (440 nm)	EA ( $\alpha$ ) (440-870) nm
Continental (CNT)	0.052 - 0.108	1.189 - 1.165
Urbano (URB)	0.025 - 0.075	1.694 - 2.338
Mixto (MEZ)	0.128 - 0.274	0.855 - 0.971
Polvo (PVO)	0.135 - 0.245	0.396 - 0.734
Marítimo (MAR)	0.057- 0.113	0.485 - 0.753
Biomasa (BIO)	0.136 - 0.282	1.500 - 1.892

Fuente: Adaptado del artículo científico “Primeros dos años y medio de mediciones de aerosoles con un fotómetro solar (AERONET) en el Observatorio de Huancayo, Perú. Autor: (Estevan et al., 2019).

Con estos umbrales se clasifica a los aerosoles por tipos, que se encuentran en la zona de estudio.

### 1.2.3 Infecciones Respiratorias Agudas

La (OMS, 2018), define a las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) como enfermedades del tracto respiratorio, causadas por agentes infecciosos transmitidos de persona a persona.

Estas enfermedades transmisibles son hoy en día una causa importante de morbilidad, sobre todo en países en vías de desarrollo. Sin embargo, la aparición de nuevas patologías o el diferente comportamiento de estas infecciones conocidas demuestran que todos los países son vulnerables, por ello la prevención y el control de estas enfermedades es una prioridad.

Según (Valero et al., 2009), estas IRAs, son eventos frecuentes en la población y se define como toda enfermedad respiratoria, que compromete una o más partes del sistema respiratorio”, de evolución rápida y de corta duración y la aparición de los síntomas es tan acelerada, desde unas pocas horas hasta varios días (una duración no más de 15 días).

Las IRAS son un complejo grupo de enfermedades, que de acuerdo a la etiología de estas patologías está dada por diversos agentes causales como (gérmenes virales o bacterianos) que afectan cualquier punto de las vías respiratorias, entre los agentes virales más comunes se encuentran: Los virus: influenza, parainfluenza, rinovirus, adenovirus y coronavirus, mientras que entre los agentes bacterianos están: S.pyogenes, H. influenzae, S.

pneumoniae, M. catarrhalis S. aureus y K. pneumonia. Estas infecciones respiratorias agudas están caracterizadas por presentar signos como taquipnea, fiebre > 39 °C, disnea, dificultad respiratoria o auscultación alterada y de acuerdo a la afección de las vías respiratorias, por ejemplo, tráquea y bronquios, los signos son tos, cuando son nasales, congestión nasal, rinorrea, estornudos y descarga retronasal y si es faríngeo, los síntomas son dolor, agrandamiento de las amígdalas, eritema e inyección conjuntiva.

### 1.2.3.1 Clasificación de las Infecciones respiratorias agudas

De acuerdo al sitio anatómico que afecten se clasifican en IRAs - altas (nasofaringe, orofaringe, los senos paranasales, oídos, laringe y la tráquea) y en IRAs - bajas (pulmones y bronquios), como se muestra en la tabla 5, se considera la epiglotis la separación de ambos tipos de patologías.

Tabla 5  
*Clasificación de las IRAs de acuerdo al tracto respiratorio superior e inferior.*

IRAs	Patología
	rinofaringitis (resfriado común)
Altas	Faringitis Amigdalitis Sinusitis otitis media aguda Laringotraqueitis
Bajas	bronquitis bronquiolitis neumonía

Fuente: (Ministerio de Salud de Argentina, 2018).

Existe otra forma de clasificación y es de acuerdo al diagnóstico o cuadro clínico de las IRAs, y va relacionada al grado de complicación de la infección, aquí se consideran IRA sin neumonía, IRA con neumonía leve e IRA con neumonía grave.

Y en algunas ocasiones las manifestaciones clínicas de las IRAs pueden ser de varios tipos, se puede manifestar como una enfermedad similar a la gripe que se clasifica como una enfermedad tipo influenza (ETI), se

pueden presentar con cuadros infecciosos de las vías aéreas superiores que son autolimitados e inespecíficas y como infecciones respiratorias agudas graves (IRAG) que son manifestaciones severas que por lo general se producen en menores de 2 años con bronquitis o neumonía y por ultimo las infecciones respiratorias agudas graves inusitadas (IRAGI), que son las IRAs graves que se presentan en pacientes de 5 a 65 años que no tenían antecedentes de enfermedades respiratorias de ningún tipo. Dentro de los factores de riesgo para IRA, está la edad (extremos de la vida) estas infecciones afectan principalmente a niños menores de 5 años y mayores de 60 años.

De acuerdo, a (Organización Panamericana de la Salud, 1995) y la Décima Revisión y publicación de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y problemas relacionados con la salud (CIE-10), sugerida por la OMS, organiza a las IRAs de acuerdo a códigos como se muestran en la tabla 6.

Tabla 6  
*Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X:  
 Enfermedades del sistema Respiratorio.*

CIE 10	Patología
J00–J06	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores
J09–J18	Influenza [gripe] y neumonía
J20–J22	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores
J30–J39	Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores
J40–J47	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores
J60–J70	Enfermedades del pulmón debidas a agentes externos
J80–J84	Otras enfermedades respiratorias que afectan principalmente el intersticio
J85–J86	Afecciones supurativas y necróticas de las vías respiratorias
J90–J94	Otras enfermedades de la pleura
J95–J99	Otras enfermedades del sistema respiratorio

Fuente: Adaptado de (Organización Panamericana de la Salud, 1995)

En tal sentido como se dividió a las IRAs en dos grupos altas y bajas el código de las patologías que se observan en la tabla 5, tienen los siguientes códigos CIE -10:

Tabla 7

*Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X:  
Enfermedades del sistema Respiratorio- IRAs - Altas*

CIE-10	IRAs Altas
J-00	Rinofaringitis aguda (Resfriado común)
J-01	Sinusitis aguda
J-02	Faringitis aguda
J-03	Amigdalitis aguda
J-04	Laringitis y traqueítis aguda
J-05	Laringitis obstructiva aguda y epiglotitis
J-06	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores de sitios múltiples o no especificados

Fuente: Adaptado de (Organización Panamericana de la Salud, 1995)

Tabla 8

*Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10- capítulo X:  
Enfermedades del sistema Respiratorio- IRAs - Bajas*

CIE-10	IRAs –Bajas
J-12	Neumonía viral no clasificada
J-13	Neumonía debida a <i>Streptococcus pneumoniae</i>
J-15	Neumonía bacteriana no clasificada en otra parte
J-16	Neumonía causada por microorganismos infecciosos no clasificados en otra parte.
J-17	Neumonías en enfermedades clasificadas en otra parte
J-18	Neumonía por organismos no especificados
J-20	Bronquitis aguda
J-21	Bronquiolitis aguda
J-22	Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores

Fuente: Adaptado de (Organización Panamericana de la Salud, 1995)

Como se observa la tabla 8 no está la patología Otitis media Aguda que también es considerada como IRA Alta, esta enfermedad tiene otra codificación que está relacionada con las enfermedades del oído y de la apófisis mastoides CIE-10 (capítulo VIII).

En esta investigación solo se consideró la clasificación IRAs altas, sin considerar la clasificación por el diagnóstico clínico.

### **1.2.3.2 Grupos Etarios y las Infecciones Respiratorias agudas**

Las infecciones respiratorias agudas atacan a todas las edades, siendo los extremos de la vida un factor de riesgo muy notable.

Según la (OMS, 1992), los niños con desnutrición grave corren un mayor riesgo de desarrollar neumonía y formar parte de las estadísticas de muertes por esa enfermedad.

Según (Ovalles & Velásquez, 2015), “las IRAs de etiología viral son muy habituales en la edad pediátrica y tienen un porcentaje muy alto cuando se habla de mortalidad infantil”. De acuerdo a la (OMS, 1992), “en países en vías de desarrollo las IRAs, generalmente la neumonía es responsable del 20 % de las muertes en niños menores de cinco años, muy por encima de los países desarrollados”. Y de acuerdo a (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2015), en el Perú la principal causa de mortalidad en todas las edades son las enfermedades del aparato respiratorio en un 21 %.

Según (Linares H.I et al., 2014) “las enfermedades infecciosas, y dentro de ellas la pulmonía bacteriana, representa una causa potencial de morbilidad, de mortandad y de discapacidad entre los ancianos”, la (OMS, 2018), advirtió que “las IRAs, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la tuberculosis y el cáncer pulmonar están dentro de los primeros lugares como causa de muerte en todo el mundo”. En conformidad con estos datos, se ha registrado un acrecentamiento en la morbimortalidad por estos cuatro padecimientos más neumonía y asma. En la actualidad las IRAS, asma, tuberculosis y EPOC añaden 300 millones de casos al año aproximadamente y al largo plazo ocasionarán complicaciones a nivel mundial.

### **1.2.3.3 Relación de las Infecciones Respiratorias Agudas con los aerosoles atmosféricos**

Los aerosoles son de importancia central para la química, la física atmosférica, la biosfera, el clima y la salud pública (Pöschl, 2005). Los parámetros principales que determinan los efectos ambientales y de salud son las partículas  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  que están directamente relacionadas con el aerosol atmosférico y sus parámetros para tenerlos en cuenta son su



concentración, tamaño, estructura y composición química. Estos parámetros, sin embargo, son altamente variables, espacial y temporalmente. La caracterización, cuantificación e identificación de partículas biológicas y componentes carbonosos de partículas finas en el aire (compuestos orgánicos y carbón negro o elemental, respectivamente) representan desafíos analíticos exigentes.

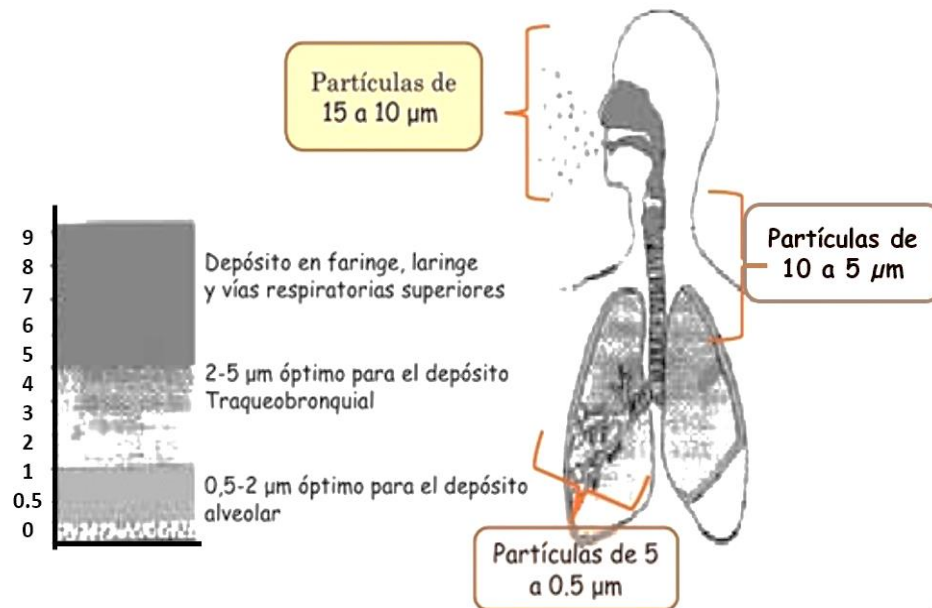


Figura 7 Tamaño de partículas. El nivel alcanzado por las partículas inhaladas por la vía aérea según su tamaño.

De acuerdo a (Moreno, 2007), “los efectos en la salud humana se deben al hecho de que los aerosoles inferiores a 10  $\mu\text{m}$  pueden ser cómodamente inhalados y por lo tanto son potencialmente dañinos para las funciones tanto pulmonar como cardiovascular” (figura 7).

Por otro lado, desde un punto de vista epidemiológico, es usual hablar de las siguientes fracciones de partículas:  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_1$ . Según (Gonzalez, 2016) definimos  $\text{PM}_{10}$ :

Al conjunto de partículas retenidas en un tamiz tras pasar a través de un cabezal que tamizará las partículas en función de su tamaño con una eficacia de corte del 50 % para un diámetro aerodinámico de 10  $\mu\text{m}$ . Análogas definiciones presentarían las restantes fracciones. Su distribución es muy significativa y es un factor primordial cuando se habla de los efectos sobre la salud, estructura

química y distribución de tamaños, son caracterizados del foco emisor. Los procesos de ignición a altas temperaturas y reacciones atmosféricas producen partículas finas que pueden ser primarias o secundarias, mientras que los procesos mecánicos contribuyen a la emisión de partículas gruesas.

Para contraer IRAs y otras enfermedades, existen 3 factores, de acuerdo a la triada epidemiológica debe haber un agente físico, químico y biológico; etimológicamente según (*Infección respiratoria aguda - Wikipedia, la enciclopedia libre*, s. f.) Los agentes para las IRAs son virales o biológicos. También los factores ambientales como el clima, la contaminación ambiental dentro o fuera de casa, escasa ventilación de la vivienda, cambios bruscos de temperatura, ir a lugares públicos muy conglomerados, contacto con personas enfermas de IRAs, y por último está el huésped y allí se condiciona la edad (la frecuencia y gravedad son en menores de un año y mayores de 60 años), el sexo, sistema inmunológico, resistencia del individuo, estilo de vida y en el caso de los niños y adultos mayores se condicionan el bajo peso al nacimiento, mala alimentación, ausencia de lactancia materna, también se relaciona las Infecciones previas, esquema incompleto de vacunación, ausencia de vitamina A y por último se considera las condiciones sociales como hacinamiento, piso de tierra en la vivienda, cocina a leña o carbón.

El medio ambiente, como medio en el cual se desarrolla toda clase de patógenos, también presenta su contribución al origen, transmisión y control de las IRAs.

De acuerdo a (Technical Working Group on priority disease, 2004):

Son factores ambientales como la exposición al aire, agua, alimento, polvo, ruido, clima y radiaciones, entre otros; pueden contribuir directa e indirectamente a padecer una enfermedad respiratoria. Esta exposición es normalmente una combinación de agentes biológicos, físicos y químicos; los cuales no siempre son fáciles de reconocer en su totalidad; un ejemplo es la exposición al tabaco y su humo, el número de compuestos químicos que se liberan al ambiente es de

más de 3 mil. Gran cantidad de patologías respiratorias como cáncer y asma, son el producto de la mezcla de factores.

Y según lo mencionado por (de Souza, 2016), existe una dificultad de establecer estándares de calidad del aire adecuados para la protección de la población, especialmente para individuos en riesgo (niños y adultos mayores), como aquellos con enfermedades preexistentes y mucho más donde la contaminación del aire está relacionada con la quema de combustibles fósiles; sin embargo, también es necesario mencionar que muchos de los efectos adversos en la salud humana son causados por la contaminación por quemas de biomasa en las zonas rurales de los países en desarrollo.

#### **1.2.3.4 Mecanismos de transmisión de las Infecciones Respiratorias Agudas**

De acuerdo a la etiología de las IRAs, estas pueden ser virales o bacterianas, generalmente son agentes virales las que ocasionan estas infecciones, para que se propague estas enfermedades tienen que haber ciertas condiciones de transmisión, la más común es por contacto directo (persona a persona) y el indirecto (objetos inanimados).

También está la transmisión por gotitas, que se encuentran suspendidas en el aire en gotitas o partícula acuosa que es mayor a 5  $\mu\text{m}$  que es expelida al ambiente cuando toce, habla o estornuda la persona que tiene estos agentes infecciosos.

El otro tipo de mecanismo es la transmisión por aerosoles, en este caso la partícula es menor a 5  $\mu\text{m}$  y de acuerdo al CDC (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos), existen 3 categorías, está el obligado cuando la única vía de transmisión es por aerosoles por la vía aérea. El preferencial, que es no solo por aerosoles, sino también por contacto con gotitas y está el oportunista, el cual es la transmisión por vía aérea y está supeditada a ciertos tipos de condiciones ambientales, porque en condiciones naturales no es la primordial forma de contagio, aunque aún existe algunas controversias al respecto.

### 1.3 Definición de términos básicos

- a) **Contaminación Atmosférica:** “Es cualquier situación atmosférica en la que ciertos componentes o formas de energía llegan a tener concentraciones muy elevadas y sobrepasan el nivel ambiental normal y que ocasionan un efecto peligroso para los humanos, flora, fauna, el ciclo del agua y a la química atmosférica” (Linea Verde, 2012).
- b) **Aerosoles:** Son pequeñas partículas sólidas y/o líquidas en suspensión en la atmósfera. De fuentes naturales como el polvo del desierto, sal del mar, erupciones volcánicas y humo de los incendios de la quema de biomasa. También se producen a partir de la quema de carbón, petróleo y otros combustibles fósiles. Dependiendo de su morfología, tamaño y composición pueden absorber o reflejar la luz solar y calentar o enfriar la atmósfera. Pueden llegar a cambiar la composición de las nubes o influir en su formación (Querol et al., 2009).
- c) **Espesor Óptico de los aerosoles ( $\tau_a$ ):** “Es una medida de la dispersión y absorción de luz visible por las partículas presentes en una columna vertical de la atmósfera” (*Aerosol Optical Depth (AOD)*, 2009). La lectura EOA es útil para efectos de analizar la calidad del aire porque es un valor proporcional a la concentración de partículas atmosféricas. (*Aerosol Optical Depth (AOD)*, 2009)
- d) **Exponente de Angstrom ( $\alpha$ ):** Llamado también coeficiente de Ångström es un exponente que expresa la dependencia espectral de la profundidad óptica (EOA) con la longitud de onda de la luz incidente ( $\lambda$ ) en  $\mu\text{m}$ . (Montalvo, 2013)
- e) **Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs):** De acuerdo al (Ministerio de Salud y Protección Social Colombia, s. f.) componen un conjunto de patologías que se producen en las vías respiratorias, que incorpora desde el catarro común hasta la neumonía grave, considerando la otitis, amigdalitis, sinusitis o bronquitis aguda, entre otras. Etiológicamente son los virus y bacterias los responsables, estos últimos (como el neumococo y el *Haemophilus*). Según la (Organización Panamericana de la Salud, 1992) Las IRAs, son una de las causas más frecuentes de mortalidad en niños de países en vías de desarrollo”. Y entre ellos está el Perú.

## 1.4 Hipótesis de investigación

Las Infecciones respiratorias agudas (IRAs) registradas en los pobladores del distrito de Huachac se relacionan con el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015 – 2017.

### 1.4.1 Hipótesis Nula (Ho):

No existe relación entre las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) registradas en pobladores del distrito de Huachac y el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015- 2017.

### 1.4.2 Hipótesis alterna (H1):

Existe relación entre las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) registradas en pobladores del distrito de Huachac y el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015- 2017.

## 1.5 Operacionalización de las variables

Tabla 9

*Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Dimensiones	Indicador	Item	Unidad Operacional
<b>Variable I</b> Espesor Óptico de Aerosoles EOA ( $Ta$ )	Tipos de Aerosoles Atmosféricos	Exponente de Angstrom ( $\alpha$ ) Rango 440-870 nm	Datos nivel 2.0, $\lambda = 440$ nm Monitoreo Continuo por el Fotómetro solar Cimel 318T-Red AERONET	Medias diarias
				Medias mensuales
				Medias estacionales
				Medias por Tipos de Aerosoles
<b>Variable D</b> Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs)	Edad	<b>Niños</b> 29-59d 2m-11m 1-4 a 5-11a	Número de casos	Conteo
				Conteo
				Conteo
				Conteo
	Sexo	<b>jóvenes y adultos</b> 12-19 a 20-59 a	Número de casos	Conteo
				Conteo
		<b>Tercera edad</b> >60 años	Número de casos	Conteo
				Conteo
Femenino	Masculino	Número de casos	Conteo	
			Conteo	

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO II

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### 2.1 Tipo y nivel de investigación

El presente estudio de acuerdo a su naturaleza es una investigación básica de enfoque cuantitativo sustentado teóricamente en:

Según (Sánchez, S, 2014), por la naturaleza de la investigación es básica, porque se apoya en un contexto teórico para conocer, describir, relacionar o explicar una realidad.

Y de acuerdo a (Hernández et al., 2010) indica que “el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población”

Con respecto al nivel de investigación, está dentro del nivel descriptivo y correlacional y de acuerdo a (Carlos Hernández Sampieri et al., 2010), la meta del investigador consiste en describir fenómenos o situaciones, en las cuales se detallan cómo son y se manifiestan a este tipo de investigaciones los llamamos estudios descriptivos.

Investigaciones correlacionales, tienen el objetivo de conocer la relación o nivel de asociación que puede existir entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. Por experiencia de otros investigadores se analiza la relación entre dos variables (bivariado). Estos estudios correlacionales, evalúan la fuerza de correlación o de asociación entre dos variables, por lo que miden a cada una de ellas (supuestamente relacionadas), y después, las cuantifican y analizan la dependencia.

En este sentido, esta investigación en un primer momento es de naturaleza descriptiva porque al inicio se ha descrito y caracterizado el espesor óptico de aerosoles (EOA) y así mismo las IRAs y luego correlacional, porque se ha relacionado las variables para indicar dependencia o independencia de las mismas.

## 2.2 Métodos de investigación

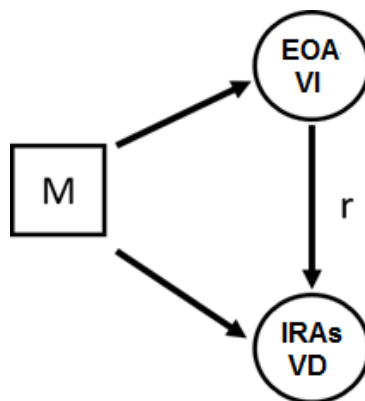
Aunque el método científico es uno y general, una de sus variantes específicas es el método de investigación no experimental como lo mencionan (Hernández Sampieri et al., 2014):

Este tipo de investigación se realiza sin la manipulación intencionada de variables, es observar fenómenos tal como son en su contexto natural, son situaciones ya existentes. Las variables asociadas ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene la inspección directa y no se puede intervenir en ellas, porque ya ocurrieron al igual que sus efectos. (p.152).

## 2.3 Diseño de la investigación

El diseño para esta tesis es del tipo ecológico o de correlación que sirven a menudo como punto de partida en la evolución epidemiológica. Según (Beaglehole et al., 1993) en “un estudio ecológico las unidades de análisis son poblaciones o grupos de personas en vez de individuos” (pp. 31-34).

Para la relación de las variables se muestra el esquema en el cual relaciona la variable independiente y la variable dependiente:



Donde:

M = Muestra del estudio, espesor óptico de aerosoles nivel 2.0 y número de casos de enfermedades respiratorias agudas (IRAs).

EOA (VI) = Espesor óptico de aerosoles (Variable independiente, llamada también variable asociada).

IRAs (VD) = Enfermedad respiratoria aguda (Variable dependiente, llamada también variable de supervisión).

r = Correlación entre las dos variables.

## 2.4 Población y muestra

### 2.4.1 Población

- a) En el presente estudio para la caracterización de los aerosoles atmosféricos se consideró como población los datos registrados con el fotómetro CIMEL318T, durante los años 2015 (desde el 19 de marzo), 2016 y 2017, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 10

*Número de días de medición con el fotómetro CIMEL 318 – Red AERONET (Estación IGP- Huancayo)*

Año	Número de días de medición de EOA
2015	288
2016	366
2017	365
Total	1019

Fuente: Elaboración propia

- b) El distrito de Huáchac, cuenta con un promedio de 4003 habitantes, según (INEI, 2018), de los cuales la población está conformada por todos los pobladores registrados en los documentos HIS (HIS: Sistema de información en salud) (REUNIS, 2019) con diferentes enfermedades de los años 2015, 2016 y 2017, del Centro de Salud de este distrito, ubicado a 3,05 Km del observatorio de Huancayo, donde ese encuentra la estación IGP Huancayo de la red AERONET.

### 2.4.2 Muestra

- a) Para el caso del EOA, la muestra son los datos del nivel 2.0 (el fotómetro CIMEL 318T, registra 3 niveles de calidad de datos como se explica en el punto 2.5 a). Con un total de 773 días [2 años y 118 días] de medición y con una cantidad de 56 559 datos.
- b) Como muestra de las IRAs, se trabajó con el número de casos registrados, considerando el código CIE-10 códigos (J00-J06) en los años: 2015 (desde el 19 de marzo, fecha que el fotómetro empieza a registrar datos de EOA), 2016 y 2017 en niños, jóvenes, adultos y personas de la tercera edad, del Centro de Salud del distrito de Huachac-Chupaca, como se observa en la tabla 11:



Tabla 11  
*Número de casos de IRAs registrados en el Centro de Salud del distrito de Huachac.*

Año	Número de casos registrados de IRAs
2015	975
2016	1236
2017	1253
Total	3464

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3 Técnica de muestreo

La técnica usada para esta investigación es del tipo no probabilístico, como lo señalan (Hernández Sampieri et al., 2014):

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, pero sí de causas relacionadas con las características de la pesquisa o los propósitos del investigador. Aquí el procedimiento no es mecánico, ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador (p.176).

Dentro de los tipos de muestreo no probabilísticos, esta investigación considera el tipo por conveniencia el cual permite la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

### 2.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

- a) Para la recopilación de los datos del EOA se utilizó el fotómetro solar Cimel 318T (Figura 8), de la Red AERONET, este instrumento está asentado en el Observatorio de Huancayo cuyas coordenadas de ubicación son: Latitud Sur 12.04020 °, Longitud Oeste: 75.32090 ° y a una elevación de 3313.0 msnm. Y está posicionado sobre el techo de la oficina del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR). También está muy cerca de la estación meteorológica. Se encuentra a unos 12 km de la ciudad de Huancayo, (*Huancayo-IGP - AERONET Site Information Database*, s. f.)

A 2,15 km al oeste, se encuentra Huayao (población más cercana) y a 3,05 Km al norte se encuentra el distrito de Huachac. Está rodeado de campos agrícolas y una carretera cercana de bajo tráfico. Este fotómetro CIMEL-318T utiliza ocho bandas espectrales  $\lambda$  (340, 380, 440, 500, 675, 870, 1020 y 1640 nm). El procedimiento común del fotómetro solar para mediciones de aerosoles es la medición directa al sol. Con una frecuencia de 15 min, este escenario se utiliza para recuperar el espectro del EOA y del EA (Eck et al., 1999).

Los datos que se obtienen del sistema de la red AERONET, pasan por un proceso de calificación que los clasifica en tres niveles:

Nivel 1.0 (datos crudos)

Nivel 1.5 (sin nubes)

Nivel 2.0 (sin nubes y post-calibración). Los datos que se recopilaron fueron los del nivel 2.0, considerados de máxima calidad. Y se trabajó con datos registrados en la longitud de onda de 440 nm y el coeficiente de Angström, en el rango de (440–870) nm. En esta investigación solo se analizará a la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 440 nm y porque es la que mejor responde a la presencia de los aerosoles, debido a la relación que existe entre el tamaño de los aerosoles y esta longitud de onda. El resto de las  $\lambda$  son afectadas por diversos compuestos y especies atmosféricas (ej. Vapor de agua, ozono, nitrógeno, etc.), por lo que su respuesta no está dada en su totalidad por la presencia de los aerosoles, sino que responden a otros factores.

Muchos estudios indican que normalmente, los valores de EA < 0.5 implica el predominio de partículas grandes, también conocido como modo grueso; por otro lado, los valores de EA > 1.5 implican el predominio de muy pequeñas partículas y aerosoles ubicados en este lado de la distribución de tamaños, y también se les conoce como el modo fino. La combinación de estas dos variables se utiliza para la clasificación de aerosoles por tipos.

Según (Estevan et al., 2019), para la clasificación de aerosoles, se deben establecer rangos para definir los tipos de aerosoles la selección de un umbral entre rangos no es fácil, estos límites deben ajustarse de acuerdo a condiciones específicas de cada sitio de medición y su entorno.

Por lo tanto, la construcción del diagrama de dispersión EOA vs. EA, facilita la caracterización por tipos. Existen estudios como los de (Hess et al., 1998), (Otero et al., 2006), (Gobbi et al., 2007) y otros investigadores que establecieron umbrales iniciales para la clasificación de los aerosoles.

Para esta investigación se ha considerado 6 tipos: Continental (CNT), marítimo (MAR), mezcla (MIX), biomasa (BIO), urbano (URB) y polvo (PVO).

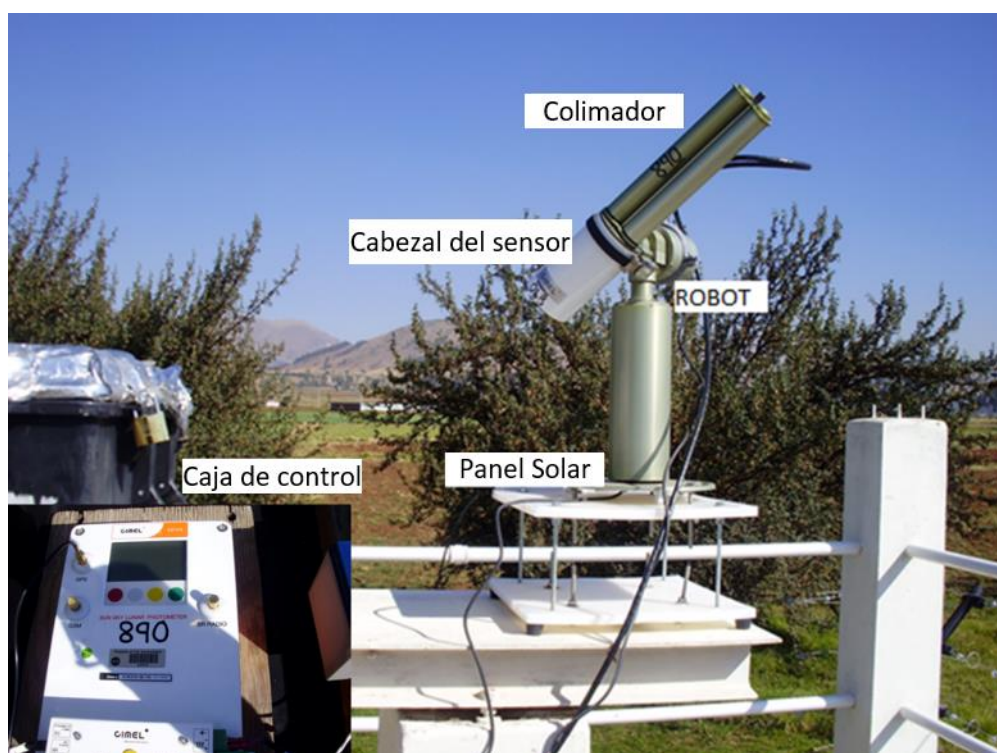


Figura 8 Componentes del fotómetro Solar Cimel 318T de la estación IGP-Huancayo.

b) Para las IRAs se utilizaron los registros HIS, se realiza el conteo de las mismas (IRAs altas - Capítulo X de la CIE 10, códigos (J00 – J06), considerando además el grupo etario y sexo del paciente, con una duración histórica de 3 años (período de 2015 a 2017). Los grupos etarios utilizados fueron los mismos que se observa en el registro semanal de notificación epidemiológica consolidada - sistema nacional de vigilancia epidemiológica en salud pública, dónde se registran IRAs (Infecciones Respiratorias Agudas) y EDAs (enfermedades diarreicas agudas), de la Dirección de Salud- DISA -Junín -Red Valle del Mantaro. Como se muestra en la tabla 12:



## 2.6 Técnica de procesamiento de datos

a) Para el caso de los aerosoles este estudio ha utilizado los datos del nivel 2.0, por estar calibrados y de máxima calidad y sin nubes, y en una longitud de onda de 440nm y 500nm. El procesamiento de datos se muestra en el siguiente diagrama de flujo (figura 10):

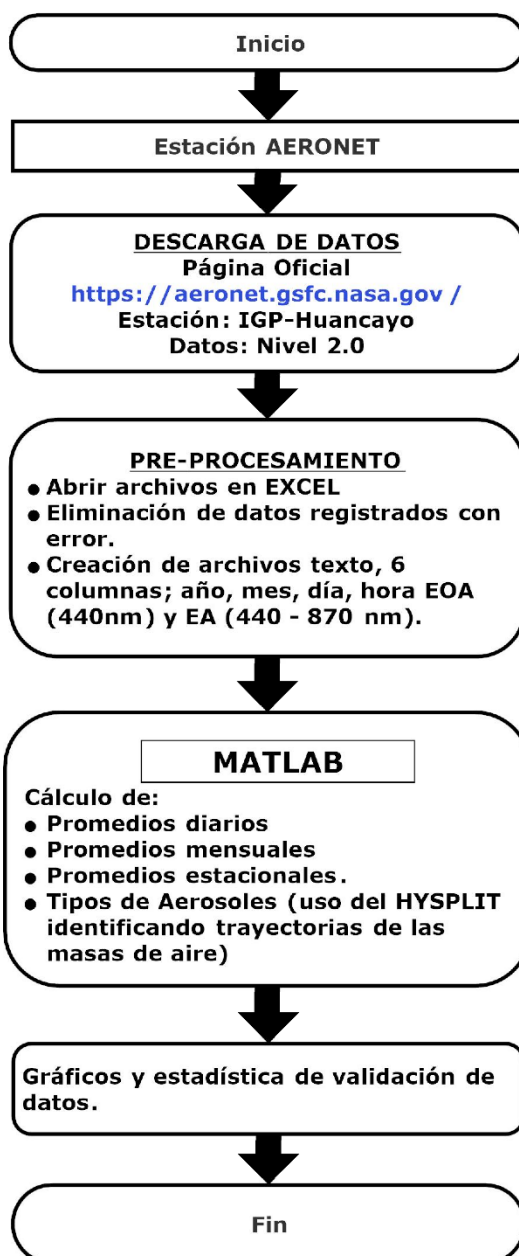


Figura 10 Diagrama de flujo para el procesamiento de datos del espesor óptico de aerosoles. (Elaboración propia).

b) Para el procesamiento de datos de las IRAs se muestra en el siguiente diagrama de flujo (figura 11):

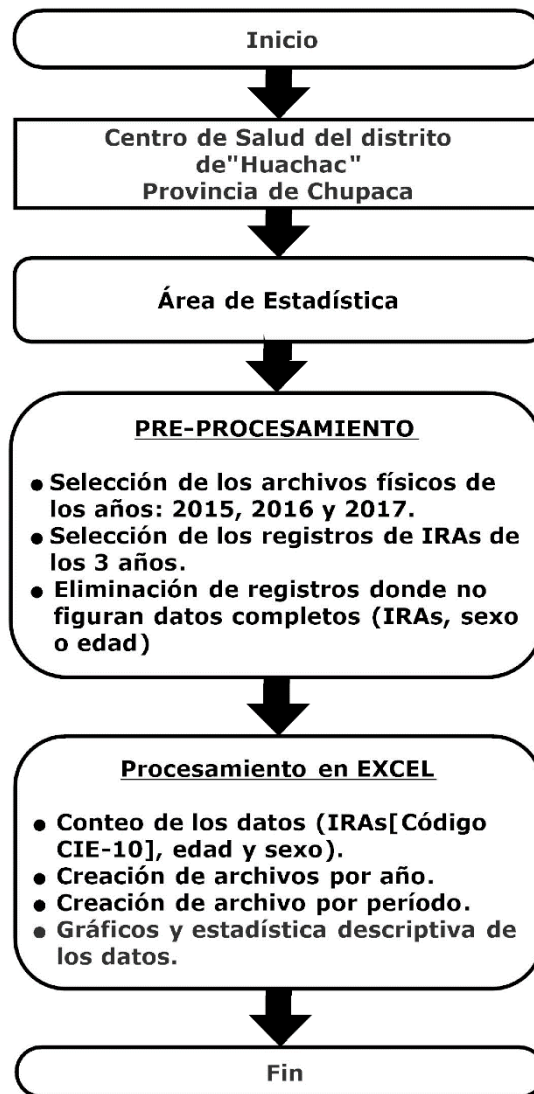


Figura 11 Diagrama de flujo para el procesamiento de datos de las IRAs. (Elaboración propia).

Para realizar la Prueba de hipótesis y al ser las variables Paramétricas se utilizó la correlación  $r$  de Pearson, porque dentro de las escalas de medición de las variables estas son de intervalo.

Para (Hernández Sampieri et al., 2014), hacen mención al coeficiente de correlación  $r$  de Pearson indicando que es una prueba estadística paramétrica y que permite analizar la relación entre las dos variables (bivariado), además

de acuerdo a las escalas de medición, las variables son de intervalo o de razón. (pp.304 - 305).

Para el presente trabajo de investigación se utiliza este coeficiente de correlación como prueba estadística, utilizando una matriz de doble entrada, usando el software SPSS, el cual permite a través de una función llamada correlación bivariada, hallar *p-valor* y *r* de Pearson. Esta prueba utiliza la siguiente ecuación:

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

*Ecuación 3* Ecuación para el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson

Donde  $S_{XY}$  es la covarianza de las variables  $X$  y  $Y$ ,  $S_X$ , es la desviación estándar de  $X$  y  $S_Y$  es la desviación estándar de  $Y$ . El coeficiente de correlación lineal da como resultado números entre -1 y 1, el signo indica la dirección y para determinar la fortaleza de la relación usaremos los datos de la tabla 13.

Tabla 13  
Relación entre variables para determinar su fortaleza

Valor de r	Fuerza de correlación
r=1	perfecta
0,8 < r < 1	Muy alta
0,6 < r < 0,8	alta
0,4 < r < 0,6	moderada
0,2 < r < 0,4	baja
0 < r < 0,2	Muy baja
r=0	nula

Fuente: (Drago, 2015)

Para el análisis de la hipótesis, se tendrá presente la siguiente relación:

Si  $H_0 > H_1$ : Rechazamos  $H_0$  y aceptaremos  $H_1$

Si  $H_0 < H_1$ : Aceptamos  $H_0$  y rechazaremos  $H_1$

Se eligió como nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  o 5% por criterio de investigadores de la misma línea de investigación.

### CAPITULO III

#### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización diaria, mensual, estacional y por tipos del espesor óptico de aerosol (EOA), para los años 2015, 2016 y 2017

##### 3.1.1 Caracterización temporal diaria del EOA:

Los resultados de la caracterización diaria de los aerosoles atmosféricos se observan en la figura 12, durante los años de investigación 2015, 2016 y 2017 y ( $\lambda$ ) = 440 nm, el valor promedio máximo diario de EOA es 0.476 y corresponde al día 14 del mes de septiembre del 2016, y es de resaltar que para el periodo de estudio es el mes de septiembre que se registran los valores promedios diarios más altos, resumen en la (tabla 14).

Tabla 14  
*Valores promedios máximos diarios del EOA durante los años 2015, 2016 y 2017*

año	EOA ( $\lambda = 440$ nm)	día/mes
2015	0.392	01/09
2016	0.476	14/09
2017	0.397	23/09

Fuente: Elaboración propia

Estos valores máximos, están en un valor de EOA mayor a 0.282, el cual indica una presencia de aerosoles del tipo biomasa (BIO), como lo indica el estudio de (Estevan et al., 2019).

Tabla 15  
*Valores máximos diarios del EOA durante los años 2015, 2016 y 2017*

año	EOA ( $\lambda = 440$ nm)	día/mes
2015	0.549	01/09
2016	0.872	14/09
2017	0.433	23/09

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se muestra la serie de tiempo proporcionado por la Red AERONET durante los meses de septiembre del periodo de estudio, en el cual se observa los días con los valores máximos de EOA, y esos valores se resume en la tabla 15. Es conocido que a mediados de julio, agosto,



septiembre y mediados de octubre la quema de biomasa tanto local como internacional son constantes. Eso indicaría la presencia de ese tipo de aerosol (BIO), durante esos meses y con valores muy altos. Y como lo menciona (Suárez et al., 2006), los incendios en la Amazonía brasileña causan contaminación que alcanza miles de kilómetros, y serían transportados por los vientos hasta el territorio peruano y otros países vecinos.

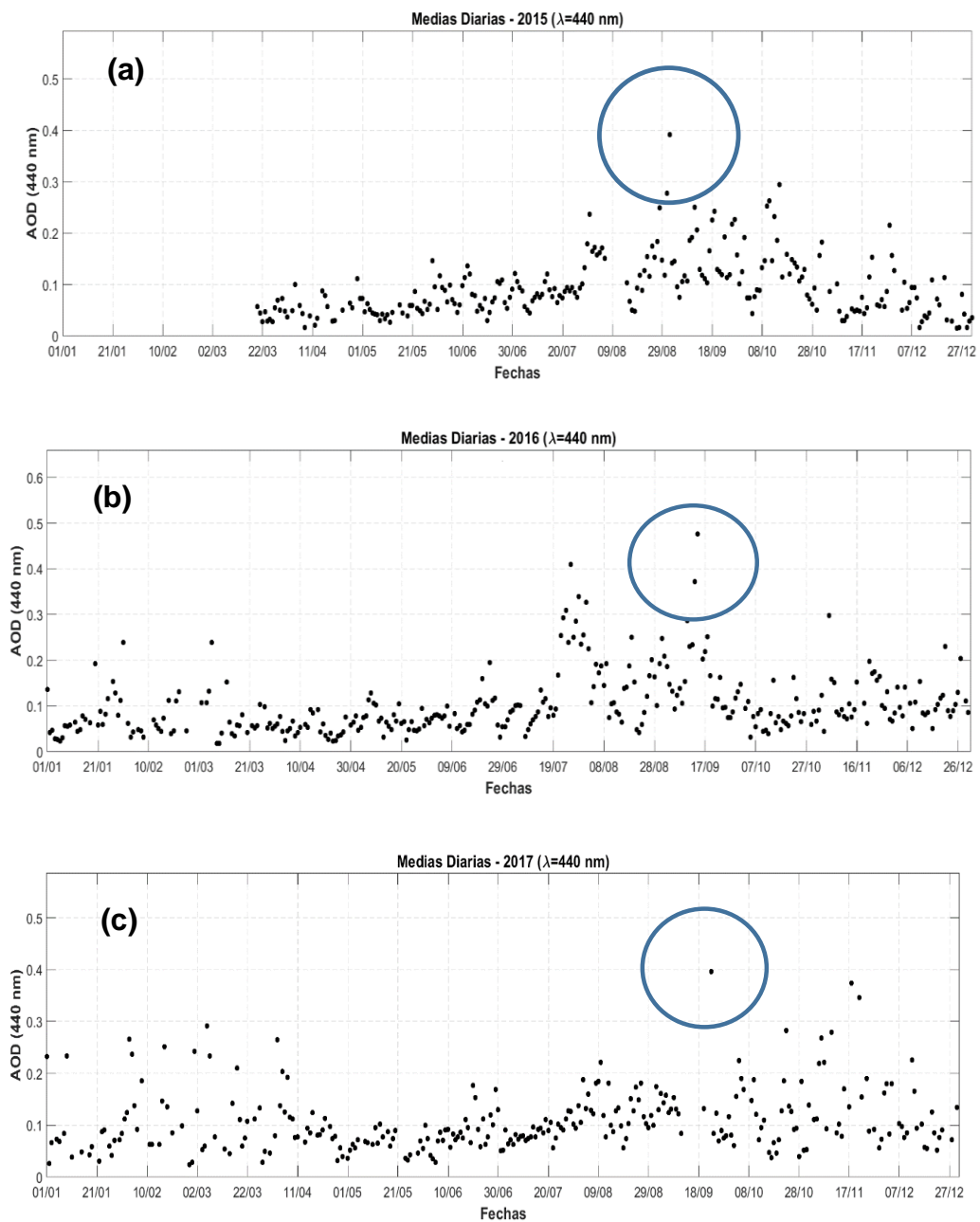
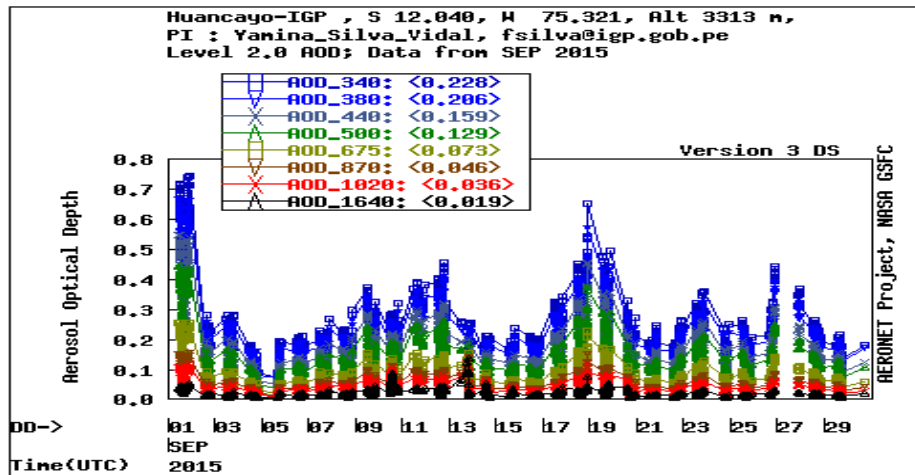
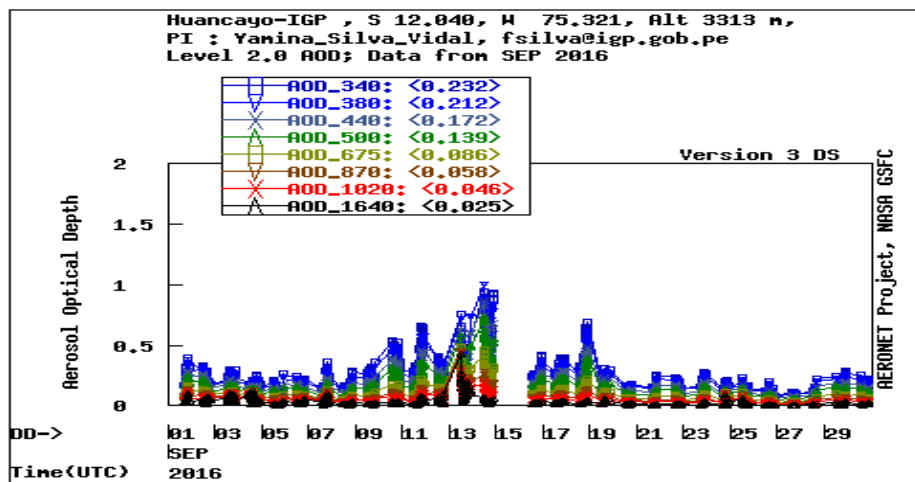


Figura 12 Medias diarias del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017, resultados con la  $\lambda = 440 \text{ nm}$  (AERONET Estación IGP-Huancayo).

(a)



(b)



(c)

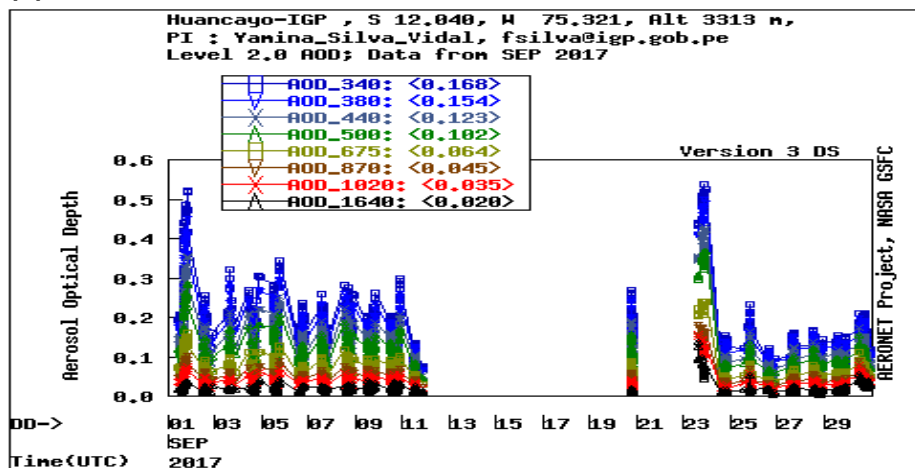


Figura 13 Series de tiempo mensual de la Red AERONET del EOA (a) septiembre 2015, (b) septiembre 2016 y (c) septiembre 2017, meses donde se registraron promedios diarios muy elevados durante esos años.

### 3.1.2 Caracterización temporal mensual del EOA:

Tabla 16

*Valores medias máximos y mínimos mensuales del EOA ( $\lambda = 440 \text{ nm}$ ) durante los años 2015, 2016 y 2017*

Año	Máximo	mes	Mínimo	mes
2015	0.158	septiembre	0.047	marzo
2016	0.169	septiembre	0.051	abril
2017	0.162	noviembre	0.064	mayo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se observa que los valores máximos mensuales de EOA están en los meses de septiembre en los años 2015 y 2016 (este último es el mayor) y en noviembre en el año 2017, esto podría deberse a quemas de bosques y muchos pastizales que se producen durante esos meses en la zona y a nivel internacional como Brasil, y estas quemas tienen en su mayoría origen antropogénico, ya que se produce al querer realizar una expansión agrícola, deforestar un bosque, cambio de uso de suelo, limpia de terrenos para poder sembrar posteriormente, según (Elton Alisson, 2014) indica que “el humo derivado por el fuego en los estados brasileños amazónicos migra hacia Bolivia, Perú y Paraguay, elevando los niveles de contaminación atmosférica en sus territorios”. Y recordar que en el periodo de estudio el año 2016, es donde se produjeron mayor cantidad de quema forestal, en la amazonia brasileña.

En la figura 14, se puede evidenciar lo mostrado en la tabla 16, en (a) y (b), el incremento de EOA se inicia en el mes de junio llegando al máximo valor en el mes de septiembre, descendiendo en el mes de octubre, mencionar que entre el mes de junio-julio-agosto-septiembre son consideradas épocas secas (poco lluvioso), presentando lluvias esporádicas durante el mes de septiembre, y es precisamente en este mes donde los pobladores empiezan a preparar el terreno para las siembras produciéndose quemas de biomasa. En 2017, (figura c), el máximo valor medio se observa para el mes de noviembre, en los meses de febrero, marzo y abril, también se registran valores de EOA por encima de 0.1. De acuerdo a datos de precipitación (anexo 1), el año 2017, no tuvo muchas lluvias a partir del mes de septiembre

y se produjo heladas y los pobladores como acto de salvar sus sembríos queman para evitar estragos en los mismos.

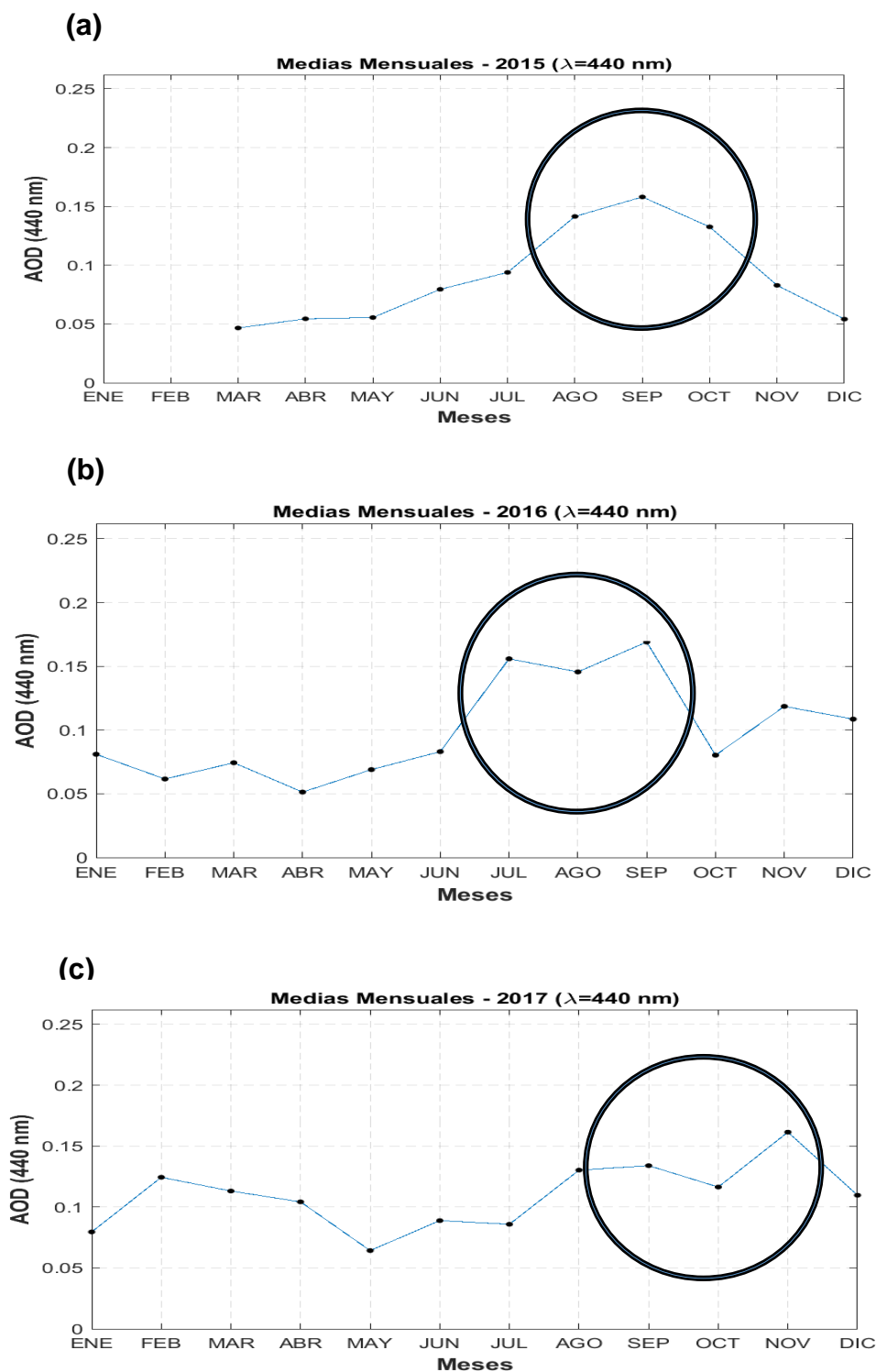


Figura 14 Medias mensuales del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017, resultados con la  $\lambda = 440$  nm (AERONET Estación IGP-Huancayo)

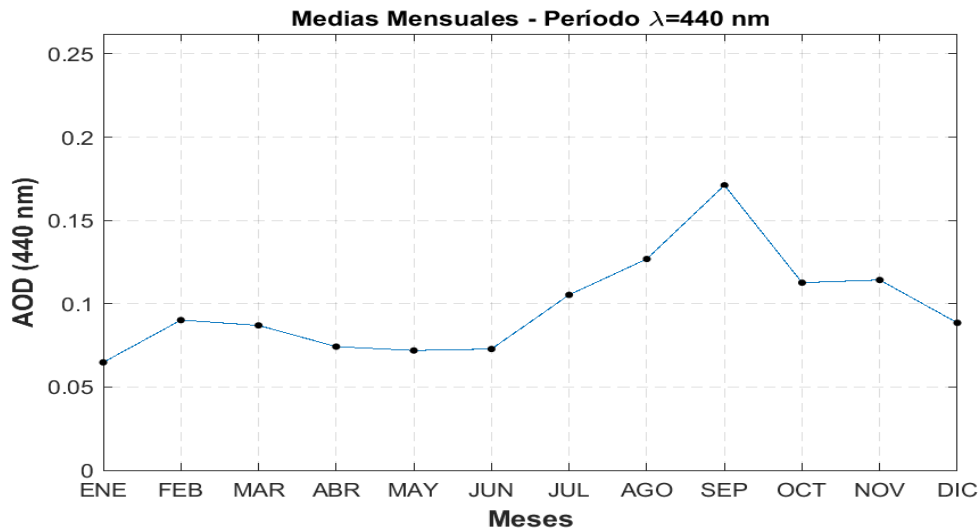


Figura 15 Medias mensuales del EOA (AOD) del periodo 2015 - 2017, resultados con la  $\lambda = 440$  nm (AERONET Estación IGP-Huancayo)

En la figura 15, se muestra los promedios máximos y mínimos de EOA en los meses del periodo de estudio, es en enero que se registra el promedio mínimo de EOA = 0.065, y es el mes de septiembre donde se registra el promedio máximo del periodo de estudio con EOA = 0.171, seguido de los meses de agosto, julio, octubre y noviembre, meses que corresponden al período de quemas de biomasa. En la Figura 16 se puede apreciar el aporte significativo del tipo de aerosol biomasa (BIO), respecto a los aerosoles que conforman las condiciones de fondo como son los aerosoles de tipo continental (CNT) y urbano (URB), para los meses de septiembre del periodo de estudio. Septiembre es a su vez el mes con mayor desviación estándar seguido del mes de julio, debido a la gran dispersión de datos, tanto para septiembre como para julio. Los mínimos valores de EOA se registran en los meses de abril y mayo. No obstante, entre los meses de enero a abril, con la excepción del mes de febrero se encuentran los valores más bajos de EOA. En el caso del mes de febrero, donde se aprecia un máximo respecto a los meses antes mencionados, este está asociado a la presencia de aerosoles de tipo biomasa (BIO) y polvo (PVO), como se puede apreciar en la Figura 22 (c).

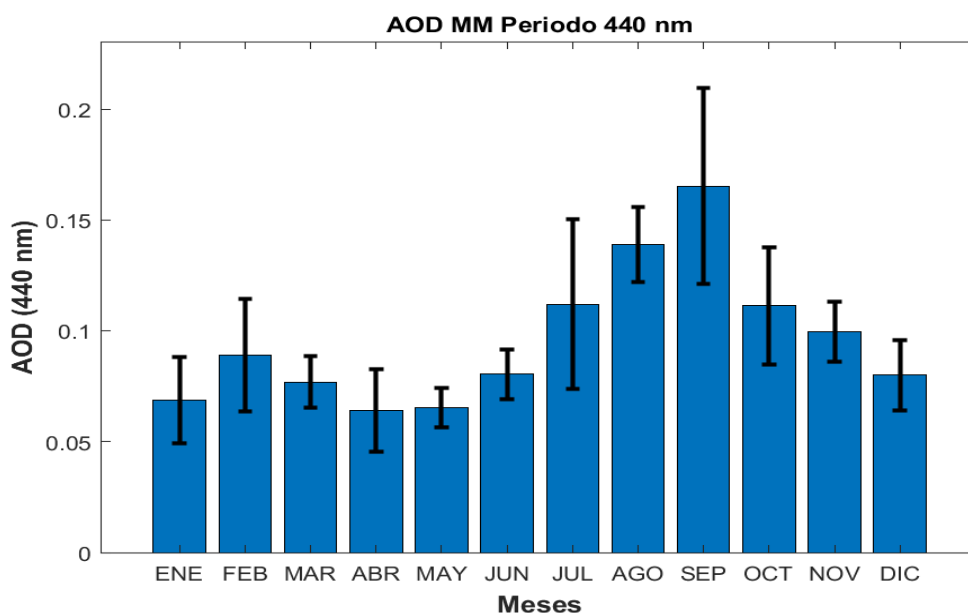


Figura 16 Medias mensuales del EOA para 440 nm del periodo de estudio 2015-2017 con sus respectivas desviaciones estándar.

### 3.1.3 Caracterización temporal del EOA estacionales:

El departamento de Junín de acuerdo a (*Departamento de Junín - Wikipedia, la enciclopedia libre*, s. f.), en promedio está a una altitud de 3 250 msnm y tiene variaciones en su clima. Se puede afirmar que, sus provincias como Huancayo, Chupaca, Concepción, Tarma y Jauja tienen el clima templado pero vacilante durante todo el año, variando entre 20 °C en los días más cálidos y -5 °C grados Celsius en las noches más frías. La gran diferenciación de las temperaturas hace que en la región sólo se distingan dos estaciones, el periodo de lluvias o época húmeda desde octubre hasta marzo (correspondiente a gran parte de la primavera y el verano) y el periodo seco o poco lluvioso de marzo a septiembre (otoño e invierno). Las temperaturas más bajas son percibibles en las madrugadas y mañanas de los meses de junio a agosto.

Tabla 17  
*Estaciones en el departamento de Junín- Perú*

Época	Estación	meses
Seca	Otoño-invierno	marzo-septiembre
Húmeda	Primavera-verano	octubre-febrero

Fuente: Adaptado de (*SENAMHI - Perú*, s. f.)

De acuerdo a la tabla 17, y para el análisis de las medias estacionales, estas se han resumido en dos períodos, seca o poco lluviosa (marzo a septiembre) y húmeda o lluviosa (octubre a febrero). Para esta investigación se ha adaptado los meses a las siguientes estaciones. Primavera: octubre y noviembre, Verano: Diciembre, enero y febrero, Otoño: marzo, abril y mayo, e Invierno: junio, julio, agosto y septiembre.

Al observar la Figura 17, el valor máximo de EOA = 0.139, se obtiene en la estación de invierno y el mínimo se encuentra en la transición de estación lluviosa a poca lluviosa (otoño) con un valor de EOA = 0.070.



Figura 17 Medias estacionales de EOA (440 nm) durante el periodo 2015-2017

En la Figura 18, las medias correspondientes a la época poco lluviosa son superiores a las del período lluvioso, lo cual concuerda con los resultados que hasta ahora se han mostrado. Durante este período los aerosoles registrados se atribuyen como consecuencia de la quema de biomasa e incendios forestales y son significativamente superiores respecto al período lluvioso.

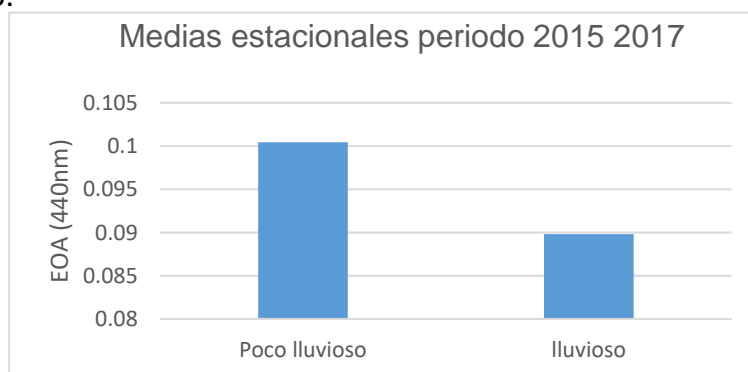


Figura 18 Medias estacionales de EOA (440 nm) por épocas durante el periodo 2015-2017)

### **3.1.4 Caracterización del EOA medias mensuales por tipos:**

Los aerosoles de tipo CNT son los que predominan en el observatorio con el 71% de todos los tipos. Este alto porcentaje está directamente relacionado con el alto porcentaje de masas de aire del norte y del noreste, como ejemplo (anexo 2). Las masas de aires que provienen de estas direcciones se mueven todo el tiempo sobre el continente por lo que el tipo CNT está siempre presente y con porcentajes altos como se muestra en la (figura 21). Este tipo de aerosol está asociado con aerosoles considerados como fondo y el alto porcentaje, así como su presencia durante todos los meses, es indicativo de la prevalencia de este tipo de aerosoles en la zona de estudio. Los aerosoles CNT consisten principalmente en partículas pequeñas con valores de EA altos, pero en el caso del EOA, esto es muy variable debido a varias razones, pero principalmente debido a su dependencia de si el aerosol está más o menos contaminado (Hess, et al., 1998; Holben, et al., 2001). El segundo tipo de aerosol más registrado en la zona es el tipo BIO con 20% de todos los aerosoles medidos. El tipo BIO, como los aerosoles CNT, tienen valores alfa altos, lo que significa que se componen de partículas finas, aunque sus valores de EOA son generalmente más altos. El tipo BIO es la segunda fuente de aerosoles atmosféricos en esta zona y la principal responsable del aumento de los valores de EOA en el sitio de medición. El aerosol de tipo BIO modula el comportamiento mensual de EOA en Huancayo. Durante mayo y agosto, incluido septiembre, predominan las direcciones del viento desde el norte y el noreste, sin embargo, hay también trayectorias que se originan en Brasil y llegan a la zona centro del país durante un período en el que ocurre una gran cantidad de incendios de biomasa, tanto en el territorio peruano como en el brasileño y boliviano. Con respecto a los valores alfa, el valor máximo corresponde al tipo URB, que es el tercer tipo de aerosol en existencia. El uso de del diagrama de dispersión (figura 20) indica los diferentes tipos de aerosoles presentes en el área de estudio y usando umbrales de estudios anteriores, se obtienen los tipos de aerosoles atmosféricos en esta investigación.



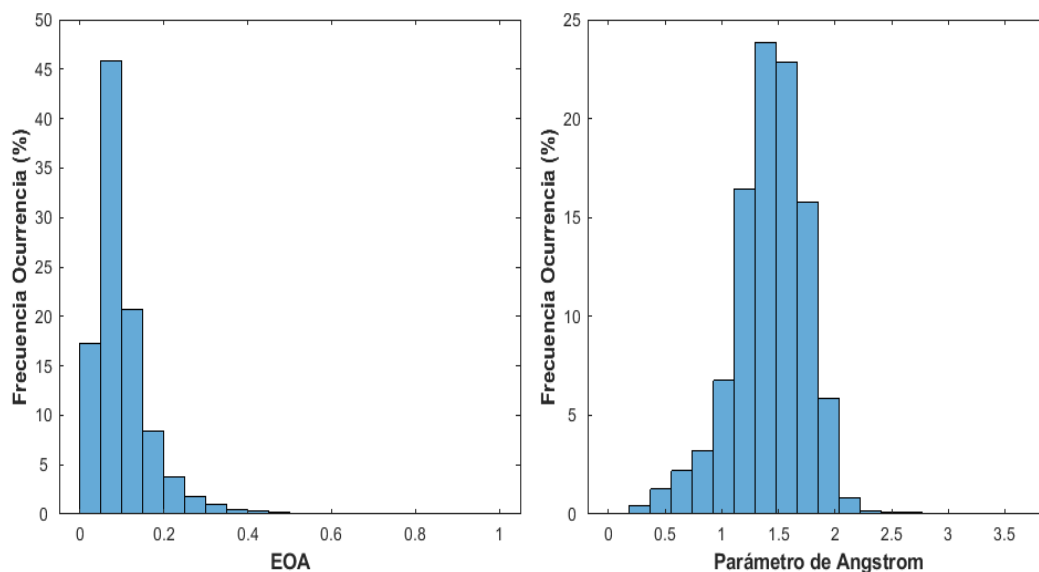


Figura 19 Histograma de las frecuencias de EOA (440 nm) y EA (440 – 870 nm), para el periodo de estudio 2015-2017.

La Figura 19 representa la distribución de frecuencias del EOA (440 nm), y EA ( $\alpha$ ) para el rango (440 – 870 nm), durante el período 2015 -2017, desde el 19 de marzo de 2015 al 31 de diciembre de 2017, donde se tuvieron en cuenta un total de 55 559 casos. El mayor número de datos se centra en el valor de EOA = 0.075 con el 45.9 % y entre los valores de EOA de 0.025 y 0.125, con una frecuencia de 17.3 y 20.6 %, respectivamente. Son en estos tres valores donde se concentra el 83.8 % de todos los datos registrados, lo que significa un predominio de valores de EOA asociados a condiciones de fondo. En el caso del Parámetro de Angstrom se centra, con el 23.9 % de todos los casos, en el valor de 1.388, mientras que en su entorno se encuentran los valores de 1.203 y 1.573, con el 16.5 y el 22.8 % respectivamente. Entre estos tres valores se concentra el 63.2% de todos los datos registrados en el periodo de estudio. Se hace necesario este análisis para conocer el rango de valores de EA ( $\alpha$ ) el cual está asociado al tamaño del aerosol, en este análisis el 63.2% corresponde a partículas finas o pequeñas y esto puede estar asociado con aerosoles de origen continental (CNT-condiciones de fondo), marítimo (MAR) y con aerosoles producido por la quema de biomasa (BIO), como la principal fuente de incremento del EOA en el Observatorio de Huancayo.

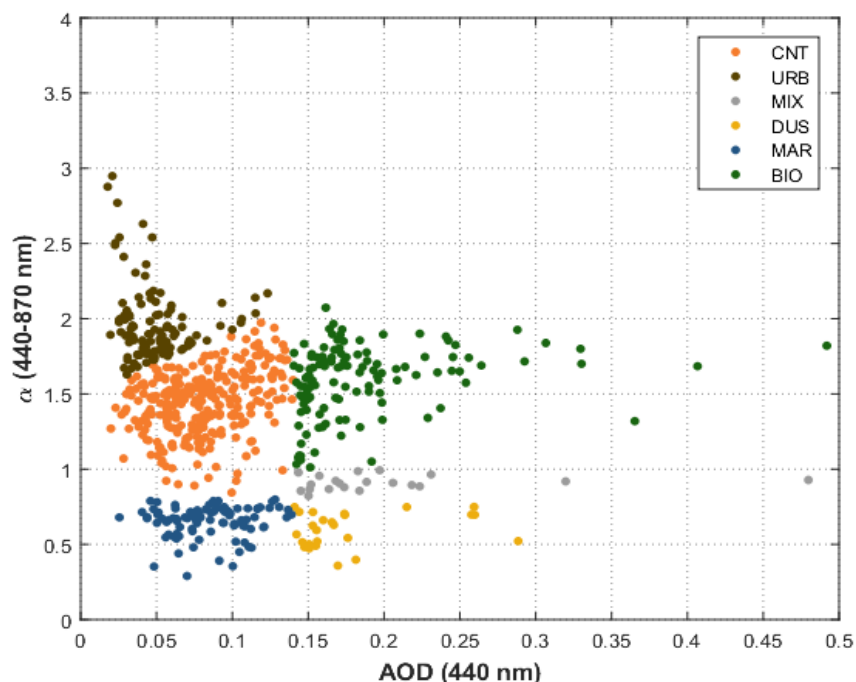


Figura 20 Diagrama de dispersión construido con las medias diarias del EOA vs EA para  $\lambda = 440 \text{ nm}$  - año 2016.

La figura 20 muestra el diagrama de dispersión del EOA versus EA ( $\alpha$ ) para el año 2016, año en el cual se evidencia un mayor registro de aerosoles del tipo BIO. La figura 21 muestra los diagramas de dispersión y el porcentaje de los tipos de aerosoles para los meses con valores altos de EOA tipo BIO, durante el periodo de estudio. Esto ha permitido la clasificación de los aerosoles medidos en la estación IGP- Huancayo en seis tipos: Continental (CNT), Urbano (URB), Mezcla (MIX), Polvo (PVO), Marítimo (MAR) y Biomasa (BIO). A partir de esta clasificación se realizó la caracterización temporal mensual para cada año del periodo de estudio (Anexo 4).

La figura 22 muestra como varía los valores medios mensuales del EOA por tipos de aerosoles, para los tres años de estudio, Para el año 2015, el mes que registra las medias mensuales máximas de EOA es en septiembre. El EOA que se registra es del tipo BIO = 0.233 y del tipo polvo PVO = 0.222, también se registran los tipos continental (CNT), marítimo (MAR) y mixto (MIX), no se registra aerosoles del tipo urbano (URB), en octubre y julio se registran todos los tipos. En el año 2016, entre los meses de julio y septiembre se registran las medias mensuales más altas de aerosoles del tipo BIO = 0.267, seguido de septiembre con un valor de 0.247, este tipo de

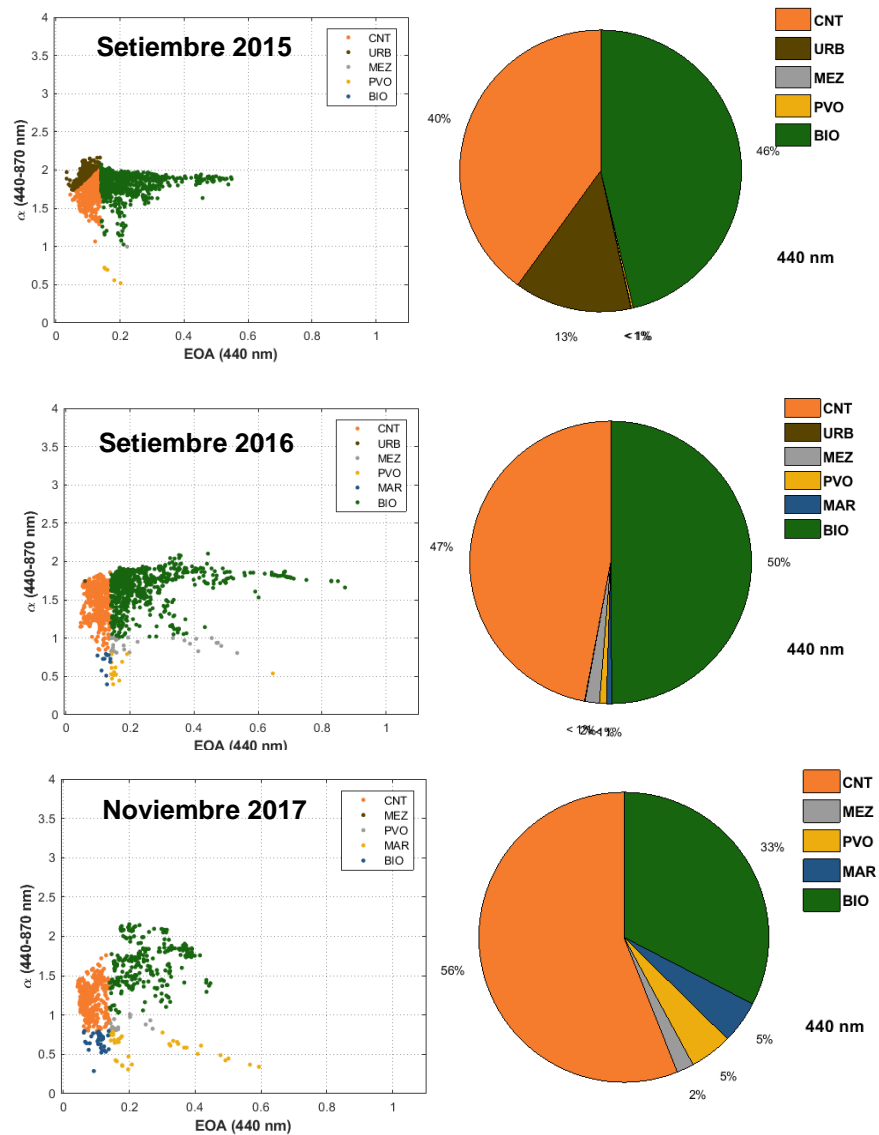


Figura 21 Diagrama de dispersión del EOA & EA y porcentajes por Tipos de aerosoles en la atmósfera de Huancayo durante los meses que presentaron mayor valor de EOA (440 nm), durante el periodo de estudio 2015-2017.

Aerosoles están presentes en los meses de enero, febrero, marzo y mayo a comparación del año 2015, que aparecen recién en el mes de junio, la presencia del tipo biomasa (BIO) es particularmente notable en septiembre, mes donde se registran en el período analizado el mayor número de focos de incendios en la región y por tanto los mayores valores de EOA relacionados con la quema de biomasa.

Y en el año 2017, se observa un comportamiento muy distinto respecto a los dos años anteriores, en marzo se registra el valor más alto de EOA del tipo mixto (MIX), y del tipo biomasa (BIO) está presente en todos los meses

del año, pero es en los meses de enero y noviembre donde se observan los valores de EOA del tipo BIO más altos y en el mes de abril se registran todos los tipos de aerosoles. Es de resaltar que entre el año 2016 y 2017 se produjo el fenómeno del Niño Costero que puede explicar esta tendencia del comportamiento para el año 2017. La presencia de aerosoles del tipo marítimo (MAR), puede explicarse a los campos de intensidad de viento alrededor de la cordillera de los Andes, la intensificación de la brisa marina y su profundización que se acopla con los vientos del oeste en niveles medios de la atmósfera lo que favorece la penetración de humedad hacia la cordillera de los Andes entonces la circulación valle montaña también se acopla con la circulación de la brisa marítima.

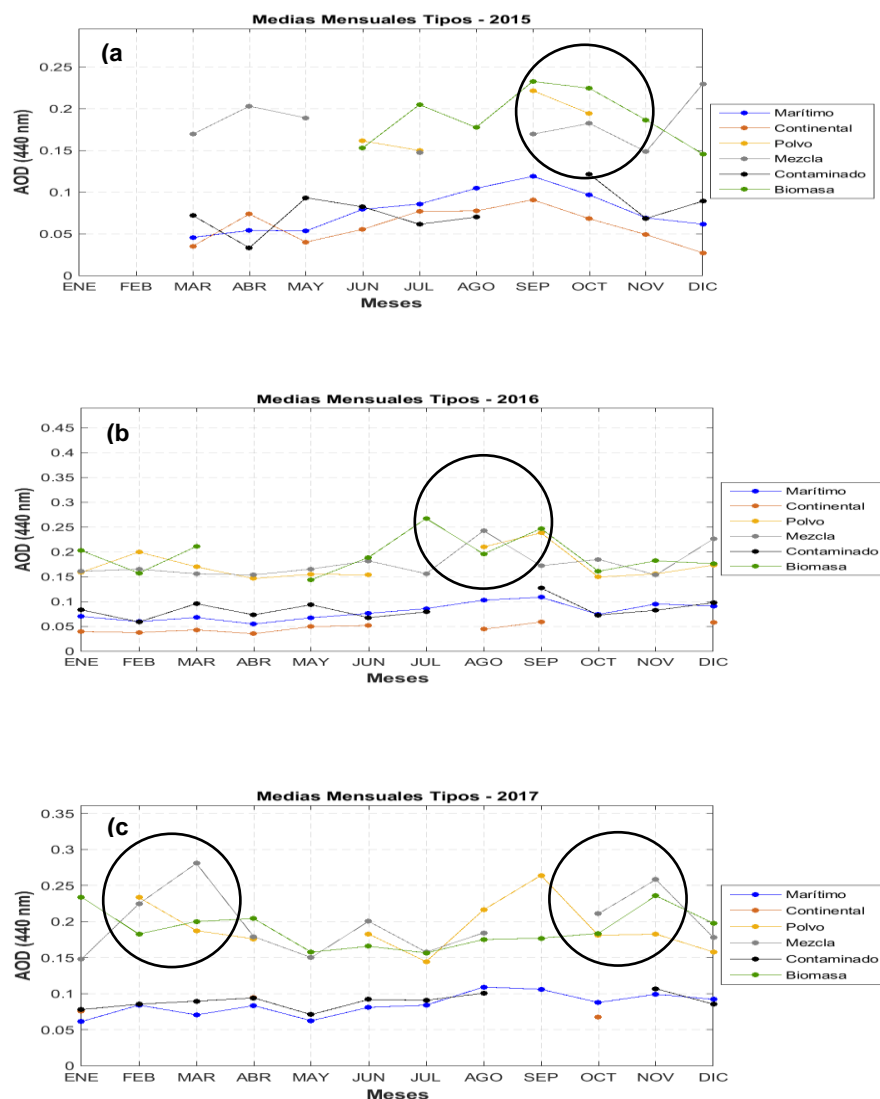


Figura 22 Medias mensuales por tipos del EOA (AOD) (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017, resultados con la  $\lambda = 440 \text{ nm}$  (AERONET Estación IGP-Huancayo)

### 3.2 Análisis y resultados de las infecciones Respiratorias Agudas (IRAs)

Tabla 18

*Número de casos de infecciones respiratorias agudas, Centro de Salud Huachac - año 2015*

Mes	N° de casos IRAs	%
marzo	23	2,35
abril	118	12,10
mayo	102	10,46
Junio	165	16,92
julio	73	7,49
agosto	72	7,39
septiembre	158	16,21
octubre	62	6,36
noviembre	104	10,67
diciembre	98	10,05
total	975	100

Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2015 (tabla 18), se hizo el conteo de casos a partir del mes de enero, pero como empieza el fotómetro Cimel 318T, a registrar datos recién en el mes de marzo (día 19), por lo tanto, el conteo de casos de IRAs se realiza también a partir de esa fecha. Pero si consideramos el conteo del mes de enero, febrero y de marzo (hasta el día 18), tenemos los siguientes números de casos durante esos meses mencionados anteriormente (44, 56 y 85), observándose un número mayor de casos para los meses de junio y septiembre (figura 23).

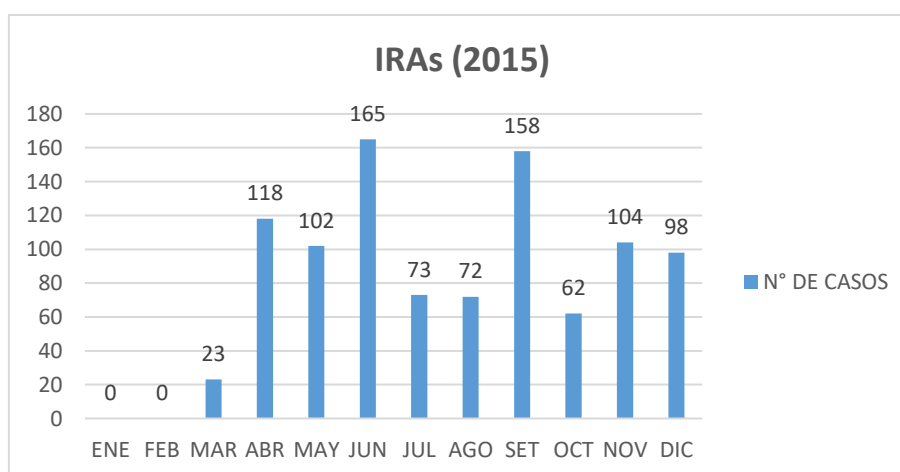


Figura 23 Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2015, Centro de Salud-Huachac.

Tabla 19  
*Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario, Centro de Salud Huachac – año 2015*

Grupo etario	edad	Nºde casos IRAs	%
niños	< 29 d	5	0.51
	29 - 59 d	4	0.41
	2 - 11 m	71	7.28
	1 - 4 a	181	18.56
Jóvenes y adultos	5 - 11 a	144	14.77
	12 - 19 a	100	10.26
	20 - 59 a	314	32.21
Tercera edad	> 60 a	156	16.00
Total		975	100

Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2015 (tabla 19), es el grupo etario niños con el mayor porcentaje de casos registrados con un 18.56 %, y está dentro de las edades de 1 - 4 años, según estudios son la población pediátrica que es la más afectada, con respecto al grupo etario jóvenes y adultos, las personas que están entre los 20 - 59 años, tienen un 32.21 % y son los que tienen un alto porcentaje de prevalencia de IRAs, esto es lógico con respecto a los demás grupos etarios por ser el grupo poblacional con mayor intervalo de edad y por último en el grupo etario tercera edad también registra un porcentaje considerado con un 16 %. En los grupos considerados extremos de vida el grupo etario niños (1 a 4 años) y los de tercera edad son los que registran mayor número de casos (figura 24).

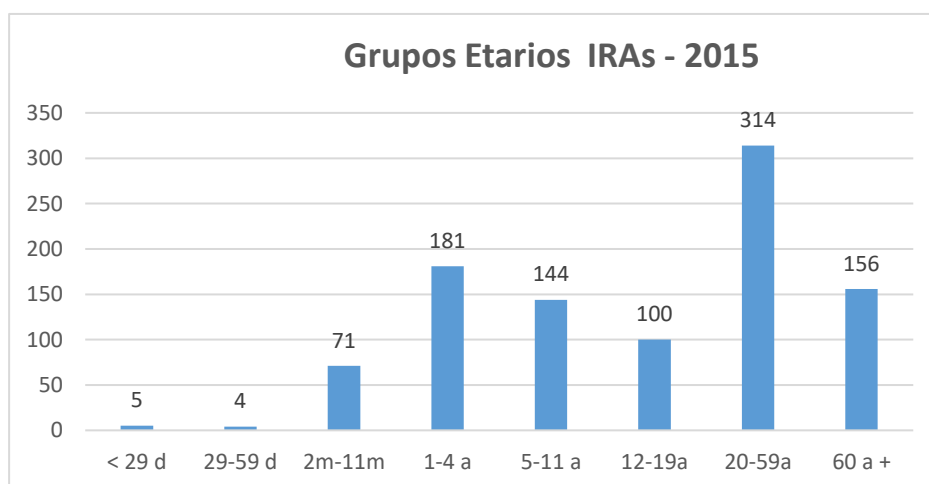
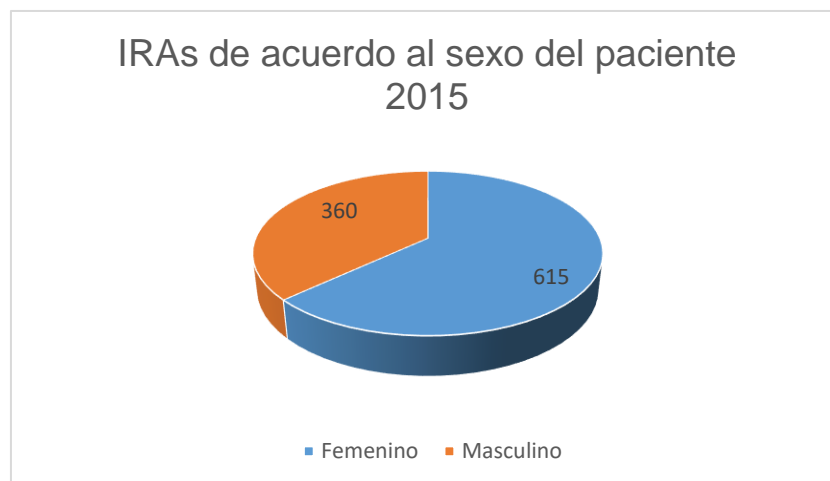


Figura 24 Frecuencia de casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2015. Centro de Salud Huachac.



*Figura 25* Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs - año 2015. Centro de Salud Huachac.

Respecto al número de casos por sexo del paciente (figura 25), el mayor registro de casos se presenta en el sexo femenino (615 casos), que representa el 63.08 % y menor en el masculino con 360 casos, que representa el 36.92 %.

Tabla 20  
*Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario, Centro de Salud Huachac- año 2016*

Mes	N° de casos IRAs	%
enero	122	9.87
febrero	68	5.50
marzo	65	5.26
abril	125	10.11
mayo	124	10.03
Junio	102	8.25
julio	100	8.09
agosto	116	9.39
septiembre	136	11.01
octubre	134	10.84
noviembre	101	8.17
diciembre	43	3.48
total	1236	100

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2016 (tabla 20), el mes de septiembre registra el mayor porcentaje de casos de IRAs con un 11.01 %, y es en diciembre el menor número de casos con un 3.48 %. En la (figura 26), se puede observar que el

mayor número de casos está en los meses de septiembre y octubre, seguido de abril y mayo.

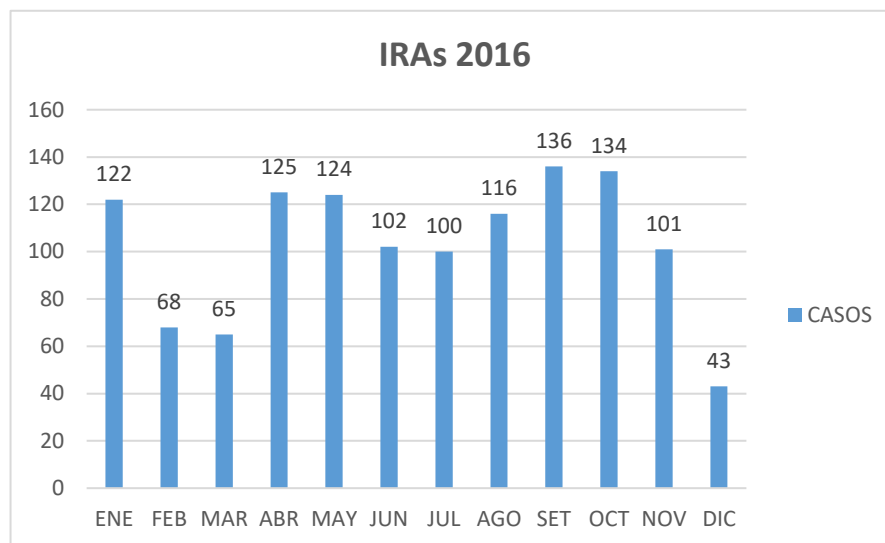


Figura 26 Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2016. Centro de Salud Huachac.

Tabla 21

Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – año 2016 Centro de Salud Huachac

Grupo etario	edad	Nºde casos IRAs	%
niños	< 29 d	0	0
	29 - 59 d	2	0.16
	2 - 11 m	93	7.52
	1 - 4 a	226	18.28
	5 - 11a	186	15.04
Jóvenes y adultos	12 - 19 a	132	10.67
	20 - 59 a	380	30.74
Tercera edad	> 60 a	217	17.56
total		1236	100

Fuente: Elaboración propia

Durante este año (tabla 21), en el grupo etario niños el mayor porcentaje de casos registrados con un 18.28 %, está dentro de las edades de 1 - 4, con respecto al grupo etario jóvenes y adultos, las personas que están entre los 20 - 59 años, tienen un 30.74 % y en el grupo etario tercera edad también registra un porcentaje considerable con un 17.56 % (figura 28), se observa mayor número de casos en las edades comprendidas de 20 a 59 años,



seguido de los niños entre las edades de 1 a 4 años y por adultos mayores, personas con más de 60 años. Con respecto al año 2015, son valores muchos más altos.

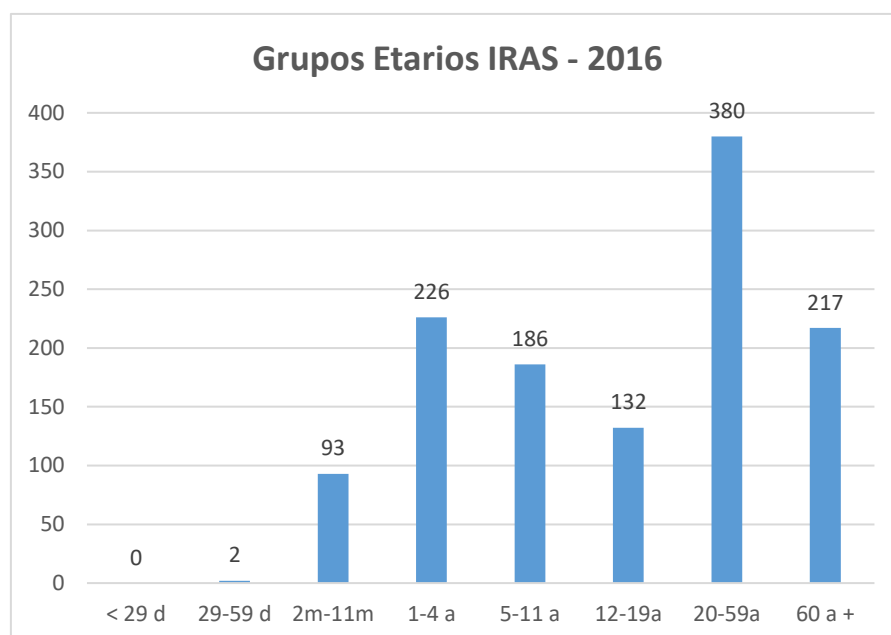


Figura 27 Frecuencia de los casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2016. Centro de Salud Huachac.

Respecto al número de casos por sexo (figura 29), el mayor número de casos de IRAs se presenta en el sexo femenino (768 casos) que representa un porcentaje de 62.14 % y en el sexo masculino (468 casos) con el 37.86 %.

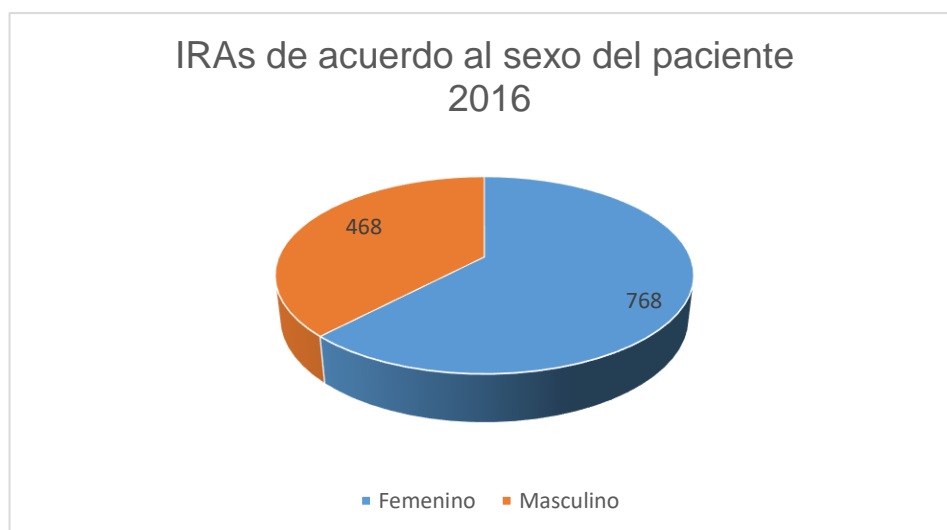


Figura 28 Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs año 2016. Centro de Salud Huachac.

Tabla 22

*Número de casos de infecciones respiratorias agudas, Centro de Salud Huachac - año 2017*

Mes	N° de casos IRAs	%
enero	55	4.39
febrero	71	5.67
marzo	72	5.75
abril	145	11.57
mayo	85	6.78
Junio	67	5.35
julio	144	11.49
agosto	115	9.18
septiembre	143	11.41
octubre	130	10.38
noviembre	112	8.93
diciembre	114	9.10
total	1253	100

Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2017 (tabla 22), se observa que en abril es donde se registra el mayor número de casos de IRAs con un 11.57 %, seguido del mes de julio con un 11.49 % y por último en septiembre con 11.41 %, y el menor número de casos se registra en enero con un 4.39 %. En este año se observa que no hay similitud con los dos años anteriores. En la figura 29 se puede observar mejor este comportamiento diferente a los dos años anteriores, abril presenta el mayor número de casos, seguido de julio y septiembre. Y en el mes de noviembre a comparación de los años 2015 y 2016 el número de casos es mayor.

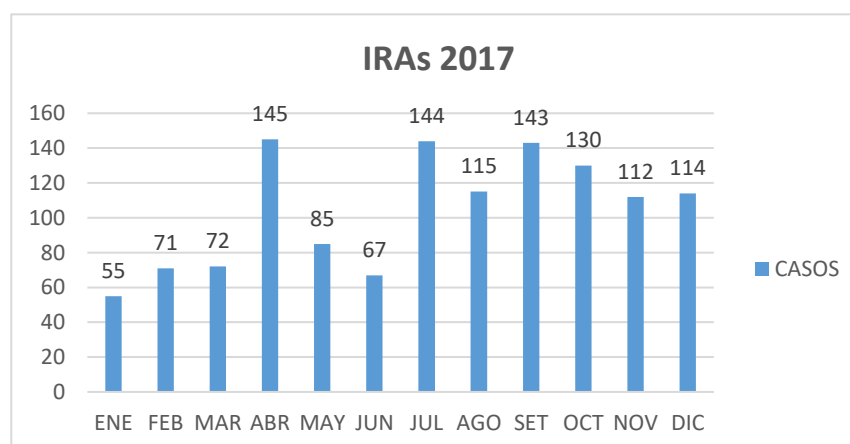


Figura 29 Número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas año 2017. Centro de Salud Huachac.

Tabla 23

*Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – año 2017 Centro de Salud Huachac.*

Grupo etario	edad	Nºde casos IRAs	%
niños	< 29 d	1	0,08
	29 - 59 d	2	0,16
	2 - 11 m	83	6,62
	1 - 4 a	276	22,03
	5 - 11a	191	15,24
Jóvenes y adultos	12 - 19 a	142	11,33
	20 - 59 a	370	29,53
Tercera edad	> 60 a	188	15,01
total		1253	100

Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2017 (tabla 23), en el grupo etario niños el mayor porcentaje de casos registrados con un 22.03 %, está dentro de las edades de 1 - 4 años, con respecto al grupo etario jóvenes y adultos, las personas que están entre los 20 - 59 años, tienen un 29.53 % y en el grupo etario tercera edad también registra un porcentaje considerado con un 15.01 %. En (figura 30), se observa que el mayor número de casos es del grupo etario jóvenes y adultos entre las edades de 20 a 59 años con 370 casos, seguido del grupo de 1 a 4 años con 279 casos y de niños de edades de 5 a 11 años con 191 casos.

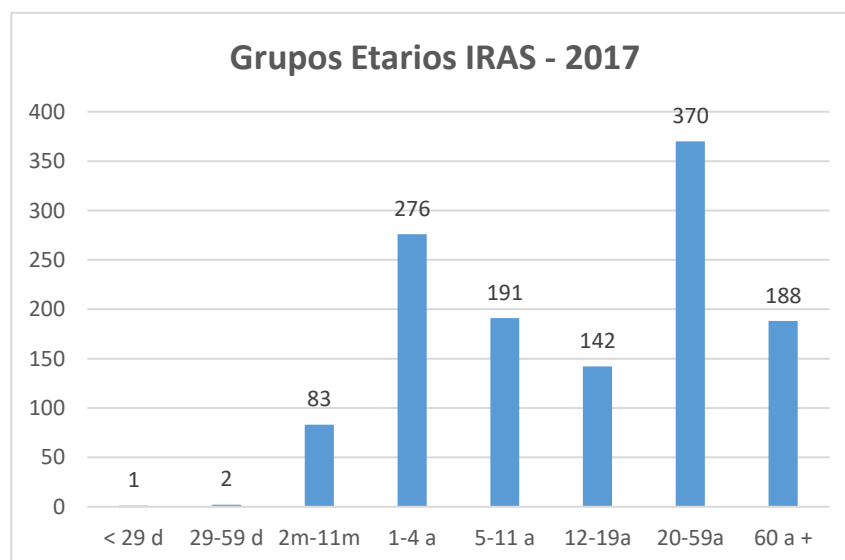


Figura 30 Frecuencia de los casos de infecciones respiratorias agudas según los grupos etarios durante el año 2017. Centro de Salud Huachac.

Con respecto al número de casos por sexo (figura 31), el mayor número de casos de IRAs se presenta en el sexo femenino (717 casos) que representa un porcentaje del 57.22 % y en el sexo masculino (con 536 casos) con el 42.78 %.

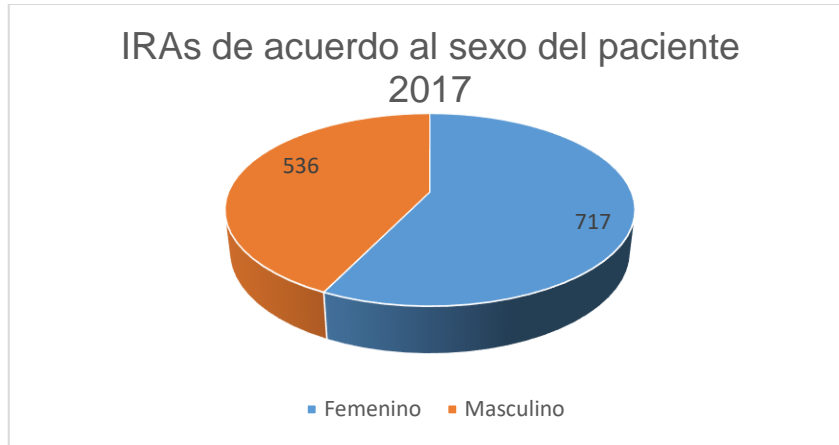


Figura 31 Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs año 2017. Centro de Salud Huachac.

Si observamos los resultados en los tres años (2015, 2016 y 2017), los grupos etarios que se ubican en los extremos de la vida, se evidencia que dentro del grupo etario niños, entre 1 a 4 años son los que presentan mayor incidencia de IRAs, y que de acuerdo a la (Organización Panamericana de la Salud, 1992), “las IRAs, son una de las causas más comunes de mortalidad en niños de los países en vías de desarrollo. Y cada niño registra unas 6 a 8 infecciones respiratorias agudas anualmente hasta los cinco años aproximadamente”. Y esto podría ser a causa de una mala nutrición, lactancia deficiente, madre muy joven y entre otros factores de riesgo como los climáticos, genéticos y socioculturales.

Mientras que el grupo etario tercera edad, personas mayores de 60 años también presentan un porcentaje considerable en los registros de IRAs, el cual podría estar relacionado según (Linares H.I et al., 2014), con factores de riesgo como el hábito de fumar, los malos hábitos alimentarios y el sedentarismo.

Al respecto muchos médicos indican que los adultos mayores, tienen mayor predisposición a las IRAs, porque muchos de ellos padecen de otras

enfermedades tales como la artritis y podrían estar medicados con corticoides que reducen la inflamación, pero afecta el sistema inmunitario.

Tabla 24

*Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – periodo 2015-2017*

Grupo etario	edad	Nº de casos IRAs	%
niños	< 29 d	6	0,17
	29 - 59 d	8	0,23
	2 - 11 m	247	7,13
	1 - 4 a	683	19,72
	5 - 11a	521	15,04
Jóvenes y adultos	12 - 19 a	374	10,79
	20 - 59 a	1064	30,72
Tercera edad	> 60 a	561	16,20
total		3464	100

Fuente: Elaboración propia

Durante todo el periodo de estudio las incidencias de IRAs se resumen en la tabla 24, observándose un mayor porcentaje en el grupo etario niños (el grupo de 1 - 4 años) con un 19.72 %, seguido de grupo etario jóvenes y adultos (grupo 20 - 59 años) con 30.72 % y adultos mayores con 16.20 %. En cuanto al total de mujeres y varones con IRAs, durante el periodo de estudio se evidencia un mayor número de mujeres (61 %), con respecto a varones (39 %) que padecieron esta infección respiratoria aguda.

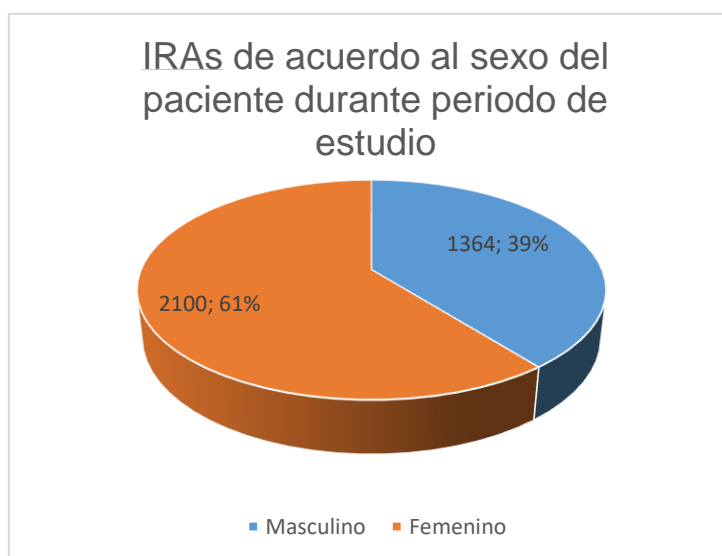


Figura 32 Número de casos entre sexo femenino y masculino, IRAs – Periodo de estudio 2015 - 2017. Centro de Salud Huachac.

### 3.3 Comparativo entre EOA e incidencias de IRAs

En la figura 33, muestra una comparación gráfica entre el EOA e IRAs, para cada año del periodo de estudio 2015 - 2017, se observa que cuando existe un máximo mensual de EOA, también hay mayor registro de casos de IRAs, esto es visible cuando empiezan las quemadas e incendios tanto locales, regionales e internacionales, en la figura (a) y (b), es en el mes de septiembre que coinciden estos máximos, (b) muestra un incremento de EOA e IRAs a partir del mes de junio, julio hasta septiembre, pero en la figura (c), el valor máximo es en noviembre y el número de casos de IRAs son relativamente más en comparación a los dos años anteriores.

Las infecciones respiratorias agudas son enfermedades que afectan a la población de manera constante, para ello hay que tener en cuenta la triada epidemiológica para que se dé una enfermedad debe haber un agente, un huésped y el ambiente este último juega un papel muy importante, dentro de los factores ambientales está el clima, el ambiente familiar, la demografía y la contaminación. Por lo que se quiere conocer si hay una relación entre estas dos variables.

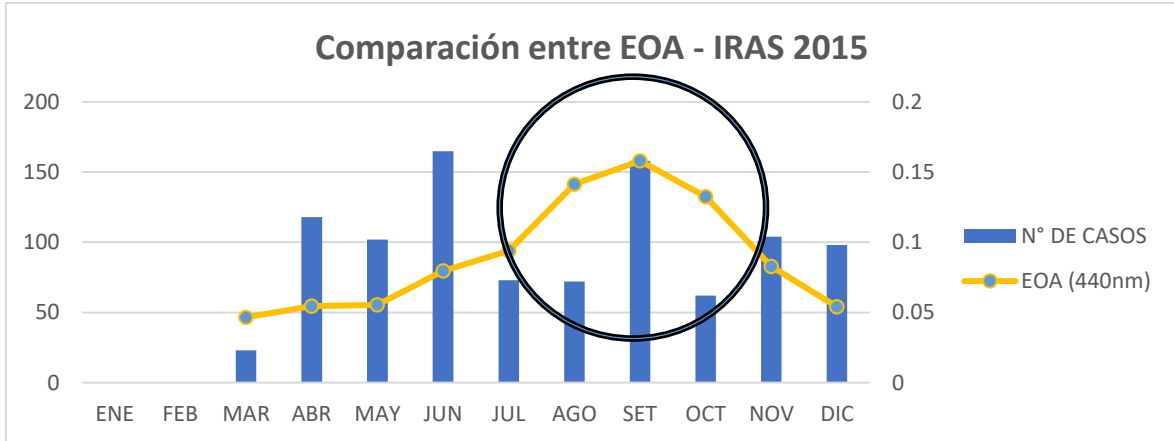
La figura 34, muestra una comparación entre el EOA e IRAs, para todo el periodo de estudio, se aprecia que las IRAs permanecieron elevadas durante el periodo poco lluvioso (Anexo 1); según (Orozco et al., 2004), los contaminantes atmosféricos:

Se incrementan debido a las reacciones fotoquímicas, porque en presencia de luz solar se produce la interacción de gases y el oxígeno; los cielos despejados inducen la formación de capas de inversión desde la tarde a las primeras horas de la mañana, por lo que, la contaminación se da en la capa superficial de la atmósfera.

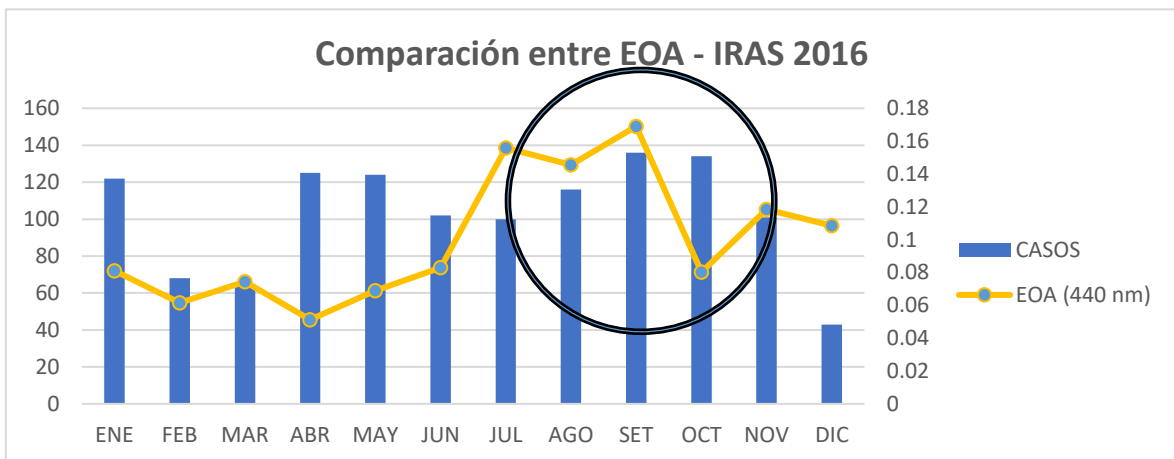
Mientras que, en la Figura 35 se muestra la comparación gráfica EOA por tipos e IRAs, a los tipos de aerosoles considerados como de fondo (CNT, MAR) y según (Orozco et al., 2004), "más del 80 % de las partículas en la atmósfera tienen un origen natural" y del tipo URB, están presentes en todo el periodo de estudio y los del tipo BIO, DUS y MIX, se presentan en el periodo pero es de resaltar que el tipo BIO, se presenta en los meses donde se registran mayores

incendios forestales y quemas de biomasa. Según el tamaño de las partículas, son las consideradas finas las que ocasionan mayor perjuicio a la salud humana, y los del tipo BIO están considerados dentro de este grupo.

(a)



(b)



(c)

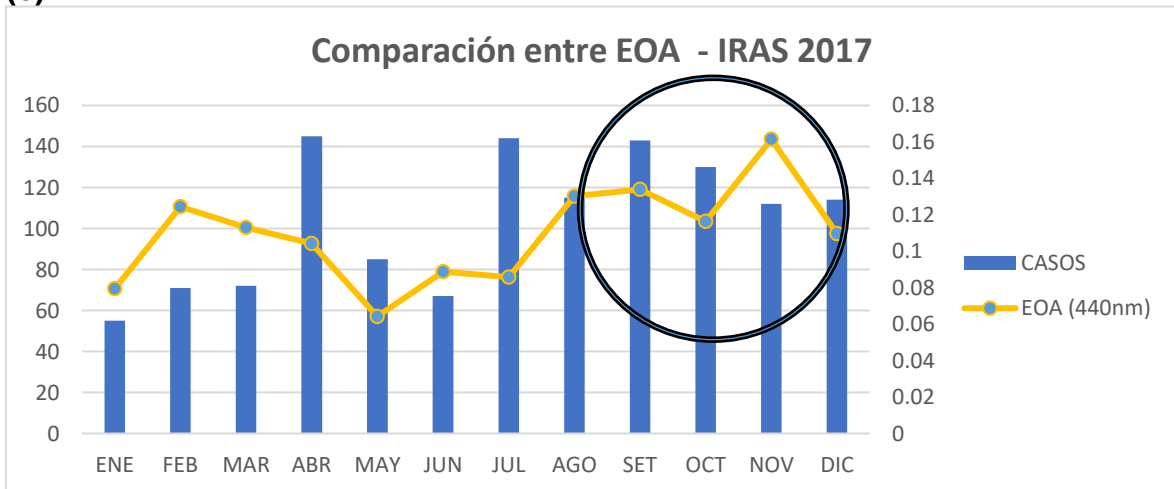


Figura 33 Comparación entre EOA ( $\lambda = 440 \text{ nm}$ ) e IRAs (a) año 2015 (b) año 2016 y (c) año 2017

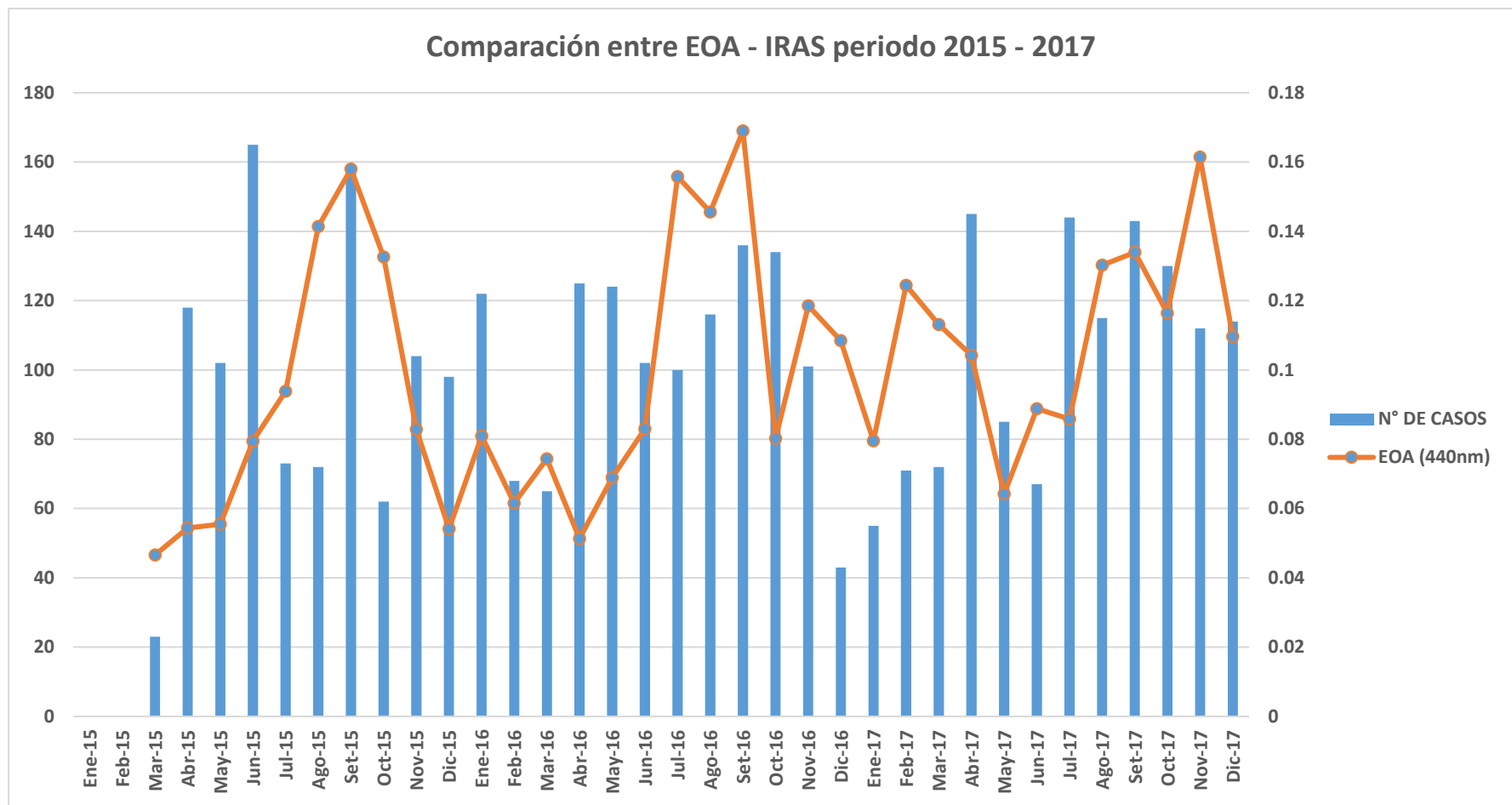


Figura 34 Comparativo entre EOA e IRAs durante el periodo de estudio 2015 -2017



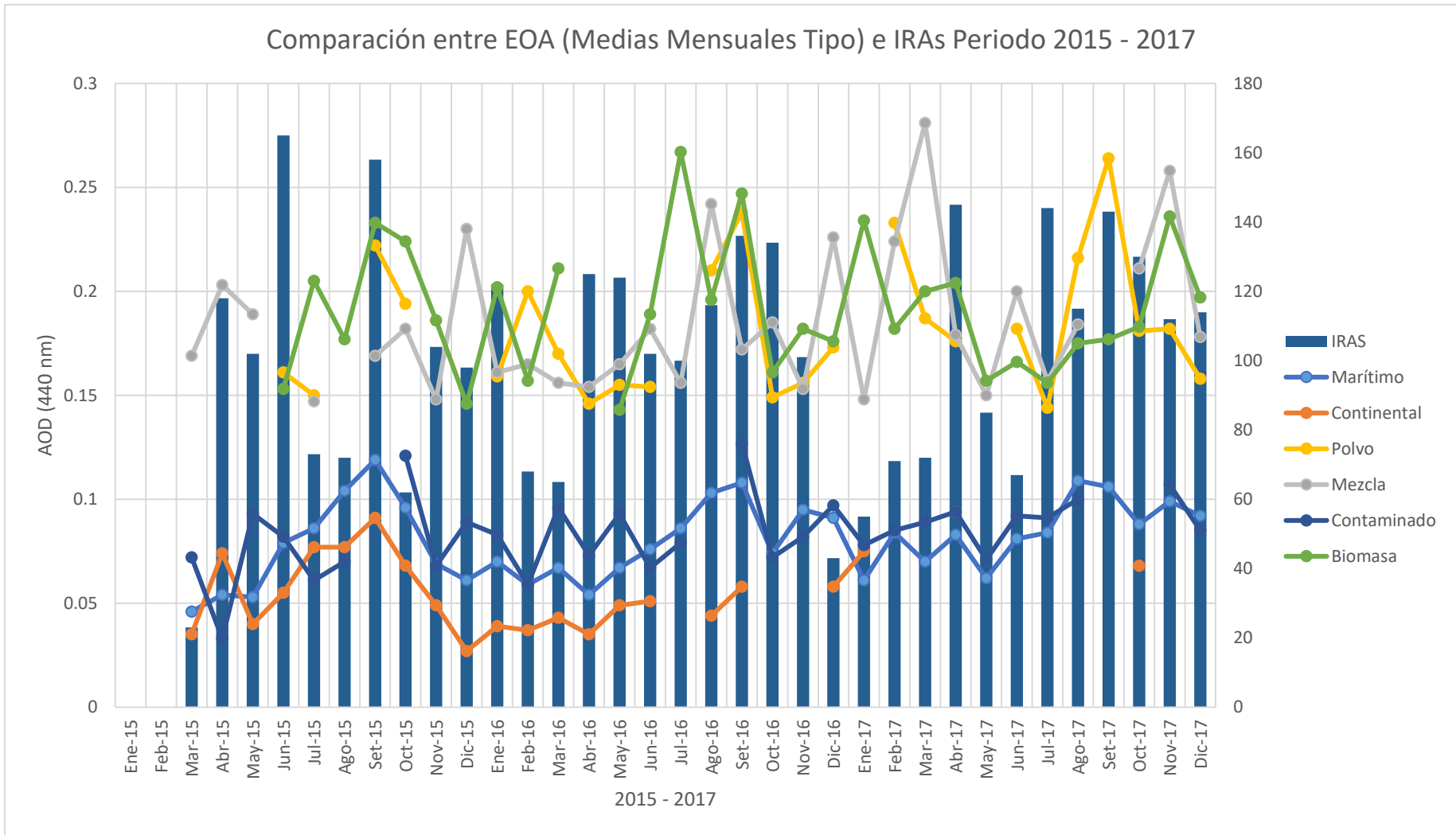


Figura 35 Comparación entre EOA (Media mensual tipo) e IRAs periodo 2015 - 2017

### 3.4 Resultados de prueba de hipótesis:

Para la prueba de hipótesis de la investigación, se realiza con el estadístico Correlación de Pearson.

Tabla 25  
*Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 – Distrito de Huachac*

Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs)	
EOA 440 nm	
Correlación de Pearson	0.208
Sig. bilateral	0.237*
N	34

\*No significativo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis estadístico muestran una relación estadísticamente no significativa ( $p > 0.05$ ) por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). Y para determinar la fortaleza de la correlación, se usa el coeficiente  $r$  de Pearson, el cual indica un  $r = 0.208$  entre estas 2 variables (EOA y las IRAs), y de acuerdo a la tabla 13 nos indica una fuerza de correlación baja. Y de acuerdo a la covarianza  $S_{XY} = 0.247$ , indica una relación directa, entre estas dos variables, es decir si aumenta el EOA, también aumentara los registros de IRAs.

El valor de  $N = 34$ , indica el número de muestras, se tomó por meses, por lo que el número es 34, durante el periodo de estudio 2015 (10 meses), 2016 (12 meses) y 2017 (12 meses). Para el EOA son los promedios mensuales y para las IRAs son los números de caso por meses.

La figura 36, muestra el diagrama de dispersión o nube de puntos entre EOA e IRAs, observándose los puntos muy dispersos, lo que indica que la correlación es lineal, pero muy baja, y el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.043$ , lo confirma, con un 4.3%, porcentaje que también indica los individuos que son afectados por esta variabilidad, además que este modelo tiene una recta de precisión y relación lineal muy baja, e inclusive se puede afirmar que no mejora la predicción de este modelo por estar cercano a 0.

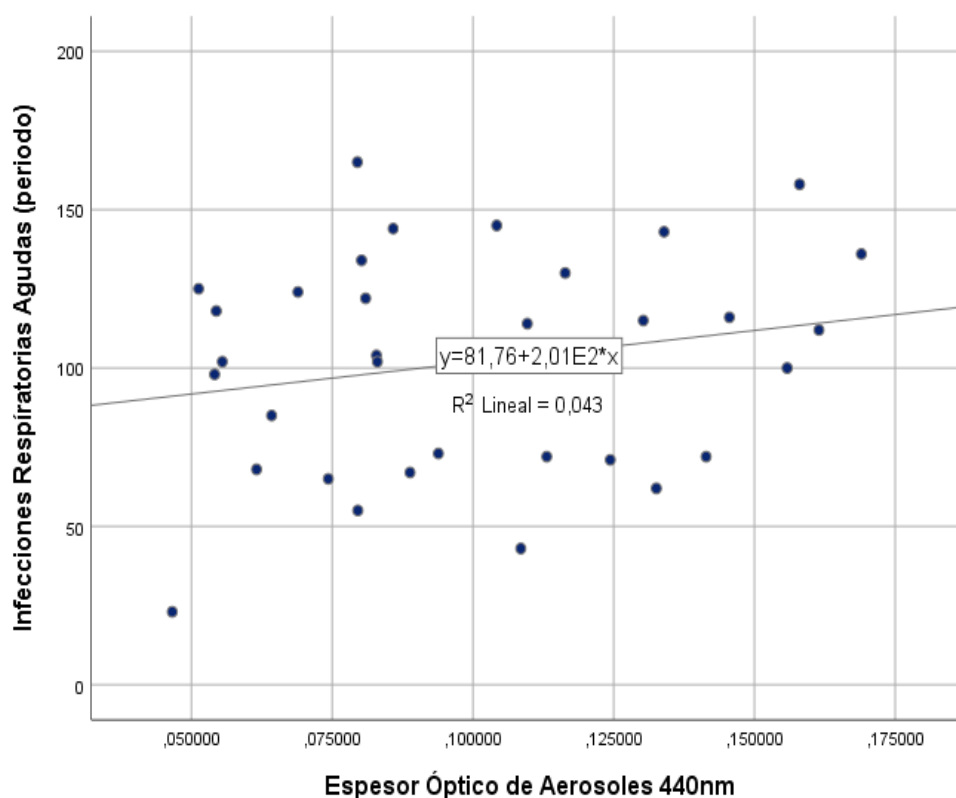


Figura 36 Diagrama de dispersión entre EOA (440 nm) e IRAs, durante el periodo 2015 - 2017 Distrito de Huachac

Tabla 26

Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 – por grupos etarios - Distrito de Huachac

Grupo etario	edad	<i>p</i> - valor	<i>r</i>	R <sup>2</sup>	fortaleza
Niños	< 29 d	0.566	-0.102	0.010	Muy baja
	29 - 59 d	0.257	0.200	0.040	baja
	2 - 11 m	0.626	-0.087	0.008	Muy baja
	1 - 4 a	0.600	0.093	0.009	Muy baja
	5 - 11a	0.372	0.158	0.025	Muy baja
Jóvenes y Adultos	12 - 19 a	0.146	0.255	0.065	baja
Tercera edad	20 - 59 a	0.171	0.241	0.058	baja
	> 60 a	0.169	0.241	0.058	baja

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 muestra el resumen de la correlación de Pearson como prueba de Hipótesis para los diferentes grupos etarios, de acuerdo al *p* - valor, se observa que para ningún grupo etario es significativo, la menor probabilidad de error es del grupo jóvenes y adultos, seguido del grupo etario tercera edad. Y por el

contrario la mayor probabilidad de error está en el grupo etario niños comprendidos entre las edades de 2-11 m y 1-4 a.

Para el grupo etario niños, en las edades (<29 días y de 2 - 11 meses), las correlaciones tiene signo negativo, quiere decir que a mayor EOA, habrá menor número de casos de IRAs,  $R^2$  nos indica que no tienen una relación lineal, en las edades (29-59 días, 1-4 años y 5-11 años), se observa una correlación positiva, pero muy baja, es decir a mayor EOA, los valores de  $R^2$  también nos indican que no se puede decir que existe una relación lineal. Todos los diagramas de dispersión se muestran en el Anexo 8.

Tabla 27  
*Correlación de Pearson – Datos registrados de EOA y de IRAs periodo 2015 -2017 – por sexo - Distrito de Huachac*

sexo	<i>p - valor</i>	<i>r</i>	$R^2$	fortaleza
masculino	0.103	0.284	0.081	baja
femenino	0.426	0.141	0.020	baja

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 resume los resultados de correlación de Pearson entre EOA e IRAs de acuerdo al sexo de los pobladores que registraron IRAs durante el periodo de estudio, existe una correlación baja para ambos, y los resultados de  $R^2$  indican que no se ajustan a una correlación lineal, y estas relaciones no son significativas. Pero es de resaltar que  $R^2$  para los pacientes de sexo masculino es 8.1% mayor en comparación a los pacientes de sexo femenino con un 2%, la (Organización Panamericana de la Salud, 1992), menciona que los varones tienen mayor predisposición a adquirir una infección respiratoria aguda, se explica probablemente, porque son ellos precisamente quienes se encuentran más expuestos al medio ambiente por su trabajos y de acuerdo a (Carmona Hernández, 2009) la “exposición ambiental es normalmente una combinación de agentes biológicos, físicos y químicos, a los que el individuo, se expone en campo abierto como también en recintos cerrados”. Los diagramas de dispersión se muestran en el Anexo 9.

## Conclusiones

- Con una probabilidad de error del 20.8 % no existe relación entre espesor óptico de aerosoles (EOA 440 nm) y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) en los pobladores del distrito de Huachac-Chupaca, durante el periodo (2015-2017), siendo estadísticamente una relación no significativa. Por lo que no se pudo demostrar que el EOA se relacionan con las IRAs durante este periodo de estudio, puesto que el  $p$ -valor es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ), existiendo evidencia no concluyente sobre la relación entre las variables. El coeficiente de correlación  $r$  de Pearson ( $r = 0.207$ ), indica una fortaleza de correlación baja entre el espesor óptico de aerosoles (EOA 440 nm) y el número de registros de infecciones respiratorias agudas (IRAs).
- La caracterización del EOA en el canal de 440 nm comprobada en la atmósfera de la estación IGP Huancayo, muestra una fuerte estacionalidad relacionada con las condiciones climáticas prevalecientes y los numerosos brotes de quemaduras e incendios registrados en la región y son una fuente importante de aerosoles tipo BIO. En los meses con mayor influencia de incendios, los promedios de EOA se verifican alrededor de 0.158 a 0.169, mientras que, en los meses con aire más limpio, los valores de EOA se observaron alrededor de 0.047 a 0.064. Los meses comprendidos entre la estación otoño e invierno (julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre), se presentan las medias máximas más altas de EOA, y es en septiembre donde se registraron días con máximos promedios diarios: 0.5860 (2015), 0.8716 (2016) y 0.4328 (2017), y de acuerdo al AE (exponente de Ångström), son aerosoles del tipo BIO. Y con los análisis de las medias mensuales los resultados arrojan que el mes de septiembre de los años 2015 y 2016 tienen los valores de EOA más altos y es en el mes de noviembre en el año 2017. Con la caracterización por tipos es en septiembre (2015 y 2016) que los aerosoles del tipo biomasa están presentes en un porcentaje de 48% y 50% y en 2017 el mes de noviembre tiene un porcentaje de 33%. Los aerosoles de tipo CNT son los que predominan en el observatorio con el 71% de todos

los tipos, condicionados a las masas de aires provenientes del norte y del noreste que están en movimiento constante todo el tiempo sobre el continente, el cual indicaría su presencia durante todo el periodo de estudio.

- Los registros de IRAs durante el periodo de estudio (2015 - 2017) muestran un total de 3 464 casos, de acuerdo al grupo etario, demuestran que el grupo etario jóvenes y adultos (20 - 59) años, son los que tienen mayor número de casos registrados y hacen un porcentaje de 30.72 %, seguido del grupo etario niños entre las edades de (1 – 4) años con un 19.72 %, y los de (5 – 11) años están con un 15.04 %, mientras que el grupo tercera edad (> 60 años) registra un porcentaje de 16.20 %.
- De acuerdo al análisis estadístico la relación entre EOA e IRAs, de acuerdo a cada grupo etario son no significativas, lo que indica que existen otros factores de riesgo como las climáticas y socioculturales que condicionan a la prevalencia e incidencia de estas patologías.
- Las IRAs registradas de acuerdo al sexo de los pacientes, durante el periodo de estudio demuestran que del total de casos registrados (3 464), el 61 % son mujeres y el 39 % son varones, observando que las IRAs afectan de manera diferente a hombres y mujeres, habría que distinguir si estas diferencias son debidas a la expresión de riesgos dispares ligados al sexo y/o están relacionados con desigualdades de género, y conforme al análisis estadístico se concluye que son los varones que tienen “mayor” predisposición a tener cualquier patología relacionada a IRAs que las mujeres, aunque estos resultados no sean significativos estadísticamente.

## Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios de casos sobre las incidencias y prevalencias de las infecciones respiratorias agudas y contaminantes atmosféricos. Porque un seguimiento más personalizado arrojaría datos muy importantes al respecto de los efectos ambientales en la salud pública.
- Los aerosoles al estar directamente relacionados con partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, y siendo este último una fracción con efectos más nocivos, se recomienda analizar su composición química tanto en ambientes abiertos y cerrados, de manera que se tenga una idea de la fuente de esas partículas.
- Se recomienda organizar vigilancias epidemiológicas cuando hay episodios de incendios forestales y quemadas masivas.
- La educación ambiental y la sensibilización deben estar de la mano, tanto en el sector público, como privado y eso ayudaría a entender mejor los efectos que traen la exposición prolongada a contaminantes atmosféricos a nuestra salud. Por lo que se recomienda una mayor difusión de los estudios al respecto, tanto a centros educativos de los tres niveles, universidades, centros de salud, municipalidades locales, provinciales y regionales, empresas públicas y privadas, entre otros.
- El fin de todo trabajo de investigación debe ser la calidad de vida del poblador, por lo que se recomienda pasar de la evidencia científica a la política pública, mediante herramientas de gestión ambiental.
- Se recomienda realizar estudios con otras enfermedades causadas por la exposición a contaminantes atmosféricos como cáncer de pulmón y anemia.

## Bibliografía

- Aerosol Optical Depth (AOD)*. (2009). [Sitios Educativos]. SERVIR.  
[http://www.servir.net/haiti-earthquake-2010/69-smog-blog-help-files/386-aerosol-optical-depth-\(aod\).html](http://www.servir.net/haiti-earthquake-2010/69-smog-blog-help-files/386-aerosol-optical-depth-(aod).html)
- Aire—IDEAM*. (s. f.). Recuperado 22 de agosto de 2019, de  
<http://www.siac.gov.co/aire>
- Andrade Filho, V. S. de, Artaxo, P., Hacon, S., Carmo, C. N. do, & Cirino, G. (2013). Aerosóis de queimadas e doenças respiratorias em crianças, Manaus, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 47(2), 239-247.  
<https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047004011>
- Andreae, M. O. (2007). *Aerosols Before Pollution*. Vol. 315, Issue 5808, pp. 50-51, 3. [https://doi.org/DOI: 10.1126/science.1136529](https://doi.org/DOI:10.1126/science.1136529)
- Ayuntamiento de Madrid. (2015). *Portal Web de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid*. Preguntas frecuentes.  
<http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calair/PregFrecuentes/index.html>
- Beaglehole, R., Bonita, R., & Kjellström, T. (1993). *Basic epidemiology*. World Health Organization.
- Blazquez, E. (2015). *El Universo y el Hombre* [Blog]. Contaminación atmosférica. Detección, prevención, corrección.  
<http://enriqueblazquezl.blogspot.com/2016/03/ud.html>
- Calderón, P. E. M. (2018). *Influencia del transporte de concentración de PM10 en el espeor optico de aerosol de la ciudad de Huancayo en el año 2015-2016*. Universidad Continental.
- Carlos Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, & Pilar Baptista Lucio. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta. Edición). McGRAW-HILL.
- Carmona Hernández, J. C. (2009). Infección Respiratoria Aguda en relación con la contaminación atmosférica y otros factores ambientales. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 9(1), 59-79.  
<https://doi.org/10.30554/archmed.9.1.1306.2009>



- Chana, J. L. (2003). Efectos de la Contaminación Atmosférica en el clima Urbano y Calidad Ambiental de Arequipa Universidad Nacional San Agustín Arequipa, Perú. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, nº 37, 12.
- de Souza, A. (2016). Association Between Aerosols and Hospitalizations for Respiratory Diseases. *Revista Brasileira de Climatologia*, 19, 14.
- Departamento de Junín—Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2019, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento\\_de\\_Jun%C3%ADn](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Jun%C3%ADn)
- Drago, J. C. S. (2015, marzo 10). ¡Pero qué linda relación tienen! La correlación de Pearson. *Stats SOS*. <https://statssos.net/2015/03/10/pero-que-linda-relacion-tienen-la-correlacion-de-pearson/>
- Eck, T. F., Holben, B. N., Reid, J. S., Dubovik, O., Smirnov, A., O'Neill, N. T., Slutsker, I., & Kinne, S. (1999). Wavelength dependence of the optical depth of biomass burning, urban, and desert dust aerosols. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104(D24), 31333-31349. <https://doi.org/10.1029/1999JD900923>
- Elton Alisson. (2014, agosto 21). *La deforestación de la Amazonia incrementa la contaminación en países de América del Sur*. AGÊNCIA FAPESP. <http://agencia.fapesp.br/la-deforestacion-de-la-amazonia-incrementa-la-contaminacion-en-paises-de-america-del-sur/19639/>
- Estevan, R., Martínez-Castro, D., Suarez-Salas, L., Moya, A., & Silva, Y. (2019). First two and a half years of aerosol measurements with an AERONET sunphotometer at the Huancayo Observatory, Peru. *Atmospheric Environment: X*, 3, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100037>
- Gobbi, G. P., Kaufman, Y. J., Koren, I., & Eck, T. F. (2007). Classification of aerosol properties derived from AERONET direct sun data. *Atmos. Chem. Phys.*, 6.
- Gonzalez, L. A. H. (2016). *Caracterización de la Contaminación por Material Particulado en Bogotá mediante Fotometría Solar*. 88.
- Hernandez, L. A. G. (2016). *Caracterización de la Contaminación por Material Particulado en Bogotá mediante Fotometría Solar*. 88.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGrawHill.

- Hess, M., Koepke, P., & Schult, I. (1998). Optical Properties of Aerosols and Clouds: The Software Package OPAC. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(5), 831-844. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<0831:OPOAAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0831:OPOAAC>2.0.CO;2)
- Hinds, W. C. J. W. & S., Inc. (1982). *Aerosol Technology, Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*.
- Holben, B. N., Tanré, D., Smirnov, A., Eck, T. F., Slutsker, I., Abuhassan, N., Newcomb, W. W., Schafer, J. S., Chatenet, B., Lavenue, F., Kaufman, Y. J., Castle, J. V., Setzer, A., Markham, B., Clark, D., Frouin, R., Halthore, R., Karneli, A., O'Neill, N. T., ... Zibordi, G. (2001). An emerging ground-based aerosol climatology: Aerosol optical depth from AERONET. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D11), 12067-12097. <https://doi.org/10.1029/2001JD900014>
- Huancayo-IGP - AERONET Site Information Database. (s. f.). Recuperado 19 de septiembre de 2019, de [https://aeronet.gsfc.nasa.gov/new\\_web/photo\\_db\\_v3/Huancayo-IGP.html](https://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/photo_db_v3/Huancayo-IGP.html)
- INEI. (2018). *PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*. <https://www.inei.gob.pe/>
- Infección respiratoria aguda—Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2019, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Infecci%C3%B3n\\_respiratoria\\_aguda](https://es.wikipedia.org/wiki/Infecci%C3%B3n_respiratoria_aguda)
- IPCC. (2007). *Informe IPCC 2007 Cambio Climático 2007*. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Jacobson, M. Z. (2005). *Fundamentals of Atmospheric Modeling*. Cambridge University Press.
- L. A. Otero, Ristori, P. R., Papandrea, S., Pallotta, L., D'Elia, R., & Quel, E. J. (2016). Mediciones en la patagonia argentina de espesor óptico de aerosoles con fotómetros solares de la red Aeronet. *Anales AFA*, 26(4). <https://anales.fisica.org.ar/journal/index.php/analesafa/article/view/2070>
- Linares H.I, Hidalgo S.C, Echemendía S.D, & Reyes C.M. (2014). Factores de riesgo asociados a infecciones respiratorias en adultos mayores, Banao, Sancti Spíritus, 2013. *Facultad de Tecnología de la Salud, Revista Cubana*

*de Tecnología de la Salud; Suplemento Especial II Convención "Tecnología y Salud".*

Linea Verde. (2012). *Los contaminantes atmosféricos*. 7.

Marino, D. J. G. (2011). *Estudio teórico experimental sobre respuestas biológicas a compuestos orgánicos de relevancia ambiental* [Http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2744].

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2744>

Martínez, F., Rosas, F., Juárez, M., & Salas, A. (2006). Estudio piloto en mediciones de tamaño de partícula. *Simposio de Metrología*.

Martínez, J. V. D. (2012). *Validación de productos Modis (aerosoles) sobre la costa mediterránea septentrional*. 74. <https://doi.org/10.13140/2.1.1586.8801>

Ministerio de Salud de Argentina. (2018). *Guía de vigilancia epidemiológica y recomendaciones para la prevención y diagnóstico de las Infecciones Respiratorias Agudas en Argentina*. (2009.<sup>a</sup> ed., Vol. 4).

Ministerio de Salud y Protección Social Colombia. (s. f.). *Infecciones Respiratorias Agudas (IRA)*. Recuperado 23 de noviembre de 2019, de [https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-\(IRA\).aspx](https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-(IRA).aspx)

Monitoreo de la calidad del aire, emisiones gaseosas y parámetros meteorológicos., G. F. (2014). *Diplomado en Monitoreo de la calidad del aire, emisiones gaseosas y parámetros meteorológicos*. Modulo 1.

Montalvo, A. P. (2013). *Caracterización Física De Los Patrones De Aerosol Atmosférico Transatlánticos Desde La Perspectiva De La Teledetección*. 5.

Moreno, T. (2007). *Aerosoles atmosféricos: Problemas ambientales*. 4.

NASA Scientific Visualization Studio, & Massachusetts Institute of Technology. (2018, mayo 23). *El fin de los dinosaurios. ¿Cómo se extinguieron?* Atom Central Earth Science and Remote Sensing Unit. <https://www.youtube.com/watch?v=rMZKS8jqM6s>

NOAA. (s. f.). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Recuperado 18 de agosto de 2019, de <https://www.noaa.gov/>

NOAA. (2019). *Air Resources Laboratory—HYSPLIT - Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model*. <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>

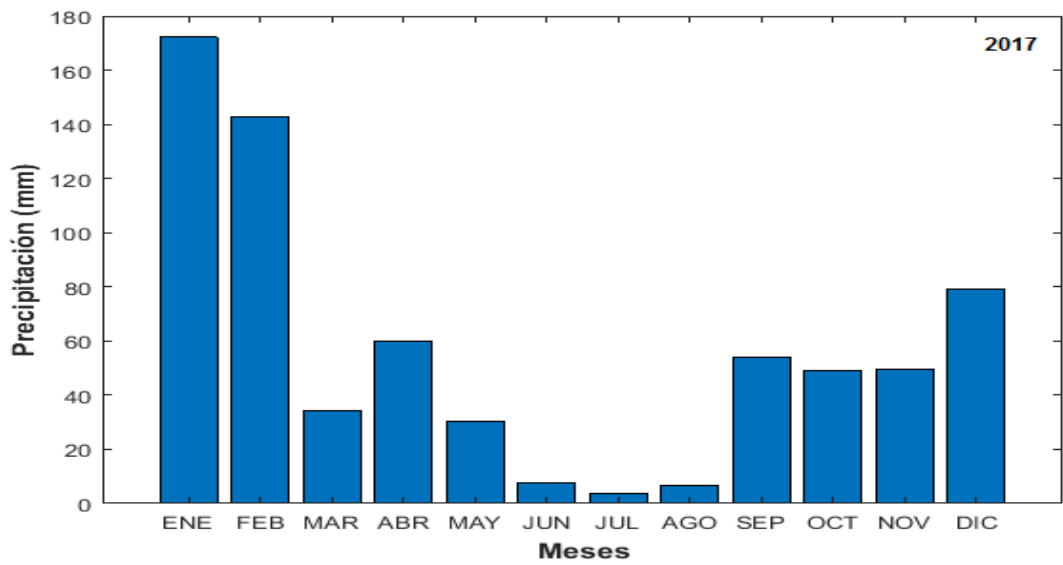
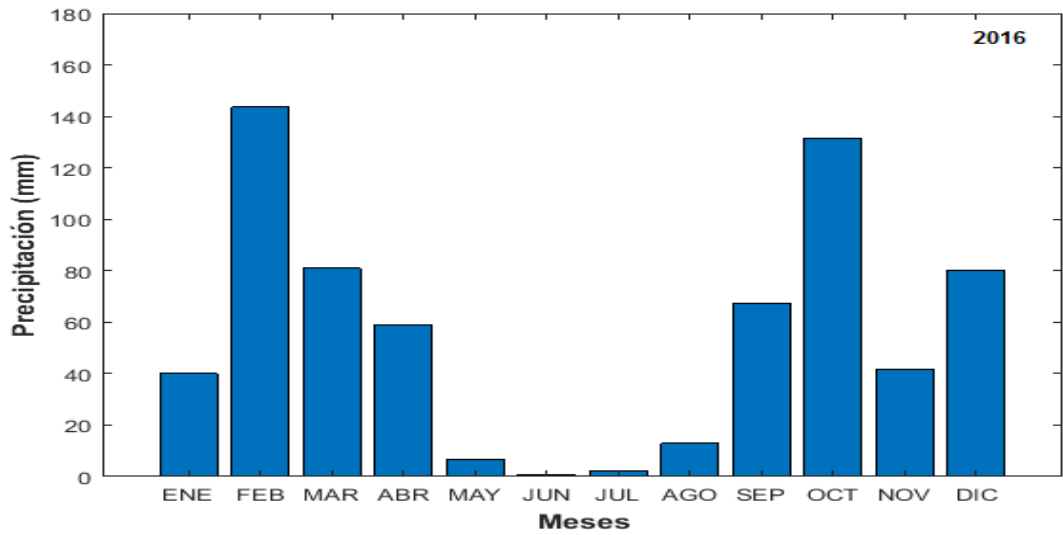
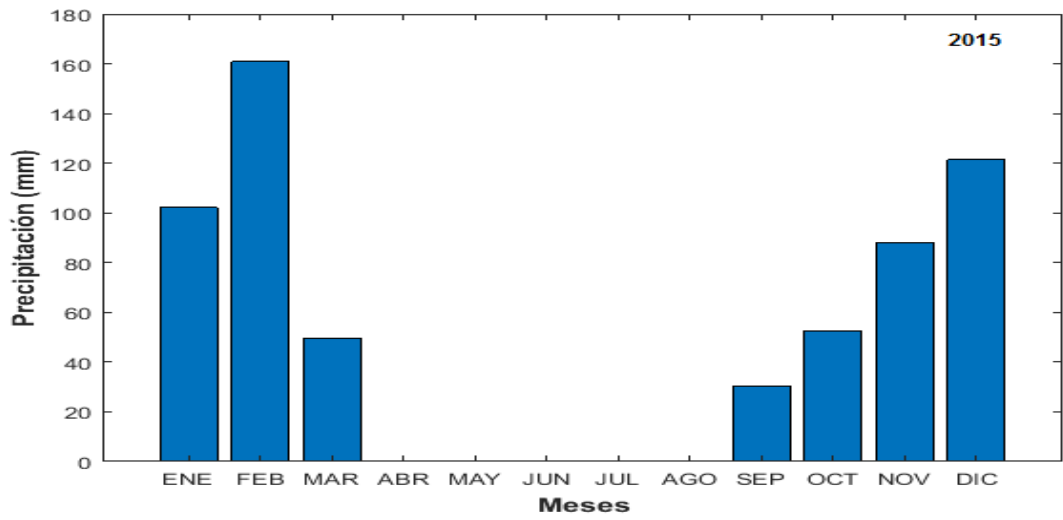
- Oliveira, D. C. F. dos S., Hoelzemann, Judith Johanna, & Montilla-Rosero, E. (2016). *Caracterização e classificação das propriedades ópticas de aerossóis na atmosfera de Natal, Brasil*. 28.
- OMS. (1992). *Infecciones respiratorias agudas en los niños: Tratamiento de casos en hospitales pequeños*. OPS (Organización Panamericana de la Salud).
- OMS. (2018). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. World Health Organization. [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Panamericana de la Salud. (1992). *Infecciones respiratorias agudas en los niños: Tratamiento de casos en hospitales pequeños*. Organización Panamericana de la Salud.
- Organización Panamericana de la Salud, O. M. de la S. (Ed.). (1995). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud* (Décima revisión. [10a rev.]). OPS, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
- Organización Panamericana de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (2015). *Informe del país: Perú* [Estadístico]. Salud en las Américas. [https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?page\\_t\\_es=informes%20de%20pais/peru&lang=es](https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?page_t_es=informes%20de%20pais/peru&lang=es)
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzalez, M., Rodriguez, F., & Alfayate, J. (2004). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Editorial Paraninfo.
- Otero, L., Ristori, P., & Holben, B. (2006). *Espesor óptico de aerosoles durante el año 2002 para diez estaciones pertenecientes a la red AERONET – NASA Aerosol Optical Thickness at ten AERONET – NASA stations during 2002*. 10.
- Otero, L., Ristori, P., Holben, B., & Quel, E. (1999). Espesor óptico de aerosoles durante el año 2002 para diez estaciones pertenecientes a la red AERONET–NASA. *Geophys. Res*, 104, 333–349.
- Ovalles, Y. B., & Velásquez, J. N. (2015). *Infecciones respiratorias virales en pediatría: Generalidades sobre fisiopatogenia, diagnóstico y algunos desenlaces clínicos*. 9.

- Pandis, S. N., Harley, R. A., Cass, G. R., & Seinfeld, J. H. (1992). Secondary organic aerosol formation and transport. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 26(13), 2269-2282. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(92\)90358-R](https://doi.org/10.1016/0960-1686(92)90358-R)
- Pöschl, U. (2005). Atmospheric Aerosols: Composition, Transformation, Climate and Health Effects. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(46), 7520-7540. <https://doi.org/10.1002/anie.200501122>
- Press, E. (2016, junio 14). *Los aerosoles fortalecen las nubes de tormenta y producen más lluvia*. <https://www.europapress.es/ciencia/habitat-y-clima/noticia-aerosoles-fortalecen-nubes-tormenta-producen-mas-lluvia-20160614104129.html>
- Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Cusack, M., Perez, N., Mihalopoulos, N., Theodosi, C., Gerasopoulos, E., Kubilay, N., & Kocak, M. (2009). Variability in regional background aerosols within the Mediterranean. *Atmos. Chem. Phys.*, 17.
- Ramachandran, G. (2015, abril 17). *Metphast Midwest Emerging Technologies Public Health & safety training programs. Module 4: Introduction to Aerosols—YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=Blvos4ppeNM&t=129s>
- REUNIS. (2019). *REUNIS: Repositorio Único Nacional de Información en Salud—Ministerio de Salud*. <https://www.minsa.gob.pe/reunis/>
- Revista N° 58. (2008, septiembre 1). *¿Qué son las PM<sub>2,5</sub> y cómo afectan a nuestra salud?* • *Ecologistas en Acción* [Sitios Educativos]. Ecologistas en Acción. <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>
- Sánchez, S, P., O. (2014). *Tendencias Contemporáneas: Metodología y Estadística*. <https://gestion.pe/opinion/percepcion-neuro-estructura-investigacion-cientifica-espacio-139393-noticia/>
- SENAMHI - Perú. (s. f.). Recuperado 3 de noviembre de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez, L., Castillo, L., Marín, M., Carrillo, G., Rímac, L., Pomalaya, J., & Menacho, R. (2006). *Estudio de la variación estacional de ozono troposférico y aerosoles del Perú relacionado a las quemadas de vegetación en la Amazonía*. 7.

- Technical Working Group on priority disease, subgroup R. H. (2004). *Baseline Report on Research Needs*. 168.
- Toledano, C., Cachorro, V. E., Berjon, A., de Frutos, A. M., Sorribas, M., de la Morena, B. A., & Goloub, P. (2007). Aerosol optical depth and Ångström exponent climatology at El Arenosillo AERONET site (Huelva, Spain). *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 133(624), 795-807. <https://doi.org/10.1002/qj.54>
- Toledano O. C. (2005). *Climatología de los aerosoles mediante la caracterización de propiedades ópticas y masas en la estación « El Arenosillo» de la red AERONET*.
- US Department of Commerce, N. (s. f.). *ESRL Global Monitoring Division—GRAD - Surface Radiation Budget Network (SURFRAD)*. Recuperado 22 de agosto de 2019, de <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/surfrad/aod/comp1.html>
- Valero, N., Larreal, Y., Arocha, F., Gotera, J., Mavarez, A., Bermudez, J., Moran, M., & Maldonado, M. (2009). Etiología viral de las infecciones respiratorias agudas. *Investigación Clínica*, 11.
- Venkataraman, C., Negi, G., Brata Sardar, S., & Rastogi, R. (2002). Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol emissions from biofuel combustion. *Journal of Aerosol Science*, 33(3), 503-518. [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(01\)00185-9](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(01)00185-9)

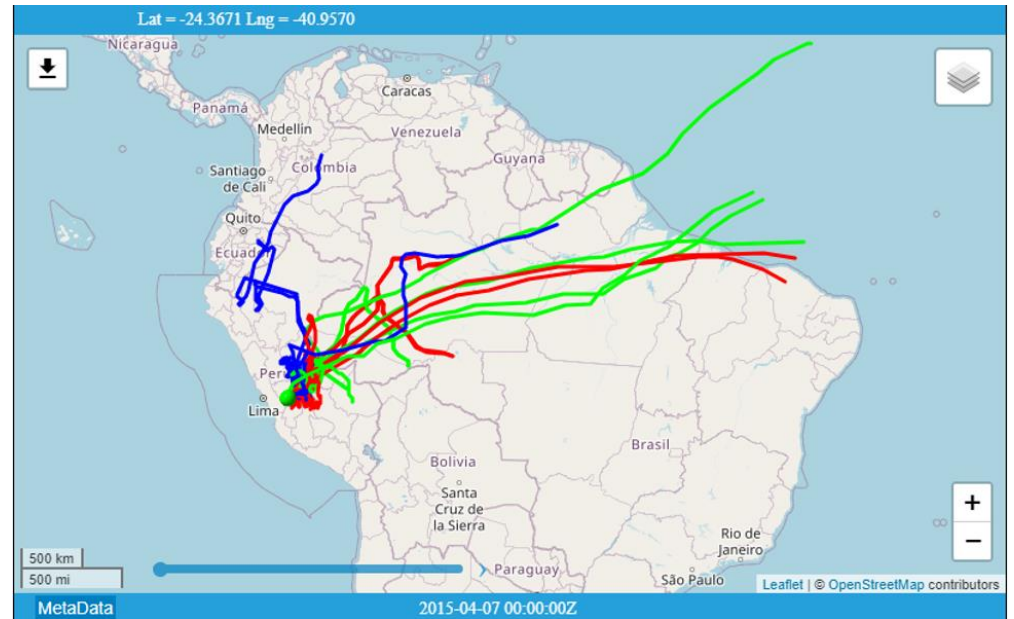
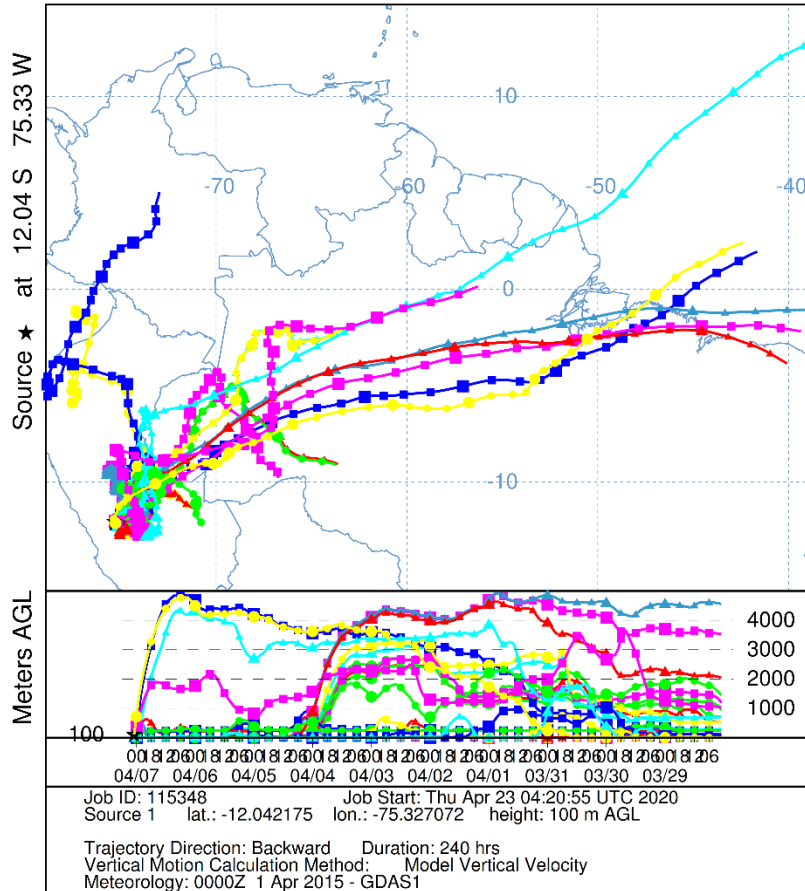
## Anexos

### Anexo 1: Registro de precipitaciones durante los años 2015, 2016 y 2017



## Anexo 2: Trayectorias de masas de aire - HYSPLIT Huancayo abril 2015

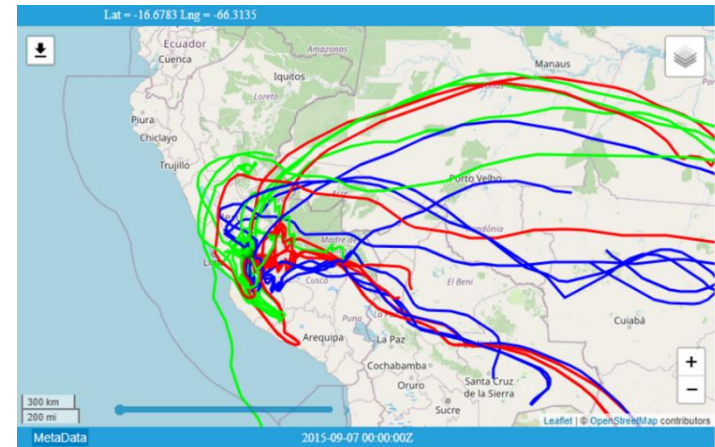
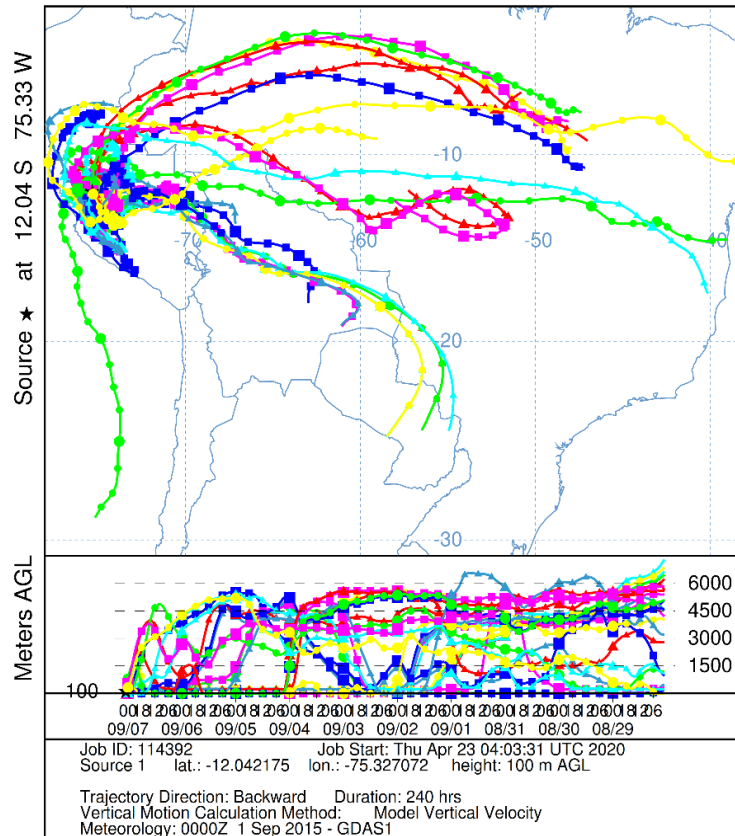
NOAA HYSPLIT MODEL  
 Backward trajectories ending at 0100 UTC 07 Apr 15  
 GDAS Meteorological Data



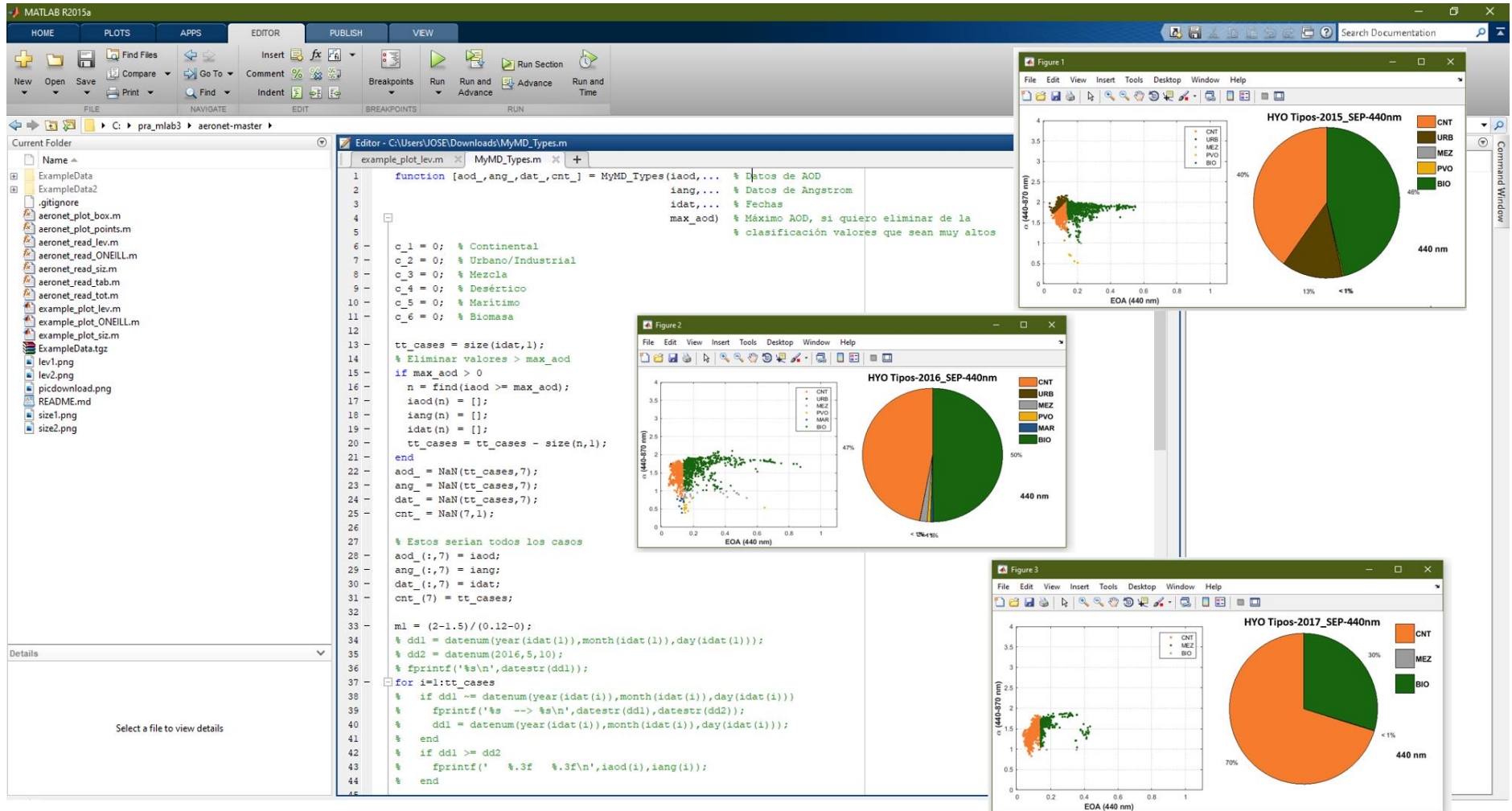


### Anexo 3: Trayectorias de masas de aire - HYSPLIT Huancayo setiembre 2015

NOAA HYSPLIT MODEL  
 Backward trajectories ending at 0100 UTC 07 Sep 15  
 GDAS Meteorological Data



## Anexo 4: Fragmento del script en Matlab para el procesamiento de los datos de EAO de acuerdo a los tipos de aerosoles



## Anexo 5: Base de datos Espesor Óptico de Aerosoles (EOA) y Exponente de Angstrom (EA - $\alpha$ ) 2015-2016 y 2017

### Base de Datos AERONET: Espesor Óptico de Aerosoles (EOA 440 nm) y Exponente de Angstrom (EA - $\alpha$ ) - Año 2015 – Estación IGP-Huancayo

Año	mes	dia	hora	minuto	segundo	EOA_500 nm	EOA_440 nm	440-675_Angstrom	500-870_Angstrom	440-870_Angstrom	Exponent
2015	3	20	14	36	40	0.029756	0.034522	1.552111	1.447835	1.42973	
2015	3	20	14	42	40	0.03359	0.039645	1.537468	1.431853	1.430035	
2015	3	20	14	45	40	0.03931	0.046766	1.61987	1.510516	1.507315	
2015	3	20	14	48	40	0.038742	0.045954	1.608267	1.527042	1.515708	
2015	3	20	14	51	40	0.043602	0.052	1.592123	1.534491	1.523629	
2015	3	20	18	39	41	0.037201	0.045243	1.677352	1.331079	1.39847	
2015	3	20	18	42	41	0.039309	0.048299	1.672361	1.34166	1.414313	
2015	3	20	18	45	41	0.043643	0.053613	1.812542	1.582642	1.615108	
2015	3	20	18	48	40	0.05417	0.066687	1.728568	1.59247	1.612712	
2015	3	20	19	21	40	0.04367	0.053742	1.652576	1.48465	1.520673	
2015	3	20	19	24	40	0.043497	0.053116	1.663521	1.471526	1.505802	
2015	3	20	19	27	40	0.038232	0.046906	1.679155	1.390874	1.451113	
2015	3	20	19	30	40	0.036216	0.044427	1.714012	1.444766	1.496444	
2015	3	20	19	33	40	0.036471	0.04482	1.711818	1.480396	1.524492	
2015	3	20	19	36	40	0.039299	0.047858	1.725228	1.491183	1.526839	
2015	3	20	19	39	40	0.038752	0.047239	1.682341	1.43729	1.481147	
2015	3	20	20	52	31	0.056651	0.067729	1.392887	1.192871	1.240721	
2015	3	20	21	8	33	0.044789	0.052096	1.303207	1.126009	1.154964	
2015	3	20	21	19	1	0.049966	0.056575	1.101272	0.92732	0.954834	
2015	3	20	21	29	44	0.059967	0.067496	0.94735	0.775369	0.814098	
2015	3	20	21	31	39	0.056394	0.063706	0.973877	0.793618	0.834554	
2015	3	20	21	33	39	0.057926	0.065413	1.001524	0.844313	0.876261	
2015	3	20	21	36	39	0.060687	0.068096	1.0081	0.857103	0.8815	
2015	3	20	21	38	32	0.0567	0.064348	1.052475	0.898494	0.928315	
2015	3	20	21	42	39	0.056171	0.064043	1.089328	0.922914	0.955664	
2015	3	20	21	44	32	0.054171	0.061772	1.115122	0.961016	0.98807	
2015	3	20	21	48	39	0.054603	0.062421	1.116485	0.976682	1.002159	
2015	3	20	21	50	33	0.052627	0.059982	1.086536	0.954848	0.979048	
2015	3	20	21	52	20	0.052496	0.060253	1.153818	0.998247	1.026918	
2015	3	20	22	8	21	0.058152	0.066886	1.188139	1.033649	1.060101	
2015	3	20	22	10	50	0.058659	0.067222	1.161883	1.015538	1.039771	
2015	3	20	22	22	56	0.065783	0.075791	1.186062	1.04276	1.0681	
2015	3	20	22	27	13	0.06329	0.075028	1.271665	1.12599	1.166484	
2015	3	21	22	35	49	0.036869	0.044473	1.812615	1.770809	1.74168	
2015	3	22	18	51	2	0.016593	0.019831	1.499852	1.183699	1.248291	
2015	3	22	19	30	2	0.025197	0.028722	1.251573	1.134825	1.13762	
2015	3	22	19	42	2	0.02175	0.025499	1.545907	1.388844	1.393194	

# Base de datos AERONET: (EOA 440 nm) y Exponente de Angstrom (EA- $\alpha$ ) - año 2016 – estación IGP-HUANCAYO

Año	Mes	Día	hora	minuto	segundo	EOA_500 nm	EOA_440 nm	440-675Angstrom	500-870_Angstrom_Exp	440-870_Angstrom_Exponent
2016	1	14	14	24	52	0.332857	0.375855	1.120989	1.293333	1.231101
2016	1	14	14	32	16	0.284195	0.322528	1.181296	1.352111	1.28794
2016	1	14	14	41	17	0.222198	0.25312	1.225993	1.381984	1.319774
2016	1	14	14	56	16	0.184248	0.211199	1.280165	1.400839	1.346673
2016	1	14	14	59	16	0.178664	0.205439	1.273927	1.383749	1.335542
2016	1	15	15	2	17	0.141926	0.164165	1.331912	1.423443	1.378424
2016	1	15	15	5	17	0.133111	0.153504	1.33011	1.430597	1.381038
2016	1	15	15	17	16	0.112752	0.132034	1.403616	1.459023	1.425429
2016	1	15	15	20	17	0.100823	0.118054	1.428525	1.481832	1.445985
2016	1	15	15	23	17	0.116658	0.135493	1.398866	1.471649	1.427432
2016	1	15	15	26	18	0.125418	0.14552	1.417237	1.495709	1.447257
2016	1	15	15	32	18	0.111212	0.12954	1.42319	1.462518	1.426322
2016	1	15	15	35	18	0.103812	0.122312	1.425169	1.448885	1.425885
2016	1	15	15	38	18	0.112806	0.132322	1.420136	1.444929	1.418511
2016	1	15	15	41	18	0.10284	0.121198	1.431275	1.458364	1.434093
2016	1	15	15	44	17	0.088718	0.104715	1.475794	1.466487	1.447639
2016	1	15	15	47	18	0.081769	0.096341	1.480914	1.480093	1.457107
2016	1	15	15	50	18	0.088754	0.104647	1.480746	1.48049	1.457993
2016	1	15	15	53	18	0.107743	0.125608	1.446853	1.494617	1.454505
2016	1	15	15	56	17	0.097042	0.114253	1.432372	1.44701	1.424874
2016	1	15	15	59	17	0.107032	0.125508	1.450925	1.470263	1.441584
2016	1	16	16	2	18	0.116809	0.137127	1.399523	1.433531	1.407745
2016	1	16	16	5	17	0.114188	0.133949	1.417317	1.45359	1.424687
2016	1	16	16	20	17	0.113087	0.133468	1.461193	1.494875	1.466952
2016	1	16	16	23	18	0.096284	0.113921	1.500933	1.500234	1.478571
2016	1	16	16	26	17	0.095425	0.113171	1.466738	1.461697	1.446777
2016	1	16	16	29	17	0.088339	0.104685	1.518799	1.512135	1.491323
2016	1	16	16	32	18	0.081714	0.096931	1.522715	1.499429	1.483123
2016	1	16	16	35	18	0.075795	0.090243	1.547403	1.516361	1.502392
2016	1	16	16	38	18	0.067191	0.080435	1.600909	1.524871	1.520736
2016	1	16	16	41	17	0.067095	0.079177	1.611288	1.594483	1.562642
2016	1	16	16	44	17	0.063373	0.0764	1.580268	1.484076	1.493027
2016	1	16	16	47	18	0.059895	0.071883	1.611768	1.55028	1.543516
2016	1	16	16	50	17	0.066993	0.080357	1.594699	1.557799	1.54635
2016	1	16	16	53	17	0.0646	0.077447	1.628711	1.559462	1.551876
2016	1	16	16	56	17	0.067782	0.081679	1.563189	1.491735	1.496068
2016	1	16	16	59	17	0.069867	0.083084	1.535049	1.485912	1.476714

## Base de datos AERONET: (EOA 440 nm) y Exponente de Angstrom (EA- $\alpha$ ) - año 2017 – estación IGP-HUANCAYO

Año	Mes	Día	Time(hh:mm:ss)	EOA_500 nm	EOA_440 nm	500-870_Angstrom	440-675_Angstrom	440-870_Angstrom	Exponent
2017	1	01	15:02:18	0.1753	0.198148	1.167832	1.073387	1.130524	
2017	1	01	15:26:18	0.292746	0.326909	1.134096	1.018641	1.08738	
2017	1	01	16:17:18	0.149831	0.172068	1.144272	1.116325	1.132012	
2017	1	02	15:50:46	0.02326	0.028046	0.998403	1.324411	1.091774	
2017	1	02	15:53:46	0.021245	0.025698	1.106112	1.354528	1.179739	
2017	1	02	16:32:46	0.018671	0.022624	0.985152	1.354565	1.090135	
2017	1	02	16:35:46	0.021	0.025545	0.829565	1.283297	0.966347	
2017	1	02	16:38:46	0.022095	0.028497	1.097595	1.524018	1.250495	
2017	1	02	16:41:46	0.021181	0.025796	1.019276	1.361177	1.12098	
2017	1	02	17:17:46	0.021056	0.026887	0.850072	1.253994	1.01839	
2017	1	02	17:20:46	0.020602	0.026414	0.825622	1.273842	1.006124	
2017	1	02	17:26:46	0.017454	0.022504	0.918843	1.433452	1.103107	
2017	1	02	17:29:46	0.02046	0.026227	0.884774	1.279579	1.051299	
2017	1	02	17:32:46	0.020108	0.025666	1.092261	1.456316	1.228391	
2017	1	02	17:50:46	0.023014	0.029137	1.031706	1.409736	1.169553	
2017	1	02	17:53:46	0.020132	0.025328	0.853141	1.285393	1.012559	
2017	1	02	17:56:46	0.021532	0.026974	0.788438	1.110239	0.936052	
2017	1	02	17:59:46	0.021939	0.027366	0.801392	1.182167	0.952151	
2017	1	02	18:02:46	0.020728	0.026348	0.77345	1.244758	0.955597	
2017	1	02	18:05:46	0.02302	0.028496	0.859305	1.243798	0.997911	
2017	1	02	18:17:46	0.020942	0.026462	0.799241	1.284055	0.975466	
2017	1	02	18:20:46	0.021007	0.02623	0.791371	1.236356	0.952982	
2017	1	02	18:23:46	0.017652	0.022978	0.782968	1.222669	0.979632	
2017	1	02	18:35:46	0.021109	0.027098	1.057794	1.388994	1.197911	
2017	1	03	15:24:13	0.044644	0.052312	0.974865	1.161443	1.027556	
2017	1	03	15:27:13	0.039238	0.046367	1.276259	1.412098	1.296252	
2017	1	03	15:30:13	0.037681	0.045214	1.277826	1.409207	1.309839	
2017	1	03	15:33:13	0.043099	0.051124	1.308198	1.417187	1.324185	
2017	1	03	15:36:13	0.049976	0.058122	1.365192	1.355614	1.342057	
2017	1	03	15:39:13	0.058242	0.067667	1.335729	1.296465	1.310842	
2017	1	03	15:42:13	0.055419	0.066246	1.303069	1.361696	1.319099	
2017	1	03	15:45:13	0.050699	0.06134	1.338501	1.463691	1.370015	
2017	1	03	15:48:13	0.058996	0.070847	1.39782	1.474588	1.409925	
2017	1	03	15:51:13	0.053811	0.064396	1.367928	1.449269	1.380993	
2017	1	03	15:54:13	0.052931	0.063673	1.39453	1.470575	1.408336	
2017	1	03	15:57:13	0.050109	0.060595	1.32537	1.437167	1.356031	
2017	1	03	16:00:13	0.06167	0.074481	1.434718	1.51823	1.448518	

## Anexo 6: Base de datos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) - Huachac 2015, 2016 y 2017

### Registro de incidencia de IRAs: Año, mes día, grupo etario y sexo del Centro de Salud del distrito de Huachac – Setiembre 2015

		GRUPO ETARIO										SEXO		RESUMEN MES						
		NIÑOS					JOVENES Y ADULTOS					TERCERA EDAD		M	F	TOTAL	procedencia	codigo	dia	TOTAL
año	mes	dia	<29 d	29-59 d	2m-11m	1-4 a	5-11 a	12-19a	20-59a	60 a +										
2015	9	1									1		1	16	Huachac	J069			1	16
2015	9	1									1	1	1		Huachac	J029			2	3
2015	9	1										1	1		Huachac	J029			3	7
2015	9	1										1	1		Huachac	J068			4	4
2015	9	1											1	1	Huachac	J029			5	3
2015	9	1										1	1		Huachac	J029			6	4
2015	9	1										1	1		Huachac	J00X			7	12
2015	9	1										1	1		Huachac	J00X			8	8
2015	9	1										1	1		Huachac	J00X			9	6
2015	9	1											1	1	Huachac	J029			10	13
2015	9	1											1	1	Huachac	J029			11	4
2015	9	1											1	1	Huachac	J00X			12	2
2015	9	1											1	1	Huachac	J029			13	1
2015	9	1											1	1	huayao	J00X			14	7
2015	9	1											1	1	huayao	J039			15	8
2015	9	1											1	1	huayao	J00X			16	7
2015	9	2											1	1	3 huayao	J00X			17	2
2015	9	2											1	1	huayao	J00X			18	4
2015	9	2											1	1	huayao	J029			19	5
2015	9	3											1	1	7 Huachac	J00X			20	0
2015	9	3											1	1	Huachac	J039			21	6
2015	9	3											1	1	huayao	J029			22	5
2015	9	3											1	1	Marcatuna	J209			23	9
2015	9	3											1	1	Antapampa	J039			24	7
2015	9	3											1	1	Huachac	J00X			25	8
2015	9	3											1	1	Huachac	J039			26	1
2015	9	4											1	1	4 Marcatuna	J029			27	1
2015	9	4											1	1	Antapampa	J029			28	5
2015	9	4											1	1	Antapampa	J029			29	0
2015	9	4											1	1	Huachac	J029			30	0
2015	9	5											1	1	3 Marcatuna	J029				158
2015	9	5											1	1	Marcatuna	J039				
2015	9	5											1	1	Marcatuna	J039				
2015	9	6											1	1	4 Marcatuna	J029				
2015	9	6											1	1	Marcatuna	J029				

# REGISTRO DE INCIDENCIA DE IRAS: AÑO, MES DÍA, GRUPO ETARIO Y SEXO DEL C. SALUD DEL DISTRITO DE HUACHAC – SETIEMBRE 2016

Libro2HUACHAC IRAS 2016 - Excel																												
Inicio ses.																												
Inicio																												
2016																												
GRUPO ETARIO																												
NIÑOS			JOVENES Y ADULTOS				TERCERA EDAD			SEXO		RESUMEN MES																
año	mes	día	<29 d	29-59 d	2m-11m	1-4 a	5-11 a	12-19a	20-59a	60 a +	M	F	total	procedencia	codigo	día	total											
2016	9	1					1						1	13	Antapampa	J069	1	13										
2016	9	1				1							1		Huachac	J00X	2	6										
2016	9	1								1			1		Huachac	J00X	3	2										
2016	9	1						1					1		Huachac	J00X	4	2										
2016	9	1				1							1		Huachac	J029	5	14										
2016	9	1				1							1		Huachac	J029	6	6										
2016	9	1								1			1		Huachac	J029	7	5										
2016	9	1									1		1		Huachac	J029	8	8										
2016	9	1										1	1		Huayao	J039	9	5										
2016	9	1									1		1		Huayao	J00X	10	7										
2016	9	1								1			1		Huayao	J039	11	8										
2016	9	1						1					1		Huayao	J039	12	7										
2016	9	1								1			1		Marcatura	J039	13	10										
2016	9	2								1			1	6	Antapampa	J029	14	3										
2016	9	2								1			1		Antapampa	J029	15	6										
2016	9	2								1			1		Antapampa	J029	16	2										
2016	9	2									1	1	1		Huachac	J029	17	5										
2016	9	2								1			1		Marcatura	J039	18	0										
2016	9	2								1			1		Marcatura	J039	19	8										
2016	9	3								1			1	2	Antapampa	J029	20	4										
2016	9	3								1			1		Huayao	J039	21	1										
2016	9	4						1					1	2	Marcatura	J00X	22	4										
2016	9	4					1					1	1		Marcatura	J189	23	4										
2016	9	5								1			1	14	Antapampa	J029	24	3										
2016	9	5						1					1		Antapampa	J029	25	0										
2016	9	5				1							1		Huachac	J00X	26	3										
2016	9	5								1			1		Huachac	J029	27	0										
2016	9	5								1			1		Huachac	J029	28	0										
2016	9	5									1		1		Huachac	J00X	29	0										
2016	9	5					1						1		Marcatura	J029	30	0										
2016	9	5					1						1		Marcatura	J029		136										
2016	9	5					1						1		Marcatura	J029												
2016	9	5					1						1		Marcatura	J029												
2016	9	5						1					1		Marcatura	J00X												
2016	9	5								1			1		Marcatura	J039												
2016	9	5									1		1		Antapampa	J069												

## Registro de incidencia de iras: año, mes día, grupo etario y sexo del C. Salud del distrito de Huachac – setiembre 2017

Libro3HUACHAC IRAS 2017 - Excel																												
Inicio			Disposición de página		Fórmulas		Datos		Revisar		Vista		Ayuda		Nitro Pro 10		¿Qué desea hacer?		Compartir									
Cortar			Copiar		Copiar formato		Fuente		Alineación		Número		Estilos		Celdas		Edición											
A41			2017		GRUPO		ETARIO		SEXO		RESUMEN MES																	
NIÑOS			JOVENES Y ADULTOS		TERCERA EDAD		M		F		total		procedencia		codigo		dia		total									
año	mes	dia	<29 d	29-59 d	2m-11m	1-4 a	5-11 a	12-19a	20-59a	60 a +	M	F	total	procedencia	codigo	dia	total											
2017	9	1									1		9	huachac	J209	1	9											
2017	9	1									1		1	huachac	J209	2	2											
2017	9	1				1						1	Antapampa	J029	3	1												
2017	9	1									1		1	Antapampa	J00X	4	10											
2017	9	1								1			1	marcatuna	J00X	5	3											
2017	9	1									1		1	Huachac	J219	6	2											
2017	9	1					1					1	1	Huachac	J209	7	8											
2017	9	1										1	1	Huachac	J209	8	4											
2017	9	1					1					1	1	Huachac	J209	9	1											
2017	9	2									1	1	2	marcatuna	J039	10	0											
2017	9	2								1		1	1	Huachac	J00X	11	7											
2017	9	3						1				1	1	Huayao	J029	12	5											
2017	9	4								1		1	10	marcatuna	J00X	13	8											
2017	9	4									1		1	marcatuna	J039	14	4											
2017	9	4							1			1	1	marcatuna	J00X	15	7											
2017	9	4								1		1	1	marcatuna	J039	16	4											
2017	9	4								1		1	1	Huayao	J039	17	1											
2017	9	4					1				1		1	Huayao	J039	18	8											
2017	9	4										1	1	Huachac	J068	19	7											
2017	9	4					1					1	1	Huachac	J068	20	13											
2017	9	4								1		1	1	Huachac	J068	21	9											
2017	9	4					1					1	1	marcatuna	J029	22	4											
2017	9	5				1						1	3	Huachac	J219	23	3											
2017	9	5						1				1	1	marcatuna	J029	24	1											
2017	9	5					1					1	1	marcatuna	J029	25	12											
2017	9	6								1		1	2	huachac	J029	26	7											
2017	9	6								1		1	1	huachac	J068	27	3											
2017	9	7								1		1	8	Antapampa	J029	28	0											
2017	9	7								1		1	1	Antapampa	J029	29	0											
2017	9	7							1			1	1	Huayao	J039	30	0											
2017	9	7					1					1	1	Huayao	J039		143											
2017	9	7								1		1	1	Huachac	J219													
2017	9	7								1		1	1	Huachac	J219													
2017	9	7									1	1	1	Huachac	J068													



## Anexo 7: Vista de datos y variables para ser procesados en el software estadístico SPSS

\*correlacion pearson.sav [ConjuntoDatos3] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 21 de 21 variables

	EOA440	IRAS	MASCULINO	FEMENINO	BIO	IRASBIO	NIÑOS1	NIÑOS2	NIÑOS3	NIÑOS4	NIÑOS5	JOVENES	ADULTOS	TERCERA AEDAD	EOA2015
1	,046589	23	13	10	,1530	165,00	,00	,00	2,00	3,00	5,00	1,00	7,00	5,00	,14142
2	,054412	118	40	78	,2050	73,00	2,00	,00	5,00	34,00	13,00	12,00	33,00	19,00	,15801
3	,055487	102	36	66	,1770	72,00	,00	1,00	4,00	18,00	12,00	13,00	33,00	21,00	,13257
4	,079483	165	62	103	,2330	158,00	,00	,00	18,00	24,00	25,00	22,00	56,00	20,00	.
5	,093862	73	26	47	,2240	62,00	,00	,00	7,00	11,00	21,00	9,00	17,00	8,00	.
6	,141419	72	23	49	,1860	104,00	,00	,00	11,00	3,00	6,00	7,00	27,00	18,00	.
7	,158007	158	67	91	,1460	98,00	1,00	2,00	9,00	35,00	22,00	12,00	48,00	29,00	.
8	,132571	62	17	45	,2020	122,00	1,00	,00	1,00	10,00	8,00	8,00	21,00	13,00	.
9	,082856	104	45	59	,1570	68,00	1,00	,00	7,00	25,00	20,00	10,00	30,00	11,00	.
10	,054121	98	31	67	,2110	65,00	,00	1,00	7,00	18,00	12,00	6,00	42,00	12,00	.
11	,080944	122	39	83	,1430	124,00	,00	,00	7,00	19,00	15,00	12,00	42,00	27,00	.
12	,061563	68	26	42	,1890	102,00	,00	,00	4,00	13,00	3,00	7,00	26,00	15,00	.
13	,074307	65	24	41	,2670	100,00	,00	,00	4,00	5,00	13,00	7,00	22,00	14,00	.
14	,051282	125	45	80	,1960	116,00	,00	,00	21,00	34,00	16,00	12,00	28,00	14,00	.
15	,068912	124	52	72	,2470	136,00	,00	,00	13,00	29,00	31,00	7,00	33,00	11,00	.
16	,083029	102	46	56	,1610	134,00	,00	,00	9,00	23,00	14,00	14,00	22,00	20,00	.
17	,155802	100	37	63	,1820	101,00	,00	,00	2,00	20,00	17,00	13,00	38,00	10,00	.
18	,145548	116	48	68	,1760	43,00	,00	1,00	7,00	14,00	18,00	11,00	38,00	27,00	.
19	,168989	136	50	86	,2340	55,00	,00	,00	9,00	32,00	19,00	16,00	40,00	20,00	.
20	,080212	134	46	88	,1820	71,00	,00	,00	7,00	19,00	24,00	15,00	39,00	30,00	.
21	,118509	101	41	60	,2000	72,00	,00	1,00	7,00	14,00	12,00	10,00	37,00	20,00	.
22	,108503	43	14	29	,2040	145,00	,00	,00	3,00	4,00	4,00	8,00	15,00	9,00	.

Vista de datos Vista de variables

\*correlacion pearson.sav [ConjuntoDatos3] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	EOA440	Numérico	8	6	Espesor Óptico de Aerosoles 440nm	Ninguno	Ninguno	10	Derecha	Escala	Entrada
2	IRAS	Numérico	8	0	Infecciones Respiratorias Agudas (periodo)	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
3	MASCULINO	Numérico	8	0	pobladores del sexo masculino	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
4	FEMENINO	Numérico	8	0	pobladores del sexo femenino	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
5	BIO	Numérico	8	4	EOA Tipo BIO	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
6	IRASBIO	Numérico	8	2	Infecciones Respiratorias de Aerosoles (bio)	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
7	NIÑOS1	Numérico	8	2	Niños menores de 29 días	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
8	NIÑOS2	Numérico	8	2	Niños entre 29-59 días	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
9	NIÑOS3	Numérico	8	2	Niños entre 2-11 meses	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
10	NIÑOS4	Numérico	8	2	Niños de 1-4 años	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
11	NIÑOS5	Numérico	8	2	Niños de 5-11 años	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
12	JOVENES	Numérico	8	2	Jóvenes de 12-19 años	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
13	ADULTOS	Numérico	8	2	Adultos de 20-59a	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
14	TERCERAEDAD	Numérico	8	2	Personas de 60 años a +	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
15	EOA2015	Numérico	8	5	Espesor Optico Mensual 2015 valores maximos mensuales	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
16	EOA2016	Numérico	8	5	Espesor Optico Mensual 2016 valores maximos mensuales	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
17	EOA2017	Numérico	8	5	Espesor Optico Mensual 2017 valores maximos mensuales	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
18	IRAS2015	Numérico	8	2	Infecciones Respiratorias Agudas maximos 2015	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
19	IRAS2016	Numérico	8	2	Infecciones Respiratorias Agudas maximos 2016	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
20	IRAS2017	Numérico	8	2	Infecciones Respiratorias Agudas maximos 2017	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
21	EOA500	Numérico	8	6	EOA a 500nm	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
22											
23											
24											
25											

Vista de datos Vista de variables

**Anexo 8: Diagramas de dispersión entre EOA e IRAS, para los diferentes grupos etarios.**

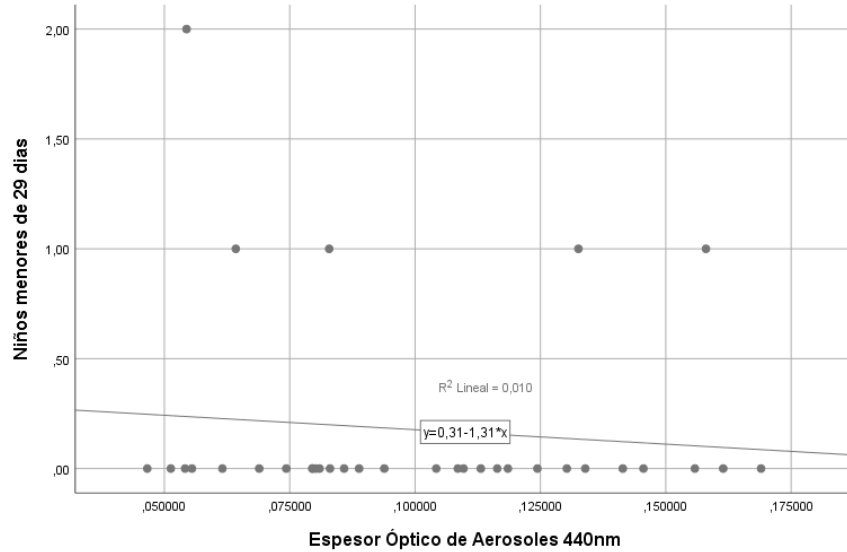
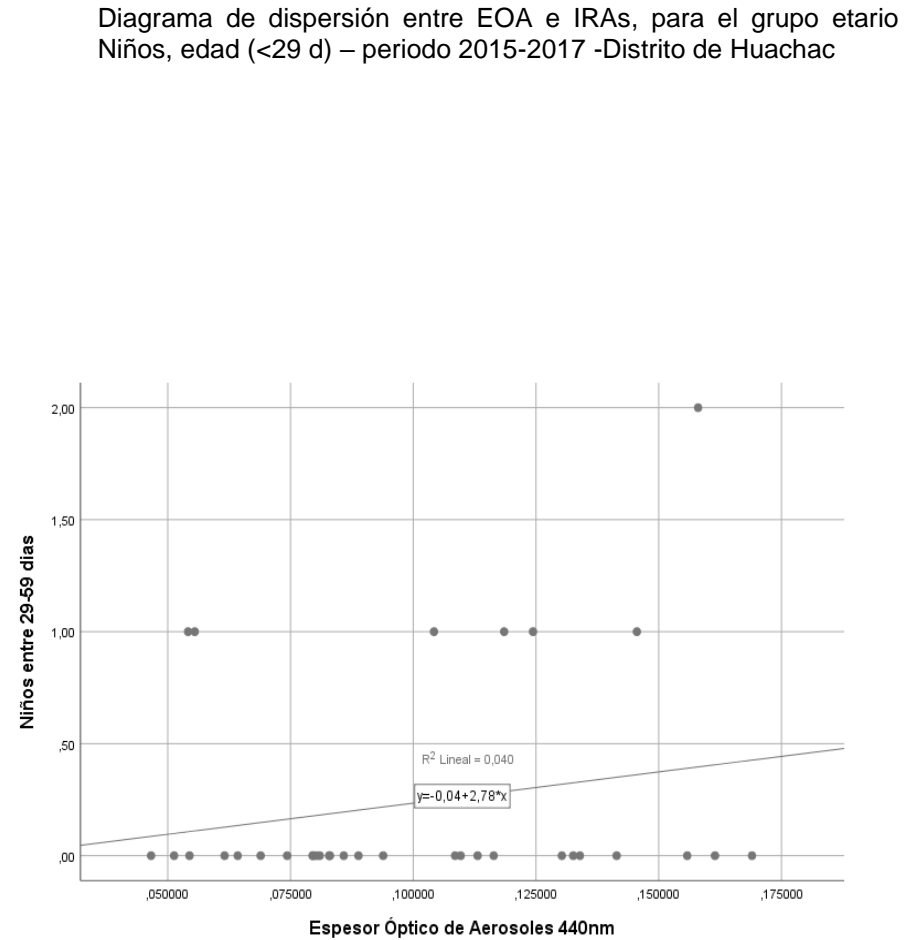


Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Niños, edad (29-59 d) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac



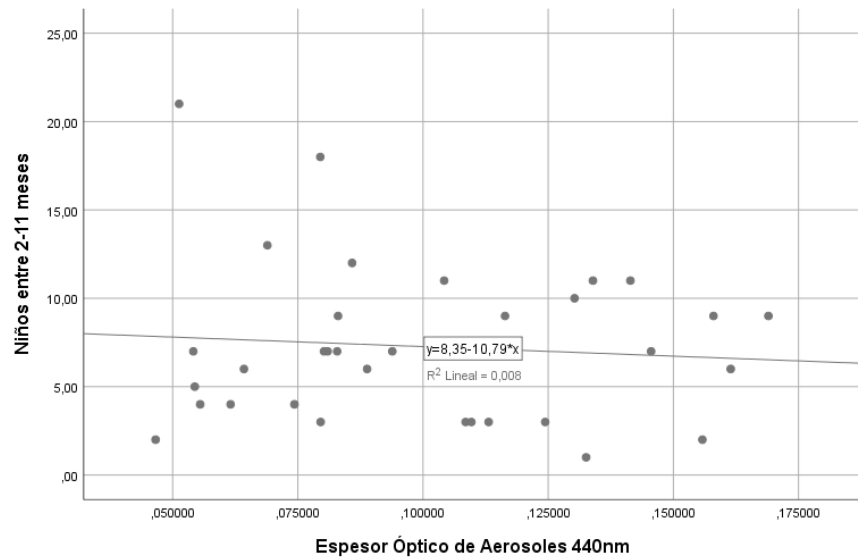
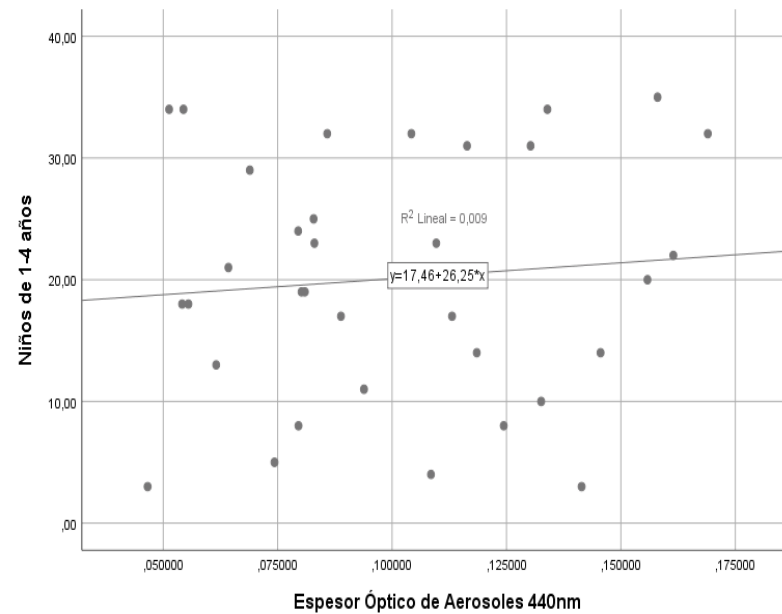


Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Niños, edad (1-4 años) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac

Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Niños, edad (2-11 meses) – periodo 2015-2017 Distrito de Huachac



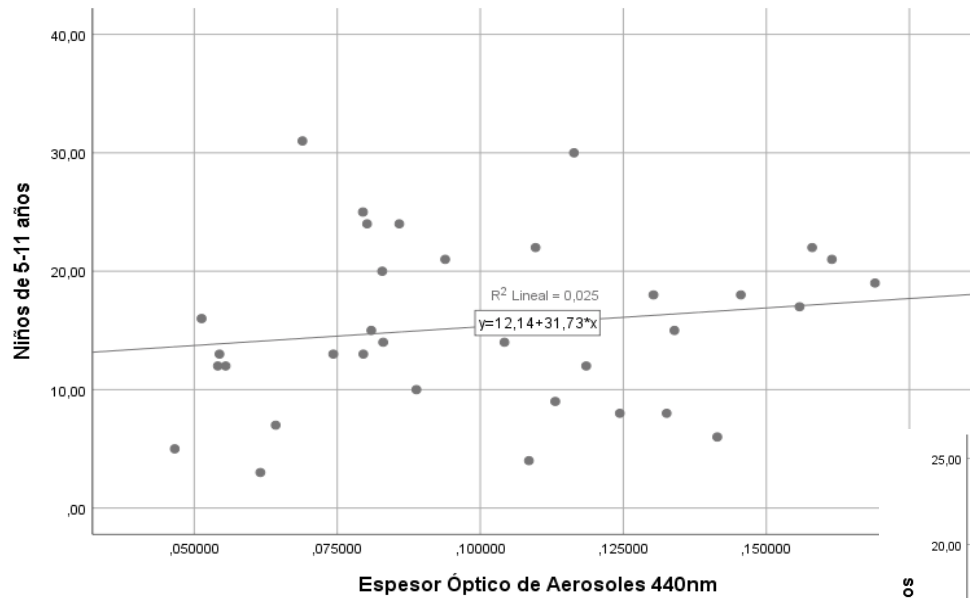
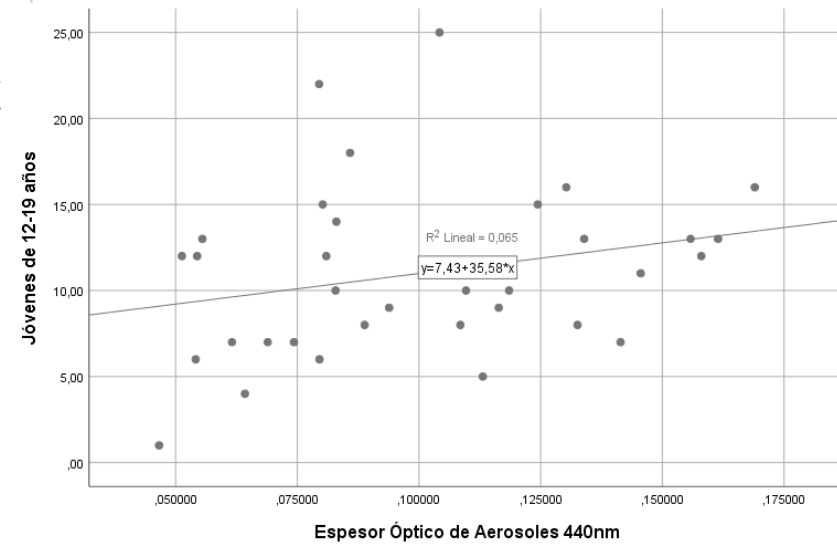


Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Niños, edad (5-11 años) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac

Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Jóvenes y Adultos, edad (12-19 años) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac



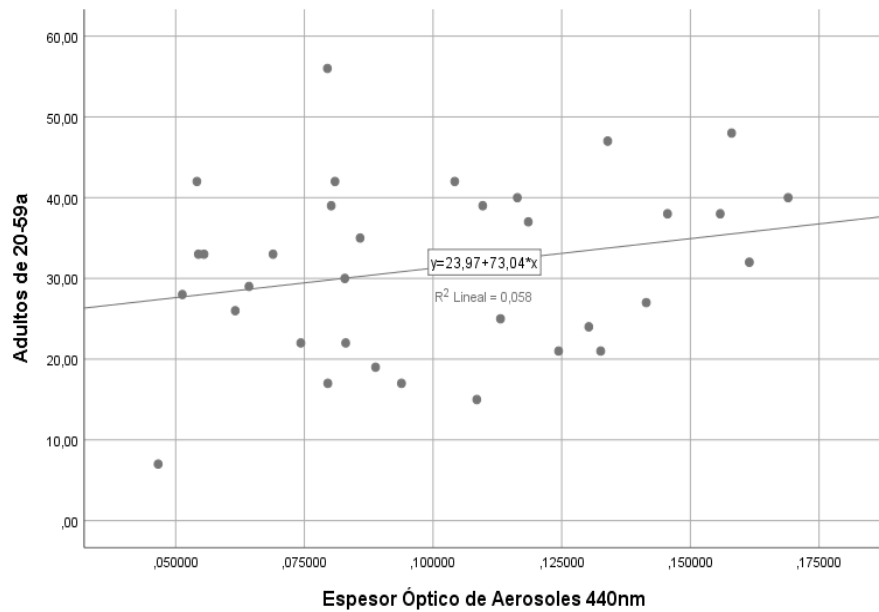
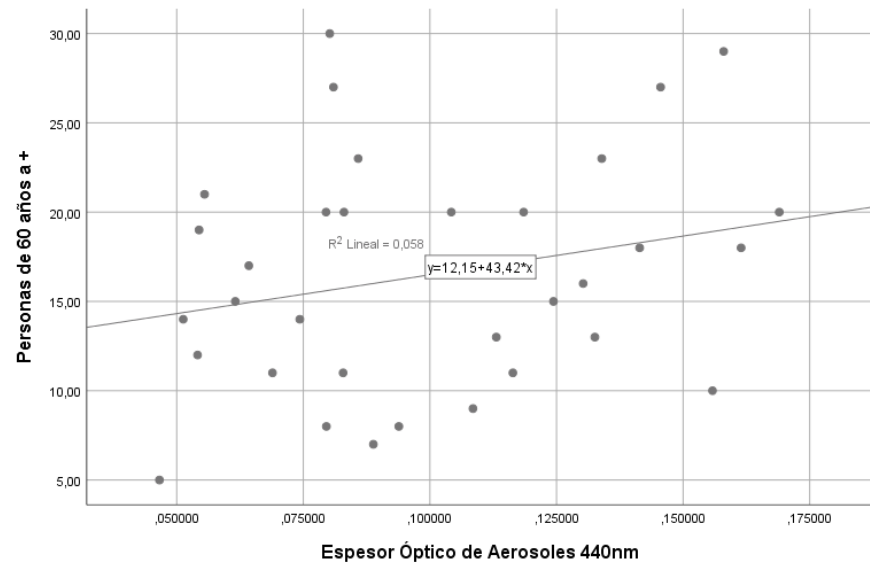


Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Tercera Edad, edad (>60 años) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac

Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para el grupo etario Jóvenes y Adultos, edad (20-59 años) - periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac



**Anexo 9: Diagramas de dispersión entre EOA e IRAs, por género (sexo masculino y femenino).**

Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para pobladores del sexo masculino periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac

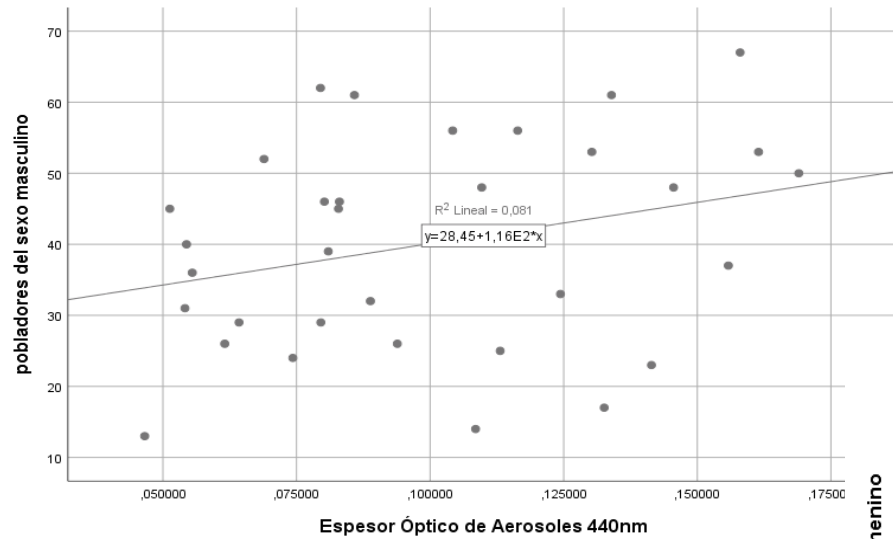
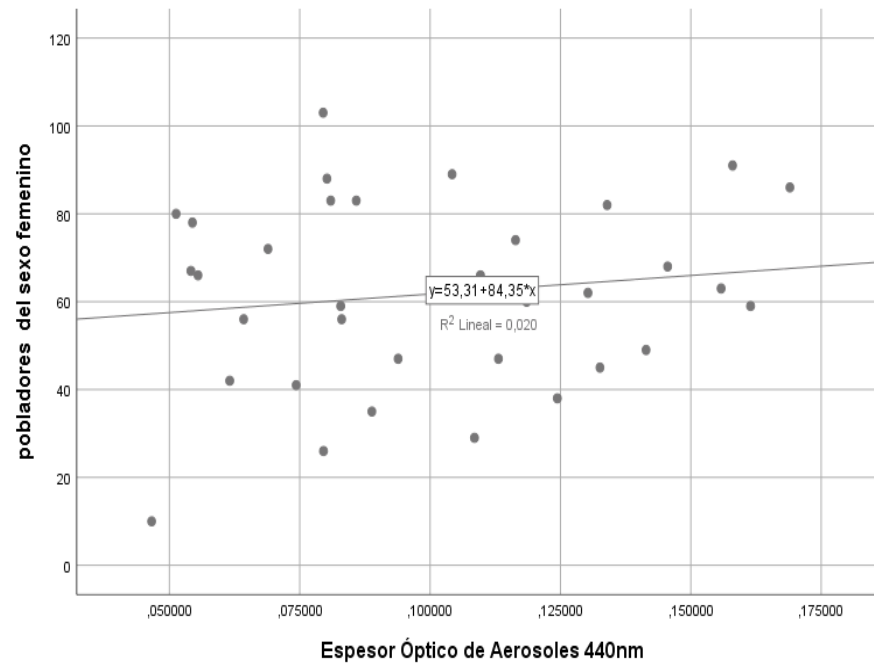


Diagrama de dispersión entre EOA e IRAs, para pobladores del sexo femenino periodo 2015-2017 - Distrito de Huachac



### Anexo 10: Matriz de consistencia

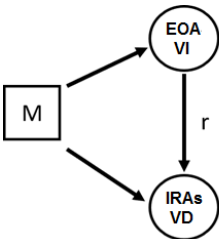
#### “Caracterización temporal del espesor óptico de aerosoles y su relación con las Infecciones Respiratorias Agudas, Huachac - Chupaca, 2015-2017”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES				
<p><b>Problema General</b> ¿Existe una relación entre espesor óptico de aerosoles (EOA) y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) en los pobladores del distrito de Huachac- Chupaca durante el periodo 2015 - 2017?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuál será las características del espesor óptico de aerosoles (EOA), medias diarias, mensuales, estacionales y por tipos durante el periodo 2015-2017 en la estación IGP-Huancayo?</p> <p>¿Analizando los registros de infecciones respiratorias agudas (IRAs) de acuerdo a grupos etarios y sexo, en el distrito de Huachac-Chupaca, 2015-2017, ayudará a visualizar una relación entre EOA e IRAs?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la relación entre espesor óptico de aerosoles (EOA) y las infecciones respiratorias agudas (IRAs), en los pobladores del distrito de Huachac-Chupaca, durante el periodo 2015-2017.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> - Caracterizar el espesor óptico (EOA), medias diarias, mensuales, estacionales y por tipos, en la estación IGP-Huancayo.  - Analizar los registros de infecciones respiratorias agudas (IRAs) de acuerdo a grupos etarios y sexo, en los pobladores del distrito de Huachac - Chupaca, en el periodo 2015 -2017.</p>	<p><b>Hipótesis de la investigación</b> Las Infecciones respiratorias agudas (IRAs) registradas en los pobladores del distrito de Huachac se relacionan con el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015 – 2017.</p> <p><b>Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>)</b> No existe relación entre las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) registradas en pobladores del distrito de Huachac y el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015-2017.</p> <p><b>Hipótesis Alterna (H<sub>1</sub>)</b> Existe relación entre las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) registradas en pobladores del distrito de Huachac y el espesor óptico de aerosoles (EOA), durante el periodo 2015-2017.</p>	<p><b>Variable 1 (VI):</b> Espesor Óptico de aerosoles (EOA) <b>Variable 2 (VD):</b> Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs)</p>				
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Unidad Operacional</b>	
			(VI) Tipos de aerosoles atmosféricos	Exponente de Angstrom ( $\alpha$ ) en el rango de 440 – 870 nm	Datos nivel 2.0, $\lambda= 440\text{nm}$ Monitoreo Continuo por el Fotómetro solar CIMEL 318T- Red AERONET	Medias diarias Medias mensuales Medias estacionales Medias por Tipos de Aerosoles	
(VD) Edad	Niños 29-59 días 2-11 meses 1-4 años 5-11 años  Jóvenes y adultos 12-19 años 20-59 años  Tercera edad >60 años	Número de casos Número de casos Número de casos Número de casos	conteo conteo conteo conteo				



<p>¿Cuál ser la relación entre EOA e IRAs de acuerdo a los grupos etarios, en los pobladores del distrito de Huachac – Chupaca, durante el periodo 2015-2017?</p> <p>¿Cuál será la relación entre EOA e IRAs de acuerdo al sexo de los pobladores del distrito de Huachac-Chupaca, durante el periodo 2015-2017?</p>	<p>- Determinar la relación entre EOA e IRAs de acuerdo a los grupos etarios, en los pobladores del distrito de Huachac - Chupaca, periodo 2015-2017.</p> <p>- Determinar la relación entre EOA e IRAs de acuerdo al sexo, en los pobladores del distrito de Huachac-Chupaca, periodo 2015-2017.</p>	<p>sexo</p>	<p>Femenino Masculino</p>	<p>Número de casos Número de casos</p>	<p>conteo conteo</p>
--	--	-------------	-------------------------------	--	--------------------------

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA A UTILIZAR
<p><b>Tipo:</b> La presente investigación es básica de tipo Cuantitativo por la naturaleza de las variables de estudio, también es Descriptivo y Relacional (Hernández, Fernández y Baptista, “Metodología de la Investigación”, 2010, Quinta Edición, p.121, Edit. MacGraw Hill, México.</p>	<p><b>Población:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EOA, en los tres niveles (1.0, 1.5, 2.0) en tres años 2015-2016-2017. (Fotómetro CIMEL 318T)</li> <li>- Para el caso de las IRAs la población está conformada por todos los pobladores registrados en los documentos HIS (HIS: Sistema de información en salud) de los años 2015, 2016 y 2017, del centro de Salud del Distrito de Huachac, ubicado a 3,05 Km del observatorio de Huancayo, donde ese encuentra la estación IGP Huancayo de la red AERONET.</li> </ul>	<p><b>Variable 1:</b> EOA</p> <p><b>Técnicas:</b> Medición de dispersión y absorción de la luz visible por las partículas presentes en una columna vertical de la atmosfera. Ecuación de Beer-Bouguer-Lambert.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Registro diario de EOA, a través del fotómetro solar Cimel 3018T, estación IGP-Huancayo.</p>	<p><b>Descriptiva:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de frecuencia de EOA, IRAs</li> <li>• Tabla de porcentajes de EOA, IRAs</li> <li>• Gráficos</li> </ul> <p><b>Inferencial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Correlación de Pearson, como prueba de hipótesis (Variables paramétricas) y <i>r</i> de Pearson como medida de la fortaleza de la relación entre estas variables EOA e IRAs.</li> </ul>

<p><b>Método:</b> Es No Experimental de corte Transversal. Porque son estudios donde no se realiza la manipulación deliberada de las variables y donde sólo se observan fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. (Hernández, Fernández y Baptista, "Metodología de la Investigación", 2010, Quinta Edición, p.149, Edit. MacGraw Hill, México. La investigación es de corte Transversal o Transaccional porque se recolectan datos en un solo momento y en un tiempo único, donde el propósito primordial es describir las variables y analizar su incidencia o interrelación en un momento. (Hernández, Fernández y Baptista, "Metodología de la Investigación", 2010, Quinta Edición, p.151, Edit. MacGraw Hill, México.</p>	<p><b>Muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EOA, datos post- calibración (nivel 2.0), fotómetro CIMEL 318T, del 2015,2016 y 2017.</li> <li>- IRAs, registros de infecciones respiratorias agudas altas y bajas, considerando el código CIE-10 códigos (J00-J06) en los años 2015 (desde el 19 de marzo, fecha que el fotómetro empieza a registrar datos de EOA), 2016 y 2017 en niños, adultos y personas de la tercera edad, del centro de Salud del distrito de Huachac.</li> </ul> <p>Se considera una muestra dirigida (No Probabilística). Es muestra a conveniencia. (Hernández, Fernández y Baptista, "Metodología de la Investigación", 2010, Quinta Edición, p.176, Edit. MacGraw Hill, México.</p> <p><b>Tamaño de muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 56 556 datos de EOA nivel 2.0, y EA (<math>\alpha</math>) 440-850 nm, de la estación IGP – Huancayo.</li> <li>- 3 464 registros de casos de IRAs, Centro de salud del distrito de Huachac.</li> </ul>	<p><b>Variable 2:</b> IRAs</p> <p><b>Técnicas:</b> Conteo de casos de registros de IRAs, en el centro de Salud del distrito de Huachac-Chupaca, de los años 2015-2016-2017.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Registros HIS, del centro de Salud distrito del distrito de Huachac-Chupaca.</p> <p><b>Diseño</b> El diseño para este estudio es del tipo ecológico o de correlación que sirven a menudo como punto de partida del proceso epidemiológico. Según (Beaglehole et al., 1993), en un estudio ecológico las unidades de análisis son poblaciones o grupos de personas en vez de individuos. (págs. 31 y 34).</p> 	<p>De acuerdo al resultado de la <math>r</math> de Pearson y con ayuda de los valores siguientes podremos determinar la fortaleza de la relación que existe entre estas 2 variables.</p> <table border="0"> <tr> <td><b>Valor de <math>r</math></b></td> <td><b>Fuerza de correlación</b></td> </tr> <tr> <td><math>r=-+1</math></td> <td><b>Perfecta</b></td> </tr> <tr> <td><math>-+0,8 &lt; r &lt; -+1</math></td> <td><b>Muy alta</b></td> </tr> <tr> <td><math>-+0,6 &lt; r &lt; -+0,8</math></td> <td><b>Alta</b></td> </tr> <tr> <td><math>-+0,4 &lt; r &lt; -+0,6</math></td> <td><b>Moderada</b></td> </tr> <tr> <td><math>-+0,2 &lt; r &lt; -+0,4</math></td> <td><b>Baja</b></td> </tr> <tr> <td><math>0 &lt; r &lt; -+0,2</math></td> <td><b>Muy baja</b></td> </tr> <tr> <td><math>r=0</math></td> <td><b>Nula</b></td> </tr> </table>	<b>Valor de <math>r</math></b>	<b>Fuerza de correlación</b>	$r=-+1$	<b>Perfecta</b>	$-+0,8 < r < -+1$	<b>Muy alta</b>	$-+0,6 < r < -+0,8$	<b>Alta</b>	$-+0,4 < r < -+0,6$	<b>Moderada</b>	$-+0,2 < r < -+0,4$	<b>Baja</b>	$0 < r < -+0,2$	<b>Muy baja</b>	$r=0$	<b>Nula</b>
<b>Valor de <math>r</math></b>	<b>Fuerza de correlación</b>																		
$r=-+1$	<b>Perfecta</b>																		
$-+0,8 < r < -+1$	<b>Muy alta</b>																		
$-+0,6 < r < -+0,8$	<b>Alta</b>																		
$-+0,4 < r < -+0,6$	<b>Moderada</b>																		
$-+0,2 < r < -+0,4$	<b>Baja</b>																		
$0 < r < -+0,2$	<b>Muy baja</b>																		
$r=0$	<b>Nula</b>																		

**Anexo 11: Solicitud para el registro de datos de IRAs – Centro de Salud  
Huachac**

**SOLICITO REGISTRO DE DATOS SOBRE IRAs**

**ENCARGADA DEL CENTRO DE SALUD DEL DISTRITO DE HUACHAC  
C.D. Jhaidy Cajahuanca Arauzo**

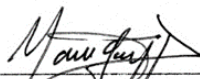
Yo, **María Violeta Gonzales Pérez**, identificada con Documento Nacional de Identidad N° 41838227, con domicilio en el Jirón Coronel Cisneros N° 560, del distrito de Sapallanga, ante Usted expongo:

Que habiendo concluido estudios de maestría en Ingeniería Ambiental y siendo requisito indispensable para obtener el grado de magister, vengo desarrollando un trabajo de investigación sobre el Espesor óptico de los aerosoles y su influencia sobre los IRAs, registrados en 4 años (2015 al 2018), en el Instituto Geofísico del Perú (IGP)-Huancayo, este trabajo de investigación está dentro del proyecto MAGNET-IGP: “Fortalecimiento de la línea de investigación en física y microfísica de la atmósfera”, así mismo cuento con la supervisión del **Dr. René Estevan Arredondo**.


Por lo expuesto:

Solicito a su persona encargar a quien corresponda proporcionarme los datos sobre IRAs registrados en ese intervalo de años.

Huancayo, 02 de abril del 2018.

  
Ing. María Gonzales Pérez.  
D.N.I 41838227  
(TESISTA)

  
Dr. René Estevan Arredondo.  
C.E. 001271542  
(SUPERVISOR)

  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
RED DE SALUD CHUPACA  
Mg. Jhaidy Pamela Cajahuanca Arauzo  
CIRUJANO DENTISTA  
C.E. 25540  
JEFATURA DISTRITO HUACHAC  
Recibido 3/4/18  
Hora 11:57 hrs.