

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**ESCUELA DE POSGRADO**



=====

**“EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM<sub>10</sub> Y SU  
RELACIÓN CON LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL  
DISTRITO DE YARINACocha, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO,  
UCAYALI, 2018”**

=====

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**

**ROGER FERNANDO PANDURO BARTRA**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI



ANEXO N° 4

**ACTA DE DEFENSA DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA  
OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS**

En la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 16:05 horas,  
del día... 24 de ENERO DEL 2020, ante el Jurado de Tesis o trabajo de  
investigación constituido por :

DR. CARLOS ALBERTO RAMIREZ CHUMBE..... Presidente  
DR. RAUL ARMANDO PILCO PANDURO..... Secretario  
DR. HECTOR ARBILDO PAREDES..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS** en:  
MEDIO AMBIENTE, GESTION SOSTENIBLE Y RESPON-  
SABILIDAD SOCIAL.

Mención:.....

Don(ña) ROGER FERNANDO PANDURO BARTRA.

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:

“ EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR  
PM10 Y SU RELACION, CON LOS EFECTOS EN LA SA-  
LUD DE LA POBLACION DEL DISTRITO DE YARINA-  
COCHA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYA-  
LI, 2018.

”

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público  
asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación  
del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI



- a) Presentación personal
- b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
- c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
- d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

*NINGUNA.*

Obteniendo en consecuencia el Maestría la Nota de.....*18*.....(*DIECIOCHO*  
Equivalente a *APROBADO*....., por lo que se recomienda *SU PUBLICACION.*

(aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las *17:45* horas del *24* de *ENERO*..... del 20*20*.

**PRESIDENTE**

**SECRETARIO**

**VOCAL**





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

---

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

### SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N° V/0231-2020**

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

**“EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM10 Y SU RELACIÓN CON LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE YARINACocha, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI, 2018”**

Cuyo autor (es) : **PANDURO BARTRA. ROGER FERNANDO**

Escuela : POSGRADO  
Maestría : MEDIOAMBIENTE,  
Mención : MEDIO AMBIENTE, GESTION SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL  
Asesor(a) : Dr. Braul Gomero, Edgardo Leoncio

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: Si Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que Si se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

**Fecha: 26/10/2020**



**Dra. DINA PARI QUISPE**  
Dirección de Producción Intelectual

## REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, ROGER FERNANDO PANDURO BARTRA.

Autor de la TESIS titulada:

"EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM10  
Y SU RELACIÓN CON LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA  
POBLACIÓN DEL DISTRITO DE YARINACOCHA, PROVINCIA DE  
CORONEL PORTILLO, UCAYALI, 2018."

Sustentada el año: 2020.Con la asesoría de: DR. EDGARDO LEONCIO BRAUL GOMERO.En el Programa de: MAESTRÍA.Mención en: MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RES-  
PONSABILIDAD SOCIAL.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos:  
Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.  
Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.  
Tercero: autorizo la publicación,

Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 21 / 12 / 2020.Email: rogerpb@hotmail.comFirma: Teléfono: 999-232686DNI: 00043549

## **DEDICATORIA**

A mis padres JUAN NEHEMÍAS y GILMA, a quienes debo todo.

A mi esposa JESIKA, por su apoyo incondicional.

A mis hijos JESIKA GABRIELA y CARLOS FERNANDO, mis más grandes tesoros.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la salud y la vida.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme la oportunidad de realizar los estudios de Maestría. A mis profesores de Maestría que me dieron sus conocimientos para culminar mis estudios y a los jurados examinadores de la tesis.

Al Dr. Edgardo Leoncio Braúl Gomero, por su asesoramiento y sabios consejos.

A todas las personas que contribuyeron y brindaron sus valiosos aportes, críticas constructivas, apoyo moral y material para la realización de la presente tesis.

## RESUMEN

El término  $PM_{10}$ , es un indicador de contaminación atmosférica y representa las partículas con diámetro menor o igual a 10 micrómetros, cuya inhalación provocan enfermedades respiratorias y otros problemas de salud e inclusive la destrucción de la vida vegetal. La investigación tuvo como objetivo Conocer los efectos de la contaminación atmosférica por  $PM_{10}$  y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018. El diseño muestral escogido fue del tipo descriptivo explicativo, el cual permitió recolectar los datos en un solo momento, en un tiempo único, según las características de las variables e indicadores propuestos en la hipótesis. Los resultados nos demuestran que existe contaminación atmosférica por  $PM_{10}$ , en el distrito de Yarinacocha, siendo alta en la Av. Yarinacocha, Dos de Mayo, Av. La Marina y Av. Arborización. Hay exposición del  $PM_{10}$  con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha, el cromo se relaciona con bronquitis aguda y crónica, el molibdeno se relaciona con asma y con bronquitis crónica, el arsénico se relaciona con infección aguda de vías respiratorias inferiores, el plomo se relaciona con enfermedades de la tráquea y de los bronquios, el litio se relaciona con bronquiolitis, el arsénico se relaciona con infección aguda de las vías respiratorias. Se concluye que la distribución química del material particulado  $PM_{10}$  para la calidad del aire en el distrito de Yarinacocha, molibdeno, hierro, cromo, arsénico, cobalto, cadmio, hierro, manganeso, litio, antimonio, selenio, mercurio, plomo, níquel y manganeso, superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S. 074-2001-PCM.

**Palabras claves:**  $PM_{10}$ , contaminación, enfermedad respiratoria aguda.



## ABSTRACT

The term PM10 is an indicator of atmospheric pollution and represents particles with a diameter less than or equal to 10 micrometers, whose inhalation cause respiratory diseases and other health problems and even the destruction of plant life. The objective of the research was to know the effects of air pollution by PM10 and its relationship with the health of the population of the Yarinacocha district, Coronel Portillo province, Ucayali, 2018. The sample design chosen was of the descriptive explanatory type, which allowed collect data in a single moment, in a single time, according to the characteristics of the variables and indicators proposed in the hypothesis. The results show us that there is atmospheric pollution by PM10, in the district of Yarinacocha, being high in Av. Yarinacocha, Dos de Mayo, Av. La Marina and Av. Arborización. There is PM10 exposure with morbidity rates in the Yarinacocha district, chromium is related to acute and chronic bronchitis, molybdenum is related to asthma and chronic bronchitis, arsenic is related to acute lower respiratory tract infection, lead it is related to diseases of the trachea and bronchi, lithium is related to bronchiolitis, arsenic is related to acute infection of the respiratory tract. It is concluded that the chemical distribution of the PM10 particulate material for air quality in the Yarinacocha district, molybdenum, iron, chromium, arsenic, cobalt, cadmium, iron, manganese, lithium, antimony, selenium, mercury, lead, nickel and manganese , exceed the normal parameters of the Environmental Quality Standards for Air, DS 074-2001-PCM.

**Keywords:** PM10, pollution, acute respiratory disease.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado *“Efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con los efectos en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018”*, se orientó a analizar los efectos negativos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población en el distrito de Yarinacocha. Esta problemática se presenta porque la contaminación del aire es un problema de salud ambiental en Pucallpa, no existen estudios que evalúen el efecto de la contaminación por PM<sub>10</sub> sobre la salud de la población en nuestra región, por lo que parece relevante intentar evaluar cómo esta exposición podría afectar la salud, en especial la de los niños y ancianos. Para tal efecto, se puso a prueba la siguiente hipótesis: H<sub>i</sub>: “Existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018”. Bajo este contexto, se hicieron cinco muestreos, para medir la concentración de partículas en suspensión PM<sub>10</sub> (partículas con diámetros aerodinámicos iguales o menores que 10 µm). El diseño muestral escogido fue del tipo descriptivo explicativo el cual permitió recolectar los datos en un solo momento, en un tiempo único, según las características de las variables e indicadores propuestos en la hipótesis. Después de llevar a cabo el trabajo de campo, el presente trabajo de investigación se ha estructurado en cinco capítulos. El primero, aborda la descripción del problema, donde se da a conocer que la concentración de partículas en suspensión PM<sub>10</sub> tiene su repercusión en la salud humana en la población del distrito de Yarinacocha, la cual merece especial consideración. También se mencionan los objetivos generales, hipótesis, justificación, viabilidad y limitaciones. El segundo capítulo trata sobre los fundamentos

teóricos. El tercer capítulo presenta el marco metodológico donde se habla del tipo de investigación realizado en base a un referente bibliográfico, así como de los instrumentos de recolección de datos. El cuarto capítulo trata de las teorías existentes sobre el aire y su contaminación; y además temas relacionados a contaminación por  $PM_{10}$ . En el quinto capítulo se hacen las discusiones y las conclusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN. ....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	4
1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	5
1.5. VARIABLES. ....	6
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
1.7. VIABILIDAD. ....	8
1.8. LIMITACIONES. ....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	18
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	38
2.4. BASES EPISTÉMICAS.....	41
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	45
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	45

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	51
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	53
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES.....	67
SUGERENCIAS.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	77



## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Modelo de la cadena de la salud ambiental.....	19
<b>Figura 2.</b>	Distribución típica de las partículas en la atmósfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas.....	20
<b>Figura 3.</b>	Distribución del número de partículas en función al diámetro <sup>(19)</sup> .....	21
<b>Figura 4.</b>	Tamaño de la distribución de partículas de acuerdo a la fuente de emisión <sup>(20)</sup> .....	22
<b>Figura 5.</b>	Distribución química del material particulado de acuerdo con el polvo de vías y suelo <sup>(26)</sup> .....	23
<b>Figura 6.</b>	Rutas y vías de exposición de los seres humanos a contaminantes en el ambiente.....	27
<b>Figura 7.</b>	Fisiopatología potencial de efectos en salud cardiopulmonar por exposición a PM <sub>10</sub> .....	32
<b>Figura 8.</b>	Curva hipotética de tiempo de contaminantes vs. efectos en salud.....	44
<b>Figura 9.</b>	Mapa de ubicación donde se realizó la investigación.....	53
<b>Figura 10.</b>	Resultado de PM <sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo del distrito de Yarinacocha en ug/m <sup>3</sup> .....	54
<b>Figura 11.</b>	Resultado de la distribución química del material particulado PM <sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo del distrito de Yarinacocha en ug/m <sup>3</sup> .....	59
<b>Figura 12.</b>	Resultado de la distribución química del material particulado PM <sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y	

	los estándares normales de calidad del aire para arsénico, berilio, cadmio, cobalto y cromo.....	60
<b>Figura 13.</b>	Resultado de la distribución química del material particulado PM <sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y los estándares normales de calidad del aire para cobre, hierro, mercurio, litio y manganeso.....	61
<b>Figura 14.</b>	Resultado de la distribución química del material particulado PM <sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y los estándares normales de calidad del aire para molibdeno, níquel, plomo, antimonio, selenio y zinc.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Procesos que afectan la suspensión del material particulado.....	24
<b>Tabla 2.</b> Análisis de Correlación Múltiple para determinar la contaminación atmosférica por PM <sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha.....	55
<b>Tabla 3.</b> Parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire D.S. 074-2001-PCM y los valores encontrados en los cinco puntos de muestreo de PM <sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha.....	56
<b>Tabla 4.</b> Análisis de Correlación Múltiple para determinar el grado de exposición del PM <sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha.....	58

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los efectos en salud humana debidos a exposición a contaminantes atmosféricos se han convertido en un problema de salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo ocurren cerca de 800 mil muertes prematuras cada año debido a la exposición a partículas de contaminantes del aire en exteriores. Las actividades antropogénicas como la combustión de origen industrial, vehicular y de quemas agrícolas son la principal fuente de emisión a la atmósfera de contaminantes como: monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado (PM)<sup>(1)</sup>.

Se estima que estos contaminantes afectan la salud de 80 millones de personas en América Latina y el Caribe, producen más de 2,3 millones de casos de insuficiencia respiratoria en niños y más de 100.000 casos de bronquitis crónica en personas adultas cada año<sup>(2)</sup>. Aunque todos los contaminantes tienen efectos sobre la salud, se ha evidenciado que el PM tiene una mayor asociación con muertes prematuras, bronquitis y afecciones respiratorias, en especial las partículas menores a 2,5 micras de diámetro (PM<sub>2.5</sub>)<sup>(3)</sup>. Las investigaciones han documentado que las variaciones diarias en la concentración de los contaminantes atmosféricos, aun cuando las concentraciones absolutas estén por debajo de los niveles máximos permitidos por las autoridades ambientales, se asocian con efectos negativos sobre la salud. En particular, se ha

documentado que incrementos de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{PM}_{10}$  o  $\text{NO}_2$  se incrementan entre 10 y 30% en riesgo de morbilidad o mortalidad por enfermedades respiratorias o cardiovasculares y 0.7 a 2% en las tasas de mortalidad general<sup>(4)</sup>. Según la OMS, en países en vías de desarrollo, el 17% de la morbilidad es atribuible a la contaminación del aire. Se estima que en 2012 perdieron la vida 12,6 millones de personas por vivir o trabajar en ambientes poco saludables: casi una cuarta parte del total mundial de muertes, según nuevas estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Tras el análisis de más de 100 categorías de enfermedades y traumatismos, se determinó que la gran mayoría de muertes vinculadas al medio ambiente se deben a enfermedades cardiovasculares, como los accidentes cerebrales y la cardiopatía isquémica<sup>(5)</sup>.

El informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014, presenta la información de las 31 Zonas de Atención Prioritaria (ZAP) para los parámetros: Material particulado ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). Estos parámetros, objeto de evaluación y análisis son de importancia por los niveles alcanzados y los riesgos a la salud que conllevan. El  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  provienen tanto de fuentes móviles por el uso de combustibles fósiles, como de fuentes fijas y fuentes naturales; las primeras son las que contribuyen en un mayor porcentaje en las áreas urbanas. Los valores vigentes de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de aire para material particulado  $\text{PM}_{10}$  son  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor promedio de 24 horas; mientras que el Valor Guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que es el mismo valor promedio anual del ECA nacional. Para el material particulado  $\text{PM}_{2,5}$ ,



el valor es  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que coincide con el valor de la OMS. El impacto en la salud del material particulado está ampliamente documentado y se asocia principalmente con mortalidad prematura de causa cardiovascular y respiratoria, cáncer pulmonar e incremento de admisiones hospitalarias por asma y otras enfermedades respiratorias <sup>(6)</sup>.

En el año 2014, el MINAM realizó el estudio de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas que incluyó la valorización de los impactos en la salud por la presencia del material particulado ( $\text{PM}_{10}$ ) en el aire. Se utilizó el Air-Q, herramienta de software de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la evaluación del riesgo para la salud de la contaminación atmosférica; para atribuir los impactos en la salud por la presencia de  $\text{PM}_{10}$  en el aire, llegándose a estimar en una hipótesis de riesgo medio, que 1220 casos de muertes se atribuyen al  $\text{PM}_{10}$ , de las cuales, 468 tuvieron como causa enfermedades respiratorias y 175 enfermedades cardiovasculares. También se puede decir que 1900 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, 495 por enfermedades cardiovasculares y 1222 admisiones por ataques de asma en niños, son atribuibles al  $\text{PM}_{10}$ . La valoración económica del impacto en la salud por la contaminación del aire por  $\text{PM}_{10}$  realizada considerando la hipótesis de riesgo medio, asciende a US \$805'941,948 <sup>(6)</sup>.

En nuestra región la actividad forestal contamina el medio ambiente desde la extracción de madera en los bosques. El uso de maquinaria pesada hace que el suelo se compacte y mata a los macro y micro organismos de la primera capa del suelo. El riego de combustibles (aceites, petróleos y gasolinas), esteriliza el suelo. El humo que emanan

las maquinas en el bosque mata insectos y ahuyenta a los animales. Los aserraderos asentados en las orillas del rio Ucayali y las quebradas, también contaminan el agua, suelo y el aire de la región Ucayali. El agua del rio se contamina por desperdicios de madera que arrojan al agua (aserrín y el polvillo de madera que vierten al aire contamina el ambiente de la zona causando daños a la salud pública del sector. No existe estudio sobre la contaminación ambiental por material particulado PM<sub>10</sub>.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿Cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo es la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha?
- ¿Cuál la relación entre el grado de exposición al PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018?
- ¿Cuál es la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018?

### 1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### 1.3.1. Objetivo General

- Conocer los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha.
- Determinar el grado de exposición al PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018.
- Determinar la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018.

### 1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS

#### 1.4.1. General

- **Hi:** “Existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo, Ucayali, 2018”.
- **H0:** “No existe un efecto significativo de contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo, Ucayali, 2018”.

## **1.5. VARIABLES**

### **1.5.1. Variable Independiente**

- Concentración de PM<sub>10</sub> en el aire.

#### **Indicadores**

- Material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>).
- Temperatura y Humedad relativa.

### **1.5.2. Variable Dependiente:**

- Salud humana (población) del distrito de Yarinacocha.

#### **Indicador**

- Índice de morbilidad.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.6.1. Justificación teórica**

La investigación tendrá aporte teórico con evidencia científica actualizada que permitirá afirmar que existen efectos de contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población de Yarinacocha; información que hasta el momento ha mostrado una evidente necesidad de la intervención gubernamental para prohibir los comportamientos que deterioran el entorno; disminuir los vertidos hacia el ambiente; controlar la emisión de contaminantes por los automóviles y por la carencia de importancia por parte de las autoridades de la región de realizar estudios continuos y análisis sobre la calidad del aire; además de la falta de aplicación y creación de planes de impacto ambiental.

### **1.6.2. Justificación práctica**

Esta investigación tendrá importancia por los problemas relacionados con la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub>, que es la principal causa de muerte y mala salud de la población de Ucayali y de todo el mundo. Esta investigación es necesaria para los sectores de la población que se encuentran expuestos a contaminantes atmosféricos con posibles repercusiones negativas sobre su salud. En respuesta a las demandas de la sociedad, es necesario que los profesionales se encarguen de evaluar los efectos adversos de los contaminantes inhalados: el clínico evaluando la salud de los individuos expuestos, el toxicólogo definiendo el daño causado por el contaminante, y el epidemiólogo estudiando los efectos en los grupos expuestos. Todos estos tipos de valoración son complementarios pero indispensables, dado que cada uno tiene ventajas y limitaciones para dar respuesta a las preocupaciones de la sociedad. Esto tendrá un aporte práctico para saber cómo la población se ve afectada por la contaminación.

### **1.6.3. Justificación económica**

Desde el punto de vista económico convencional, la contaminación constituye un costo económico, por lo que consumidores y productores deben deshacerse de los desechos en forma adecuada. La contaminación excesiva se da cuando la capacidad del ambiente para la disposición de los residuos se provee en forma gratuita y/o cuando los consumidores y productores no incorporan en sus consideraciones económicas el costo



de los daños que causa la contaminación. Se debe hacer énfasis en que la contaminación involucra daños y los consiguientes costos sociales.

### **1.7. VIABILIDAD**

El presente estudio se hace viable por las justificaciones que se han mencionado y por el interés regional que permitirá conocer los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, lo cual contribuirá con organizaciones públicas y privadas de Ucayali para determinar resultados que puedan ser utilizados en la toma de decisiones y sirva de antecedentes a otras investigaciones relacionadas. Existen otros estudios aplicados en otros lugares. Existe información bibliográfica para la búsqueda de sustento científico que corrobore los resultados del presente estudio.

### **1.8. LIMITACIONES**

No existe limitación alguna ya que se contó con todo el apoyo de las autoridades del distrito de Yarinacocha en la realización de esta investigación y de la población que desea participar en el estudio. Algunas limitaciones mínimas se tuvieron por la desconfianza de las personas en brindar información o prestar declaraciones en el desarrollo del trabajo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. A nivel Internacional**

Arciniegas Suarez C., en su trabajo de investigación “Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM<sub>10</sub>”, realizado en Colombia en el 2012. Objetivos: Determinar el diagnóstico y control de material particulado. Metodología: Estudio descriptivo y explicativo. Presenta una revisión bibliográfica de los impactos asociados con partículas presentes en la atmósfera, los equipos para su monitoreo, aplicaciones tecnológicas complementarias y tecnologías de control. Resultados: El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz. Además, la presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos. Conclusiones: Es necesario, además de realizar mediciones de la concentración de este contaminante, evaluar su comportamiento en el espacio y el tiempo,

asociándolo con los fenómenos meteorológicos, composición química y origen, los cuales permitan orientar estrategias de control y realizar seguimiento por parte de las autoridades ambientales interesadas (7).

Oyarzún M., en su investigación "Contaminación aérea y sus efectos en la salud", realizado en Chile el 2010. Objetivos: Determinar la contaminación aérea y sus efectos en la salud. Metodología: Estudio descriptivo. Este artículo intenta realizar una revisión crítica de los efectos de la contaminación intra y extra domiciliaría sobre la salud humana, poniendo especial énfasis en la situación de los habitantes de ciudades chilenas con niveles críticamente altos de contaminación atmosférica. Resultado: El término "contaminación del aire" incluye una amplia variedad de componentes químicos y biológicos de la atmósfera intra y extra domiciliaria. Los contaminantes atmosféricos riesgosos para la salud humana son el material particulado inhalable ( $PM_{10}$ ;  $PM_{2,5}$  y  $PM_{0,1}$ ) y compuestos químicos gaseosos tales como dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre y monóxido de carbono. El aire intra domiciliario contiene una variedad de compuestos nocivos que derivan de múltiples fuentes. Las más importantes son el humo de cigarrillo, artefactos de calefacción y cocción de alimentos y los agentes biológicos y sus sub-productos. La exposición a contaminantes del aire no solo puede aumentar la tasa de morbilidad sino la tasa de mortalidad, como también puede aumentar el número de ingresos hospitalarios de pacientes con síntomas respiratorios y cardiovasculares. Conclusiones: La contaminación del aire es importante en la determinación de la calidad de vida de niños menores, ancianos y en pacientes con enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Los profesionales de la salud deberían

abogar por una atmósfera intra y extra domiciliaria más limpia a través de la difusión del conocimiento que disponemos sobre los efectos respiratorios y no respiratorios de la contaminación del aire <sup>(8)</sup>.

Hernández-Flórez L., Aristizabal-Duque G., Quiroz L., Medina K., Rodríguez-Moreno N., Sarmiento R., Osorio-García S., en su investigación “Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007”, realizada en Colombia en el 2013. Objetivos: Determinar la relación entre contaminación del aire extra e intramuros por material particulado PM<sub>10</sub> con síntomas respiratorios en niños menores de 5 años en tres localidades del distrito Capital. Metodología: Estudio de cohortes. 315 niños y niñas de jardines ubicados en zona de mayor exposición a material particulado PM<sub>10</sub>, y 304 de jardines en zona de menor exposición. Se siguieron las cohortes por 19 semanas, teniendo en cuenta síntomas respiratorios. Se midió material particulado intramuros y extramuros en los jardines. Se determinaron prevalencias y asociación entre variables. Resultados: Hubo una diferencia de promedios de MP intramuros entre mayor y menor exposición de 85.6 µg/m<sup>3</sup> vs. 61.8 µg/m<sup>3</sup> (p<0,05). 74.3% de los niños presentaron mal respiratorio en el último año, con diferencia entre mayor y menor exposición de 79,6% vs 69,0% (p<0,05). Expectoraciones estuvieron asociadas a mayor exposición a PM<sub>10</sub> (RR 1,39 y 1,30). Factores asociados a síntomas respiratorios: tabaquismo pasivo, el antecedente de bajo peso al nacer, el antecedente de problemas respiratorios, la cercanía del jardín o vivienda a menos de 100 metros de chimeneas, vías de alto flujo vehicular, vías en mal estado. Conclusiones: Un niño menor de 5 años expuesto a PM<sub>10</sub> tiene 1,70 veces más riesgo de

presentar ausentismo escolar por enfermedad respiratoria aguda, una disminución del  $PM_{10}$  reduciría en un 41,1% este ausentismo escolar <sup>(9)</sup>.

Pérez-Vidal H, Lunagómez-Rocha MA, Acosta-Pérez LI., en su trabajo “Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas de fracción respirable ( $PM_{10}$ ), en Cunduacán, Tabasco”, realizado en México en el 2010. Objetivos: Analizar las partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable ( $PM_{10}$ ), en Cunduacán. Metodología: Estudio descriptivo y explicativo. Resultados: En la atmósfera del municipio de Cunduacán, Tabasco, se midió la concentración de partículas suspendidas totales (PST) y partículas de fracción respirable ( $PM_{10}$ ). La obtención de las muestras fue a través de filtros de fibra de vidrio colocados en equipos muestreadores de alto volumen siguiendo los procedimientos establecidos en las normas oficiales mexicanas (NOM-035-ECOL/1993 y NOM-CCAM-002 ECOL/1993). Las PST fueron muestreadas de enero 2001 a octubre de 2003 ( $n = 50$ ); y las  $PM_{10}$  de febrero 2001 a octubre de 2003 ( $n = 58$ ). La máxima concentración de PST fue de  $335.45/\mu g m^{-3}$  en mayo del 2003, mientras que el valor mínimo fue de  $4.39/\mu g m^{-3}$  en octubre del 2001. Conclusiones: La norma fue rebasada dos días en el año 2003. Durante el periodo 2001-2003, las  $PM_{10}$  excedió la norma de calidad del aire establecida ( $150/\mu g m^{-3}$ ), por lo que se detectaron problemas de contaminación respecto a material particulado en Tabasco cuyos efectos aún no han sido evaluados <sup>(10)</sup>.

Gaviria G, CF, Benavides C, PC, Tangarife, CA., en su trabajo “Contaminación por material particulado ( $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$ ) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín”, realizado en Colombia en el 2011. Objetivos: Presentar evidencia estadística de la relación positiva



entre contaminación por material particulado  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  y las consultas externas y por urgencia debidas a enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, infecciones, rinitis). Metodología: se emplearon modelos de series de tiempo sobre registros diarios de medición para  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ; se estimaron diez modelos por mínimos cuadrados ordinarios con corrección de White para ajustar problemas de heterocedasticidad; cinco modelos con consultas por enfermedades respiratorias y  $PM_{10}$ ; y cinco modelos con consultas por enfermedades respiratorias y  $PM_{2,5}$ . Resultados: se concluye que la contaminación del aire por material particulado provoca problemas respiratorios y, en consecuencia, es un problema de salud pública en Medellín. Conclusiones: La evidencia científica muestra cómo la contaminación del aire genera efectos negativos en la salud humana. En Medellín, Colombia, se registra un alto nivel de contaminación del aire por material particulado (medido por Redaire) y un considerable volumen de consultas externas y por urgencias, a causa de enfermedades respiratorias, medidas por Metrosalud <sup>(11)</sup>.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Astete J., Gastañaga M., Pérez D., en su trabajo “Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las Bambas, Perú 2010”, realizado en el 2014. Objetivos: Determinar las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) y metales pesados en el ambiente, así como en población aledaña al proyecto Las Bambas luego de cinco años de exploración minera. Metodología: Estudio comparativo de corte

transversal realizado en tres distritos del área de influencia del proyecto Las Bambas en la región Apurímac, Perú. Se obtuvieron muestras de agua, aire y suelo para determinar las concentraciones de  $PM_{10}$  y metales pesados. Se tomaron muestras de sangre y orina a 310 pobladores para evaluar niveles de plomo, cadmio, arsénico y mercurio. Los resultados se compararon con los obtenidos el año 2005. Resultados. Concentraciones ambientales de  $PM_{10}$  y metales pesados no sobrepasaron los valores referenciales establecidos. La calidad de agua de consumo y suelo no se encuentra alterada. Para el año 2010 comparado con los valores hallados el 2005, los niveles promedio de cadmio y mercurio en orina se incrementaron significativamente en la población del distrito de Chalhuanhuacho (2,4 + 0,8 y 2,6 + 0,4), el Progreso (2,6 + 1,1 y 2,9 + 1,3) y Haquira (3,2 + 1,2 y 2,6 + 0,9). Los valores de cadmio superaron los límites permisibles. Conclusiones: Luego de cinco años de actividad de exploración minera, no se han visto afectadas las características ambientales de las zonas de influencia del proyecto minero Las Bambas, sin embargo, se observan cambios en los niveles de cadmio en orina y en el porcentaje de personas que lo presentan <sup>(12)</sup>.

Suárez-Salas L., Tolentino D., Bendejú Y., Pomalaya J., en su trabajo "Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú", realizado el 2017. Objetivos: Caracterizar la composición química del MP atmosférico colectados en una estación ubicada en el centro urbano de Huancayo. Metodología: Se colectó MP en agosto del 2007, enero, abril y mayo del 2008 con un equipo de bajo volumen (PARTISOL FRM 2000) y filtros de 47 mm. Se determinó la concentración de partículas de tamaño hasta  $10\mu m$  ( $MP_{10}$ ),

partículas menores a  $2,5\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ) y se analizó la composición química de hasta 38 elementos, mediante la técnica de fluorescencia de rayos X (XRF). En el caso del  $\text{MP}_{2,5}$  se analizó los iones: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ) y especies carbonáceas: carbono orgánico (COrg) y carbono elemental (CE). Resultados: Los resultados de  $\text{MP}_{10}$  ( $64,54 \pm 30,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y  $\text{MP}_{2,5}$  ( $34,47 \pm 14,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) superaron la normativa anual de calidad del aire peruano, siendo el  $\text{MP}_{2,5}$  el que representa mayor abundancia en comparación a otras ciudades importantes. También se evidencia una mayor concentración de  $\text{MP}_{10}$  y  $\text{MP}_{2,5}$  en periodo seco. La determinación de la composición química indicó que los elementos geológicos (8%), metales (12%) y metaloides (7%) fueron los componentes más abundantes en el  $\text{MP}_{10}$  y los no metales (4%), iones (11%) y especies carbonáceas (44%) en el  $\text{MP}_{2,5}$ . Conclusiones: Este estudio confirma la problemática del  $\text{MP}_{10}$  en la ciudad de Huancayo, pero evidencia el mayor riesgo del  $\text{MP}_{2,5}$  en la salud de su población, siendo el sector transporte una de las fuentes de emisión más importantes <sup>(13)</sup>.

Padilla Macedo B., en su investigación “Evaluación de la concentración de partículas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado - Tarapoto, noviembre, 2015”, realizada en el 2016. Objetivos: El objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración de partículas menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) y evaluar su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado, Tarapoto. Metodología: El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, explicativo. El corte fue transversal. Resultados: Se encontró que la concentración de  $\text{PM}_{10}$  registrada, en el período de

medición, estuvo por debajo de los Estándares de Calidad de Aire, no obstante la concentración registrada el último día de monitoreo ( $142,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se encontró muy cercana al valor máximo establecido por la normativa ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pudiendo decirse que la calidad del aire es moderada. Conclusiones: El análisis evidencia que aun teniendo concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  por debajo de la norma, la encuesta presentó un promedio de 2,73 síntomas de enfermedades respiratorias por persona (los síntomas más frecuentes fueron: dolor de oído, goteo nasal, dolor en el pecho y escozor en la garganta), esto confirma lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (2005), la cual propone  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como valor máximo para concentración de  $\text{PM}_{10}$ . Concentraciones mayores a esta afectarían la salud de las personas sensibles <sup>(14)</sup>.

Moya Álvarez A., Arredondo E., y Yuli Posadas R., en su investigación “Determinación de la presencia de partículas ( $\text{PM}_{10}$ ) en Perú producidas por quema de biomasa con ayuda de modelos numéricos”, realizada en el 2017. Objetivo: Implementar una red de monitoreo de partículas ( $\text{PM}_{10}$ ) en Perú. Metodología: Se realiza una investigación con ayuda del modelo de pronóstico e investigaciones sobre el tiempo, acoplado con el modelo de química atmosférica (WRF-CHEM, por sus siglas en inglés) para determinar el transporte y dispersión de dichas partículas, producidas por la quema de biomasa, ya sea en Perú o en regiones aledañas. Se tomaron los datos de emisiones del inventario de incendios del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas de Estados Unidos (NCAR, por sus siglas en inglés) y como base meteorológica, los datos de salida del modelo meteorológico “Sistema Global de Predicción” (GFS, por sus siglas en inglés). Se seleccionó el

periodo junio-agosto de 2015. Resultados: Se determinó que ocurrió un incremento progresivo del número de focos en la región, que originó un aumento, también progresivo, de las concentraciones de partículas sobre el territorio y particularmente sobre Perú. Se determinó que Perú es afectado por partículas generadas por incendios dentro del país y las provenientes desde países vecinos, principalmente desde Brasil y Bolivia. El análisis fotométrico registró un incremento progresivo del espesor óptico por aerosoles desde mediados de julio, siendo más notable en agosto, en correspondencia con el incremento de las concentraciones de PM<sub>10</sub> simuladas. Conclusiones. Se infiere la necesidad de establecer una red de monitoreo de concentraciones de PM<sub>10</sub>, principalmente en las regiones central y norte de Perú, dada la importancia de su control para la salud <sup>(15)</sup>.

Gonzales G., Zevallos A., Gonzales C., Nuñez D., Gastañaga C., Cabezas C., Naeher L., Levy K., & Steenland K., en su trabajo "Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana", realizado en el 2014. Objetivos: Realizar una revisión sobre la contaminación del agua, el aire y el efecto del cambio climático en la salud de la población peruana. Metodología: Estudio descriptivo. Resultados: Uno de los principales contaminantes del aire es el material particulado menor de 2,5  $\mu$  (PM<sub>2,5</sub>). En la ciudad de Lima, anualmente, 2300 muertes prematuras son atribuibles a este contaminante. Otro problema es la contaminación del aire domiciliario por el uso de cocinas con combustible de biomasa, donde la exposición excesiva a PM<sub>2,5</sub> dentro de las casas es responsable de aproximadamente 3000 muertes prematuras anuales entre adultos, con

otro número desconocido de muertes entre niños debido a infecciones respiratorias. La contaminación del agua tiene como principales causas los desagües vertidos directamente a los ríos, minerales (arsénico) de varias fuentes, y fallas de las plantas de tratamiento. En el Perú, el cambio climático puede impactar en la frecuencia y severidad del fenómeno de El Niño oscilación del sur (ENSO) que se ha asociado con un incremento en los casos de enfermedades como cólera, malaria y dengue. El cambio climático incrementa la temperatura y puede extender las áreas afectadas por enfermedades transmitidas por vectores, además de tener efecto en la disponibilidad del agua y en la contaminación del aire. Conclusiones: El Perú, pasa por una transición de factores de riesgo ambientales, donde existen riesgos tradicionales y modernos, y persisten los problemas infecciosos y crónicos, algunos de los cuales se asocian con problemas de contaminación de agua y de aire <sup>(16)</sup>.

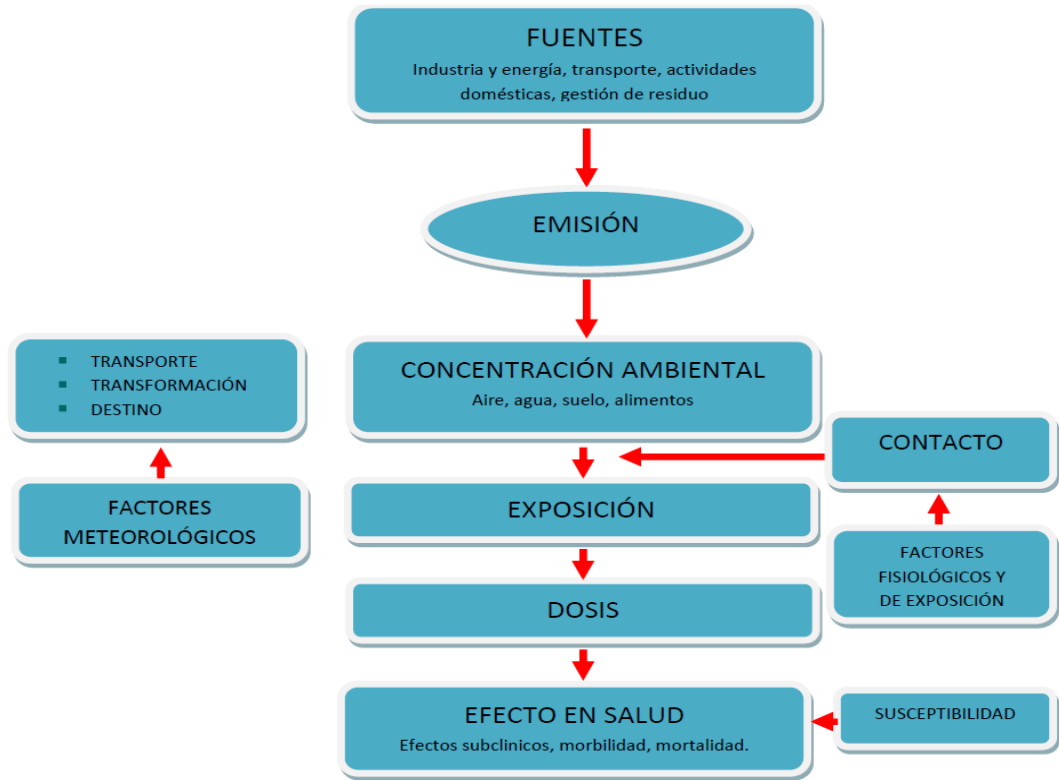
### **2.1.3. A Nivel regional**

No existe investigación alguna sobre este tema pero con este trabajo se llenarán esos vacíos de información.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

El marco teórico que guía la presente investigación es el Modelo de la Cadena de la Salud Ambiental propuesto por Briggs et al., en 1996 y adaptado por la OMS<sup>(28)</sup>. Este modelo contempla componentes del contaminante, de la exposición y efectos en salud. Cada uno de estos componentes suministra información para establecer la asociación entre

el PM<sub>10</sub> y las enfermedades respiratorias en niños y adultos mayores. Tal modelo se complementa con otras variables, como: factores meteorológicos, contacto, susceptibilidad, factores fisiológicos y de exposición.



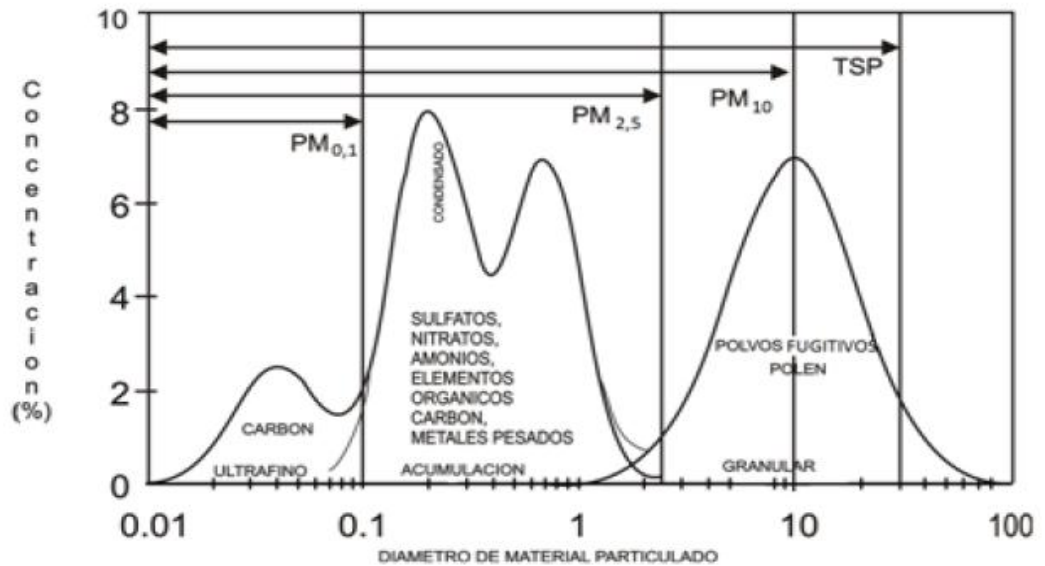
Fuente: Pope AI, Dockery D. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect.

**Figura 1. Modelo de la cadena de la salud ambiental**

### 2.2.1. Material particulado (MP)

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos <sup>(17)</sup>. Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos <sup>(18)</sup>.



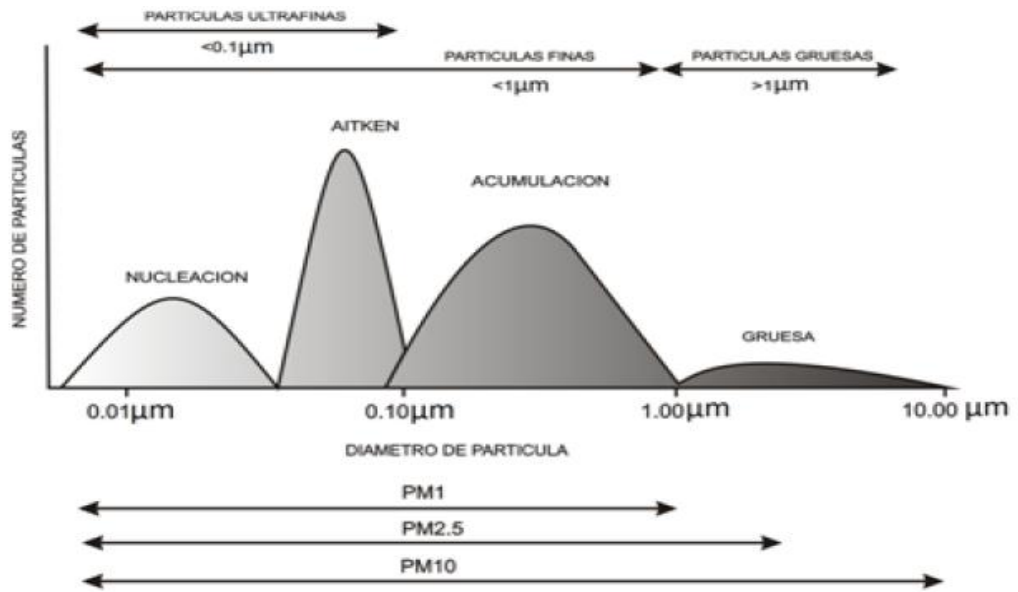


Fuente: Billet et al, Ambient Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) 2007.

**Figura 2. Distribución típica de las partículas en la atmósfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas <sup>(19)</sup>**

Debido a que son de tamaño, forma y composición variada, para su identificación, se han clasificado en términos de su diámetro aerodinámico que corresponde al diámetro de una esfera uniforme en unidad de densidad que alcanza la misma velocidad terminal de asentamiento que la partícula de interés y que está determinado por la forma y densidad de la partícula. De acuerdo a esto, pueden ser clasificadas como finas y gruesas <sup>(19)</sup>, como se presenta en la figura 2.

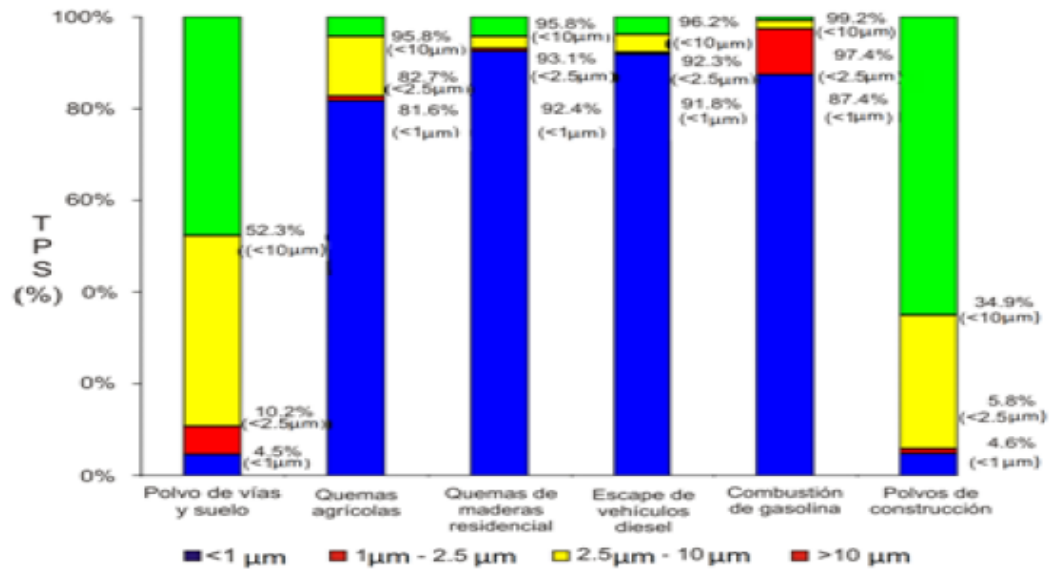
Otros autores afirman que el diámetro de las partículas atmosféricas en suspensión, varía desde nanómetros (nm) hasta decenas de micras (µm). Generalmente se identifican diferentes rangos de tamaños de partícula denominados “modas”, que están relacionados en su mayoría con el mecanismo de formación de las partículas: nucleación, Aitken, acumulación y moda gruesa <sup>(20)</sup>, como se presenta en la figura 3.



Fuente: García, (2002). Determinación de la Concentración de Fondo y Distribución Espacial de PST en Santa Marta. Colombia.

**Figura 3. Distribución del número de partículas en función al diámetro <sup>(19)</sup>**

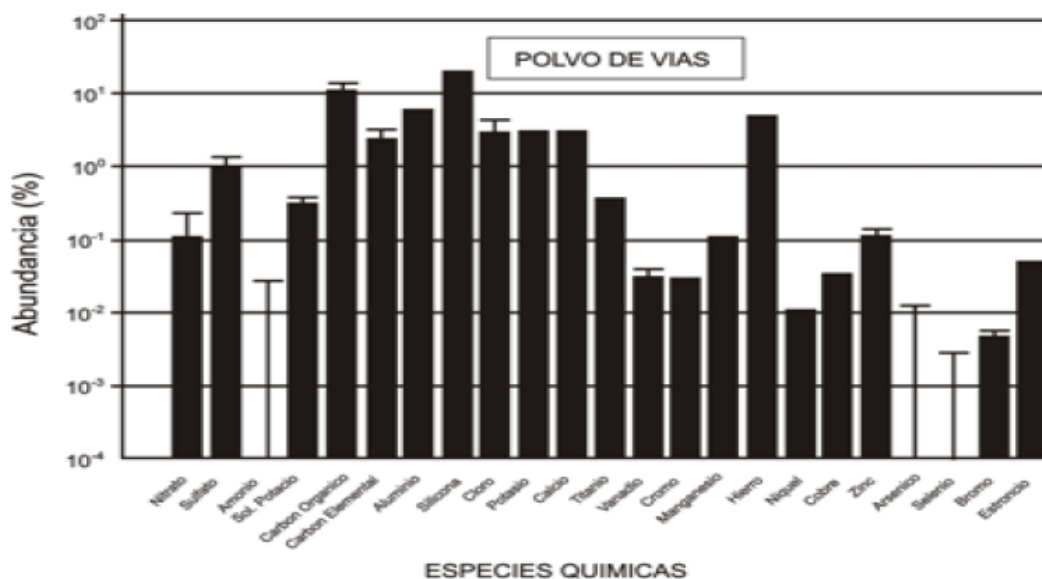
Estas partículas pueden variar su tamaño y composición a través de varios procesos como el vapor de condensación, la evaporación, la coagulación a través de las colisiones del movimiento browniano por la hidrodinámica y fuerzas gravitacionales o eléctricas <sup>(21)</sup>. El material particulado posee una amplia gama de propiedades morfológicas, químicas, físicas y termodinámicas <sup>(22)</sup>. Este es emitido a la atmósfera producto de diferentes actividades, tanto naturales como antropogénicas como se presenta en la figura 4. Entre las actividades naturales se encuentran las emisiones volcánicas y las partículas arrastradas por el viento, como el aerosol marino. Dentro de las actividades antropogénicas se encuentran las emisiones de gases de escape y partículas procedentes de los buques de navegación marítima <sup>(23)</sup>.



Fuente: Artiñano et al. (2003). Anthropogenic and natural influence on the PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> aerosol in Madrid (Spain).

**Figura 4. Tamaño de la distribución de partículas de acuerdo a la fuente de emisión <sup>(20)</sup>**

Además, algunos investigadores han divulgado que la emisión de contaminantes de origen vehicular, constituye una de las causas más relevantes en el deterioro de la calidad del aire, lo que afecta la composición química de la atmósfera a nivel local y regional. La extracción de la atmósfera del material particulado en suspensión se produce por diversos mecanismos, bien sea por deposición seca o por deposición húmeda, cuya eficacia depende esencialmente del diámetro, composición química y propiedades termodinámicas de las partículas. El material particulado está asociado con compuestos con conocida actividad genotóxica, mutagénica o carcinogénica <sup>(24)</sup>.



Fuente: Gao et al. (2002). Characterization of atmospheric trace elements on PM<sub>2.5</sub>

**Figura 5. Distribución química del material particulado de acuerdo con el polvo de vías y suelo <sup>(26)</sup>**

Según el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong (HKEPD), el escape de los vehículos diesel es la principal causa del alto nivel de MP en la zonas urbanas <sup>(25)</sup>. Los principales elementos encontrados por la quema de combustibles fósiles, transformación de metales e incineración de residuos son el Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, V, Sb <sup>(26)</sup>, como se presenta en la Figura 5. Los diferentes elementos presentes en las muestras del material particulado pueden estar asociados con materia mineral, aerosol marino, compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno y compuestos de carbono <sup>(20)</sup>.

Conocer la composición química del material particulado, no solo tiene relevancia desde el punto de vista de la química de la atmósfera, sino también sobre la calidad del aire que se respira en las ciudades. Muchas propiedades de las partículas pueden influir de manera

importante en su comportamiento en el aire y sus efectos sobre el ambiente y la salud. Estas propiedades se presentan en el cuadro 1 <sup>(25)</sup>.

**Tabla 1. Procesos que afectan la suspensión del material particulado <sup>(25)</sup>**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Superficie	La mayor parte de los suelos son reservorios limitados, el polvo suspendible disminuye después de un corto tiempo en ausencia directa de la abrasión. Esta disminución es representada como un exponencial negativo, o una función inversa de tiempo. La disminución de las partículas finas resulta en la exposición de las partículas no erodables que forman un escudo contra la suspensión por la acción del viento. Cuando las superficies son continuamente afectadas por vientos muy intensos, por movimiento vehicular y por otras actividades humanas se crea un reservorio ilimitado que emite partículas de polvo.
Tamaño	La distribución del tamaño de las partículas afecta a los procesos de suspensión. Una capa plana de partículas con diámetros menores a 20 $\mu\text{m}$ es difícilmente suspendida por el viento.
Humedad	El agua adherida a las partículas de suelo incrementa su masa y las fuerzas de tensión superficial lo que disminuye su suspensión y transporte. La excesiva humedad causa que el polvo se adhiera a las llantas de los vehículos llevándolo fuera de las áreas de emisión. Este polvo que es depositado en el pavimento puede suspenderse convirtiéndose en un nuevo foco de emisión.
Densidad	La velocidad de una partícula en respuesta a fuerzas gravitatorias o de inercia aumenta según la raíz cuadrada de su densidad.

Fuente: Ho et al. (2003). Characterization of chemical species in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>

Los modelos de contaminación del aire juegan un papel importante en la ciencia, debido a su capacidad para investigar la importancia de procesos relevantes, al igual que un mayor rol en la aplicación. Son los únicos métodos que pueden cuantificar la relación entre emisiones y concentración-deposición, incluyendo las consecuencias de escenarios

futuros y las estrategias de disminución. Estos modelos han sido usados para calcular el impacto de las emisiones volcánicas y modelos productivos <sup>(27)</sup>.

### **2.2.2. Concentración ambiental de los contaminantes**

La concentración de un contaminante en el ambiente se refiere a la presencia en un medio de transporte en particular (por ejemplo: PM<sub>10</sub> en el aire), expresada en términos cuantitativos (por ejemplo: µg/m<sup>3</sup>). La concentración ambiental del contaminante puede estar influenciada por el transporte, la transformación del contaminante y el destino <sup>(27)</sup>.

**Transporte, transformación y destino:** El destino y la eventual dispersión de los contaminantes dependen de varios factores, incluyendo las propiedades físicas y químicas de los contaminantes y factores del medio ambiente tales como variables meteorológicas y presencia de otros contaminantes. Para el caso del PM<sub>10</sub>, serían los gases como SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, entre otros <sup>(28)</sup>.

Los contaminantes son transportados a diferentes distancias, tiempos y ambientes. Estos, pueden desplazarse por toda la atmósfera a través del aire y entrar a otros medios de forma húmeda (precipitaciones) o seca (partículas). Estos pueden depositarse en el suelo y posteriormente volver a la atmósfera por re-suspensión de partículas del suelo o absorción en plantas <sup>(28)</sup>.

Los contaminantes pueden sufrir transformación o degradación. La transformación es un cambio en la estructura molecular, mientras que la degradación, es la separación de los contaminantes a través de la pérdida

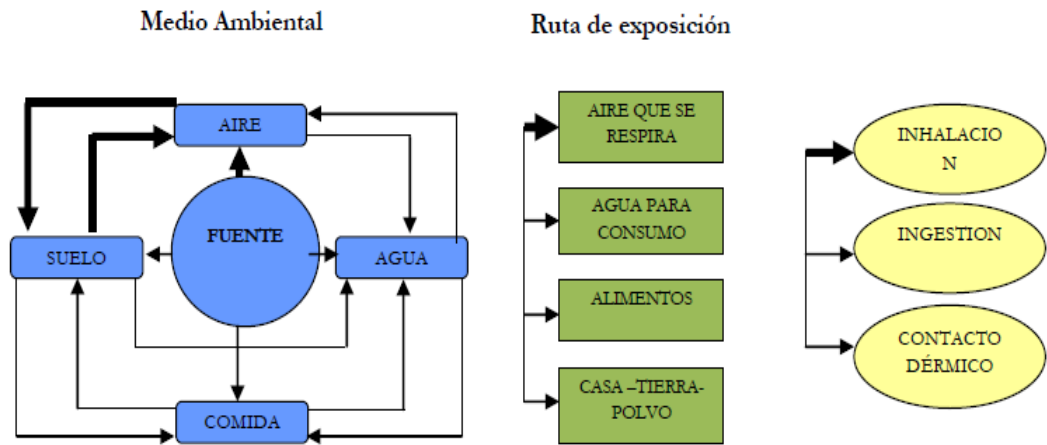
de ciertos grupos químicos o la fragmentación de los contaminantes. Algunos de los procesos involucrados en la transformación y la degradación son la oxidación, hidrólisis y fotólisis. Condiciones ambientales como la temperatura, la pluviosidad, oxígeno y otros contaminantes pueden influir en estos procesos <sup>(27)</sup>.

### **2.2.3. Exposición y contacto de los seres humanos a contaminantes atmosféricos**

La OMS define exposición como el contacto del ser humano con un agente químico, físico o biológico por medio del aire, alimentos, agua, tierra, polvo y productos, entre otros. Por tanto, para que un individuo se considere expuesto a un contaminante debe haber contacto entre éste y el agente ya sea por vía respiratoria, dérmica o digestiva, haciendo posible que se generen efectos en la salud <sup>(28)</sup>.

**Rutas y vías de exposición:** Las rutas y vías de exposición de los seres humanos a contaminantes ambientales deben ser tomadas en cuenta cuando se quiere evaluar la exposición a dichos contaminantes. La ruta de exposición se define como el curso físico que toma un contaminante desde la fuente hasta el organismo expuesto a través del aire, agua o suelo. Mientras que la vía de exposición es la forma como el contaminante entra al organismo y alcanza el órgano blanco por inhalación, ingestión y contacto dérmico. En el caso del Material Particulado (MP), las fuentes emiten sus contaminantes al aire y de ahí pueden depositarse en el suelo. Por tanto, este contaminante tiene como

principal ruta de exposición el aire y la inhalación como vía de exposición principal <sup>(29)</sup>.



Fuente: Sanhueza Análisis Efectos en Salud por Material Particulado Respirable (PM10) y Ozono (O3) en la VI Región. Chile. 2006.

### **Figura 6. Rutas y vías de exposición de los seres humanos a contaminantes en el ambiente**

La inhalación es el medio fácil y rápido de exposición a sustancias tóxicas porque estas se absorben fácilmente en el sistema respiratorio. Los siguientes factores afectan la inhalación de sustancias tóxicas: concentración del contaminante, solubilidad de la sustancia en la sangre y en los tejidos, tasa respiratoria, duración de la exposición, estado del sistema respiratorio y tamaño de la partícula <sup>(30)</sup>.

#### **2.2.4. Tipos de contaminantes**

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) ha definido seis contaminantes llamados contaminantes criterio, debido a que son potencialmente nocivos para la salud de los seres humanos. Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas, las cuales establecen las concentraciones máximas de los



contaminantes atmosféricos que se permiten durante un período definido. Estos valores límite son diseñados con un margen de protección de riesgos de la salud humana y el medioambiente. Tales contaminantes son: Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Material Particulado (PM), Plomo (Pb), Monóxido de carbono (CO) y Ozono (O<sub>3</sub>)<sup>(31)</sup>.

**Descripción del material particulado:** El material particulado (PM, por sus siglas en inglés) es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, que varían en número, tamaño, forma, superficie, composición química, solubilidad y origen. Las partículas están constituidas por fracciones gruesas, finas y ultra finas. Las partículas gruesas (>2,5-10 u/m<sup>3</sup>) se derivan de fuentes naturales como sales marinas, polen, moho, esporas y otras, de suspensión de polvo y tierra de carreteras, agricultura, minería, huracanes, volcanes, etc. Las partículas son inhalables, pueden penetrar en la región torácica del pulmón, contienen partículas más pequeñas, que pueden penetrar y alcanzar órganos y sistemas<sup>(32)</sup>.

Las partículas finas (≤2,5-1 u/m<sup>3</sup>) son emitidas en procesos de combustión tales como el uso de vehículos de gasolina y diésel, la quema de madera, la quema de carbón para la generación de energía y procesos industriales. Están compuestas por productos de transformación como sulfato y nitrato, y generados por conversión de azufre y óxidos de nitrógeno y aerosoles orgánicos de emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Las partículas de este diámetro se respiran más en pulmones alcanzando vías respiratorias periféricas y alveolos pulmonares, están

suspendidas en aire por más tiempo y distancia y penetran fácilmente en interiores <sup>(28)</sup>.

Por último, las partículas ultra finas ( $<0,1 \text{ u/m}^3$ ) son generadas a partir de reacciones fotoquímicas y combustión vehicular. Estas partículas son de importancia porque sirven como fuente primaria de exposición a partículas finas y son poco solubles. Son más propensas a trasladarse desde el pulmón a la sangre y otras partes del cuerpo que partículas más grandes <sup>(33)</sup>. El material particulado de 10 micras de diámetro ( $\text{PM}_{10}$ ) incluye las partículas finas y un subconjunto de partículas gruesas, conformadas principalmente por compuestos orgánicos (como benceno, 1-3 butadieno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, etc.) y compuestos inorgánicos (como carbono, sulfatos y nitratos), entre otros<sup>(33)</sup>.

### **2.2.5. Dosis**

Posterior al contacto del ser humano con el contaminante a través de la inhalación, ingestión o contacto, el contaminante alcanza el órgano blanco donde se producen sus efectos adversos sobre la salud. Sólo en el momento en que una persona respira aire contaminado se produce la exposición. Sin embargo, no todo el contaminante inhalado es absorbido por el sistema respiratorio; una parte del aire contaminando se exhala con la respiración, tos, estornudos, soplos o expectoración. La cantidad del contaminante que alcanza a ingresar al cuerpo se conoce como dosis, el cual corresponde a una fracción de la exposición. Por su parte, la dosis absorbida (o dosis interna) es la cantidad de un agente que pasa a un

tejido u órgano en un intervalo de tiempo. Al aumentar la exposición y la dosis, efectos adversos se harán más pronunciados y más número de personas se verán afectadas. En la exposición a PM, se considera que la concentración de exposición, la que se produce en la zona respirable del individuo y la dosis de exposición, son similares <sup>(30)</sup>.

## **2.2.6. Efectos en la salud**

### **2.2.6.1. Ingreso de los contaminantes**

La puerta de entrada de la vía aérea es la nariz, encargada de acondicionar el aire inspirado para la respiración (humedece y calienta). En esta, la forma de los conductos, la adhesividad de la capa de mucos y la presencia de las vibrisas constituyen barreras físicas que impiden la entrada de parte importante de las partículas en suspensión superiores a 10 micras. Las defensas mecánicas son complementadas por el reflejo del estornudo y la presencia de tejido linfóide y anticuerpos <sup>(34)</sup>.

La vía aérea continúa con la faringe, donde también se conecta la boca que constituye una entrada alterna para el aire cuando hay obstrucción nasal y cuando se necesita aumentar la ventilación. La vía respiratoria o árbol bronquial está tapizado por una mucosa de epitelio ciliado que, en combinación con las glándulas mucosas, constituye el mecanismo mucoso. Este atrapa por adherencia las partículas que han sobrepasado la barrera nasal. La cantidad de contaminante depositado en el pulmón depende de su solubilidad, duración de la exposición y patrón respiratorio. El lugar donde se depositan las partículas depende de su tamaño. Las partículas gruesas o extra-torácicas son atrapadas

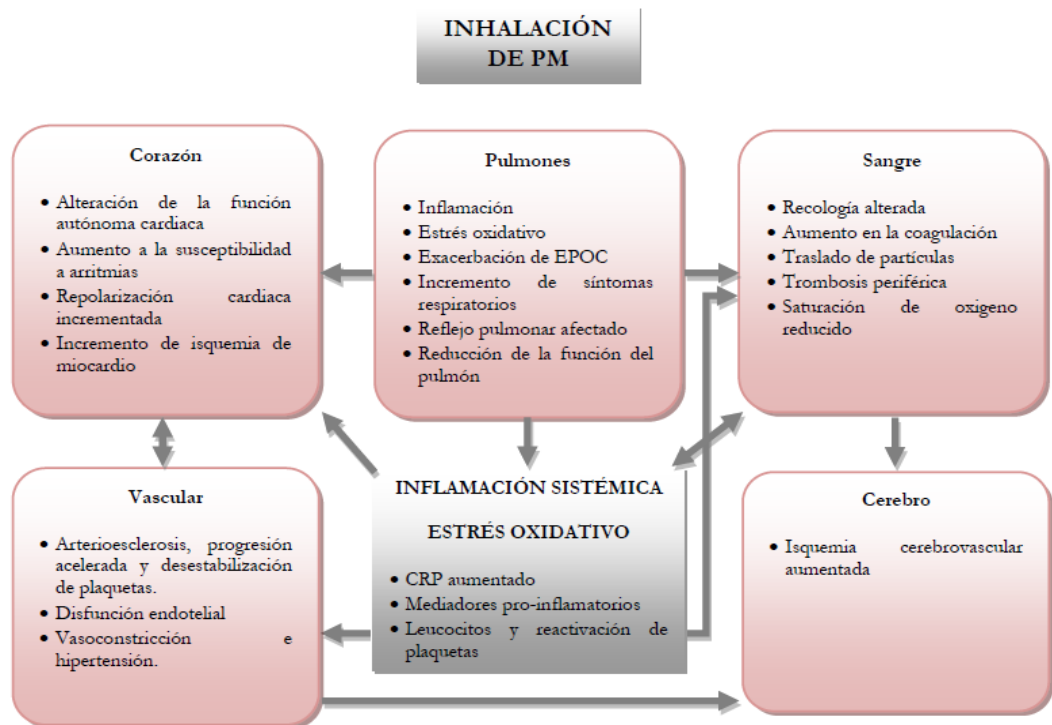
mecánicamente en las vías aéreas superiores, mientras que las partículas finas penetran al pulmón y por efecto de la fuerza de gravedad pueden acumularse en los bronquiolos y alvéolos. Las partículas ultra finas, pueden incluso pasar al torrente circulatorio y a través de este alcanzar otros órganos <sup>(34)</sup>.

#### **2.2.6.2. Mecanismo de generación de los efectos en la salud**

Los mecanismos a través de los cuales los contaminantes atmosféricos pueden llegar a producir efectos sobre la salud se han abordado en diversas investigaciones. La figura 7 presenta un esquema propuesto por Pope en el 2006.

Una vez que se produce el ingreso de las partículas inhaladas, estas se depositan en diferentes partes del tejido de las vías respiratorias superiores e inferiores por mecanismos de impactación y de sedimentación, los cuales, exponen a las mucosas ricas en elementos inmunológicos tales como leucocitos, mastocitos y otros macrófagos, a promover una respuesta de defensa a través de la inflamación. Esta a su vez, genera un aumento de la permeabilidad de las membranas de las mucosas de las vías respiratorias y de los sacos alveolares si es el caso, generando una concentración de líquidos en espacio extravascular, más el acumulo de sustancias pro-inflamatorias que se encargan de atacar o eliminar el material extraño o antígeno, pero que también generan lesión a nivel epitelial de tipo fibrótico, pues luego de todo mecanismo de reparación, viene una fase de cicatrización; de esta forma, las lesiones de los tejidos siempre generan compromiso de la función normal y que tiene

la posibilidad de perpetuarse en el tiempo produciendo inflamación sistémica <sup>(35)</sup>.



Fuente: Pope et al. Health effects of fine particulate air pollution (2006).

**Figura 7. Fisiopatología potencial de efectos en salud cardiopulmonar por exposición a PM <sup>(32)</sup>**

La hiper-reactividad bronquial es la condición inmunológica particular en cada uno de los seres vivos, que genera respuestas inflamatorias con diferente intensidad, haciendo que, algunos exageren en su respuesta, mientras que otros modulan su agresión; es decir, algunos causan un gran daño al reaccionar ante un estímulo, y otros, logran generar el menor daño posible. Sin embargo los efectos sobre la salud respiratoria están mediados por diversos factores tales como:

**Sensibilidad del receptor <sup>(28)</sup>:**

- Factores fisiológicos y biológicos: tales como la edad, sexo, condición física, educación, disponibilidad de servicios de salud.
- Factores comportamentales: como tabaquismo, permanencia en exteriores o interiores durante el día.
- Factores genéticos y presencia de comorbilidad.

**Aspectos del contaminante:**

Hay cuatro aspectos a tener en cuenta para determinar la exposición del contaminante <sup>(27)</sup>:

- **La naturaleza del contaminante:** Químico (gases, material particulado, metales pesados, halógenos, ácidos, insecticidas), físico (ruido, radiación, temperatura, humedad, vibración) o biológico (virus, hongos, bacterias, gusanos). PM<sub>10</sub> se considera un contaminante con propiedades químicas.
- **Intensidad:** Concentración de contaminante en el medio, que integrado con duración del contacto define exposición. La concentración de contaminantes depende de factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento.
- **Duración:** Períodos de exposición: a) Corto plazo (segundos, minutos, horas o días), b) Largo plazo (semanas, meses, años o toda la vida), c) Exposición acumulativa como exposición total en periodo determinado.
- **Frecuencia:** Las concentraciones de agentes dañinos difieren con el día, semana o temporada y en diferentes entornos. Información

sobre cómo la gente usa su tiempo puede influir en la exposición considerablemente <sup>(27)</sup>.

Para la investigación se tendrán en cuenta aspectos relacionados con la edad y el sexo; en el contaminante, se tomará información de concentración de PM<sub>10</sub> en la ciudad, tiempo de exposición a corto plazo y fluctuaciones temporales <sup>(27)</sup>.

### **2.2.6.3. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria**

Los efectos de contaminación por PM<sub>10</sub> en salud se reflejan en manifestaciones clínicas. Cuando se especifica la respuesta inmunológica, teniendo en cuenta la sintomatología y lugar de mayor compromiso, se puede hablar de afecciones de las vías aéreas superiores e inferiores, como: afecciones de las vías respiratorias inferiores (VRI): asma, bronquitis y neumonía. Afecciones de las vías respiratorias superiores (VRS): infecciones respiratorias agudas, mayor sensibilización para rinitis. Afecciones de las Vías Respiratorias Superiores (VRS): Las afecciones de las VRS ocurren por algún factor desencadenante de una respuesta inflamatoria, pero que resuelve o se normaliza en pocos días. Las enfermedades de las vías respiratorias superiores son entre otras rinitis, faringitis, laringitis y amigdalitis <sup>(29)</sup>.

La rinitis corresponde a una hiper reactividad de las mucosas de la nariz en presencia de algún material irritante o también llamado alérgeno. Este material, genera una respuesta inflamatoria normalmente mayor a la normal generando edema de la mucosa, aumento de la secreción de

moco y obstrucción al paso normal del flujo aéreo. Las reacciones se observan en diferentes partes como faringe y laringe. La faringitis y laringitis es la respuesta inmunológica que se caracteriza por edematizar y activar la acción macrófaga sobre el tejido faríngeo y laríngeo; ocurre como respuesta a infecciones de vía aérea superior igual que la amigdalitis. La exposición al alérgeno, es producida por infección vírica o inflamación. La laringitis representa una urgencia médica por alto riesgo de obstrucción de vía aérea por edema <sup>(35)</sup>.

Afecciones de Vías Respiratorias Inferiores (VRI): afecciones de VRI responden a procesos inflamatorios transitorios o desencadenados repentinamente, pero que con un oportuno tratamiento, no presentan un riesgo importante de falla respiratoria o incapacidad funcional. Las enfermedades agudas de las vías aéreas inferiores son entre otras, neumonía, bronquitis, bronconeumonía, traqueítis, edema pulmonar y hasta el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda. Tales enfermedades responden a un proceso inflamatorio del tejido bronquial o del parénquima pulmonar que significa una limitación en los volúmenes pulmonares y sus capacidades, pero que luego de resolver la enfermedad, estas características se recuperarán totalmente en la mayoría de los casos <sup>(35)</sup>.

Las enfermedades crónicas de las VRI pueden exacerbarse por varios factores, entre ellos la exposición a los factores de riesgo como contaminantes, sustancias irritantes y/o antígenos de presencia recurrente, generan liberación de mastocitos, acarreadores de macrófagos, marcación de sustancias tóxicas y células sanas, liberación de histamina, óxido nítrico y gran cantidad de citoquinas con funciones específicas de destrucción, comunicación y de creación de memoria



inmune <sup>(30)</sup>. Este proceso se desarrolla en el tejido, el cual adopta nuevas formas y funciones, adaptándose al medio ambiente agresivo, pero desadaptándose de su función que es favorecer el intercambio gaseoso y el de controlar los flujos aéreos <sup>(27)</sup>.

#### **2.2.6.4. Efectos de la contaminación atmosférica en la mortalidad general**

La contaminación ambiental se asocia a mortalidad por causa de exposición a concentraciones altas en corto tiempo (aguda) o por exposición a concentraciones no tan altas pero repetidas y acumuladas a lo largo de los años (crónica). Las muertes por exposición aguda son el resultado de una complicación en personas que han llegado al límite crítico de tolerancia o debido a fenómenos inflamatorios agudos y trombóticos secundarios a irritación generada por el contaminante <sup>(27)</sup>.

Por su parte las muertes por exposición crónica se explican por el efecto nocivo y acumulado de contaminantes que bloquean el proceso respiratorio en forma lenta pero progresiva y agregan un componente irritativo sobre mucosas y epitelios que de tanto repetirse derivan en alteraciones del crecimiento celular, lo cual suele ser punto de partida para la aparición de neoplasias o tumores malignos de pulmón. La asociación de la mortalidad general y la variación en la concentración de PM<sub>10</sub> ha sido estudiada en diferentes investigaciones <sup>(38)</sup>.

### **2.2.6.5. Población Susceptible**

La población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por niños, personas de la tercera edad y personas con enfermedades cardíacas y respiratorias <sup>(30)</sup>. La vulnerabilidad en niños se debe a su sistema inmunológico, respiratorio y nervioso central, que aún están en desarrollo ya que tienen mayor exposición y que consumen más alimentos, agua y aire en proporción a su peso; sus actividades se desarrollan al aire libre o en contacto con el suelo <sup>(31)</sup>.

La exposición a PM<sub>10</sub> en los niños se ha asociado con déficits y crecimiento en la función pulmonar, aumento de enfermedades respiratorias, síntomas, ausencias escolares, hospitalizaciones por enfermedades respiratorias e incremento en la mortalidad en lactantes y niños pequeños <sup>(28)</sup>. Estos efectos se presentan con mayor frecuencia en niños de 5 años o menos, sin embargo, la susceptibilidad por exposición y desarrollo de sistemas y órganos se presenta hasta los 18 años. Adicionalmente, estos efectos se han demostrado en diversas investigaciones en niños en edad escolar (15 años o menos) <sup>(39)</sup>.

Los efectos en el adulto mayor se deben a cambios anatómicos y fisiológicos degenerativos propios de edad como incremento de glándulas mucosas, calcificación de cartílagos, disminución de elasticidad pulmonar, reducción de superficie alveolar y aumento del volumen residual. El envejecimiento afecta la defensa pulmonar haciéndolos susceptibles a procesos infecciosos. Al reconocer los subgrupos como vulnerables a la contaminación atmosférica, se decide que sobre ellos se enfocará la investigación, los cuales serán evaluados mediante los registros de

consultas a urgencias y mortalidad por enfermedades respiratorias como la infección respiratoria aguda, neumonía, bronquitis aguda, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y asma <sup>(40)</sup>.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Contaminación ambiental:** Es la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población <sup>(18)</sup>.
- **Medio ambiente:** Conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biósfera, sustento y hogar de los seres vivos <sup>(18)</sup>.
- **Contaminante:** Sustancia o compuesto que afecta negativamente al ecosistema. Hay dos tipos de contaminantes: No biodegradables, no se descomponen o lo hacen lentamente, como recipientes de vidrio, plástico, latas, compuestos organoclorados y otros; contaminantes biodegradables, que se descomponen con facilidad: Aguas negras (aguas cloacales), algunos tipos de detergentes y restos orgánicos <sup>(21)</sup>.
- **Aire:** Mezcla de gases (O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) en una proporción de 71% y 21% respectivamente <sup>(21)</sup>.

- **Aspecto ambiental:** Elementos de las actividades, productos o servicios de una actividad que pueden interactuar con el medio ambiente <sup>(21)</sup>.
- **Impacto ambiental:** Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales <sup>(22)</sup>.
- **Contaminación:** Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos ambientales o sobre la salud, adversos. La contaminación puede ser ocasionada por la producción industrial, transporte, agricultura o escorrentía <sup>(22)</sup>.
- **Contaminación industrial:** Es la presencia de sustancias tóxicas en el aire, agua o suelo, que resultan a menudo de ineficiencias en los procesos de producción. La presencia de estas sustancias puede ocasionar un riesgo para la salud en los seres humanos o en los sistemas ecológicos <sup>(23)</sup>.
- **PM<sub>10</sub>:** Partículas “torácicas” menores de 10µg que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas, que pueden penetrar hasta las zonas de intercambio de gas del pulmón, y las partículas ultra finas, menores de 100nm, que pueden llegar a pasar por el torrente circulatorio <sup>(18)</sup>.

- **Epidemiología ambiental:** Estudia los efectos adversos en la salud, provocados por exposiciones a factores ambientales, los cuales pueden ser biológicos, químicos o físicos y pueden presentarse en manera natural, o pueden ser generados a través de actividades humanas <sup>(40)</sup>.
- **Estación de monitoreo:** Es el conjunto de equipos de medición de contaminantes atmosféricos primarios y/o de referencia y de medición meteorológica manuales o automáticos situados en posición estratégica dentro del diseño de una red <sup>(37)</sup>.
- **Fuente de emisión:** Es toda actividad, proceso u operación, realizados por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire <sup>(41)</sup>.
- **Modelo aditivo generalizado:** Modela efectos no lineales con posibles factores de confusión o covariables como la estacionalidad, las tendencias a largo plazo, el clima y las epidemias de gripe. Es un enfoque alternativo que generaliza el uso de métodos de suavización e incorpora funciones no paramétricas (función de enlace) que se adaptan mejor a estructuras no lineales de los datos <sup>(41)</sup>.
- **Función de enlace:** Distribución de la variable respuesta; para el caso de esta investigación es Poisson. Usualmente no se conoce la forma de la curvatura que relaciona las variables predictoras y la de respuesta, para lo cual el GAM ofrece un abordaje más flexible <sup>(41)</sup>.

- **Suavización:** Parámetro incluido en la regresión que elimina las tendencias con diferentes métodos como el promedio ponderado, K-nn (Vecino más cercano), Kernel, Loess, Spline, Natural Spline, entre otros <sup>(42)</sup>.
- **Estacionariedad:** Una serie estacionaria es aquella que posee una media y varianza constante <sup>(43)</sup>.
- **Estacionalidad:** Movimiento periódico que se produce dentro del año y que se repite de un año a otro. Este componente está determinado por factores institucionales y climáticos <sup>(44)</sup>.

## 2.4. BASES EPISTÉMICAS

### 2.4.1. Abordajes metodológicos usados para evaluar los efectos en salud de la exposición de corto plazo a contaminación del aire

#### 2.4.1.1. Modelo aditivo generalizado (GAM)

Los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) se han convertido en la metodología estándar para evaluar los efectos en salud generados por la contaminación del aire, los cuales han sido evaluados en diferentes investigaciones <sup>(28)</sup>. El Modelo Aditivo Generalizado fue desarrollado por Hastie y Tibshirani en 1990, en el que se integran los modelos lineales generalizados y los modelos aditivos <sup>(45)</sup>.

El GAM es un enfoque alternativo que generaliza el uso de métodos de suavización e incorpora funciones no paramétricas (función de enlace), que se adaptan mejor a estructuras no lineales de los datos.

Este modelo unifica tanto los modelos con variables de respuesta numéricas como categóricas, lo cual lleva a considerar otras distribuciones tales como la binomial, Poisson, hipergeométrica, etc. además de la normal. EL GAM permite un abordaje más flexible dado a que usualmente no se conoce la forma de la curvatura que relaciona las variables predictoras y la de respuesta, permitiendo tener funciones suavizadas de la temperatura, humedad, tiempo y las otras variables continuas <sup>(45)</sup>.

El GAM se aplica para modelar los efectos no lineales con posibles factores de confusión o covariables como la estacionalidad, las tendencias a largo plazo, el clima y las epidemias de gripe. Este modelo tiene la forma <sup>(46)</sup>:

$$\ln(E(Y_t^c)) = \beta^c X_{1t}^c + \sum_{i=2}^p S_i^c(X_{it}^c)$$

Donde  $Y_t$  y  $X_{it}$  son el número de muertos o enfermos y los niveles de concentración del contaminante en el día  $t$ , respectivamente.  $X$  son variables predictoras (incluyendo el tiempo), y  $S_i$  es la función de suavización de las variables continuas <sup>(46)</sup>.

La función de enlace depende de la variable respuesta. En esta investigación la variable respuesta corresponde al número de casos diarios por enfermedades respiratorias o muertes (conteos), variable que toma sólo valores enteros positivos, sugiere que debe modelarse mediante una función Poisson. Tal distribución fue derivada por Poisson a partir de la distribución binomial y estima el número esperado de ocurrencias de un evento por unidad de tiempo, área o espacio y es

llamado tasa de ocurrencia. Esta tasa es asumida como homogénea en toda la población <sup>(46)</sup>.

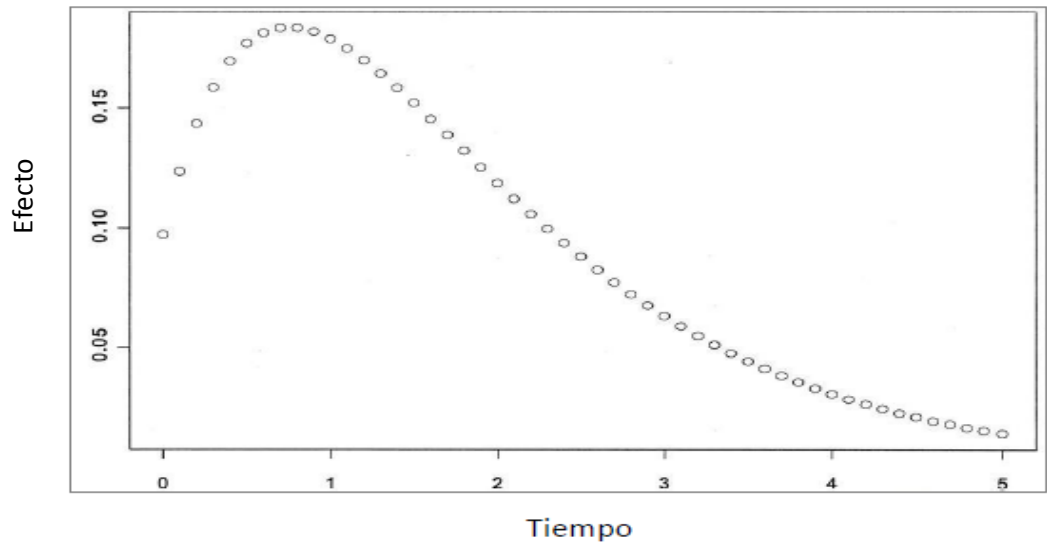
Una de las debilidades de la regresión Poisson es que no permite el uso de datos estacionarios, ya que el riesgo varía de acuerdo a distintas variables predictoras. Es decir, mientras que el riesgo varía en función de factores como la edad o el tabaquismo, en estos análisis, la unidad de observación es el día, por lo tanto la distribución por edad y tabaquismo de la población no varían de día a día, estos factores no influyen en tal riesgo. De aquí que se use la función Poisson con enfoque de series de tiempo <sup>(46)</sup>.

Suavización: Para determinar la asociación mediante funciones gaussianas, inicialmente se eliminan las tendencias por medio de un promedio móvil, sin embargo este da el mismo peso a todas las observaciones tomadas y peso cero a las otras. Lo anterior también podría hacerse ponderando las observaciones (promedio ponderado) lo cual constituye un método de suavización. En la regresión Poisson no se puede eliminar las tendencias de esa forma (antes), pero se puede incluir el método de suavización directamente <sup>(46)</sup>. Aparte del promedio móvil, existen diferentes métodos de suavización tales como: K-nn (Vecino más cercano), Kernel, Lowess, Loess, Spline, Natural Spline, entre otros. La suavización por medio de Spline (s) o Natural Spline (ns) dividen cada variable (tiempo, temperatura, etc) en intervalos, luego, un polinomio de tercer grado se coloca en cada intervalo y une los límites <sup>(46)</sup>.

Estimación del riesgo: La estimación del riesgo tiene en cuenta que el aumento en la concentración del contaminante en un solo día distribuye el efecto a través de varios días posteriores. En general, se puede



suponer que la forma de la distribución de los efectos de la contaminación del aire con el tiempo se parece a la figura 8 <sup>(47)</sup>.



**Figura 8. Curva hipotética de tiempo de contaminantes vs. efectos en salud**

La evaluación del impacto en cada día de rezago se realiza mediante el método de rezago simple. Por su lado el modelo de rezagos distribuidos evalúa la contaminación del aire que afecta no sólo las muertes que ocurren en el mismo día, sino la de varios días posteriores, ajustado por los otros días de rezago. Aproximación más razonable <sup>(47)</sup>.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

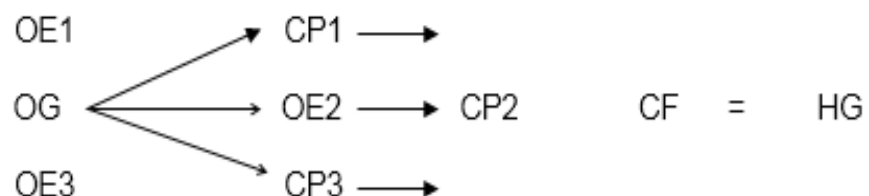
#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

**Descriptiva:** Porque en esta investigación se buscó conocer los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.

**Explicativa:** Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; en este estudio estuvo dirigido a responder los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con la salud de la población del distrito de Yarinacocha, su interés se centró en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

#### 3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se hizo uso del diseño no experimental por objetivos, de acuerdo a:



**Dónde:**

**OG** = Objetivo general.

**OE** = Objetivo específico.

**CP** = Conclusión parcial.

**CF** = Conclusión final.

**HG** = Hipótesis general.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población**

El ámbito de la investigación se circunscribe exclusivamente a la población del distrito de Yarinacocha, que pertenece a la provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

#### **3.3.2. Muestra**

Se tomaron 5 muestras en forma aleatoria en todo el distrito de Yarinacocha.

- P1. Av. Yarinacocha.
- P2. Dos de Mayo.
- P3. Av. Arborización.
- P4. Carretera Tushmo.
- P5. Av. La Marina.

### **3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. Métodos**

Se realizó de la siguiente manera:

#### **Aplicación del protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos de la Dirección General de Salud Ambiental- DIGESA**

- Se siguieron las pautas metodológicas prescritas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de los datos, de la Dirección General de Salud Ambiental del Perú (DIGESA, 2005) y se tomaron en cuenta el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S N° 074 – 2001 – PCM).
- Se realizaron muestreos de campo (monitoreo por aspersión), utilizando Equipo Hi-vol 3000 de alto volumen para partículas.
- DIGESA (Perú, 2005) brindó protocolos para muestreos de aire, el cual se aplicó en este estudio.

#### **Parámetros de monitoreo**

- El principal parámetro de monitoreo seleccionado fue la concentración de partículas en suspensión PM<sub>10</sub> (partículas con diámetros aerodinámicos iguales o menores que 10 µm) porque su repercusión en la salud humana merece especial consideración. Además se han considerado los siguientes parámetros ambientales y meteorológicos:
  - Temperatura ambiental (tomados de los registros de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali).

- Precipitación (registros tomados de la estación meteorológica automatizada de la Universidad Nacional de Ucayali).
- Dirección y velocidad del viento (registros tomados de la estación meteorológica automatizada de la Universidad Nacional de Ucayali).

### **Cantidad de puntos de muestreo**

- Para determinar el número de estaciones de muestreo se tomó en cuenta la cantidad sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), descrita en el Protocolo de Calidad de Aire (DIGESA, 2005) y la Agencia de Protección Ambiental (US EPA), para zonas urbanas, que para el caso es dos estaciones de muestreo, dado que Yarinacocha posee una población aproximada de 96.577 INEI, 2016 (48), (< 1 millón de habitantes), sin embargo, con el fin de obtener mejor representatividad espacial de los resultados, se consideró cinco puntos de muestreo.

### **Localización de puntos de muestreo**

- La ubicación de los respectivos puntos de monitoreo se realizaron en forma aleatoria en cinco puntos siendo P1: Av. Yarinacocha, P2: Dos de Mayo, P3: Av. Arborización, P4: Carretera Tushmo y P5: Av. La Marina; con el fin de lograr una distribución más o menos homogénea en el ámbito urbano de la población del distrito de Yarinacocha, de manera que los resultados obtenidos sean representativos de la realidad del distrito

**Otras consideraciones priorizadas durante el sitio del monitoreo**

- El equipo de trabajo en el monitoreo tuvo algunas de las recomendaciones que se fijó en los manuales de los diferentes organismos:
  - Para asegurar el flujo lo más libre posible, se deben evitar árboles y edificios en un área de 10 metros alrededor del sitio de muestreo y no tomar muestras en las superficies laterales de los edificios.
  - En lo posible, se rechazaron las interferencias en las estaciones de muestreo, por la circulación local que depende de factores topográficos.
  - Para minimizar los efectos de las fuentes locales, se recomienda instalar la estación de monitoreo a una distancia de por lo menos 20 metros de cualquier fuente industrial, doméstica o de carreteras con alto tráfico vehicular.
  - La altura del muestreador debe estar entre 1.5 y 4 metros sobre el nivel del piso. Una altura de 1.5 m, se utiliza para estimar exposiciones potenciales del ser humano a situaciones de gran carga de tráfico vehicular. Sin embargo, para evitar el vandalismo en algunos sitios de monitoreo, se prefiere instalar la toma de muestra a una altura de 2.5 metros. Existen algunas circunstancias, para los estudios de los antecedentes de contaminación en ciudades, en donde no es posible cumplir con el requisito de una altura de 4 metros, por lo cual se ha realizado instalaciones de toma de muestra hasta de 8 metros de altura.

- La entrada del muestreador no debe localizarse cerca de fuentes de contaminación, para evitar arrastres de plumas de chimeneas domésticas o industriales.
- Para medir los parámetros meteorológicos se recomienda instalar los instrumentos a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, y tomar mediciones a diferentes alturas con el objeto de obtener gradientes térmicas.

### **Medición del índice de morbilidad**

- Para determinar la ocurrencia diaria de morbilidad general, se ha obtenido información secundaria a partir de los registros de los Centros de Salud del distrito de Yarinacocha.
- Las enfermedades que se evaluaron fueron identificadas mediante los códigos correspondientes a la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10 que se muestran a continuación: infección respiratoria aguda (J00.0 - J06.9), neumonía (J10.0 - J18.9), bronquitis aguda (J20.0 - J20.9), otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (J30.0-J32.9), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (J40.0 – J44.9), asma (J45.0 – J46.9).

### **Procesamiento y presentación de datos**

- Los datos fueron procesados haciendo uso del paquete estadístico SAS versión 8.1 para Windows y los resultados se presentaron en tablas y figuras haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial. Para la prueba de hipótesis se hizo uso de la regresión y correlación  $r$  de Spearman para determinar qué tan intensa es la relación entre las dos variables.

### 3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

- **Pruebas Estadísticas**

Se trabajó en función a las diversas técnicas estadísticas y de acuerdo al seguimiento del diseño respectivo y distribución de frecuencias. Se ha aplicado la prueba del Chi Cuadrado:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E};$$

la asociación (regresión) y correlación de variables.

- **Correlación**

**Análisis de correlación:** Es el conjunto de técnicas estadísticas empleado para medir la intensidad de la asociación entre dos variables. El principal objetivo del análisis de correlación consiste en determinar qué tan intensa es la relación entre dos variables. Normalmente, el primer paso es mostrar los datos en un diagrama de dispersión.

**Diagrama de dispersión:** Es aquel gráfico que representa la relación entre dos variables.

**Variable dependiente:** Es la variable que se predice o calcula, cuya representación es "Y".

**Variable Independiente:** Es la variable que proporciona las bases para el cálculo. Su representación es: X1, X2, X3...

**Coefficiente de correlación:** Describe la intensidad de la relación entre dos conjuntos de variables de nivel de intervalo. Es la medida de la intensidad de la relación lineal entre dos variables.



El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde menos uno hasta uno, indicando que mientras más cerca a uno (1) esté el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables.

Mientras más cerca a cero esté el coeficiente de correlación, indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

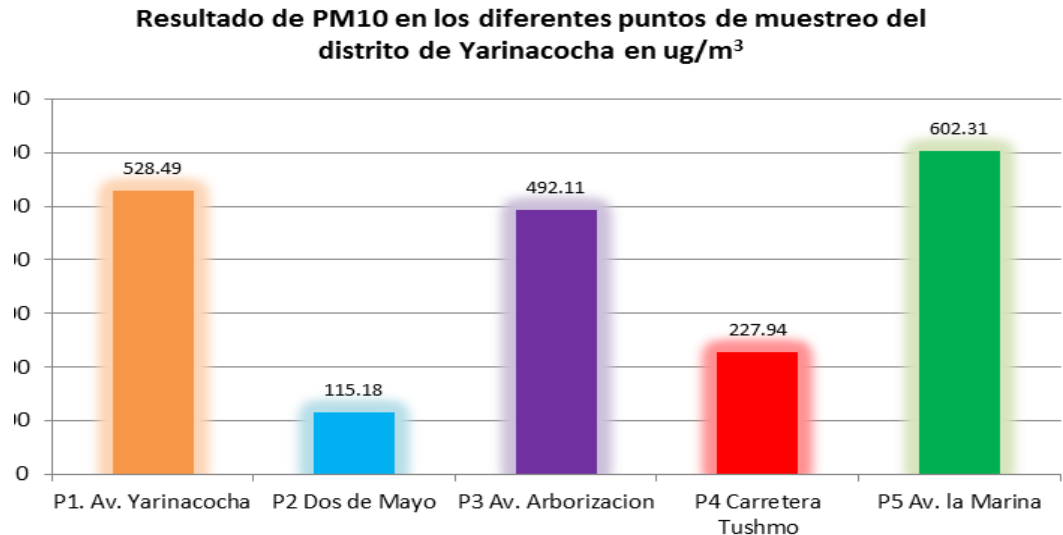


Fuente: Google Earth 2018.

**Figura 9. Mapa de ubicación donde se realizó la investigación.**

- **Determinar la contaminación atmosférica por  $PM_{10}$  en el distrito de Yarinacocha**

Para determinar la contaminación atmosférica por  $PM_{10}$  en el distrito de Yarinacocha se realizaron los puntos de muestreo en los sitios mencionados en la figura 9, donde en el punto de muestreo número cinco (P5) correspondiente a la Av. La Marina, se obtuvo  $602.31 \text{ ug/m}^3$ . En el punto uno (P1: Av. Yarinacocha), se encontró  $528.49 \text{ ug/m}^3$ . En el punto tres (P3: Av. Arborización), se encontró  $492.11 \text{ ug/m}^3$ . En el punto cuatro (P4: carretera Tushmo), se encontró  $227.94 \text{ ug/m}^3$ . En el punto dos (P2: Dos de Mayo), se encontró  $115.18 \text{ ug/m}^3$ .



**Figura 10. Resultado de PM<sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo del distrito de Yarinacocha en ug/m<sup>3</sup>.**

Para conocer la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub>, se realizó un análisis de correlación múltiple entre la concentración de PM<sub>10</sub> en el aire y el nivel de contaminación, donde la concentración de PM<sub>10</sub> en la Av. Yarinacocha se relaciona en 31% con la contaminación alta (p value 0.0241); Dos de Mayo se relaciona en 35% con la contaminación media (p value 0.0176); Av. Arborización se relacionan en 37% con la contaminación media (p value 0.0153); Carretera Tushmo se relaciona en 41% con la contaminación baja (p value 0.0106); y Av. La Marina se relaciona en 38% con la contaminación media, (p value 0.0145) (Tabla 1).

**Tabla 2. Análisis de Correlación Múltiple para determinar la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha.**

<b>Pearson Correlation Coefficients, N = 5 Prob &gt;  r  under H0: Rho=0</b>			
<b>Concentración de PM<sub>10</sub> en el aire</b>	<b>Nivel de Contaminación</b>	<b>P &gt;Value</b>	<b>%</b>
P1. Av. Yarinacocha	Contaminación alta	0.0241	31
P2. Dos de Mayo	Contaminación media	0.0176	35
P3. Av. Arborización	Contaminación media	0.0153	37
P4. Carretera Tushmo	Contaminación baja	0.0106	41
P5. Av. La Marina	Contaminación media	0.0145	38

- **Determinar el grado de exposición del PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018**

En el grado de exposición del PM<sub>10</sub> hacia los pobladores de Yarinacocha, se tiene que los valores medidos sobrepasan los valores normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S. 074-2001-PCM.

**Tabla 3. Parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S. 074-2001-PCM y los valores encontrados en los cinco puntos de muestreo de PM<sub>10</sub> en el distrito de Yarinacocha**

	PARÁMETRO NORMAL	P1. Av. Yarinacocha	P2 Dos de Mayo	P3 Av. Arborización	P4 Carretera Tushmo	P5 Av. La Marina
ARSENICO	0.3	7.7	7.5	7.5	7.3	7.5
BERILIO	0.05	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
CADMIO	2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
COBALTO	0.1	7	7	7	7	7
CROMO	1.5	9.5	9.3	9.3	9.7	9.1
COBRE	50	120	101	90	80	100
HIERRO	25	130	120	115	90	95
MERCURIO	2	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
LITIO	20	80	85	80	80	75
MANGANESO	2.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
MOLIBDENO	120	130	135	130	130	140
NIQUEL	0.5	7	7	7	7	7
PLOMO	2	20.2	19.5	20.5	20.2	20.2
ANTIMONIO	25	22	25	22	23	25
SELENIO	10	37	40	40	40	37
ZINC	120	123	123	123	123	123

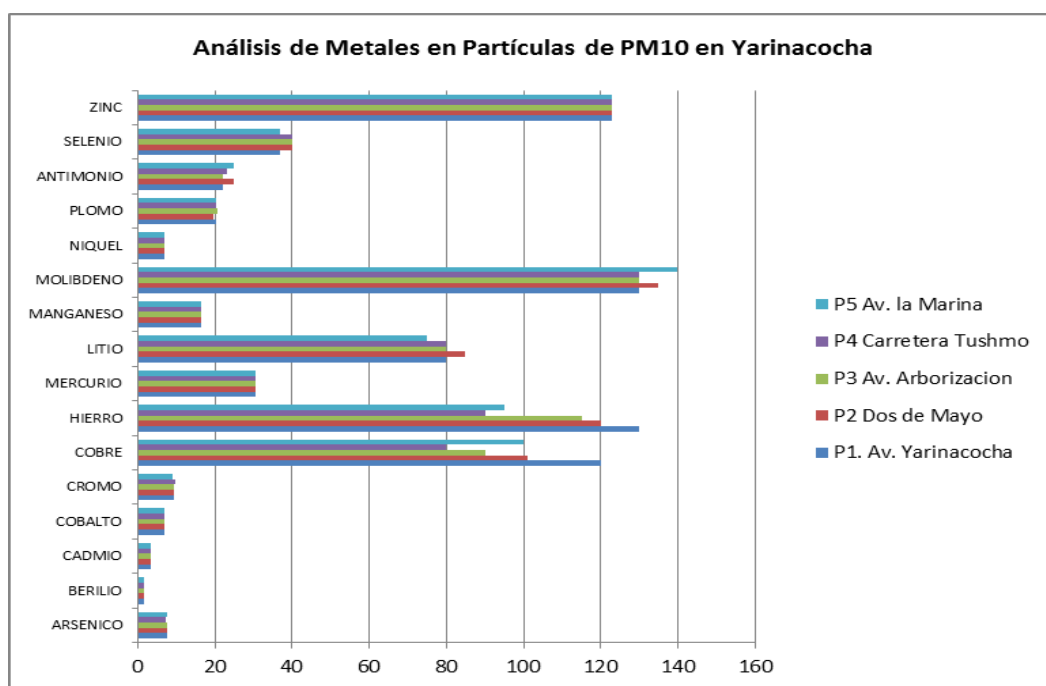
Mediante un análisis de correlación múltiple se determinó el grado de exposición del PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha. Se encontró que el cromo se relaciona en 97% con la bronquitis aguda y con bronquitis no especificada crónica en 95% (p value 0.0212 y 0.0419); el molibdeno se relaciona en 98% con asma no especificado y con bronquitis no especificada crónica en 96% (p value 0.0178 y 0.0336); el arsénico se relaciona con infección aguda de las vías respiratorias inferiores en 94% (p value 0.0512); el plomo se relaciona en 94% con enfermedades de la tráquea y de los bronquios, no clasificadas en otra parte (p value 0.0556); el litio se relaciona en 94% con bronquiolitis sin especificar, bronquiolitis aguda (p value 0.0572); el arsénico se relaciona en 94% con infección aguda de las vías respiratorias (p value 0.0512), (Tabla 3).

**Tabla 4. Análisis de Correlación Múltiple para determinar el grado de exposición del PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha**

Pearson Correlation Coefficients, N = 4 Prob >  r  under H0: Rho=0			
<b>Concentración de PM-10 en el aire</b>	<b>Índices de morbilidad por enfermedad respiratoria aguda (ERA).</b>	<b>P &gt;Value</b>	<b>%</b>
CROMO	BRONQUITIS AGUDA	0.0212	97
MOLIBDENO	ASMA NO ESPECIFICADO	0.0178	98
CROMO	BRONQUITIS, NO ESPECIFICADA COMO AGUDA O CRÓNICA	0.0419	95
MOLIBDENO	BRONQUITIS, NO ESPECIFICADA COMO AGUDA O CRÓNICA	0.0336	96
ARSENICO	INFECCIÓN AGUDA DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS INFERIORES	0.0512	94
PLOMO	ENFERMEDADES DE LA TRAQUEA Y DE LOS BRONQUIOS, NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE	0.0556	94
LITIO	BRONQUIOLITIS SIN ESPECIFICAR, BRONQUIOLITIS AGUDA	0.0572	94
ARSENICO	INFECCIÓN AGUDA DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS	0.0512	94

- **Determinar la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018**

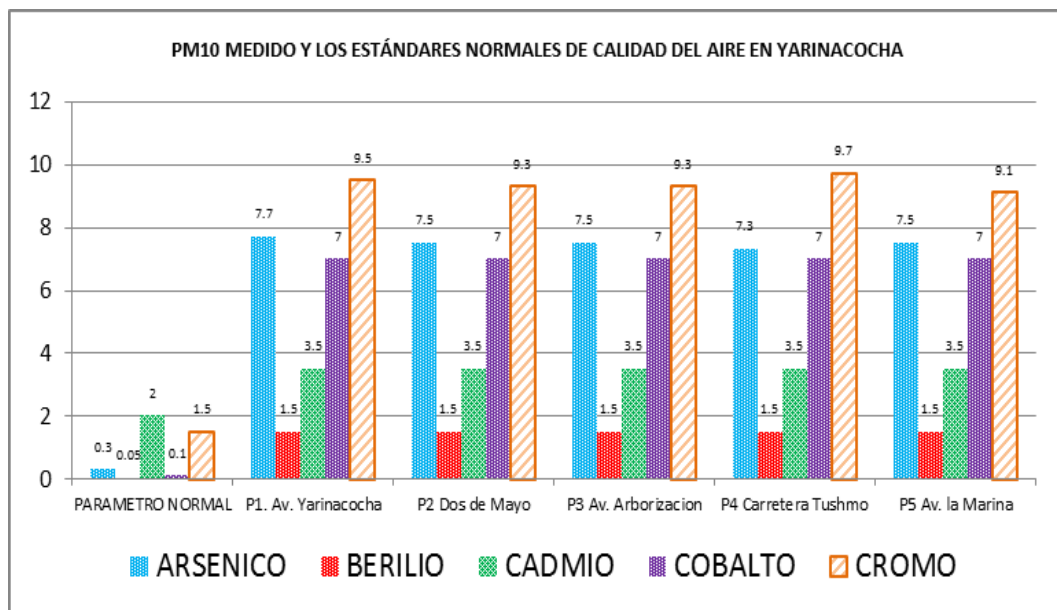
En la figura 10, se muestra la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub>, donde el molibdeno muestra valores altos en el quinto muestreo, el hierro es el segundo con más alto valor encontrado en el primer muestreo.



**Figura 11. Resultado de la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo del distrito de Yarinacocha en ug/m<sup>3</sup>.**

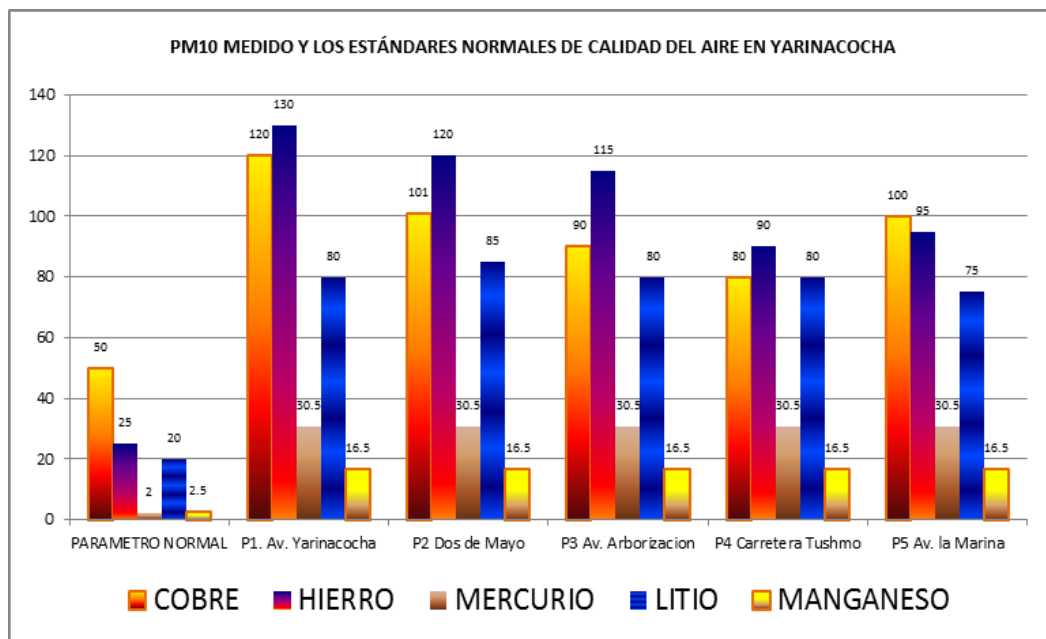
Al analizar los metales en las Partículas de PM<sub>10</sub>, se encontró que el cromo es alto en 9.7 ug/muestra por la Av. Arborización; el arsénico fue de 7.7 ug/muestra por la carretera Tushmo; el cobalto fue 7 ug/muestra en los cinco muestreos al igual que el cadmio con 3.5 ug/muestra (figura 11).





**Figura 12. Resultado de la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y los estándares normales de calidad del aire para arsénico, berilio, cadmio, cobalto y cromo.**

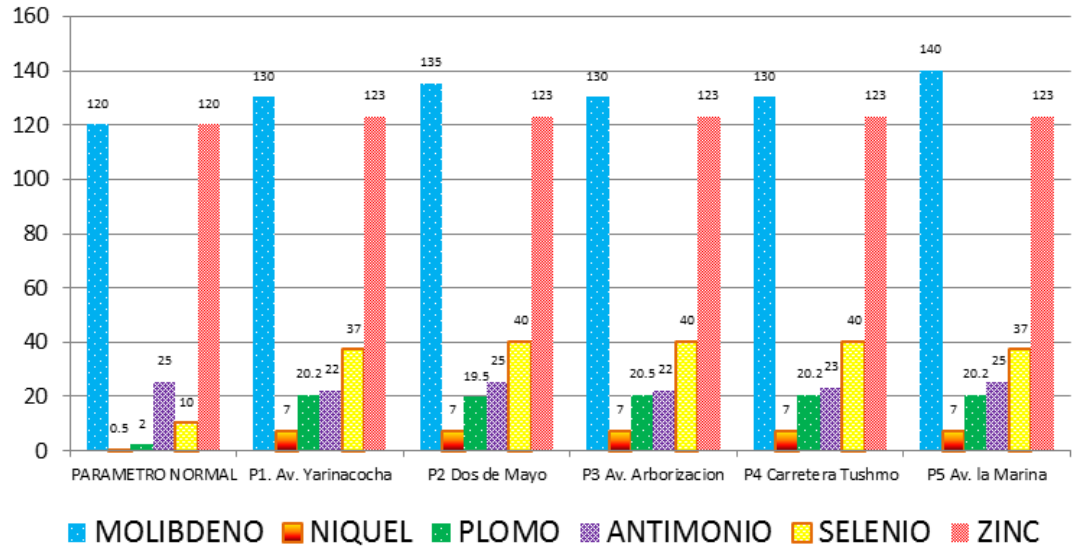
En la figura 12, el hierro fue 130  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  por la Av. Yarinacocha; el manganeso 120  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en Av. Yarinacocha; el litio fue 85  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en 2 de Mayo; el mercurio en 30.5  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos, al igual que el manganeso en 16.5  $\mu\text{g}/\text{muestra}$ . Todos los resultados encontrados superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire D.S. 074-2001-PCM.



**Figura 13. Resultado de la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y los estándares normales de calidad del aire para cobre, hierro, mercurio, litio y manganeso.**

En la figura 13, el molibdeno fue 140  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  por la Av. La Marina; el zinc fue de 123  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos; el selenio de 40  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en cuatro puntos de muestreo, siendo el menor en la Av. Yarinacocha; el antimonio mantuvo los estándares normales siendo de 22 a 25  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos; el plomo en 20.5  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en la Av. Arborización; el níquel en 7  $\mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos. Todos los resultados encontrados superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire D.S. 074-2001-PCM.

## PM10 MEDIDO Y LOS ESTÁNDARES NORMALES DE CALIDAD DEL AIRE EN YARINACOCHA



**Figura 14. Resultado de la distribución química del material particulado PM<sub>10</sub> en los diferentes puntos de muestreo y los estándares normales de calidad del aire para molibdeno, níquel, plomo, antimonio, selenio y zinc.**

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub>, la Concentración de PM<sub>10</sub> de la Av. Yarinacocha se relaciona en 31% con la Contaminación alta, Dos de Mayo se relaciona en 35% con la Contaminación media, Av. Arborización se relacionan en 37% con la contaminación media, Carretera Tushmo se relaciona en 41% con la contaminación baja y Av. La Marina se relaciona en 38% con la contaminación media.

Celis J., Morales J., Zaror C., Carvalho O., en su trabajo “Contaminación del Aire Atmosférico por Material Particulado en una Ciudad Intermedia: El Caso de Chillán”, realizado el 2007 en Chile, menciona que durante la estación fría, las sustancias carbonosas y las sustancias inorgánicas de origen secundario fueron los componentes predominantes del aire respirable en Chillán. Por el contrario, durante los meses de calor fueron las partículas de polvo del suelo las que abundaron en la atmósfera de la ciudad. La concentración del PM<sub>10</sub> promedio anual para Chillán ( $63,5 \pm 14,6 \text{ mg/m}^3$ ) fue un 27% mayor que la norma EPA y nacional de  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Comparando con otras ciudades chilenas, es inferior a lo medido en Santiago, Temuco, Rancagua, y Valparaíso, pero supera a lo registrado en Iquique y Viña del Mar. Las mayores concentraciones de aerosoles PM<sub>10</sub> durante días laborables comparado con los fines de semana, registradas en el centro de la ciudad, son posiblemente la consecuencia de actividades humanas tales como el tráfico de la ciudad, trabajos de construcción, talleres y operaciones industriales <sup>(48)</sup>.

Para determinar el grado de exposición del PM<sub>10</sub> con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018, el cromo se relaciona en 97% con la bronquitis aguda y con bronquitis no especificada crónica en 95%; el molibdeno se relaciona en 98% con asma no especificado y con bronquitis no especificada crónica en 96%; el arsénico se relaciona con infección aguda de las vías respiratorias inferiores en 94%; el plomo se relaciona en 94% con enfermedades de la tráquea y de los bronquios, no clasificadas en otra parte; el litio se relaciona en 94% con bronquiolitis sin especificar y bronquiolitis aguda; el arsénico se relaciona en 94% con infección aguda de las vías respiratorias.

Miranda Romero K., Ortiz Flórez L., en su investigación “Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM<sub>10</sub> y su relación con la morbilidad asociados a ERA`s en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el Municipio de Toluviejo (Sucre), realizada en Colombia en el 2008, menciona que de los resultados del modelo se infiere que PM<sub>10</sub> es un factor de riesgo sobre la población de niños menores a 14 años del municipio de Toluviejo, considerando que este factor incide en los casos reportados por ERA en este grupo poblacional. La relación descrita por el modelo, muestra que existe un efecto directo y positivo entre PM<sub>10</sub> y ERA, de tal forma que un aumento de PM<sub>10</sub> genera un aumento en el número de niños con ERA. A través de los coeficientes estimados por el modelo, y particularmente estimando el riesgo relativo ocasionado por PM<sub>10</sub>, se tiene que por un aumento de 1 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, se genera un incremento de los casos de ERA en un 1,45% diez días después, que acotado por un intervalo de confianza del 95% corresponde a un incremento entre 0,52% y 2,39%. Lo anterior implica que por cada 100 casos reportados por ERA, ante un aumento de 1 µg/m<sup>3</sup> se tiene un niño adicional con ERA. Tomando como referente los

cambios de  $PM_{10}$  entre días en este estudio, se tiene en promedio un aumento de  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , tal aumento generaría por cada 100 casos, 13 casos adicionales con ERA <sup>(49)</sup>.

Para determinar la distribución química del material particulado  $PM_{10}$  para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018, la distribución química del material particulado  $PM_{10}$ , el molibdeno muestra valores altos en el quinto muestreo; el hierro es el segundo con más alto valor encontrado en el primer muestreo; el cromo es alto en  $9.7 \mu\text{g}/\text{muestra}$  por la Av. Arborización; el arsénico fue de  $7.7 \mu\text{g}/\text{muestra}$  por la carretera Tushmo; el cobalto fue de  $7 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos al igual que cadmio con  $3.5 \mu\text{g}/\text{muestra}$ ; el hierro fue de  $130 \mu\text{g}/\text{muestra}$  por la Av. Yarinacocha; el manganeso  $120 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en Av. Yarinacocha; el litio fue de  $85 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en 2 de Mayo; el mercurio fue de  $30.5 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos al igual que el manganeso fue de  $16.5 \mu\text{g}/\text{muestra}$ . Todos los resultados encontrados superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S. 074-2001-PCM. El molibdeno fue  $140 \mu\text{g}/\text{muestra}$  por la Av. La Marina; el zinc fue de  $123 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos; el selenio fue de  $40 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en cuatro puntos de muestreo, siendo el menor en la Av. Yarinacocha; el antimonio mantuvo los estándares normales siendo de 22 a  $25 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en los cinco muestreos; el plomo fue de  $20.5 \mu\text{g}/\text{muestra}$  en la Av. Arborización; el níquel en los cinco muestreos fue de  $7 \mu\text{g}/\text{muestra}$ . Todos los resultados encontrados superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S. 074-2001-PCM.

Machado A., García N., García C., Acosta L., Córdova A., Linares M., Giraldoth D., Velásquez H, en su investigación “Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular”, realizada en Venezuela en el 2008, indican que para el período global existen diferencias significativas entre las zonas y las épocas climatológicas tanto para PM<sub>10</sub> como para la totalidad de los metales. El Pb no excedió el estándar de calidad del aire establecido para Venezuela, pero su concentración promedio en la zona de emisión fue de 1.13 µg/m<sup>3</sup>, muy cercano al límite diario permitido en Venezuela y por la EPA; por su parte, tanto el Pb como el Ni sobrepasaron el límite permisible de la OMS en ambas zonas durante todo el período de muestreo. Para las muestras de sedimento y de suelo se encontraron concentraciones significativamente elevadas de Pb, Zn, Ni y Cr, en comparación con la muestra testigo. Los niveles hallados de Pb y Zn están por encima de los límites permitidos por el decreto 2635 de la normativa venezolana y la EPA, clasificándose la zona como suelo con alta contaminación por metales pesados. Adicionalmente, el análisis estadístico mostró la adecuada selección de la zona de monitoreo, confirmando que la principal fuente de emisión de los contaminantes es el parque automotor <sup>(50)</sup>.

## CONCLUSIONES

Existe contaminación atmosférica por  $PM_{10}$ , en el distrito de Yarinacocha, siendo la contaminación alta por la Av. Yarinacocha; contaminación media por la Av. La Marina, Dos de mayo y Av. Arborización; y contaminación baja por la Carretera Tushmo.

Hay exposición del  $PM_{10}$  con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha, donde el cromo se relaciona con la bronquitis aguda y con bronquitis no especificada crónica; el molibdeno se relaciona con asma no especificado y con bronquitis no especificada crónica; el arsénico se relaciona con infección aguda de las vías respiratorias inferiores; el plomo se relaciona con enfermedades de la tráquea y de los bronquios; litio se relaciona con bronquiolitis; el arsénico se relaciona con infección aguda de las vías respiratorias.

La distribución química del material particulado  $PM_{10}$  para la calidad del aire en el distrito de Yarinacocha, molibdeno, hierro, cromo, arsénico, cobalto, cadmio, hierro, manganeso, litio, antimonio, selenio, mercurio, plomo, níquel y manganeso, superan los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire D.S. 074-2001-PCM.



## SUGERENCIAS

Se sugiere disminuir o controlar la concentración de  $PM_{10}$ , sustituyendo los combustibles utilizados, lo cual es una utopía, pero no imposible.

Aumentar las áreas verdes en el distrito para disminuir las concentraciones de  $PM_{10}$  y sugerir al municipio de Yarinacocha la importancia de sembrar árboles en todo el distrito.

Realizar comparaciones de las emisiones vehiculares obtenidas en todo el distrito de Yarinacocha con los Límites Máximos Permisibles (LMP) y con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar otra forma de medir el grado de contaminación en la zona.

Realizar programas en las municipalidades para controlar los contaminantes en sus distritos y con ello disminuir los riesgos en la población infantil y del adulto mayor para minimizar problemas respiratorios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wallace L, Smith K. Exposure to Particles. Exposure Analysis Capítulo 8.
2. “Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química”. CONPES 3550. Noviembre 2008.
3. Larsen. Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment. In: MAVDT C, editor. 2004.
4. Brunekreef B. Health effects of air pollution observed in cohort studies in Europe. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology. 2007; 17 (561–565).
5. Organización Mundial de la Salud (OMS). Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. 2018. En internet:  
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/> accedido el 21 de enero del 2018.
6. MINAM. Informe Nacional de la Calidad del Aire. 2013 – 2014. En internet:  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf> accedido el 19 de enero del 2018.
7. Arciniegas Suarez C. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. Colombia. 2012. En internet:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf> accedido el 18 de enero del 2018.

8. Oyarzún G M. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Rev. chil. enferm. respir. [Internet]. 2010 Mar [citado 2018 Ene 22] ; 26( 1 ): 16-25. Disponible en:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73482010000100004&lng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100004&lng=es).  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>.
9. Hernández-Flórez L., Aristizabal-Duque G., Quiroz L., Medina K., Rodríguez-Moreno N., Sarmiento R., Osorio-García S., Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. Colombia. 2013. Rev. Salud Pública. 15 (4): 503-516, 2013
10. Pérez-Vidal H, Lunagómez-Rocha MA, Acosta-Pérez LI. Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable (PM<sub>10</sub>), en Cunduacán, Tabasco. Universidad y ciencia [revista en la Internet]. 2010 Ago [citado 2018 Ene 22] ; 26( 2 ): 151-162. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792010000200003&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000200003&lng=es).
11. Gaviria G, CF, Benavides C, PC, Tangarife, CA. Contaminación por material particulado (pm<sub>2,5</sub> y pm<sub>10</sub>) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Revista Facultad Nacional de Salud Pública [Internet]. 2011;29(3):241-250. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12021452003>
12. Astete J., Gastañaga M., Pérez D. Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las Bambas, Perú 2010”, Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2014.

- 13.** Suárez-Salas, Luis, Álvarez Tolentino, Daniel, Bendezú, Yéssica, & Pomalaya, José. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2), 187-199. Recuperado en 22 de enero de 2018, de:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2017000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000200005&lng=es&tlng=es).
- 14.** Padilla Macedo B., “Evaluación de la concentración de partículas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado- Tarapoto, noviembre, 2015”, *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. Vol. 2, Núm. 2 (2016) 13 pág.
- 15.** Moya Álvarez A., Arredondo E., y Yuli Posadas R., (2017) Determinación de la presencia de partículas (PM10) en Perú producidas por quema de biomasa con ayuda de modelos numéricos, Lima. 2017, *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (1) 99-108, 2017 DOI: 10.20937/RICA.2017.33.01.09
- 16.** Gonzales, Gustavo F, Zevallos, Alisson, Gonzales-Castañeda, Cynthia, Nuñez, Denisse, Gastañaga, Carmen, Cabezas, César, Naeher, Luke, Levy, Karen, & Steenland, Kyle. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(3), 547-556. Recuperado en 20 de enero del 2018, de:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342014000300021&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000300021&lng=es&tlng=es)

17. Fang, G.C., Chang, C.N., Chu, C.C., Wu, Y.S., Fu, P., Yang, I.L., y Chen, M.H. (2003). Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> aerosols at a farm sampling site in Taiwan Taichung. *The Science of the Total Environment*, 308, 157-166.
18. Billet, S., Garc-on, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., Courcot, D. Aboukais, A., y Pirouz, S.P. (2007). *Ambient Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>): Physicochemical characterization and metabolic activation*
19. García, F.F. (2002). *Determinación de la Concentración de Fondo y Distribución Espacial de PST en Santa Marta. Grupo de Control de la Contaminación Ambiental. Universidad del Magdalena, Colombia.*
20. Viana, M. (2003). *Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona.*
21. Fang, G.C, Wu, Y.S., Chang, S.Y., Rau, J.Y., Huang, S.H., y Lin, C.K. (2006). Characteristic study of ionic species in nano, ultrafine, fine and coarse particle size mode at a traffic sampling site. *Toxicology and Industrial Health*, 22, 2-37.
22. EPA. (2004). *Air Quality Criteria for Particulate Matter. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division. Volume I of II. EPA/600/P-99/002Af.*
23. Artiñano, B., Salvador, P., Alonso, D., Querol, X., y Alastuey, A. (2003). Anthropogenic and natural influence on the PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> aerosol in Madrid (Spain). Analysis of high concentration episodes. *Environmental Pollution*, 125, 453-465.

24. García, M., y Carreras, H. (2008). Análisis de la genotoxicidad de material particulado recolectado en dos ciudades de la Provincia de Córdoba, Argentina, mediante el ensayo de micronucleus. *Theoria*, 17(1), 33-40.
25. Ho, K.F., Lee, S.C., Chan, C., Yu, J., Chow, J., y Yao, X.H. (2003). Characterization of chemical species in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> aerosols in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 37, 31-39.
26. Gao, Y., Nelson, E.D., Field, M.P., Ding, Q., Li, H., Sherrell, R.M., Gigliotti, C.L., Van Ry, D.A., Glenn, T.R., y Eisenreich, S.J. (2002). Characterization of atmospheric trace elements on PM<sub>2.5</sub> particulate matter over the New York–New Jersey harbor estuary. *Atmospheric Environment*, 36, 1077-1086.
27. Berglund M, Elinder C-G, Järup L. Human exposure assessment. An introduction: WHO; 2001.
28. Pope Al, Dockery D. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Air & Waste Manage Assoc.*56:709–42.
29. Aldunate P. Los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> sobre la salud ciudad de la Paz – Bolivia y Cusco – Perú. 2005.
30. Sanhueza P. Análisis Efectos en Salud por Material Particulado Respirable (PM<sub>10</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>) en la VI Región. Chile. 2006.
31. Zayas R, Cabrera U. Los tóxicos ambientales y su impacto en la salud de los niños. *Cubana Pediatría*. 2007;79(2).
32. Pope III C, Dockery D. Health effects of fine particulate air pollution: lines the connect. *Journal of the air and waste management association*. 2006. volumen 56
33. IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA. Economic evaluation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City,

- Mexico, D.F. Harvard School of Public Health, Boston, MA, Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico City Air Pollution and Human Health. 2000.
34. Cruz E. Aparato respiratorio. Universidad Católica de Chile. <http://escuela.med.puc.cl/publ/AparatoRespiratorio/Indice.html>
  35. Fauci A., Braunwald E. et al. Harrison Principios de Medicina Interna. Edición 17. Mc Graw Hill
  36. Ballester F. et al. El proyecto EMECAM: estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Antecedentes, participantes, objetivos y metodología. Rev. Esp Salud Pública 1999; 73: 165-175 N.º 2 - Marzo-Abril 1999.
  37. Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths. Epidemiology. 2000; 11(3):320-6.
  38. Aristizabal G. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. In: Distrito SdSd, editor. Bogotá: Universidad del Bosque; 1999.
  39. Neuberger M, Schimek M, Horak J, et al. Acute effects of particulate matter on respiratory diseases, symptoms and functions: epidemiological results of the Austrian Project on Health Effects of Particulate Matter (AUPHEP). Atmospheric Environment. 2004; 38:3971–81.
  40. Ocampo J, Aguilar C, Gómez J. Envejecimiento del Sistema Respiratorio. Revisión de tema. Revista Neumológica. 2007.
  41. Schwartz J., Spix C. et al. Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions. Journal of Epidemiology and Community Health 1996;50(Suppl 1):S3-S1 1

42. Montoya M., Morales A., Olaya J. Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en Santiago de Cali. Revista Ingeniería de recursos naturales y del ambiente. Volumen II, numero I, edición 3. 2005.
43. Gómez R. Modelación de la calidad del aire en el Valle del Cauca, Colombia. Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Tesis de maestría en ciencias especialidad en Ingeniería Ambiental. 2001.
44. Ayala D., Ojeda C. Evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cali asociada al monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y ozono a través de la estimación y comparación de curvas típicas diarias no paramétricas. Universidad del Valle. Tesis de Estadística. 2007.
45. Ulirscha G, Ballb L, Kayec W, al e. Effect Of Particulate Matter Air Pollution On Hospital admissions and medical visits for lung and heart disease in two southeast Idaho cities. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology. 2007; 17(5):478–87.
46. Washington J. et al. Multi-City Study of Air Pollution and Health Effects in Latin America: ESCALA
47. Schwartz J. The Distributed Lag between Air Pollution and Daily Deaths. Epidemiology: May 2000 - Volume 11 - Issue 3 - pp 320-326
48. Celis J., Morales J., Zaror C., Carvacho O., Contaminación del Aire Atmosférico por Material Particulado en una Ciudad Intermedia: El Caso de Chillán, Información tecnológica, 18(3), 49-58. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000300007>. 2007.
49. Miranda Romero K., Ortiz Flórez L. Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM<sub>10</sub> y su relación con la morbilidad asociados a ERA`s en niños menores a catorce años por enfermedad



respiratoria aguda en el Municipio de Toluviéjo (Sucre). 2008. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria Bogotá, D.C. 135 pág.

50. Machado A., García N., García C., Acosta L., Córdova A., Linares M., Giraldoth D., Velásquez H. Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular, realizado en Venezuela en el 2008, Rev. Int. Contam. Ambient. 24 (4) 171-182, 2008.

**ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**INSTRUMENTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**MAESTRÍA: MEDIO AMBIENTE GESTIÓN SOSTENIBLE Y  
RESPONSABILIDAD SOCIAL**

**TÍTULO:**

**“EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM<sub>10</sub> Y SU  
RELACIÓN CON LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL  
DISTRITO DE YARINACocha, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO,  
UCAYALI, 2018”**

## HOJA DE CAMPO PARA TOMA DE MUESTRA

HOJA DE CAMPO PARA LA TOMA DE MUESTRAS						
MUESTRA TOMADA POR.....						
PROVINCIA..... DISTRITO.....						
DEPARTAMENTO.....						
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: ( )						
TOMA DE LA MUESTRA:						
FECHA..... HORA.....						
INDICADORES						
ANÁLISIS FÍSICO						
( ) EN CAMPO ( ) EN LABORATORIO						
INDICADORES	UM	MUESTRAS TOMADAS			PROMEDIO	COORDENADAS UTM
		1	2	3		
OBSERVACIONES:						

## ANEXO 2

**ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA LA CONTRASTACIÓN DE  
LA HIPÓTESIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PM<sub>10</sub> EN EL AIRE  
Y SALUD HUMANA DE LA POBLACIÓN DE DISTRITO DE  
YARINACocha**

Concentración de PM <sub>10</sub> en el aire	Salud humana de la población del distrito de Yarinacocha				TOTAL
	Favorable		Regular		
	O	E	O	E	
Favorable	15	15.7	7	6.3	22
Regular	10	9.3	3	3.7	13
Desfavorable	5	5	2	2	7
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>		<b>12</b>		<b>42</b>

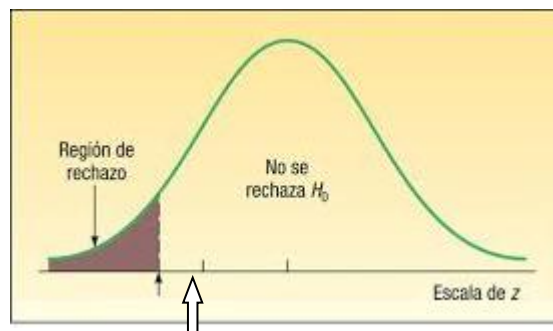
**Cálculo de la Chi-Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} = \frac{(15 - 15.7)^2}{15.7} + \frac{(7 - 6.3)^2}{6.3} + \frac{(10 - 9.3)^2}{9.3} + \frac{(3 - 3.7)^2}{3.7}$$

$$= \frac{(5 - 5)^2}{5} + \frac{(2 - 2)^2}{2} = X^2 = 0.2941$$

**Hipótesis Estadística:**

**Hi:** “Existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.

**Región Crítica:**

$$X^2 = 0.2941$$

**Descripción:** En la región crítica se observa que el valor de la Chi-cuadrado es 0.2941, la cual cae en la región de rechazo de la hipótesis nula (RRH<sub>0</sub>); es decir, se demuestra que existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.

### ANEXO 3

## ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE PARA DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR PM<sub>10</sub>.

The SAS System

1

The CORR Procedure

8 Variables: AvYarinacocha      DosdeMayo      Arborizacion      CarrTushmo      AvlaMarina  
 CONTAMINACIONALTA    CONTAMINACIONMEDIA    CONTAMINACIONBAJA

#### Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
AvYarinacocha	16	46.58750	50.81224	745.40000	1.50000	130.00000
DosdeMayo	16	45.70625	48.86581	731.30000	1.50000	135.00000
Arborizacion	16	43.95625	46.76292	703.30000	1.50000	130.00000
CarrTushmo	16	41.82500	43.92352	669.20000	1.50000	130.00000
AvlaMarina	16	43.61250	46.76345	697.80000	1.50000	140.00000
CONTAMINACIONALTA	16	117.77095	65.96493	1884	3.85541	221.68650
CONTAMINACIONMEDIA	16	58.88548	32.98246	942.16763	6.92770	110.84325
CONTAMINACIONBAJA	16	39.25539	21.98742	628.08625	4.61828	73.89250

Pearson Correlation Coefficients, N = 16  
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	Av. Yarinacocha	Dos de Mayo	Arborizacion	Carr. Tushmo	Av. La Marina
AvYarinacocha	1.00000	0.99382 <.0001	0.98909 <.0001	0.96811 <.0001	0.98076 <.0001
DosdeMayo	0.99382 <.0001	1.00000	0.99868 <.0001	0.98776 <.0001	0.99090 <.0001
Arborizacion	0.98909 <.0001	0.99868 <.0001	1.00000	0.99136 <.0001	0.99023 <.0001
CarrTushmo	0.96811 <.0001	0.98776 <.0001	0.99136 <.0001	1.00000	0.99365 <.0001
AvlaMarina	0.98076 <.0001	0.99090 <.0001	0.99023 .0001	0.99365 <.0001	1.00000
CONTAMINACIONALTA	0.31069 0.0241	-0.35532 0.1768	-0.37369 0.1539	-0.41913 0.1061	-0.38083 0.1456
CONTAMINACIONMEDIA	-0.31069 0.2415	-0.35532 0.0176	0.37369 0.0153	-0.41913 0.1061	0.38083 0.0145
CONTAMINACIONBAJA	-0.31069 0.2415	-0.35532 0.1768	-0.37369 0.1539	0.41913 0.0106	-0.38083 0.1456



Pearson Correlation Coefficients, N = 16  
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	CONTAMINACIONALTA	CONTAMINACIONMEDIA	CONTAMINACIONBAJA
AvYarinacocha	0.31069 0.0241	-0.31069 0.2415	-0.31069 0.2415
DosdeMayo	-0.35532 0.1768	0.35532 0.0176	-0.35532 0.1768
Arborizacion	-0.37369 0.1539	0.37369 0.0153	-0.37369 0.1539
CarrTushmo	-0.41913 0.1061	-0.41913 0.1061	0.41913 0.0106
AvlaMarina	-0.38083 0.1456	0.38083 0.0145	-0.38083 0.1456
CONTAMINACIONALTA	1.00000 <.0001	1.00000 <.0001	1.00000
CONTAMINACIONMEDIA	1.00000 <.0001	1.00000	1.00000 <.0001
CONTAMINACIONBAJA	1.00000 <.0001	1.00000 <.0001	1.00000

## ANEXO 4.

## ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE PARA DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR PM 10

The SAS System

1

The CORR Procedure

25 Variables: ARSENICO CROMO COBRE HIERRO LITIO MOLIBDENO  
 PLOMO ANTIMONIO SELENIO BRONQUITISAGUDA ASMANOESPECIF BRONQNOESPEC  
 INFECVIASRESP BRONQCRONICA ASMAALERGICA BRONQUIOLITIS ASMAMIXTA  
 CUERPOEXTRANO ENFTRAQUEA BRONQCRONICA BRONQAGUDA OTROSTRASTORN  
 ENFERPULMONAR ALERGNOESPECIFIC  
 DERMATIALERGICA

## Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
ARSENICO	4	7.55000	0.10000	30.20000	7.50000	7.70000
CROMO	4	9.30000	0.16330	37.20000	9.10000	9.50000
COBRE	4	102.75000	12.52664	411.00000	90.00000	120.00000
HIERRO	4	115.00000	14.71960	460.00000	95.00000	130.00000
LITIO	4	80.00000	4.08248	320.00000	75.00000	85.00000
MOLIBDENO	4	133.75000	4.78714	535.00000	130.00000	140.00000
PLOMO	4	20.10000	0.42426	80.40000	19.50000	20.50000
ANTIMONIO	4	23.50000	1.73205	94.00000	22.00000	25.00000
SELENIO	4	38.50000	1.73205	154.00000	37.00000	40.00000
BRONQUITISAGUDA	4	229.50000	157.65469	918.00000	36.00000	414.00000
ASMANOESPECIF	4	84.50000	92.34176	338.00000	1.00000	211.00000
BRONQNOESPEC	4	56.75000	50.70421	227.00000	5.00000	124.00000
INFECVIASRESP	4	7.25000	8.95824	29.00000	1.00000	20.00000
BRONQCRONICA	4	2.25000	1.89297	9.00000	1.00000	5.00000
ASMAALERGICA	4	1.50000	1.00000	6.00000	1.00000	3.00000

BRONQUIOLITIS	4	2.75000	1.50000	11.00000	1.00000	4.00000
ASMAMIXTA	4	2.75000	0.95743	11.00000	2.00000	4.00000
CUERPOEXTRANO	4	3.75000	3.40343	15.00000	1.00000	8.00000
ENFTRAQUEA	4	3.00000	1.41421	12.00000	2.00000	5.00000
BRONQCRONICA	4	2.25000	1.89297	9.00000	1.00000	5.00000
BRONQAGUDA	4	2.50000	1.73205	10.00000	1.00000	5.00000
OTROSTRASTORN	4	3.75000	2.62996	15.00000	1.00000	6.00000
ENFERPULMONAR	4	5.25000	3.30404	21.00000	1.00000	9.00000
ALERGNOESPECIFIC	4	17.25000	20.03954	69.00000	4.00000	47.00000
DERMATIALERGICA	4	9.75000	8.92095	39.00000	4.00000	23.00000

Pearson Correlation Coefficients, N = 4  
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	ARSENICO	CROMO	COBRE	HIERRO	LITIO	MOLIBDENO	PLOMO	ANTIMONIO
ARSENICO	1.00000	0.81650	0.91804	0.67937	0.00000	-0.52223	0.15713	-0.57735
		0.1835	0.0820	0.3206	1.0000	0.4778	0.8429	0.4226
CROMO	0.81650	1.00000	0.65181	0.97073	0.50000	-0.85280	0.00000	-0.70711
	0.1835		0.3482	0.0293	0.5000	0.1472	1.0000	0.2929
COBRE	0.91804	0.65181	1.00000	0.55138	0.03259	-0.20150	-0.16307	-0.20740
	0.0820	0.3482		0.4486	0.9674	0.7985	0.8369	0.7926
HIERRO	0.67937	0.97073	0.55138	1.00000	0.69338	-0.82784	-0.18682	-0.58835
	0.3206	0.0293	0.4486		0.3066	0.1722	0.8132	0.4117
LITIO	0.00000	0.50000	0.03259	0.69338	1.00000	-0.42640	-0.67358	0.00000
	1.0000	0.5000	0.9674	0.3066		0.5736	0.3264	1.0000

MOLIBDENO	-0.52223 0.4778	-0.85280 0.1472	-0.20150 0.7985	-0.82784 0.1722	-0.42640 0.5736	1.00000	-0.32824 0.6718	0.90453 0.0955
PLOMO	0.15713 0.8429	0.00000 1.0000	-0.16307 0.8369	-0.18682 0.8132	-0.67358 0.3264	-0.32824 0.6718	1.00000	-0.68041 0.3196
ANTIMONIO	-0.57735 0.4226	-0.70711 0.2929	-0.20740 0.7926	-0.58835 0.4117	0.00000 1.0000	0.90453 0.0955	-0.68041 0.3196	1.00000
SELENIO	-0.57735 0.4226	0.00000 1.0000	-0.66830 0.3317	0.19612 0.8039	0.70711 0.2929	-0.30151 0.6985	-0.27217 0.7278	0.00000 1.0000
BRONQUITISAGUDA	-0.81824 0.1818	-0.97883 0.0212	-0.58763 0.4124	-0.91571 0.0843	-0.36512 0.6349	0.91094 0.0891	-0.20333 0.7967	0.83496 0.1650
ASMANOESPECIF	-0.60283 0.3972	-0.92842 0.0716	-0.33355 0.6664	-0.91841 0.0816	-0.52611 0.4739	0.98216 0.0178	-0.17357 0.8264	0.83781 0.1622
BRONQNOESPEC	-0.68042 0.3196	-0.95814 0.0419	-0.42575 0.5742	-0.93344 0.0666	-0.49115 0.5089	0.96645 0.0336	-0.16890 0.8311	0.83692 0.1631
INFECVIASRESP	0.94885 0.0512	0.59244 0.4076	0.92455 0.0754	0.41710 0.5829	-0.27343 0.7266	-0.26233 0.7377	0.21926 0.7807	-0.41892 0.5811
BRONQCRONICA	-0.44023 0.5598	-0.21567 0.7843	-0.75558 0.2444	-0.23926 0.7607	-0.21567 0.7843	-0.32186 0.6781	0.70558 0.2944	-0.45750 0.5425
ASMAALERGICA	-0.33333 0.6667	-0.81650 0.1835	-0.14635 0.8536	-0.90582 0.0942	-0.81650 0.1835	0.87039 0.1296	0.15713 0.8429	0.57735 0.4226

BRONQUIOLITIS	0.55556 0.4444	0.54433 0.4557	0.77612 0.2239	0.60388 0.3961	0.54433 0.4557	-0.05803 0.9420	-0.73330 0.2667	0.19245 0.8075
ASMAMIXTA	-0.52223 0.4778	-0.42640 0.5736	-0.78516 0.2148	-0.47305 0.5270	-0.42640 0.5736	-0.09091 0.9091	0.73855 0.2615	-0.30151 0.6985
CUERPOEXTRANO	0.83249 0.1675	0.83966 0.1603	0.88936 0.1106	0.83172 0.1683	0.47981 0.5202	-0.43476 0.5652	-0.39244 0.6076	-0.25446 0.7455

The SAS System

2

The CORR Procedure

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob &gt; |r| under H0: Rho=0

	ARSENICO	CROMO	COBRE	HIERRO	LITIO	MOLIBDENO	PLOMO	ANTIMONIO
ENFTRAQUEA	0.00000 1.0000	0.28868 0.7113	0.22579 0.7742	0.48038 0.5196	0.86603 0.1340	0.00000 1.0000	-0.94444 0.0556	0.40825 0.5918
BRONQCRONICA	-0.44023 0.5598	-0.21567 0.7843	-0.75558 0.2444	-0.23926 0.7607	-0.21567 0.7843	-0.32186 0.6781	0.70558 0.2944	-0.45750 0.5425
BRONQAGUDA	-0.19245 0.8075	0.23570 0.7643	-0.03841 0.9616	0.45760 0.5424	0.94281 0.0572	-0.10050 0.8995	-0.86186 0.1381	0.33333 0.6667
OTROSTRASTORN	0.57035 0.4296	0.77615 0.2238	0.65514 0.3449	0.86106 0.1389	0.77615 0.2238	-0.43024 0.5698	-0.62736 0.3726	-0.10976 0.8902
ENFERPULMONAR	-0.05044 0.9496	0.49424 0.5058	-0.33624 0.6638	0.58258 0.4174	0.61780 0.3822	-0.81664 0.1834	0.14268 0.8573	-0.61159 0.3884

ALERGNOESPECIFIC	-0.34099 0.6590	-0.81489 0.1851	-0.20682 0.7932	-0.92098 0.0790	-0.87600 0.1240	0.80352 0.1965	0.29013 0.7099	0.47537 0.5246
DERMATIALERGICA	-0.35497 0.6450	-0.82373 0.1763	-0.12006 0.8799	-0.88846 0.1115	-0.73221 0.2678	0.92688 0.0731	0.01761 0.9824	0.67954 0.3205

Pearson Correlation Coefficients, N = 4  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	SELENIO	BRONQUITISAGUDA	ASMANOESPECIF	BRONQNOESPEC	INFECVIASRESP	BRONQCRONICA
ARSENICO	-0.57735 0.4226	-0.81824 0.1818	-0.60283 0.3972	-0.68042 0.3196	0.94885 0.0512	-0.44023 0.5598
CROMO	0.00000 1.0000	-0.97883 0.0212	-0.92842 0.0716	-0.95814 0.0419	0.59244 0.4076	-0.21567 0.7843
COBRE	-0.66830 0.3317	-0.58763 0.4124	-0.33355 0.6664	-0.42575 0.5742	0.92455 0.0754	-0.75558 0.2444
HIERRO	0.19612 0.8039	-0.91571 0.0843	-0.91841 0.0816	-0.93344 0.0666	0.41710 0.5829	-0.23926 0.7607
LITIO	0.70711 0.2929	-0.36512 0.6349	-0.52611 0.4739	-0.49115 0.5089	-0.27343 0.7266	-0.21567 0.7843
MOLIBDENO	-0.30151 0.6985	0.91094 0.0891	0.98216 0.0178	0.96645 0.0336	-0.26233 0.7377	-0.32186 0.6781
PLOMO	-0.27217 0.7278	-0.20333 0.7967	-0.17357 0.8264	-0.16890 0.8311	0.21926 0.7807	0.70558 0.2944

ANTIMONIO	0.00000 1.0000	0.83496 0.1650	0.83781 0.1622	0.83692 0.1631	-0.41892 0.5811	-0.45750 0.5425
SELENIO	1.00000	0.03296 0.9670	-0.26885 0.7312	-0.17649 0.8235	-0.80561 0.1944	0.45750 0.5425
BRONQUITISAGUDA	0.03296 0.9670	1.00000	0.95170 0.0483	0.97758 0.0224	-0.60645 0.3935	0.05194 0.9481
ASMANOESPECIF	-0.26885 0.7312	0.95170 0.0483	1.00000	0.99481 0.0052	-0.33345 0.6666	-0.14397 0.8560
BRONQNOESPEC	-0.17649 0.8235	0.97758 0.0224	0.99481 0.0052	1.00000	-0.42545 0.5745	-0.06859 0.9314
INFECVIASRESP	-0.80561 0.1944	-0.60645 0.3935	-0.33345 0.6666	-0.42545 0.5745	1.00000	-0.49633 0.5037
BRONQCRONICA	0.45750 0.5425	0.05194 0.9481	-0.14397 0.8560	-0.06859 0.9314	-0.49633 0.5037	1.00000
ASMAALERGICA	-0.57735 0.4226	0.78019 0.2198	0.91327 0.0867	0.88421 0.1158	-0.01860 0.9814	-0.08805 0.9120
BRONQUIOLITIS	-0.19245 0.8075	-0.37424 0.6258	-0.24426 0.7557	-0.30350 0.6965	0.47752 0.5225	-0.90980 0.0902
ASMAMIXTA	0.30151 0.6985	0.25506 0.7449	0.09614 0.9039	0.16308 0.8369	-0.49552 0.5045	0.96558 0.0344
CUERPOEXTRANO	-0.25446 0.7455	-0.73337 0.2666	-0.58812 0.4119	-0.65143 0.3486	0.70245 0.2976	-0.71141 0.2886
ENFTRAQUEA	0.40825 0.5918	-0.09419 0.9058	-0.15570 0.8443	-0.15340 0.8466	-0.15787 0.8421	-0.62257 0.3774

BRONQCRONICA	0.45750 0.5425	0.05194 0.9481	-0.14397 0.8560	-0.06859 0.9314	-0.49633 0.5037	1.00000
BRONQAGUDA	0.66667 0.3333	-0.06592 0.9341	-0.21675 0.7833	-0.18408 0.8159	-0.39744 0.6026	-0.35583 0.6442
OTROSTRASTORN	0.10976 0.8902	-0.63069 0.3693	-0.59089 0.4091	-0.62305 0.3770	0.37140 0.6286	-0.65282 0.3472

The SAS System

3

The CORR Procedure

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob &gt; |r| under H0: Rho=0

	SELENIO	BRONQUITISAGUDA	ASMANOESPECIF	BRONQNOESPEC	INFECVIASRESP	BRONQCRONICA
ENFERPULMONAR	0.78633 0.2137	-0.53273 0.4673	-0.76532 0.2347	-0.69590 0.3041	-0.34067 0.6593	0.57293 0.4271
ALERGNOESPECIFIC	-0.56181 0.4382	0.75032 0.2497	0.87103 0.1290	0.84778 0.1522	-0.03017 0.9698	0.04174 0.9583
DERMATIALERGICA	-0.55011 0.4499	0.81590 0.1841	0.94787 0.0521	0.91729 0.0827	-0.04484 0.9552	-0.19245 0.8075



Pearson Correlation Coefficients, N = 4  
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	ASMAALERGICA	BRONQUIOLITIS	ASMAMIXTA	CUERPOEXTRANO	ENFTRAQUEA	BRONQCRONICA
ARSENICO	-0.33333 0.6667	0.55556 0.4444	-0.52223 0.4778	0.83249 0.1675	0.00000 1.0000	-0.44023 0.5598
CROMO	-0.81650 0.1835	0.54433 0.4557	-0.42640 0.5736	0.83966 0.1603	0.28868 0.7113	-0.21567 0.7843
COBRE	-0.14635 0.8536	0.77612 0.2239	-0.78516 0.2148	0.88936 0.1106	0.22579 0.7742	-0.75558 0.2444
HIERRO	-0.90582 0.0942	0.60388 0.3961	-0.47305 0.5270	0.83172 0.1683	0.48038 0.5196	-0.23926 0.7607
LITIO	-0.81650 0.1835	0.54433 0.4557	-0.42640 0.5736	0.47981 0.5202	0.86603 0.1340	-0.21567 0.7843
MOLIBDENO	0.87039 0.1296	-0.05803 0.9420	-0.09091 0.9091	-0.43476 0.5652	0.00000 1.0000	-0.32186 0.6781
PLOMO	0.15713 0.8429	-0.73330 0.2667	0.73855 0.2615	-0.39244 0.6076	-0.94444 0.0556	0.70558 0.2944
ANTIMONIO	0.57735 0.4226	0.19245 0.8075	-0.30151 0.6985	-0.25446 0.7455	0.40825 0.5918	-0.45750 0.5425
SELENIO	-0.57735 0.4226	-0.19245 0.8075	0.30151 0.6985	-0.25446 0.7455	0.40825 0.5918	0.45750 0.5425
BRONQUITISAGUDA	0.78019 0.2198	-0.37424 0.6258	0.25506 0.7449	-0.73337 0.2666	-0.09419 0.9058	0.05194 0.9481

ASMANOESPECIF	0.91327 0.0867	-0.24426 0.7557	0.09614 0.9039	-0.58812 0.4119	-0.15570 0.8443	-0.14397 0.8560
BRONQNOESPEC	0.88421 0.1158	-0.30350 0.6965	0.16308 0.8369	-0.65143 0.3486	-0.15340 0.8466	-0.06859 0.9314
INFECVIASRESP	-0.01860 0.9814	0.47752 0.5225	-0.49552 0.5045	0.70245 0.2976	-0.15787 0.8421	-0.49633 0.5037
BRONQCRONICA	-0.08805 0.9120	-0.90980 0.0902	0.96558 0.0344	-0.71141 0.2886	-0.62257 0.3774	1.00000
ASMAALERGICA	1.00000	-0.33333 0.6667	0.17408 0.8259	-0.53867 0.4613	-0.47140 0.5286	-0.08805 0.9120
BRONQUIOLITIS	-0.33333 0.6667	1.00000	-0.98644 0.0136	0.89779 0.1022	0.78567 0.2143	-0.90980 0.0902
ASMAMIXTA	0.17408 0.8259	-0.98644 0.0136	1.00000	-0.84394 0.1561	-0.73855 0.2615	0.96558 0.0344
CUERPOEXTRANO	-0.53867 0.4613	0.89779 0.1022	-0.84394 0.1561	1.00000	0.55403 0.4460	-0.71141 0.2886
ENFTRAQUEA	-0.47140 0.5286	0.78567 0.2143	-0.73855 0.2615	0.55403 0.4460	1.00000	-0.62257 0.3774
BRONQCRONICA	-0.08805 0.9120	-0.90980 0.0902	0.96558 0.0344	-0.71141 0.2886	-0.62257 0.3774	1.00000
BRONQAGUDA	-0.57735 0.4226	0.57735 0.4226	-0.50252 0.4975	0.36755 0.6325	0.95258 0.0474	-0.35583 0.6442
OTROSTRASTORN	-0.69710 0.3029	0.90834 0.0917	-0.82738 0.1726	0.92170 0.0783	0.80660 0.1934	-0.65282 0.3472

ENFERPULMONAR	-0.85754 0.1425	-0.18496 0.8150	0.34246 0.6575	0.03705 0.9629	0.14268 0.8573	0.57293 0.4271
ALERGNOESPECIFIC	0.98971 0.0103	-0.45188 0.5481	0.29969 0.7003	-0.60970 0.3903	-0.58809 0.4119	0.04174 0.9583
DERMATIALERGICA	0.99018 0.0098	-0.23042 0.7696	0.06830 0.9317	-0.48581 0.5142	-0.34348 0.6565	-0.19245 0.8075

The SAS System

4

The CORR Procedure

Pearson Correlation Coefficients, N = 4  
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	BRONQAGUDA	OTROSTRASTORN	ENFERPULMONAR	ALERGNOESPECIFIC	DERMATIALERGICA
ARSENICO	-0.19245 0.8075	0.57035 0.4296	-0.05044 0.9496	-0.34099 0.6590	-0.35497 0.6450
CROMO	0.23570 0.7643	0.77615 0.2238	0.49424 0.5058	-0.81489 0.1851	-0.82373 0.1763
COBRE	-0.03841 0.9616	0.65514 0.3449	-0.33624 0.6638	-0.20682 0.7932	-0.12006 0.8799
HIERRO	0.45760 0.5424	0.86106 0.1389	0.58258 0.4174	-0.92098 0.0790	-0.88846 0.1115
LITIO	0.94281 0.0572	0.77615 0.2238	0.61780 0.3822	-0.87600 0.1240	-0.73221 0.2678

MOLIBDENO	-0.10050 0.8995	-0.43024 0.5698	-0.81664 0.1834	0.80352 0.1965	0.92688 0.0731
PLOMO	-0.86186 0.1381	-0.62736 0.3726	0.14268 0.8573	0.29013 0.7099	0.01761 0.9824
ANTIMONIO	0.33333 0.6667	-0.10976 0.8902	-0.61159 0.3884	0.47537 0.5246	0.67954 0.3205
SELENIO	0.66667 0.3333	0.10976 0.8902	0.78633 0.2137	-0.56181 0.4382	-0.55011 0.4499
BRONQUITISAGUDA	-0.06592 0.9341	-0.63069 0.3693	-0.53273 0.4673	0.75032 0.2497	0.81590 0.1841
ASMANOESPECIF	-0.21675 0.7833	-0.59089 0.4091	-0.76532 0.2347	0.87103 0.1290	0.94787 0.0521
BRONQNOESPEC	-0.18408 0.8159	-0.62305 0.3770	-0.69590 0.3041	0.84778 0.1522	0.91729 0.0827
INFECVIASRESP	-0.39744 0.6026	0.37140 0.6286	-0.34067 0.6593	-0.03017 0.9698	-0.04484 0.9552
BRONQCRONICA	-0.35583 0.6442	-0.65282 0.3472	0.57293 0.4271	0.04174 0.9583	-0.19245 0.8075
ASMAALERGICA	-0.57735 0.4226	-0.69710 0.3029	-0.85754 0.1425	0.98971 0.0103	0.99018 0.0098
BRONQUIOLITIS	0.57735 0.4226	0.90834 0.0917	-0.18496 0.8150	-0.45188 0.5481	-0.23042 0.7696
ASMAMIXTA	-0.50252 0.4975	-0.82738 0.1726	0.34246 0.6575	0.29969 0.7003	0.06830 0.9317

CUERPOEXTRA	0.36755 0.6325	0.92170 0.0783	0.03705 0.9629	-0.60970 0.3903	-0.48581 0.5142
ENFTRAQUEA	0.95258 0.0474	0.80660 0.1934	0.14268 0.8573	-0.58809 0.4119	-0.34348 0.6565
BRONQCRONICA	-0.35583 0.6442	-0.65282 0.3472	0.57293 0.4271	0.04174 0.9583	-0.19245 0.8075
BRONQAGUDA	1.00000	0.69517 0.3048	0.37861 0.6214	-0.66744 0.3326	-0.46382 0.5362
OTROSTRASTORN	0.69517 0.3048	1.00000	0.23975 0.7602	-0.78269 0.2173	-0.61448 0.3855
ENFERPULMONAR	0.37861 0.6214	0.23975 0.7602	1.00000	-0.79166 0.2083	-0.89058 0.1094
ALERGNOESPECIFIC	-0.66744 0.3326	-0.78269 0.2173	-0.79166 0.2083	1.00000	0.96072 0.0393
DERMATIALERGICA	-0.46382 0.5362	-0.61448 0.3855	-0.89058 0.1094	0.96072 0.0393	1.00000

## ANEXO 5

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “Efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> y su relación con los efectos en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 y su relación con la salud de la población del Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Cómo es la contaminación atmosférica por PM10 en el distrito de Yarinacocha en el año 2018?</p> <p>¿Cuál la relación entre el grado de exposición al PM10 con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018?</p> <p>¿Cuál es la distribución química del material particulado PM10 para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Conocer los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 y su relación con la salud de la población del Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar la contaminación atmosférica por PM10 en el distrito de Yarinacocha en el 2018.</p> <p>Determinar el grado de exposición al PM10 con los índices de morbilidad en el distrito de Yarinacocha en el 2018.</p> <p>Determinar la distribución química del material particulado PM10 para el criterio de calidad del aire en el distrito de Yarinacocha en el 2018.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Hi: “Existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM10 en la salud de la población distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.</p> <p>H0: “Existe un efecto significativo de la contaminación atmosférica por PM10 en la salud de la población distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.</p>	<p>X = Concentración de PM10 en el aire.</p> <p>Y = Salud Humana de la población del distrito de Yarinacocha.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Descriptivo y Explicativo.</p> <p><b>Población.</b> El ámbito de la investigación se circunscribe exclusivamente en la población del distrito de Yarinacocha, que pertenece a la Provincia de Coronel Portillo.</p> <p><b>Muestra.</b> Se tomó 5 muestras en forma aleatoria en todo el distrito de Yarinacocha.</p> <p>Los datos procesados haciendo uso del paquete estadístico SAS versión 8.1 para Windows y los resultados se presentaron en tablas y figuras haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial. Para la prueba de hipótesis se hizo uso de la regresión y correlación r de Spearman para determinar qué tan intensa es la relación entre las dos variables.</p>