

INSTITUTO PARA LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN
UNIDAD DE POSGRADO

**LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU
INFLUENCIA EN LAS CAPACIDADES COGNITIVAS DE
LOS ESCOLARES A NIVEL DE LIMA METROPOLITANA**



PRESENTADA POR
MIRIAM BRAVO ORELLANA

ASESOR
ÁNGEL RAMÓN VELÁZQUEZ FERNÁNDEZ

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN EDUCACIÓN

LIMA – PERÚ

2023



CC BY

Reconocimiento

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**INSTITUTO PARA LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN
SECCIÓN DE POSGRADO**

**LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU INFLUENCIA EN LAS
CAPACIDADES COGNITIVAS DE LOS ESCOLARES A NIVEL DE LIMA
METROPOLITANA**

**TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN EDUCACIÓN**

**PRESENTADO POR:
MIRIAM BRAVO ORELLANA**

**ASESOR:
DR. ÁNGEL RAMÓN VELÁZQUEZ FERNÁNDEZ**

LIMA, PERÚ

2023

**LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU INFLUENCIA EN LAS
CAPACIDADES COGNITIVAS DE LOS ESCOLARES A NIVEL DE LIMA
METROPOLITANA**

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO

ASESOR:

Dr. Ángel Ramón Velázquez Fernández

PRESIDENTE DEL JURADO:

Dr. Vicente Justo Pastor Santiváñez Limas

MIEMBROS DEL JURADO:

Dr. Oscar Rubén Silva Neyra

Dr. Carlos Augusto Echaiz Rodas

DEDICATORIA

A mis padres, por su constante apoyo moral para el logro de mis objetivos.

A mi esposo y a mi hijo por su paciencia, a quienes se privaron de mi tiempo, para la culminación de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor por sus acertadas recomendaciones y su nivel de profesionalismo.

A mis profesores del Doctorado por sus enseñanzas y experiencias impartidas en beneficio de mi aprendizaje.

ÍNDICE

	Página
ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	
.....vi	
ÍNDICE DE FIGURAS	
.....vii	
RESUMEN	viii
ABSTRACT	
.....ix	
INTRODUCCIÓN	
.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO	6
1.1 Antecedentes de la investigación.....	6
1.2 Bases teóricas.....	9
1.2.1 Contaminación ambiental.....	9
1.2.2 Agentes que ocasionan la contaminación química del aire.....	13
1.2.3 Estándares nacionales e internacionales para calidad de aire.....	14
1.2.4 La contaminación química del aire y su impacto en las capacidades cognitivas.....	18
1.2.5 Deterioro de las capacidades cognitivas en los estudiantes por problemas de contaminación del aire.....	21
1.2.5.1Características de las capacidades cognitivas básicas.....	25
1.3 Definición de términos básicos.....	28
CAPITULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES	33
2.1 Formulación de la hipótesis principal y derivadas.....	33
2.2 Variables y definición operacional.....	33
CAPITULO III: METODOLOGÍA	35
3.1 Diseño metodológico.....	35

3.2	Diseño muestral.....	35
3.3	Puntos de monitoreo de los contaminantes químicos del aire	38
3.4	Criterios de selección de colegios evaluados.....	40
3.5	Evaluación del monitoreo de los contaminantes químicos del aire.....	43
3.6	Evaluación de las capacidades cognitivas.....	47
3.7	Técnicas de recolección de datos	50
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.....	53
3.9	Aspectos éticos.....	54
	CAPITULO IV: RESULTADOS	55
4.1	Resultados de los contaminantes químicos por punto de monitoreo.....	57
4.2	Resultados de los problemas de investigación	58
4.3	Prueba de hipótesis general.....	67
	CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	69
	Discusión.....	69
	CONCLUSIONES.....	74
	RECOMENDACIONES	76
	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	79
	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares Nacionales de calidad ambiental para aire.....	15
Tabla 2: Parámetros comparativos de calidad del aire dados por la OMS vs. ECA.....	16
Tabla 3: Índice Nacional de la calidad del aire.....	17
Tabla 4: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 5: Muestra por grupo estratificado en cada punto de monitoreo.....	37
Tabla 6: Encuesta de la condición física y neurológica de los estudiantes	38
Tabla 7: Puntos de monitoreo por estaciones a nivel de Lima Metropolitana.....	40
Tabla 8: Índice de pobreza monetaria desagregados por distritos.....	42
Tabla 9: Cantidad de colegios evaluados por punto de monitoreo.....	48
Tabla 10: Medidas de dispersión de las capacidades perceptivas y atencionales.....	50
Tabla11: Contaminantes químicos evaluados por punto de monitoreo.....	57
Tabla12: Resultados de la capacidad de percepción y atención.....	58
Tabla13: Resultados de la prueba de normalidad.....	59
Tabla14: Resultados de correlación entre las variables de las hipótesis derivadas.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Índice global de calidad de aire por puntos de monitoreo	39
Figura 2.	Concentración de SO ₂ (µg/m ³) 2015-2020.....	43
Figura 3.	Concentración de NO ₂ (µg/m ³) 2015-2020.....	44
Figura 4.	Concentración de CO (µg/m ³) 2015-2020	45
Figura 5.	Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) 2015-2020.....	46
Figura 6.	Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³) 2015-020	47
Figura 7.	Niveles de exposición de contaminación en colegios evaluados.....	55
Figura 8.	Niveles de exposición y las capacidades perceptivas.....	56
Figura 9.	Niveles de exposición y las capacidades atencionales.....	56
Figura 10.	Función polinómica: concentración de CO vs. Percepción.....	60
Figura 11.	Función polinómica: concentración de CO vs. Atención.....	60
Figura 12.	Función polinómica: concentración de NO ₂ vs. Percepción	61
Figura 13.	Función polinómica: concentración de NO ₂ vs. Atención.....	62
Figura 14.	Función polinómica: concentración de SO ₂ vs. Percepción.....	63
Figura 15.	Función polinómica: concentración de SO ₂ vs. Atención.....	63
Figura 16.	Función polinómica: concentración de PM _{2,5} vs. Percepción.....	64
Figura 17.	Función polinómica: concentración de PM _{2,5} vs. Atención.....	65
Figura 18.	Función polinómica: concentración de PM ₁₀ vs. Percepción.....	66
Figura 19.	Función polinómica: concentración de PM ₁₀ vs. Atención.....	66

ÌNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Índice de calidad Ambiental de cada contaminante químico
- Anexo 2. Puntos de monitoreo a nivel de Lima Metropolitana
- Anexo 3. Cálculo del tamaño de la muestra
- Anexo 4. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Santa Anita
- Anexo 5. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Ate
- Anexo 6. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación San Martín Porres
- Anexo 7. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Carabayllo
- Anexo 8. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Villa María del Triunfo
- Anexo 9. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Campo de Marte
- Anexo 10. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Puente Piedra
- Anexo 11. Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación El Agustino
- Anexo 12. Indicadores de Bienestar social por punto de monitoreo
- Anexo 13. Concentración de SO₂ (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020
- Anexo 14. Concentración de NO₂ (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020
- Anexo 15. Concentración de CO (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020
- Anexo 16. Concentración de PM₁₀ (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020
- Anexo 17. Concentración de PM_{2,5} (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 – 2020
- Anexo 18. Tipificación peruana de baremos Caras-R - ciudad de Cusco
- Anexo 19. Data de aplicación de Test Caras- R en Lima Metropolitana
- Anexo 20. Formato de Informe de resultados: Test Caras-R
- Anexo 21. Criterios de clasificación de los eneatispos- Test Caras R
- Anexo 22. Frecuencia y períodos de monitoreo para redes automáticas continuas
- Anexo 23. Prueba de Normalidad
- Anexo 24. Biomarcadores de exposición, vías y matrices biológicas
- Anexo 25. Metodología para la interpolación espacial de Kriging de la calidad del aire

Anexo 26. Diseño metodológico para presencia de partículas ultrafinas (UFP)

Anexo 27. Solicitud de autorización para recolección de datos en colegios

Anexo 28. Formato de Consentimiento informado para padres

Anexo 29. Consentimiento firmado por padres de familia

Anexo 30. Carta de presentación a la editorial: TEA EDICIONES

Anexo 31. Carta de Autorización para uso de test por la editorial: TEA EDICIONES

Anexo 32. Carta de presentación de la USMP a SENHAMI

Anexo 33. Declaración Jurada para acceso a data estadística en SENHAMI

Anexo 34. Formato de solicitud de data estadística a SENAMHI

RESUMEN

La contaminación del aire de naturaleza química, es un problema que se presenta diariamente, por la constante exposición crónica y prolongada a factores externos, como la congestión vehicular y la existencia de zonas industriales, superando en muchas ocasiones el índice de contaminación permitida, normada por los estándares de calidad ambiental.

El presente estudio de investigación tuvo como finalidad mostrar la influencia del nivel de contaminación química del aire en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana. Para ello se evaluaron las concentraciones de los contaminantes químicos del aire más importantes, a través de las ocho estaciones de monitoreo, ubicadas a nivel de Lima Metropolitana. Entre estos contaminantes figuran el CO, NO₂, SO₂, PM_{2.5} y PM₁₀, cuyas concentraciones son monitoreadas de forma automática las 24 horas del día.

La investigación es de tipo cuantitativa, no experimental y es ex post facto, porque se analizó la correlación entre las variables, una vez ocurrido el problema de exposición a la contaminación química del aire. La muestra de estudio se determinó a través de un muestreo estratificado, donde se evaluaron a 350 estudiantes de ambos sexos, del 6to grado de primaria de los colegios privados, distribuidos en los 8 puntos de monitoreo. Se

aplicó un test neuropsicológico conocido como Test de Percepción de Diferencias: CARAS-R, donde se evaluaron las capacidades perceptivas y atencionales de los estudiantes, diseñados y validados por baremos nacionales e internacionales.

Como parte de los resultados se determinó que el nivel de contaminación química del aire influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima metropolitana, sobre todo la presencia de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , que presentaron una correlación "R" negativa moderada y muy significativa, respectivamente. Con valores que van desde -0,71 a -0,98 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales respectivamente.

Palabras clave: Cognición; deterioro; contaminante; memoria; atención; concentración, capacidad cognitiva y percepción.

**CHEMICAL AIR POLLUTION AND ITS INFLUENCE ON THE COGNITIVE CAPABILITIES
OF SCHOOLS AT THE LIMA METROPOLITAN LEVEL**

ABSTRACT

Air pollution of a chemical nature is a problem that occurs daily, due to constant chronic and prolonged exposure to external factors, such as traffic congestion and the existence of industrial zones, often exceeding the permitted pollution index, regulated by environmental quality standards.

The purpose of this research study was to show the influence of the level of chemical air pollution on the cognitive abilities of schoolchildren at the level of Metropolitan Lima. For this, the concentrations of the most important chemical pollutants in the air were evaluated, through the eight monitoring stations, located at the level of Metropolitan Lima. These pollutants include CO, NO₂, SO₂, PM_{2.5} and PM₁₀, whose concentrations are automatically monitored 24 hours a day.

The research is quantitative, not experimental and is ex post facto, because the correlation between the variables was analyzed, once the problem of exposure to chemical air pollution occurred. The study sample was determined through a stratified sampling, where 350 students of both sexes, from the 6th grade of primary school from private

schools, distributed in the 8 monitoring points were evaluated. A neuropsychological test known as the Difference Perception Test: CARAS-R was applied, where the perceptual and attentional capacities of the students were evaluated, designed and validated by national and international scales.

As part of the results, it was determined that the level of chemical air pollution has a negative and significant influence on the cognitive abilities of schoolchildren at the level of metropolitan Lima, especially the presence of particulate matter PM_{2.5} and PM₁₀, which presented a moderate and highly significant negative R correlation, respectively. With values ranging from -0.71 to -0.98 with a 95% CI, for perceptual and attentional capacities respectively.

Key words: Cognition; deterioration; pollutant; memory; attention; concentration, cognitive ability and perception.

NOMBRE DEL TRABAJO

LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU INFLUENCIA EN LAS CAPACIDADES COGNITIVAS DE LOS ESCOLARES A NIVEL DE LIMA METROPOLITANA

AUTOR

MIRIAM BRAVO ORELLANA

RECUENTO DE PALABRAS

28004 Words

RECUENTO DE CARACTERES

146755 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

149 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 19, 2023 11:09 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 19, 2023 11:11 AM GMT-5

● 14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, a medida que la población se ha ido desarrollando y ampliando sus necesidades de producción y consumo, así como el acceso a los medios de transportes y la explotación de un sinnúmero de recursos naturales y energéticos, se han ido también diversificando y ampliando las fuentes de la contaminación.

Tomando en cuenta que la población en general, está expuesta diariamente a estos agentes contaminantes, sobre todo los niños, que son uno de los grupos de población más sensibles ya que a esa edad el neocórtex cerebral se desarrolla rápidamente, y se relacionan con deficiencias neurocognitivas. Existen evidencias de una relación significativa entre la contaminación química del aire y las funciones cognitivas, que puede afectar incluso a su rendimiento escolar diario, exacerbando las enfermedades respiratorias, la fatiga, absentismo y los problemas de déficit de atención y comprensión.

Estos problemas cognitivos están muy asociados con fluctuaciones en la función de percepción, atención, concentración, memoria y aprendizaje, sobre todo para aquella población de niños en edad escolar, que asisten a escuelas en zonas cercanas a empresas industriales y parques automotores, que generan contaminación ambiental y que al parecer presentan un desarrollo cognitivo más lento.

Es por ello, que esta investigación sustenta y describe aspectos importantes que se han presentado en los últimos años con relación al nivel de contaminación química del aire y su influencia en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

La presente investigación es importante porque aporta información acerca del estudio de las capacidades cognitivas de percepción y atención, seleccionadas como base de la investigación. Los resultados de esta evaluación va permitir que las autoridades académicas de los colegios, puedan alertar a los padres de familia, detectando a tiempo cualquier problema perceptivo y/o atencional que tengan los alumnos. Ya que las habilidades cognitivas de percepción y atención, pueden ser entrenadas para mejorar su rendimiento, a cargo de profesionales especializados en programas de estimulación cognitiva y de esta manera puedan mejorar sus logros académicos.

A la vez será beneficioso para todo el personal que labora en las instituciones educativas, que también están expuestas al problema de la contaminación química, ya que tendrán conocimiento de las fuentes de exposición, y de las concentraciones de cada contaminante según las normativas vigentes, para buscar alternativas viables sostenibles, que favorezcan su estadía en la institución.

Así mismo, tendrá un impacto social, porque en primera instancia se alertará a las autoridades del sector educación a que coordinen con el Ministerio del ambiente, la realización de los monitoreos ambientales continuos, en aquellas instituciones educativas, cercanas al tráfico vehicular y zonas industriales. De esta manera se puedan tomar medidas preventivas que impidan el alto nivel de contaminación en las cercanías de los colegios. Para el caso de proyectos futuros de creación de instituciones educativas del nivel primaria, se sugiere evaluar técnica y ambientalmente, la zona de influencia directa e indirecta, para evitar problemas ambientales en dichas instituciones.

La investigación fue viable, ya que se contó con el acceso a la información, a través de SENAMHI, para la recolección de datos en los puntos de monitoreos de cada una

de las estaciones seleccionadas. Así mismo se obtuvo la autorización de las instituciones educativas privadas, y de los padres de familia, para la aplicación de los test de capacidades cognitivas. Se contó con los recursos mínimos necesarios como es el tiempo y el conocimiento, para el avance y culminación del mismo. No se pudo lograr el financiamiento privado, dada la coyuntura en la que nos encontramos inmersos; pero se contó con el autofinanciamiento económico, para la adquisición y aplicación de los test originales a cargo de la editorial española Tea Ediciones.

Para la realización de la tesis , se tuvo como principal limitación la poca accesibilidad a la toma de datos, dada la coyuntura de la pandemia del coronavirus (SARS-CoV-2), hubo una limitación para poder ejecutar las mediciones ambientales en campo, en cada uno de los puntos de monitoreo de las diferentes escuelas tomadas como unidad de análisis, pero finalmente se trabajó con informes de monitoreos ambientales actualizados de entidades gubernamentales como fueron SENAMHI y DIGESA, para tener acceso a la data de las concentraciones de cada contaminante.

El resultado de la prueba de normalidad, muestra un nivel de significancia ($p=0.953 > 0.05$), por lo tanto, la distribución tiende a la normalidad, aplicando pruebas paramétricas.

Para la prueba de hipótesis se recurrió al análisis de datos a través de pruebas paramétricas para evaluar la correlación de las variables y determinar como el nivel de la contaminación química del aire influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima metropolitana.

La población de estudio estuvo compuesta por estudiantes del 6to grado de educación primaria de las instituciones privadas, las edades oscilaban entre 10 a 12 años. A través de una muestra estratificada, se evaluaron a 350 estudiantes de ambos sexos, que equivalen a 32% de los 1101 estudiantes matriculados del 6to grado de primaria en el año 2020. Se evaluaron a un total de 14 instituciones educativas distribuidas en los 8 puntos de monitoreo, a nivel de Lima Metropolitana, con una previa evaluación del análisis socioeconómico a las zonas de ubicación de los colegios evaluados. Se tomó como punto

de exclusión a aquellos estudiantes que tienen problemas neurológicos diagnosticados, como el TDAH u otro problema neurológico que pueda distorsionar los resultados.

La investigación es de tipo cuantitativa, no experimental, de corte transversal. Para la aplicación del test de capacidades cognitivas, se trabajó con baremos on line, de aplicación y corrección virtual. Los resultados se presentan en forma cuantitativa, expresada en puntuación percentil, y en eneatis (escala típica normalizada que va del 1 al 9) esta última es una escala para países de habla inglesa y que representa el número de desviaciones típicas que se aleja de la media, los resultados más altos expresan una mayor dotación de la aptitud evaluada (Thurstone y Yela, 2019, p.30). Para los resultados de las capacidades perceptivas, se tomó en cuenta el total de aciertos obtenidos del evaluado, en tanto que, para la atención sostenida y focalizada, se consideró el rendimiento neto del evaluado, considerando el índice de aciertos netos. Los resultados del índice de calidad del aire (INCA), se tipificaron en tres niveles de exposición: alto, medio y bajo. De los cuales el 13% de colegios evaluados, estaban expuestos a un nivel de contaminación baja, entre tanto el 63 y 25 % presentaban un nivel de exposición media a alta respectivamente. Siendo el punto de monitoreo de San Martín de Porres, la que presenta una exposición baja de contaminación, mientras que Villa María del Triunfo y Ate, presentan un nivel alto de contaminación.

Para probar la hipótesis general, ha sido necesario probar cada una de las hipótesis específicas, ya que el problema de la contaminación está asociado a la presencia de diferentes sustancias químicas en el aire, que son muy dañinos para la salud física y mental.

De acuerdo a los resultados mostrados, la hipótesis derivada 5 asociada para el nivel de concentración de PM_{10} , representa una correlación negativa significativa fuerte de $r = -0,98$, tanto para las capacidades perceptivas como las atencionales, para un índice de confiabilidad del 95%, y con un margen de error inferior al 5% (0,05), para rechazar la hipótesis nula.

En el primer capítulo se detalla los antecedentes que han aportado al tema de investigación, para luego analizar los diferentes enfoques teóricos de diversas fuentes bibliográficas. En el segundo capítulo se presenta la formulación de hipótesis y variables. En el tercer capítulo se describe el diseño metodológico, el instrumento usado para la recolección de datos, los aspectos éticos seguidos en la investigación y finalmente las técnicas estadísticas para el análisis de datos. En el cuarto capítulo, se efectuó un análisis descriptivo y cuantitativo de los resultados, se realizó la prueba de hipótesis planteada, a través de las pruebas estadísticas paramétricas. Finalmente, en el quinto capítulo se presenta la discusión, conclusión y recomendaciones realizadas en el trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: MARCO TEÒRICO

1.1 Antecedentes de la Investigación

Sunyer et al. (2015), publicaron en la revista PLOS MEDICINE, una investigación acerca de cómo la contaminación ambiental puede afectar el aprendizaje en niños, considerando que los estudiantes que asisten a escuelas en zonas de alta contaminación ambiental generada por los automotores, parecen tener un desarrollo cognitivo más lento. Esto fue estudiado para niños de 7 a 10 años de edad en la ciudad de Barcelona, por los investigadores del centro de Investigación en Epidemiología Ambiental (CREAL). Se basaron en la medición de tres resultados cognitivos (memoria de trabajo, memoria de trabajo superior, y la atención), durante un período de 12 meses a 2 715 niños de primaria de 39 escuelas, que asisten a escuelas con baja contaminación ambiental. Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos, la exactitud de estos hallazgos puede ser limitada por otros factores desconocidos que afectaron su desarrollo cognitivo, por ello surge la necesidad de investigaciones adicionales para confirmar los hallazgos encontrados.

Salomone (2018) estudió acerca de cómo la polución ($PM_{2,5}$ y PM_{10}) lastra el desarrollo cognitivo de niños y niñas, dado que el 90% de los españoles respira más

contaminación de lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera aceptable. La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) atribuye a la contaminación la muerte prematura de 30 000 personas en España. Es complejo demostrar una relación causa-efecto entre el humo del tráfico vehicular y la ralentización del aprendizaje en niños; pero los estudios muestran una correlación clara y evidente que los expertos no dudan en apelar al principio de precaución. Sus resultados estaban enfocados a evaluar de manera experimental los días de más polución, lo cual mostraron un retraso equivalente a más de un mes en la mejora natural de la velocidad de respuesta, esperable por la edad, lo cual es atribuible a la necesidad de evitar la contaminación atmosférica en el entorno de los centros escolares.

Según Villegas y Lucumi (2018) encontraron una correlación entre los niveles de contaminación por plomo y las dificultades de aprendizaje junto con las relaciones interpersonales, en los niños de 6 a 12 años de la institución educativa Señora del Portal Jamundí, Colombia. La exposición al plomo produce trastornos metabólicos y fisiológicos directamente relacionados con su concentración, estas alteraciones generan grados variables de deterioro de la salud física y mental, como son la disminución de la capacidad intelectual, cambios en el comportamiento, toxicidad renal y neuropatía periférica. Dichas alteraciones son más perjudiciales en los niños menores de 6 años debido a que están en pleno crecimiento y desarrollo.

Khan et al. (2019), evaluaron a niños sanos de 8 a 14 años que asistían a escuelas públicas. Determinaron que la contaminación atmosférica crónica generada por el tráfico vehicular, que contiene partículas finas y ultrafinas, se asociaba con un rendimiento neuroconductual reducido y disfunción conductual en escolares de las zonas urbanas ecuatorianas. Los datos se analizaron mediante regresión lineal múltiple. Los niños con la mayor exposición <math><100\text{ m}</math>, tuvieron latencias significativamente más largas según lo medido en comparación con los que viven $\geq 200\text{ m}$ de distancia. En conclusión, los niños que viven

dentro de los 100 m de tráfico pesado, parecen experimentar déficits neuroconductuales sutiles que pueden resultar de la exposición a partículas finas y ultrafinas.

Así mismo, Fuertes et al. (2016), analizó la exposición a contaminantes atmosféricos, a una población de 4 745 niños alemanes en tres momentos de su vida, nacidos en áreas urbanas (Múnich y áreas colindantes) y rurales (Wesel y áreas vecinas). La exposición a estos contaminantes, se asocia a una mayor hiperactividad y déficit de atención en adolescentes, según una investigación realizada con dos cohortes de niños alemanes. El objetivo fue investigar la asociación entre la exposición individual, a largo plazo, de contaminantes asociados al tráfico y la prevalencia de hiperactividad y déficit de atención. Los resultados muestran que la hiperactividad e inatención en los niños de 10 y 15 años de edad, se asoció con la exposición a $PM_{2.5}$ y partículas de carbón. Se piensa que las partículas en suspensión pueden desencadenar una inflamación del sistema nervioso, como se ha observado en algunos modelos animales.

En una investigación de Guxens, et al. (2014), del Instituto de Salud Global de Barcelona, han evaluado que la exposición a la contaminación del aire durante el embarazo, afecta al desarrollo psicomotor y cognitivo en los primeros años de vida de los niños y niñas. Se evaluó a 9 500 niños y niñas de entre uno y seis años de edad y obtuvo como resultado que la contaminación del aire durante la gestación se asociaba negativamente con el desarrollo psicomotor, sin embargo, no se encontró asociación entre desarrollo cognitivo general y del lenguaje.

Miller & Vella (2014, p.4), publicaron acerca de los efectos de la contaminación química del aire en los resultados educativos, obtenidos en 3 880 escuelas de las regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins para niños de cuarto, octavo y décimo grado en Chile. La metodología utilizada es la interpolación Kriging que emplea un modelo de semi-variograma. Los resultados que obtuvo sobre las puntuaciones de las pruebas estandarizadas en lectura, matemáticas, comprensión social y ciencias naturales, arrojaron hallazgos que la contaminación del aire tiene un efecto neurodegenerativo que se puede

convertir en una menor capacidad de memoria y el aprendizaje, e incluso está relacionado con el desarrollo del cerebro, lo cual significa que puede llegar a afectar antes del nacimiento con un resultado a largo plazo en la capacidad cognitiva en los últimos años.

Huyhua (2013) realizó una investigación a los niños de las escuelas María Reiche y Guadalupe, así como del centro de salud de Puerto Nuevo en la provincia del Callao, determinó como la contaminación de plomo (Pb) en la sangre debido a la exposición por el uso de gasolina en vehículos automotores y el emitido al aire por fuentes fijas como fundidoras y minería, logra efectos irreversibles en la función cerebral, ocasionando un desarrollo irregular en la actividad escolar, que va desde la disminución del coeficiente intelectual de un niño hasta alteraciones en su comportamiento. La población estudiada fue de 2 510 niños (de 6 meses a 9 años de edad), que pertenecían a centros educativos y hospitales de Lima y Callao. Los resultados que se obtuvieron detectaron alteraciones en la atención, el riesgo de reprobación un año escolar fue tres veces mayor para los niños cuyos niveles de plomo se encontraron por encima de los 20 g/dL.

Sears C, Sear L & Zierold (2020), realizó un estudio en 221 niños de 6 a 14 años, que viven cerca de las centrales eléctricas de carbón. Plantearon, que estos niños estaban expuestos a la presencia de cenizas de carbón circundante, cuando estas escapan como emisiones fugitivas de polvo hacia las comunidades cercanas. La contaminación por material particulado en el aire, sugieren que la exposición podría estar asociada con un control cognitivo deficiente.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Contaminación Ambiental

Es la presencia de cualquier sustancia de naturaleza fisicoquímica que es ajeno al medio en el que se encuentra, alterando las propiedades de los recursos naturales como aire, agua y suelo; y generando efectos que pueden dañar la salud de los seres vivos, quitándoles la posibilidad de poder hacer un uso eficiente de todo aquello que nos ofrece la naturaleza.

Para el MINAM (Ministerio del Ambiente,2016) “la contaminación es la distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo) donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud” (p.6).

Tal es así que para Encinas (2011), “contaminación es la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables, en concentraciones tales que puedan afectar al confort, salud y bienestar de las personas, y al uso y disfrute de lo que ha sido contaminado” (p.3).

Causas y Consecuencias de la Contaminación Ambiental

Hoy en día, se puede evidenciar un crecimiento acelerado de la población mundial, tal es así que esto se ve influenciado negativamente en el ambiente, por el aprovechamiento de los recursos naturales en forma desmedida; sumado a la industrialización, los medios de transporte, el uso de recursos energéticos no renovables y el crecimiento tecnológico, todo ello sin ningún tipo de compensación.

“El problema de la contaminación ambiental que en la actualidad enfrentamos, es una consecuencia compleja de varios factores interrelacionados. No se puede considerar una sola causa como la raíz del deterioro ambiental, ya que son varias causas subyacentes”, que podrían estar operando simultáneamente o variando de un lugar a otro y a través del tiempo (Appannagari,2017, pp.5-11).

Entre las principales causas que generan la contaminación ambiental se encuentran: “la actividad humana, deforestación, uso de productos químicos y pesticidas, residuos industriales y domésticos, uso de combustibles fósiles, crecimiento demográfico, crecimiento industrial, tecnológico y económico, falta de planificación urbanística, las radiaciones, centrales térmicas y la pobreza”.

La contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de

cuidarla. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica. (Chung, 2008)

Clases de Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental puede clasificarse dependiendo de las fuentes que lo generan: naturales y antropogénicas. La contaminación natural, “está relacionada por fenómenos naturales que provocan su alteración como: los terremotos, las inundaciones, sequías, ciclones, descargas eléctricas, etc.” La contaminación antropogénica se deriva de las actividades generadas por el hombre, que causan daño a los recursos naturales y al ecosistema (Appannagari,2017).

Asimismo, la contaminación se puede clasificar como: contaminación del aire, agua y suelo.

a. Contaminación del Aire.

Esta contaminación se explica en gran parte por las emisiones generadas por la actividad de transporte, debido a los altos niveles de azufre en los combustibles, a la antigüedad del parque automotor, a la falta de revisiones técnicas, a la sobreoferta del transporte público y a la congestión resultante (Quispe, 2013, p.43).

La contaminación del aire tiene su origen dependiendo de la fuente que lo genera, las cuales pueden ser primarias o secundarias, físicas o químicas, lo importante es llevar un control y monitoreo permanente para evaluar su calidad y composición.

Las fuentes de contaminación del aire se pueden presentar de forma natural y de forma antropogénica. Las fuentes naturales de contaminación se generan por la presencia de erupciones volcánicas, incendios forestales y la descomposición de materia orgánica, ya que estos liberan gases, partículas u olores que alteran la calidad del mismo. Entre tanto las fuentes antropogénicas, tienen su origen en las actividades humanas, que provienen de fuentes móviles (autos, aviones o barcos, etc.) así como de fuentes fijas, como chimeneas, equipos de refrigeración e incineradores de basura, etc. (Herrera, 2019).

Asimismo, en el aire se puede evidenciar tres agentes de contaminación: biológicos,

físicos y químicos, cuya sola presencia pueden ocasionar alteraciones en la composición y calidad del mismo.

b. Contaminación del Agua.

El problema de la contaminación del agua, se debe a la presencia de agentes físicos, químicos y biológicos, de concentraciones variadas, que altera su composición normal y por ende la calidad del mismo. La calidad del agua se determina por la presencia de ciertos parámetros que están establecidos dentro de los estándares nacionales de calidad (D.S 004-MINAM, 2017), tal es así que una alteración de cualquiera de esos parámetros puede ocasionar problemas a la salud, a los procesos y a los ecosistemas, dependiendo del uso al que va dirigido.

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales (geoquímicas: el suelo) o artificiales (antropogénicas). Estas fuentes naturales son muy dispersas y no provocan concentraciones altas, excepto en algunos lugares muy concretos. Sin embargo, la contaminación antropogénica se concentra en zonas concretas (industrias, ciudades, etc.), y los contaminantes son mucho más peligrosos que los emitidos por fuentes naturales (Encinas,2011, p.48).

c. Contaminación del Suelo.

La contaminación del suelo tiene múltiples causas, que va desde la acumulación de residuos industriales, domésticos, uso de agroquímicos, relaves mineros, etc., hasta el deterioro natural; por la presencia de agentes contaminantes tóxicos, que alteran su calidad (D.S 011-MINAM,2017) poniendo en peligro la salud y el bienestar de los seres vivos.

De acuerdo a la investigación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la contaminación del suelo “se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado” (2015, como se citó en Rodríguez et al.,2019, p.1).

Dado que con frecuencia la contaminación del suelo no puede ser evaluada

directamente o percibida visualmente, se convierte en un peligro oculto, del cual debemos estar alertados.

1.2.2 Agentes que ocasionan la Contaminación Química del Aire

La contaminación química del aire es producto de gases tóxicos que entra en contacto con la atmósfera y que ha provocado una reacción en él. Según West (2013), indicó que uno de los factores de muerte del hombre ha sido por la contaminación que hay en el medio ambiente, y en las industrias.

Babadjouni et al., (2017), señala que los contaminantes químicos se liberan al aire circundante por fuentes estacionarias (industriales y domésticas, etc.) y móviles (vehículos, trenes, etc.). La mezcla gaseosa se compone principalmente de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), plomo sólido (Pb), y el material particulado (PM) como: PM_{2,5} y PM₁₀, siendo estos últimos los más peligrosos por su diámetro aerodinámico.

Los problemas de contaminación química están asociados en primera instancia a la cercanía de viviendas urbanas a zonas industriales en la que muchas de ellas están expuestas a la presencia de gases y material particulado sin ningún tipo de control. A esto suma el crecimiento del parque automotor que en los últimos 20 años ha crecido de manera exorbitante, incrementando la presencia de vehículos obsoletos, que demandan mayor consumo de energía y generan gases con contenido de plomo, debido al uso de combustibles como la gasolina, diésel, gas, etc.

Características

Los agentes químicos se agrupan en categorías según los efectos fisiológicos que producen en los seres vivos (López, García y Pacicelli, 2017, pp.49-50).

- Agentes neumotóxicos o sofocantes, dañan los pulmones, dificultan o impiden la respiración.
- Agentes nerviosos o neurotóxicos, atacan al sistema nervioso mediante la inhibición de neurotransmisores.

- Agentes sanguíneos, impiden la oxigenación de la sangre, generando somnolencia y mareos.
- Agentes incapacitantes, provocan parálisis, alucinaciones y otros efectos adversos.

Entre los principales contaminantes químicos en el aire, se encuentran:

- **Las partículas en suspensión** o material particulado, que “se clasifican en PM_{10} y $PM_{2.5}$ en función de su diámetro aerodinámico” (Rivera,2012), se encuentran en el aire como resultado del producto de los gases de combustión y procesos a nivel industrial.
- **Monóxido de Carbono (CO)**, “(...) es un gas incoloro e inodoro, que en concentraciones elevadas puede ser letal” (Rivera,2012). En la naturaleza se forma por la oxidación del metano y “la principal fuente antropogénica es la quema incompleta de combustibles como la gasolina” (Téllez, Rodríguez & Fajardo,2006). Este gas es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles, cuyo volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire.
- **El dióxido de nitrógeno (NO_2)**, principal oxido de gas nitrógeno el cual se disocia por acción fotoquímica y produce una coloración gris amarillenta. Se produce por la conversión del monóxido de nitrógeno cuando se oxida en el aire. Es de color rojizo y de olor desagradable. Proviene de la combustión interna de los automóviles y de las emisiones de diferentes industrias, tales como cemento, vidrio, acero, entre otras (Rojas,2017, p.20).
- **El Dióxido de azufre (SO_2)**, “Es un gas incoloro, no inflamable y de olor picante, muy irritable, es el resultado de la combustión del azufre contenido en los combustibles fósiles” (petróleo Diesel, carbón, aceite, etc.) (Díaz, 2021).

1.2.3 Estándares Nacionales e Internacionales para Calidad de Aire

Para evaluar la contaminación química del aire, se ha tomado en consideración las normativas vigentes tanto a nivel mundial como a nivel nacional (Lima-Perú), ya que ambas

difieren, dependiendo del tiempo de exposición y de las condiciones ambientales a las que están expuestas.

Estándares nacionales de calidad de aire (ECA)

Según el Decreto Supremo nº003-MINAM (2017), se aprobaron los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para aire, para lo cual se actualizaron a diez parámetros. En la presente investigación se consideraron los 5 parámetros más tóxicos, cuyos estándares se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Estándares Nacionales de calidad ambiental para aire

Parámetros	µg/m ³	Períodos	Criterios de evaluación
Dióxido de Azufre (SO ₂)	250	24 horas	NE más de 7 veces al año
	200	1 hora	NE más de 24 veces al año
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	100	Anual	Media aritmética anual
	30 000	1 hora	NE más de 1 vez al año
Monóxido de Carbono (CO)	10 000	8 horas	Media aritmética móvil
	100	24 horas	NE más de 7 veces al año
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	50	Anual	Media aritmética anual
	50	24 horas	NE más de 7 veces al año
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	50	24 horas	NE más de 7 veces al año
	25	Anual	Media aritmética anual

Nota. D.S Nº003 (2017) MINAM

Parámetros de calidad del aire de la OMS comparados con los ECA

La OMS ha elaborado directrices, aplicables a nivel mundial, basadas en datos experimentales probadas científicamente. En ellas se detallan los límites de concentración de determinados contaminantes químicos en el aire como: partículas en suspensión (PM), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), etc., generados en todo el mundo

(Torres,2016). A continuación, se detallan los parámetros de calidad de aire sugerida por la OMS, comparada con los ECA nacionales, en donde se puede apreciar que aún el Perú, no alcanza esos estándares (Rojas,2017, p.87), a excepción del monóxido de carbono (CO).

Tabla 2

Parámetros comparativos de calidad del aire dados por la OMS vs. ECA

Parámetro	Período	OMS($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ECA($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM_{2.5}	Anual	10	25
	24 horas	25	50
PM₁₀	Anual	20	50
	24 horas	50	100
NO₂	Anual	40	100
	1 hora	200	200
SO₂	24 horas	20	250
CO	8 horas	10 000	10 000

Nota. Directrices sobre calidad de aire de la OMS (2005).

Índice de Calidad del Aire (INCA)

El INCA, es un indicador que brinda información del estado de la calidad del aire de cada punto monitoreado, de acuerdo a lo establecido en el Perú, en la Resolución Ministerial n° 181- MINAM (2016), se establecen cuatro categorías de estados de calidad de aire como: bueno, moderado, malo y en alerta o por encima del umbral, según tabla 3. En el anexo 1 se detalla los valores INCA, para cada contaminante tomando como referencia los ECA.

Tabla 3

Índice Nacional de la calidad del aire

Calificación	Valores del INCA	Riesgos
Buena	0-50	No riesgo para la salud

Moderada	51-100	Aceptable con restricciones
Mala	101-VUEC*	Grupos sensibles** podrían sentirse afectadas
VUEC*	>VUEC*	Toda la población puede verse afectada en la salud

Nota. Resolución ministerial nº 181(2016) MINAM

***VUEC: Valor umbral de estado de cuidado**

****Conformado por niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades crónicas, etc.**

Contaminantes químicos del aire a nivel de Lima Metropolitana

A través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI,2020) se ejecutan la vigilancia de las condiciones meteorológicas y los contaminantes atmosféricos, en los diferentes puntos de monitoreo a nivel nacional.

En la presente investigación, se evaluaron 8 puntos de monitoreos, ubicados a nivel de Lima Metropolitana, las cuales tienen estaciones automáticas de monitoreo permanente, y se caracterizan porque presentan diferentes índices de calidad de aire, como se detallan en el anexo 2. Estos puntos de monitoreos están localizados en los distritos de: Ate, Carabaylo, Puente Piedra, San Martín de Porres, Breña, Santa Anita, El Agustino y Villa María del Triunfo. En el caso del Agustino, el punto de monitoreo está en la estación E-4 monitoreado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), ver los anexos 4 al 11.

Asi mismo el monitoreo de la calidad del aire en las estaciones evaluadas, cumplen el protocolo nacional aprobado por Decreto Supremo nº010-MINAM (2019); que establece y uniformiza los criterios y lineamientos técnicos de medición, para generar información oportuna y precisa para su difusión, declaración de alertas y la verificación del cumplimiento de los ECA.

El análisis y resultado de los contaminantes químicos del aire por cada punto de monitoreo, se encuentran detallados en el capítulo 3, los cuales están relacionados con los

estándares nacionales de calidad ambiental (ECAS) y el índice nacional de calidad ambiental (INCA).

1.2.4 La Contaminación Química del Aire y su Impacto en las Capacidades Cognitivas

La contaminación química del aire se genera por la presencia de agentes químicos que alteran la composición del mismo, perjudicando su calidad. Se presentan en forma de partículas, gases y vapores, que pueden causar daños a la salud, cuando nos exponemos de manera prolongada y crónica, sobre todo cuando se encuentra en niveles por encima de los límites máximos permisibles, que establece la normativa vigente del D.S 003-MINAM (2017).

Oliveira (2016) en su investigación dio a conocer que:

Las concentraciones de los principales contaminantes del aire en un entorno preescolar portugués, tanto al interior como exterior del mismo, para diferentes fracciones de PM, generan riesgos para los alumnos de 3 a 5 años de edad, ya que el hecho de estar expuestos de manera prolongada a los mismos componentes, lo hace propenso a desarrollar algunas deficiencias en diferentes ámbitos.

De acuerdo a esta información, el problema de contaminación afecta a los niños en edad escolar, ya que el hecho de estar expuesto permanentemente a un ambiente tóxico, contribuye a un deterioro de sus capacidades de aprender, dado que no solo afecta a su salud sino en su estado emocional, va a mostrar irritabilidad, cansancio y pérdida de voluntad, dando como resultado problemas de aprendizaje.

El centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN,2019), refiere que ciertas partículas del aire afectan al sistema nervioso, y con ello a la capacidad cognitiva, sobre todo de los niños y adolescentes. En dicha investigación se enfocaron a evaluar a nivel molecular el efecto de nanopartículas simuladas de Dióxido de Silicio, que se encuentran en un ambiente contaminado, para corroborar su efecto en la salud mental. Encontraron que en altas concentraciones matan a las células gliales

encargadas de regular los neurotransmisores de glutamato, relacionadas con las funciones de aprendizaje y memoria; lo que significa una dificultad en la capacidad de aprender nuevas tareas. Mas aún al considerar que el desarrollo del sistema nervioso central termina a los 20 años, se vería seriamente afectada la capacidad intelectual de la población expuesta.

De acuerdo a lo que se indica en la presente investigación, hay una relación causa efecto entre los problemas de contaminación por presencia de material particulado (PM) en el aire y las deficiencias de ciertas capacidades cognitivas que están relacionadas con el proceso de recepción de información, a través de células neurotransmisoras, la cual logra afectar al proceso cognitivo relacionado con la memoria, disminuyendo la capacidad de aprendizaje sobre todo en aquella población que está en proceso de desarrollo como son los niños y adolescentes.

Un estudio publicado por Latin American and Caribbean Economic Association (LACEA,2014), correlaciona las concentraciones de cinco contaminantes atmosféricos como son: material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃); con los resultados de exámenes estandarizados realizados a escolares de cuarto, octavo y décimo grado. De acuerdo a lo resultados que se obtuvieron sobre las pruebas estandarizadas en Chile con relación a lectura, matemáticas, comprensión social y ciencias naturales, arrojaron hallazgos que la contaminación del aire tiene un efecto neurodegenerativo que se puede convertir en una menor capacidad de memoria y el aprendizaje, con un resultado a largo plazo en el deterioro de la capacidad cognitiva.

Todo ello se puede ver influenciado por las condiciones ambientales desfavorables que pueden desempeñar un papel importante para los niños en los procesos cognitivos. Ramesh & Srujana (2016), estudiaron que la contaminación química del aire urbano puede tener un impacto significativo en el sistema nervioso central del cerebro en desarrollo. Para

ello estudiaron los efectos de la exposición a las emisiones vehiculares con la cognición; con atención específica a los niños de entornos urbanos.

De acuerdo a las investigaciones de Jiyeon Park et al. (2020), la exposición prolongada a la contaminación del aire aumenta el riesgo de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Esto se vio reflejado en la presencia de material particulado PM_{10} , óxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), y los ingresos hospitalarios con un diagnóstico principal de TDAH, en adolescentes entre las edades de 10 a 19 años, de 16 regiones de la república de Corea desde el 2013 al 2015.

Los niños tienen rutas únicas de exposición y los riesgos resultantes sobre la salud difieren en las distintas etapas de la niñez. En una investigación realizada por Sunyer et al. (2015) manifiesta que “la exposición al aire contaminado relacionado con el tráfico, durante el embarazo o la lactancia, cuando el neocórtex del cerebro se desarrolla rápidamente, se ha relacionado con retrasos cognitivos en niños”,

Asimismo, para Bove et al. (2019) “las partículas ambientales de carbón negro se acumulan en el lado fetal de la placenta y sugiere que podrían transportarse hacia el feto y representar un mecanismo potencial, que explique los efectos perjudiciales para la salud desde los primeros años de vida en adelante (p.2).

De acuerdo a las investigaciones, el contacto con agentes tóxicos puede ocurrir desde el útero por el paso de contaminantes químicos a través de la placenta, lo cual indica que la presencia de estos agentes puede llegar a afectar no solo la salud de las personas, sobre todos los niños, sino también que dado sus efectos y /o alteraciones, puede repercutir en la atención, concentración, motivación y por ende en el grado de rendimiento de los estudiantes.

Tal es así que Peters et al. (2015), plantearon la hipótesis de que las partículas inhaladas suspendidas en el aire, pueden llegar al cerebro, ya sea a través de los pulmones o directamente, a través del bulbo olfativo. Estos estudios longitudinales informaron de cierta asociación entre la exposición a partículas contaminantes del aire y el deterioro de la

cognición. Los datos de exposición se recopilaron antes de las pruebas cognitivas, pero la duración, el tipo, la clasificación y nivel de exposición de los contaminantes variaron ampliamente. Esta investigación corrobora que existe evidencia de una posible asociación entre la contaminación del aire y el posterior deterioro cognitivo. De acuerdo al análisis longitudinal de los estudios de cohortes realizados. Pero aún se necesitan más pruebas de estudios, para obtener una mayor comprensión de la contaminación del aire como un factor de riesgo potencial para el deterioro cognitivo.

Téllez et al. (2006), en una de sus investigaciones realizadas a uno de los mayores contaminantes del aire, como es el monóxido de carbono (CO) considerado como el asesino silencioso, gracias a los efectos nocivos que puede llevar su exposición en forma crónica a niveles medios y bajos en aire respirable, pudo determinar la aparición de efectos adversos en la salud, especialmente en órganos de alto consumo de oxígeno como es el cerebro y el corazón. El CO compite con el oxígeno y logra unirse a las enzimas del grupo Hem de la hemoglobina, generando un complejo que se denomina carboxihemoglobina, que dificulta el transporte de oxígeno a las células y tejidos; en concentraciones inferiores a 25 ppm y a niveles en sangre inferiores a 10 %. Todo ello generaría problemas de déficit en memoria, atención y concentración, generando un deterioro cognitivo progresivo.

1.2.5 Deterioro de las Capacidades Cognitivas en los Estudiantes por Problemas de Contaminación del Aire

“El deterioro cognitivo refleja una disminución del rendimiento de, al menos, una de las capacidades mentales o intelectivas siguientes: memoria, orientación, pensamiento abstracto, lenguaje, capacidad de juicio, razonamiento, (...) capacidad de aprendizaje y habilidad visoespacial” (Bonanno et al., 2013, p.1698).

Por mucho tiempo se ha sostenido que las deficiencias de las capacidades cognitivas, se debían meramente a lesiones cerebrales, problemas de nutrición, entornos familiares, problemas congénitos, etc., desde la gestación hasta los primeros dos años de

vida. Hoy en día según los estudios que han explorado la influencia de la contaminación del aire, sobre las capacidades cognitivas en los niños en edad escolar, se ha podido encontrar que de acuerdo a la naturaleza y el tipo de contaminante químico al que se está expuesto, se tienen efectos adversos que no solo afectan al sistema nervioso, sino a una parte del cerebro responsable del procesamiento de la información, afectando a la memoria, la concentración, atención, conducta, rendimiento e inteligencia, dando como resultado problemas de aprendizaje.

Calderón et al. (2013), realizaron estudios epidemiológicos, que sugieren que los individuos jóvenes pueden ser particularmente susceptibles a la neurotoxicidad inducida por la contaminación química del aire. Sus estudios en la Ciudad de México, han revelado los niveles elevados de marcadores neuroinflamatorios en el cerebro de niños expuestos a alta contaminación del aire, así como déficits cognitivos. Tal es así que Newman et al. (2013) revelaron la hiperactividad en niños de 7 años de edad, asociada con la exposición temprana a la contaminación del aire relacionada con el tráfico vehicular.

El ambiente que rodea al estudiante, involucra múltiples factores y ámbitos de un contexto, es decir, “todo aquello que rodea al hombre, lo que puede influenciarlo y puede ser influenciado por él”, por lo que el ambiente donde la persona está inmersa se conforma de elementos circunstanciales tales como: físicos, sociales, culturales, psicológicos y pedagógicos del contexto, los cuales están interrelacionados unos con otros (Morales, 1999, citado por Castro y Morales, 2015, p.3).

Problemas de Percepción y Atención

Los trastornos de la atención voluntaria se manifiestan porque el sujeto se ve atraído fácilmente por cualquier estímulo accesorio y resulta imposible centrar su atención. Estos trastornos pueden tener un origen orgánico (lesiones en el cerebro) y ser permanentes, pero también pueden ser transitorios, debidos a estados del sistema nervioso que resultan del agotamiento e intensas emociones (Peinado, 2008, pp. 13-29).

Para Peinado, la percepción está relacionado con experiencias, actitudes y valores propios del sujeto. Tal es así que “no es un proceso ornamental, sino absolutamente necesario para que el organismo pueda adaptarse al medio en el que tiene que hacer frente a las múltiples problemáticas exigidas de la vida”.

La percepción humana es un proceso selectivo, en el niño los esquemas perceptuales funcionan de una manera rígida y preestablecida, pero a medida que el niño se desarrolla, la experiencia va modificando los problemas perceptivos y se hacen cada vez más flexibles. (2008, p.16)

Tal como se manifiesta el autor de las citas, los problemas de atención y percepción, no solo tienen un origen neuronal, sino también está influenciado por factores asociados a estímulos sensoriales, determinados por el medio que le rodea, lo importante es que esta capacidad se puede corregir con prácticas sostenibles y modificaciones de conducta a tiempo.

Según Sunyer et al. (2015), la contaminación química del aire es un supuesto neurotóxico para el desarrollo. Los niños son uno de los grupos de población más sensibles y existe evidencia de que la exposición permanente a la contaminación química del aire, puede afectar incluso a su rendimiento escolar diario, exacerbando las enfermedades respiratorias, la fatiga, absentismo y los problemas de déficit de atención.

Es por ello que la exposición a la contaminación en forma crónica, generada por el tráfico vehicular, que contiene partículas finas y ultrafinas, se asocia con un rendimiento neuroconductual reducido y a un problema de atención sostenida.

Problemas de Concentración

Según Evaristo (2012), existe una relación entre el complejo mundo que rodea al estudiante, determinado por una serie de aspectos que va desde el esfuerzo, intensidad de estudio, competencias, aptitud, atención, motivación, memoria, medio relacional, hasta

factores que va de lo psicológico o emocional como es la ansiedad o depresión manifestado como nerviosismo, falta o exceso de sueño, incapacidad para concentrarse, apatía y en casos extremos, depresión profunda. De acuerdo a los resultados del autor en su investigación, “se encontró una asociación entre el rendimiento académico y la capacidad de concentración, tal es así que para aquellos estudiantes que tienen mayor capacidad de concentración tienen mayor rendimiento académico, a aquellos que tienen baja concentración”.

Los estudios de Azócar et al. (2013), manifiestan que “en el contexto escolar en el que se encuentran los niños y niñas, existe una enorme cantidad de estímulos, informaciones y aprendizajes, que, debido a esto, es difícil lograr y mantener una atención y concentración en las variadas actividades que se encuentran insertos (...), es por ello que presenta dificultad en el ámbito académico”.

Un entorno escolar expuesto a focos primarios de contaminación ambiental, como son las cercanías a las carreteras vehiculares o plantas industriales, son más propensos a desarrollar mayores riesgos a una sobreexposición prolongada a largo plazo, pudiendo generar deficiencias neurocognitivas, dado a que los niños pasan más de 6 horas en promedio, dentro de su centro escolar.

Problemas en la Memoria

De acuerdo a los estudios “la memoria es muy vulnerable a variables internas y externas que son las responsables que se alteren o se distorsionen nuestros recuerdos” Nieto (2015).

Flores (2015), evaluó las alteraciones neurocognitivas como la memoria, en los niños y niñas residentes del cantón de Paquisha en Ecuador, por la exposición de metales pesados, entre los que se encuentra el plomo. Para ello se evaluó a 254 niños en edad escolar entre 7 a 11 años de edad. De los cuales 89 niños son residentes de la zona de alta exposición, 81 niños para los de mediana exposición y 84 niños para los de baja exposición.

El 47% de la población eran niñas, con 4 años de escolaridad en promedio. A estos niños se le sometió a la prueba CAVL¹ t-2 (Test que evalúa el desempeño de la memoria y el aprendizaje del niño), cuyos resultados mostraron las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de exposición, observándose los peores resultados, en aquellos niños pertenecientes al grupo de alta exposición por Plomo.

De acuerdo al autor hay una relación causa efecto entre los problemas de contaminación y las deficiencias de aquellas capacidades cognitivas que están relacionadas con el proceso de recepción de información, a través de células neurotransmisoras. Esto logra afectar al proceso cognitivo relacionado con la memoria, disminuyendo la capacidad de aprendizaje sobre todo en aquella población que está en proceso de desarrollo como son los niños y adolescentes.

Calderón, L. et al. (2015), en una investigación realizada con pruebas de APOE, cognición y la espectroscopía de resonancia magnética dirigida a niños sanos, se determinó que provocaba disminución de la memoria a corto plazo, coeficiente intelectual y relaciones metabólicas cerebrales alteradas en niños con apolipoproteína urbana 4 (APOE e4) expuestos a la contaminación del aire. El APOE modula las respuestas a la contaminación del aire en el cerebro en desarrollo. Los niños que portaban los alelos APOE e4 demostraron reducciones en la sustancia blanca frontal derecha, debido a la exposición de PM_{2.5} y O₃ (Citado por Babadjouni et al., 2017, pp. 757-770).

1.2.5.1 Características de las Capacidades Cognitivas Básicas.

La Psicología cognitiva es la ciencia que estudia la Cognición, es "la rama de la psicología que intenta proporcionar una explicación científica de cómo el cerebro lleva a cabo funciones mentales complejas como la visión, la memoria, el lenguaje y el pensamiento" (Nieto, 2015, p.43). Es decir, se dedica al estudio de los procesos cognitivos básicos y superiores responsables de la adquisición de nuevos conocimientos.

¹ California Verbal Learning.

Los procesos cognitivos básicos, también llamados simples o de primer orden, son aquellas funciones mentales naturales de comportamiento como resistencia o respuesta al ambiente que están determinadas genéticamente y las comparten tanto animales como personas (Nieto, 2015). Dichos procesos son: sensación, percepción, atención, concentración y memoria.

Percepción

“El acto de observar se entiende como la actuación conjunta y necesaria de tres elementos fundamentales: percepción, interpretación y conocimiento previo, que darían lugar a la observación perfecta” (Aragón, 2010). De acuerdo a ello se puede deducir que la percepción es una condición de la observación.

La percepción visual y auditiva, está relacionada con la capacidad de reconocer, discriminar e interpretar estímulos visuales y auditivos, asociándolos con experiencias previas. “Observar es un proceso, situado más allá de la percepción que, no solamente hace conscientes las sensaciones, sino que las organiza”.

De acuerdo a la investigación de Sovero “a través de las percepciones se interpretan las sensaciones, en función de las experiencias sensoriales y del aprendizaje perceptivo y se las dota de significado” (2017, p.16).

Bajo este contexto, el proceso de percepción “se divide en un conjunto ordenado de etapas que inicia con la codificación de los aspectos más elementales de los estímulos, a través de los sistemas senso-perceptivos, y culmina con el reconocimiento y la identificación de los estímulos” (Sovero, 2017).

Tal es así que Nieto (2015) define la percepción “como la forma en que cada individuo interpreta y entiende la información que se recibe a través de los sentidos, ya sea la vista, oído, tacto, gusto y/o olfato”. Es el proceso psicológico por el cual la información que llega a través de los sentidos se interpreta y adquiere un significado para el receptor. Así a simple vista la percepción parece un proceso muy simple sin embargo se trata de un

proceso sumamente complejo para el que todavía la psicología no tiene una explicación coherente aceptada por toda la comunidad científica (p.49).

Atención y concentración

Hoy en día se ha demostrado que la “atención cumple un rol cardinal en la activación de los procesos cognitivos básicos (percepción, memoria) que participan activamente en el aprendizaje de los educandos” (Machado et al.,2021, p.81). Es por ello, que el rol del docente debe profundizar a nivel metodológico, en las características de los procesos atencionales, las causas de la distracción y la relación entre atención y procesos cognitivos para para determinar las vías más efectivas para su estimulación.

La atención es la capacidad cognitiva que permite seleccionar la modalidad de información deseada o requerida en un momento determinado y podríamos considerarla como una habilidad que se aprende y mejora con la práctica, al igual que cualquier otra habilidad verbal o motora (Sislema, 2013, p.24). Por otro lado, la concentración . “En el contexto escolar en el que se encuentran los niños y niñas, existe una enorme cantidad de estímulos, informaciones y aprendizajes que, debido a ello, es difícil lograr y mantener una atención y concentración en las variadas actividades que se encuentran insertos (...), por ello presentan dificultades en el ámbito académico” (Azócar et al., 2013, p.36).

La atención implica tres mecanismos: selección, distribución y sostenimiento. Un aspecto importante a la hora de definir atención, es saber, que la atención es una habilidad o capacidad que cada persona posee, y que existen diferencias individuales para atender. Tal es así, que una de las características más importantes de este proceso es que no son innatas, sino aprendidas. Esto es importante tenerlo en cuenta, no sólo porque se pueden modificar y mejorar con la práctica, sino porque se puede desarrollar estrategias encaminadas a mejorar el funcionamiento de los distintos mecanismos de atención, los

factores que la mediatizan, así como la forma de controlarla. A este tipo de estrategia se las denomina estrategia meta atencional (Nieto, 2015).

De acuerdo a los estudios realizados por Díaz (2016), hay una relación significativa entre la atención y la concentración, tal es así que:

La atención es un proceso multimodal que involucra la actuación de diversas estructuras del sistema nervioso central. El procesamiento neurofisiológico de la atención pasa por diversas fases, implicando la actividad de varias estructuras neuroanatómicas situadas a lo largo del tronco cerebral y el cerebro, siendo la corteza asociativa el final de trayecto de los procesos atencionales. (Díaz,2016)

Memoria

“La memoria es un complicado sistema de procesamiento de la información que opera a través de los procesos de almacenamiento, codificación, construcción, reconstrucción y recuperación de la información. Estas construcciones o reconstrucciones pueden contener distorsiones de acuerdo con los conocimientos, expectativas, (...)” (Nieto, 2015, p.56).

Entre los tipos de memoria se encuentran: la memoria sensorial (se distinguen la memoria visual o icónica y memoria auditiva o ecoica), memoria a corto plazo y memoria a largo plazo (Sovero, 2017).

El enfoque de procesamiento de la información subraya la continuidad del manejo de dicha información e insiste en que la sensación, la percepción y la memoria, deben ser tratados en un sistema único, donde cada proceso depende de los otros.

1.3 Definición de Términos Básicos

Cognición. “Del latín Cognitio, -onis. Conocimiento, es la acción de conocer” (Sovero,2017, p.24). Al hablar de cognición, denota la capacidad del ser humano

para adquirir conocimiento. En tanto lo cognitivo está relacionado con el procesamiento de la información, lo que implica el uso de las capacidades cognitivas.

“En lo que respecta a lo conceptual, este último está ligado al modo de entender o concebir algo, relacionado con el concepto, idea, pensamiento, etc.” (Machado et al.,2021).

Por lo tanto, no es lo mismo cognición, que cognitivo y conceptual.

Capacidades cognitivas. Son aquellas que están relacionadas con el procesamiento de la información a través de los diferentes procesos cognitivos. “En el enfoque del procesamiento de la información, los investigadores identifican procesos psicológicos y los conectan entre sí proponiendo patrones específicos de flujo de información” (Sovero,2017).

“Las capacidades cognitivas son habilidades mentales para procesar información, en tanto el procesamiento de la información, es un enfoque en que la mente se compara con un ordenador, que procesa estímulos aplicables a diversos procesos cognitivos” (Nieto,2015). Por lo tanto, no es lo mismo, el procesamiento de la información depende de la capacidad cognitiva.

Procesamiento de la información. “Compara el funcionamiento del cerebro con el funcionamiento de un ordenador” (Nieto,2015). Se inicia con un emisor con la entrada de la información, seguido del uso de las capacidades cognitivas para el procesamiento, interpretación, y elaboración de una respuesta, hasta llegar a un receptor, en donde se almacena dicha información.

Procesos cognitivos básicos. “También llamados simples o de primer orden, son aquellas funciones mentales naturales de comportamiento como resistencia o respuesta al ambiente que están determinadas genéticamente y las comparten tanto animales como personas” (Nieto, 2015). Dichos procesos son: sensación, percepción, atención, memoria y concentración.

Atención. “Es un estado neurocognitivo cerebral, que antecede a la percepción y a la acción. Las neuronas responsables de los procesos de atención están localizadas en diferentes segmentos del sistema nervioso central.” (Machado et al.,2021). Así mismo, es la orientación selectiva de la conciencia hacia un objeto que tiene determinada significación.

Sensación. “La sensación es un proceso cognitivo que permite relacionarse con el medio, recibir información necesaria para la supervivencia y adaptación al entorno. Si no hay sensación no hay percepción” (Nieto, 2015). “Nuestro cerebro capta sensaciones del medio gracias al proceso sensorial, el cual se inicia al percibir el receptor un estímulo o energía con un umbral mínimo a través de cualquiera de los sentidos” (p.44).

Fuente antropogénica. Es generada por el ser humano como resultado de sus actividades cotidianas, “que causan estragos en los sistemas naturales. Estas actividades pueden ser a nivel domésticas e industriales, provenir de fuentes móviles o fijas de contaminantes” (Herrera,2019).

Contaminante criterio. Son aquellos contaminantes a las que se han establecido guías y normas para considerar las concentraciones máximas permisibles durante un período definido, con la finalidad de proteger la salud humana (Araujo,2019).

Carboxihemoglobina. Es la combinación del monóxido de carbono con las enzimas del grupo Hem de la hemoglobina, desplazando al oxígeno de la misma formado en la sangre un complejo muy fuerte (Téllez, et al.,2005).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA). Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (Torres, 2016).

Límite máximo permisible (LMP). Es un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un periodo determinado y no superarse una vez alcanzado.

INCA. Es un valor adimensional, calculado a partir de la información procedente de la legislación vigente, relacionada con los contaminantes atmosféricos presentes en el aire. Facilita la comprensión de la información de los diferentes niveles de contaminación, dividido en 4 categorías o calificaciones de la calidad de aire (R.M. n° 181-2016-MINAM).

MINAM. Ministerio del Ambiente del gobierno nacional del Perú, encargado de formular, planificar, dirigir y ejecutar la política nacional del ambiente (SINIA).

Neurotóxico. Son sustancias capaces de provocar efectos adversos en el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico y los órganos de los sentidos (Tellerías & Paris, 2008).

SENAMHI. Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. Ejecuta la vigilancia de las condiciones meteorológicas y los contaminantes atmosféricos, en los diferentes puntos de monitoreo a nivel nacional (Sánchez-Ccoyllo, 2013).

REMCA. Red de monitoreo automático de la calidad del aire, la cual mide seis de los diez contaminantes estipulados en los estándares de calidad ambiental para aire (Guía, 2019, marzo).

DIGESA. Dirección general de salud ambiental. Es un órgano técnico responsable del aspecto técnico, normativo, vigilancia, de los factores de riesgos físicos, químicos y biológicos externos a la persona y fiscalización en materia de salud ambiental.

Mapa de pobreza. Identifica las diferencias en las condiciones de los hogares y la población a nivel de áreas menores (provincias, distritos e infra distritos) donde una encuesta no tiene ese nivel de inferencia (INEI, 2018).

TDAH. Es un trastorno mental que comprende conductas impulsivas, hiperactividad y dificultad para prestar atención. Significa trastorno por déficit de atención e hiperactividad.

Equipos automáticos. Realizan el análisis de la calidad de aire in Situ, para ello se cuenta con una cámara analítica u otro dispositivo que analice la sustancia a través de mecanismos ópticos como la fluorescencia UV, la quimioluminiscencia, entre otros (MINAM, D.S.010,2019).

Indicador de bienestar social. La medición del bienestar es una herramienta indispensable para la planeación de las políticas públicas y para la evaluación del desempeño de un país (INEI, 2020).

Biomarcador. “Son parámetros biológicos que proveen información sobre la presencia de un tóxico en el organismo, informan acerca del estado normal o patológico de un individuo y/o una población. Suelen clasificarse en biomarcadores de exposición, efecto y de susceptibilidad” (Díaz,2021, p.18).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de Hipótesis principal y derivadas

2.1.1 *Hipótesis Principal*

El nivel de contaminación química del aire influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima metropolitana.

2.1.2 *Hipótesis Derivadas*

Debemos responder a los problemas derivados a través de las hipótesis derivadas:

HD1: El nivel de la concentración de CO influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

HD2: El nivel de la concentración de NO₂ influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

HD3: El nivel de la concentración de SO₂ influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

HD4: El nivel de la concentración de PM_{2,5} influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

HD5: El nivel de la concentración de PM₁₀ influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana.

2.2 *Variables y Definición Operacional*

Tabla 4

Operacionalización de variables

PROBLEMA GENERAL	HIPÒTESIS GENERAL	VARIABLE	INDICADORES	TÈCNICAS E INSTRUMENTOS
¿De qué manera influye el nivel de contaminación química del aire en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana ?	H.G: El nivel de contaminación química del aire influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Nivel de concentración de agentes químicos gaseosos:	* Data estadística de informes ambientales de calidad de aire, en los puntos de monitoreos de SENAMHI y DIGESA.
		Nivel de Contaminación química del aire	*Concentración de CO *Concentración de NO2 *Concentración de SO2	* Métodos automáticos para gases -Infrarrojos -Quimioluminiscencia -Fluorescencia UV
			Nivel de concentración de material particulado:	* Métodos automáticos continuos para material particulado -Atenuación de Rayos Beta -Gravimetría
VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de Percepción	* Test de Percepción de Diferencias-Revisado: Caras -R		
Capacidades cognitivas	Nivel de Atención y Concentración			

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño Metodológico

La investigación es de tipo cuantitativa, no experimental porque se tomaron los datos tal y como se manifiestan las variables en su estado natural, en las diferentes instituciones educativas que se han tomado como unidad de estudio. Es ex post facto porque se analizó la correlación de la variable “nivel de contaminación química del aire” en las “capacidades cognitivas”, es decir una vez ocurrido el problema de la exposición a la contaminación química del aire.

Para ello se tomaron como base a aquellas instituciones educativas privadas del 6to grado de nivel primaria, en los 8 puntos de monitoreo a nivel de Lima Metropolitana (anexo 2), que tengan una alta contaminación química frente a aquellas que tengan una media o baja contaminación, a fin de poder comparar las capacidades cognitivas entre ellas y determinar el grado de significancia entre ambas variables.

Es de corte transversal porque se evaluaron las capacidades cognitivas en un momento determinado, una vez expuestos al problema de la contaminación prolongada y crónica del aire, evaluado este último, en las distintas estaciones y momentos del día.

3.2 Diseño Muestral

Población:

La población de estudio está conformada por todos los estudiantes de primaria de las instituciones educativas privadas, de los 8 puntos de monitoreo a nivel de Lima Metropolitana. Para ello se ha identificado que existen 1 465 colegios privados de educación primaria (Scale,2020).

Unidad de Muestreo:

Los 8 puntos de monitoreo, ubicados cada uno de ellos en un distrito representativo a nivel de Lima Metropolitana, reportan la concentración de cada contaminante químico en forma continua a través de estaciones automatizadas.

Estudiantes del 6to grado de primaria de las instituciones educativas privadas, ubicadas en cada punto de monitoreo.

Muestra:

La muestra de estudio se determinó de forma probabilística. En este caso se seleccionaron las escuelas privadas de educación primaria de cada punto de monitoreo. Seguidamente se realizó un muestreo estratificado, ya que se trabajarán con grupos del 6to grado de primaria. Se considera una población de 1465 escuelas privadas de educación primaria que existen en los 8 puntos de monitoreo en Lima Metropolitana. Se calculó el tamaño de la muestra a través de un muestreo aleatorio simple con población finita, determinado por el modelo de distribución normal (anexo 3):

$$n = \frac{z^2 * N * \sigma^2}{(X - \mu)^2 * (N-1) + z^2 * \sigma^2}$$

$$n = 73 \text{ escuelas}$$

La muestra representativa es de 73 escuelas, lo que representa un total de 1101 estudiantes del 6to grado de primaria (Scale,2020). De acuerdo a las limitaciones presupuestales de la investigación, no se podrá trabajar con toda la muestra, por lo que se trabajará con una muestra no probabilística, intencional.

Muestreo Estratificado:

Se evaluó una muestra de 350 estudiantes comprendidos entre los 8 puntos de monitoreo de un total de 1 101. La muestra representa el 32% de esa población, se estratificó para grupos del 6to grado de primaria, para obtener el tamaño de la muestra proporcional en cada punto de monitoreo.

Tabla 5**Muestra por grupo estratificado en cada punto de monitoreo**

Puntos de Monitoreo	Estudiantes del 6to grado		Grupos a evaluar *
	Población	Muestra	
Villa María del Triunfo	166	53	2
Breña	46	15	1
Ate	226	72	2
Santa Anita	75	24	2
El Agustino	42	13	1
San Martín de Porres	276	88	3
Carabaylo	130	41	2
Puente Piedra	139	44	1
Total	1101	350	14

Nota. Elaboración propia

* Se considera que por cada grupo del 6to grado hay entre 20-30 alumnos

Criterio de exclusión

No se tomaron como parte de la muestra, a aquellos estudiantes que tenían problemas neurológicos diagnosticados, como el TDAH u otro problema neurológico que pueda distorsionar los resultados, así como problemas de anemia diagnosticado. Para lo cual antes de rendir la evaluación, los padres y/o tutores, llenaron un pequeño cuestionario acerca de la

condición física y neurológica de sus hijos, los resultados están tabulados en la tabla 6.

Tabla 6

Encuesta de la condición física y neurológica de los estudiantes

Punto de monitoreo	¿Su niño estudió en el colegio desde los 6 años?		¿El niño sufre o sufrió de Anemia en los últimos 6 años?		¿Su niño ha sido diagnosticado con TDHA u otra E.N. en los últimos 6 años?	
	Si	No	Si	No	Si	No
Villa María del Triunfo	81%	19%	2%	98%	2%	98%
Puente Piedra	75%	25%	0%	100%	0%	100%
Ate	79%	21%	3%	97%	0%	100%
Carabayllo	71%	29%	3%	98%	5%	95%
Santa Anita	92%	8%	0%	100%	4%	96%
El Agustino	77%	23%	0%	100%	8%	92%
San Martín de Porres	86%	14%	0%	100%	0%	100%
Breña - Campo de marte	80%	20%	0%	100%	0%	100%
Total promedio	80%	20%	1%	99%	2%	98%

Nota. Encuesta realizada a padres y/o tutores de niños encuestados

3.3 Puntos de Monitoreo de los Contaminantes Químicos en el Aire

A través del SENAMHI que es uno de los 188 servicios meteorológicos reconocidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se lleva a cabo el control y monitoreo los contaminantes atmosféricos, en las diferentes estaciones de monitoreo a nivel nacional (Sánchez-Ccoyllo, 2013).

Se evaluaron 8 puntos de monitoreos, ubicados a nivel de Lima Metropolitana, los cuales están localizados en los distritos de: Ate, Carabayllo, Puente Piedra, San Martín de Porres, Breña, Santa Anita, El Agustino y Villa María del Triunfo.

Criterios de selección de los 8 puntos de monitoreos

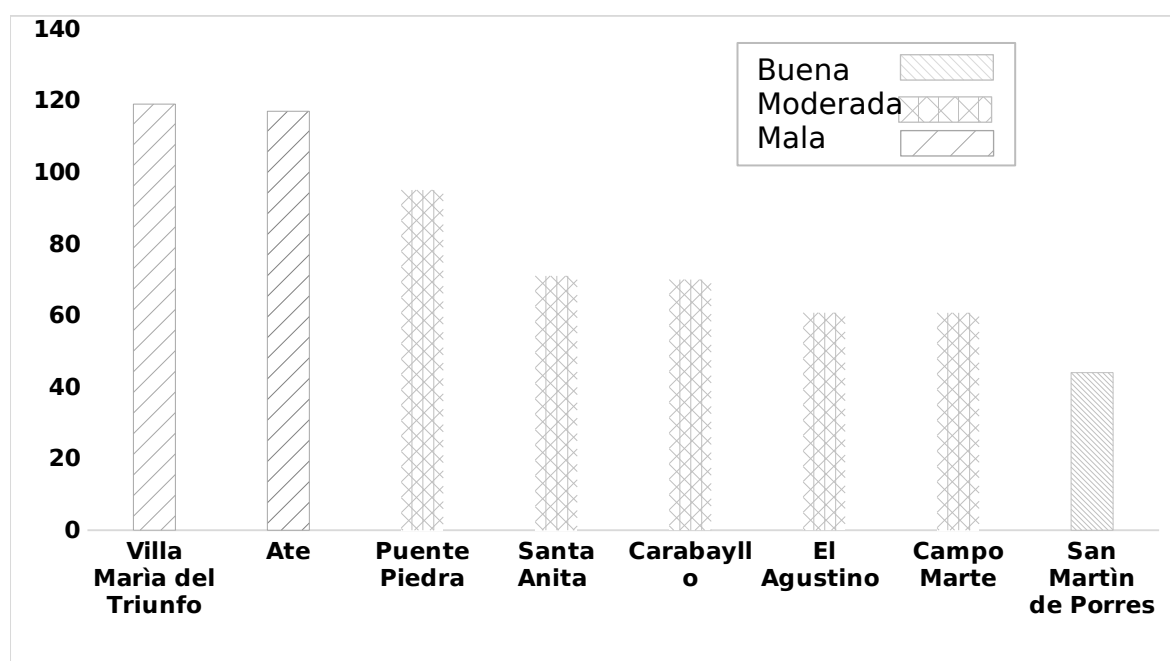
Los 8 puntos de monitoreos ubicados a nivel de Lima Metropolitana, se caracterizan porque presentan diferentes índices de calidad de aire, como se detallan en la figura 1.

Los resultados de los INCA a nivel global por punto de monitoreo, reflejan la variación

de la calidad de aire ,siendo Villa María y Ate las estaciones con un mayor índice de mala calidad de aire, de acuerdo a R.M. nº 181-2016, MINAM, afectando a aquellos grupos sensibles que están permanentemente expuestos (niños, gestantes, adulto mayor, etc).

Figura 1

Índice global de calidad de aire por puntos de monitoreo



Nota. Elaboración propia (2015-2020)

Ubicación de los 8 puntos de monitoreo

A continuación, se detalla la ubicación de cada punto de monitoreo por estaciones, instalado por SENAMHI según sus coordenadas, así como la cantidad de colegios evaluados tomados como muestra.

En la tabla 7 se muestra las estaciones de monitoreo que se ubican en cada punto de monitoreo, así como los 14 colegios evaluados a nivel de Lima Metropolitana.

Tabla 7

Puntos de monitoreo por estaciones a nivel de Lima Metropolitana

Puntos de monitoreo	Estaciones de monitoreo	N° colegios evaluados	Coordenadas		Altitud
			Latitud	Longitud	
Villa María del triunfo	Parque Virgen de Lourdes	2	12° 9 '59" S	76°2 '55,1" W	292 msnm
Santa Anita	Palacio Municipal	2	12°2'34,8" S	76°58'17,1" W	276 msnm
Ate	Plaza de Armas de Ate	2	12°01' 34" S	76°55' 0,7" W	362 msnm
El Agustino*	E-4. Hospital Hipólito Unanue	1	12°2'34,8" S	76°58'17,1" W	276 msnm
San Martín de Porres	Parque Ecológico Municipal	3	12°00' 32" S	77°05'4,1" W	56 msnm
Carabayllo	Piscina Municipal	2	11°54' 7,9"S	77°02'1,1" W	190 msnm
Puente Piedra	Complejo Municipal Gallo de Oro	1	11°51'47,7"S	77°4' 26,9" W	124 msnm
Breña	Parque campo de Marte	1	12° 4' 13,9"S	77°2' 35,4" W	123 msnm

Nota. SENAMHI (2020). Monitoreo de calidad de aire

* Las coordenadas han sido tomadas como base a las de Santa Anita

3.4 Criterios de Selección de Colegios Evaluados

Para la presente investigación se contó con la colaboración de distintas instituciones educativas privadas a nivel de Lima Metropolitana, compuesta por estudiantes del 6to grado de educación primaria, de 10 a 12 años de edad.

- En cada punto de monitoreo, se seleccionaron aquellos colegios aledaños a la estación de monitoreo permanente instalado por SENAMHI.

- Todos los colegios evaluados son instituciones privadas, que cuentan con educación primaria.
- Se realizó un análisis socioeconómico a las zonas de ubicación de los colegios evaluados.

Análisis socioeconómico: El análisis socioeconómico realizado en las ubicaciones sub distritales de cada colegio evaluado, permitió analizar aquellos factores externos que pudieran alterar la comparación de las variables de estudio. Para lo cual se realizó un análisis de los indicadores socioeconómicos, en los lugares donde se ubican los colegios evaluados por cada punto de monitoreo: indicador de bienestar social y el índice de la pobreza monetaria desagregados por distritos (INEI y Censo de Población y Vivienda- ENAHO, 2019).

La evaluación de las variables de estudio, representó en la medida de lo posible, que los resultados obtenidos, no se vean afectados y /o distorsionados por factores externos que pudieran alejarse del objetivo de la investigación.

a. Indicador de bienestar social

Como parte del indicador de bienestar, el ingreso promedio de los hogares, es uno de los índices más importantes para la toma de decisiones y para los modelos de desigualdad económica y pobreza.

En el **Anexo 12**, se detallan los indicadores de desarrollo humano (IDH), índice de pobreza monetaria e ingreso familiar per cápita, de los 8 puntos de monitoreos tomados como base de estudio a nivel de Lima Metropolitana.

El nivel socioeconómico a la que pertenecen los colegios evaluados, en cada punto de monitoreo, presenta un índice promedio de desarrollo humano (IDH) igual a 0,71, así como un ingreso promedio familiar per cápita de S/. 1474 con una desviación estándar de S/. 195.

b. Desagregación de la pobreza a nivel distrital en Lima Metropolitana

Dado que los puntos de monitoreo, se encuentran ubicados en distritos de gran tamaño poblacional (de 20 mil hogares a más) y de una alta heterogeneidad en las condiciones de vida de la población; la desagregación de la pobreza a nivel distrital, es la mejor alternativa para una estimación más precisa, con coeficientes de variación aceptables (Ley N° 27795, de demarcación y organización territorial). Para la estimación se empleó el test de diferencias de medias, cuya unidad de análisis fueron los núcleos con características sociales homogéneas (Mapa de pobreza monetaria-INEI,2018, p.9).

De acuerdo a la tabla 8, el grupo de pobreza monetaria, en niveles desagregados, se determinó según la ubicación sub distrital de cada punto de monitoreo. Según el índice de pobreza monetaria, presenta una desviación estándar $Dt= 2.48\%$ y 4.02% , en el índice de confiabilidad inferior (I.C.I) y superior (I.C.S) respectivamente. Lo cual se podría decir que no existe una dispersión significativa entre los puntos de monitoreos evaluados, para poder hacer las comparaciones de las variables estudiadas.

Tabla 8

Índice de pobreza monetaria desagregados por distritos

Puntos de monitoreo distrital	Ubicación Sub distrital	N.º grupo de Pobreza monetaria*	Población proyectada al 2020 **	Pobreza monetaria %	
				ICI	ICS
Villa María del triunfo	Nueva Esperanza	5	154 512	8.0	12.4
Santa Anita	Los Ficus	4	73 671	2.9	6.5
Ate	Plaza de Armas Ate - Santa Clara	5	148 121	7.6	11.9
El Agustino	Corporación-Parques de	4	67 231	5.0	11.2
San Martín de Porres	Parque Ecológico Municipal-Antares	5	435 812	7.4	10.6
Carabayllo	Piscina Municipal	5	22 827	5.2	10.1
Puente Piedra	Complejo Municipal Gallo de Oro	4	126 598	10.5	18.6
Breña	Arica - Urb. Breña	4	81112	4.0	5.4

Desviación estándar	Dt:	2.48	4.02
----------------------------	------------	-------------	-------------

Nota. Mapa de Pobreza Monetaria y Provincial (INEI,2018)

* De acuerdo a la desagregación distrital, con un I.C. al 95%

** La proyección es de acuerdo a cada grupo de pobreza monetaria

3.5 Evaluación del Monitoreo de los Contaminantes Químicos en el Aire

La concentración de los contaminantes químicos en el aire, en cada uno de los puntos de monitoreos, han sido obtenidas de la información reportada por SENAMHI, desde el año 2015 a Setiembre del 2020. Dicha información, muestra un seguimiento continuo de exposición prolongada por hora, día, mes y año, de cada uno de los parámetros detallados en la tabla 2, evidenciando la presencia de estos contaminantes químicos a lo largo de los últimos seis años (Anexo 13 al 17).

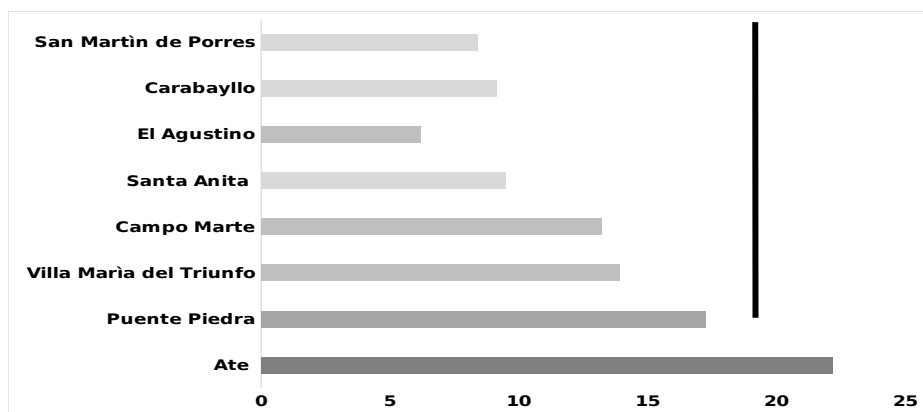
Monitoreo de Dióxido de Azufre (SO₂)

El monitoreo realizado desde el año 2015 al 2020, con respecto al parámetro SO₂, muestra una exposición prolongada de este contaminante en cada estación de monitoreo, siendo Ate el punto de mayor concentración con 22,2 µg/m³, el cual excede al estándar dado por la OMS que es de 20 µg/m³ para una exposición promedio de 24 horas. En tanto comparando con el ECA según el D.S n°003-2017, MINAM, está dentro del nivel de referencia establecida por la normativa peruana, que es de 250 µg/m³.

“En los últimos años la concentración de SO₂, se ha reducido debido a controles más estrictos de las emisiones, al mayor uso de combustibles con bajo contenido de azufre (Ley 28694) y a la reestructuración industrial” (Herrera, 2019, p.8).

Figura 2

Concentración promedio de SO₂ (µg/m³) entre los años 2015 al 2020



Nota. Elaboración propia–datos SENHAMI (2015-2020)

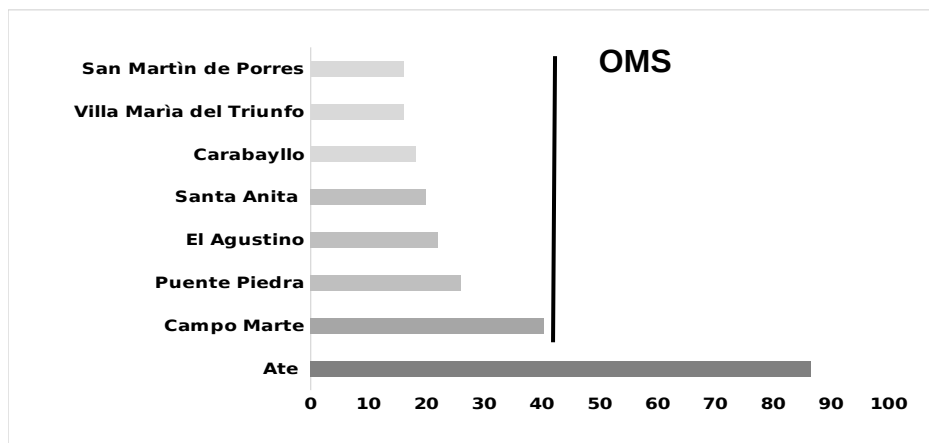
Monitoreo de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La concentración de NO₂ en el aire, que proviene principalmente de la combustión interna de los motores de automóviles, evaluado desde el año 2015 al 2020, reflejó una variación considerable en el punto de monitoreo de Ate, con una concentración promedio de 87 µg/m³, seguido de la estación Campo de Marte que llegó a concentraciones promedio de 66µg/m³ en el 2015 y 2016. Entre tanto San Martín de Porres, es el que ha presentado una menor concentración de este contaminante, llegando a 16 µg/m³ en promedio anual.

De acuerdo al estándar de la OMS, el punto de monitoreo de Ate estaría superando los límites permisibles por encima de los 40µg/m³, mientras que las ECAS nacionales son más flexibles con una concentración máxima de 100 µg/m³.

Figura 3

Concentración promedio de NO₂ (µg/m³) entre los años 2015 al 2020



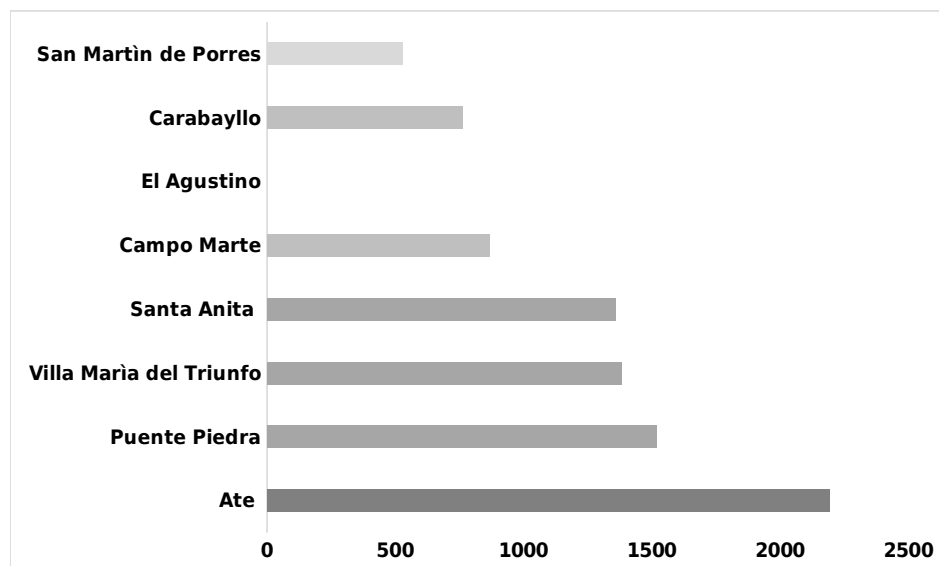
Nota. Elaboración propia–datos SENHAMI (2015-2020)

Monitoreo de Monóxido de Carbono (CO)

Las concentraciones de CO presentan una variación por cada punto de monitoreo, evaluados entre los años 2015 al 2020. Siendo San Martín de Porres uno de los puntos de menor concentración con $527\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un promedio de 8 horas de exposición, mientras que Ate lidera con una concentración máxima de $2\,193\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido de Puente Piedra y Villa María del triunfo con $1\,516$ y $1\,382\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. A pesar de ello no se excede el límite de referencia dado por la OMS de $10\,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ que coincide con el ECA a nivel nacional. Este contaminante gaseoso cuya fuente de emisión está alrededor del 70% en los automóviles con motores de combustión interna (Rojas,2017, p.21); es un gas muy tóxico por inhalación y afecta al sistema nervioso central.

Figura 4

Concentración promedio de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre los años 2015 al 2020



Nota. Elaboración propia–datos SENHAMI (2015-2020)

Monitoreo de Material Particulado (PM_{10})

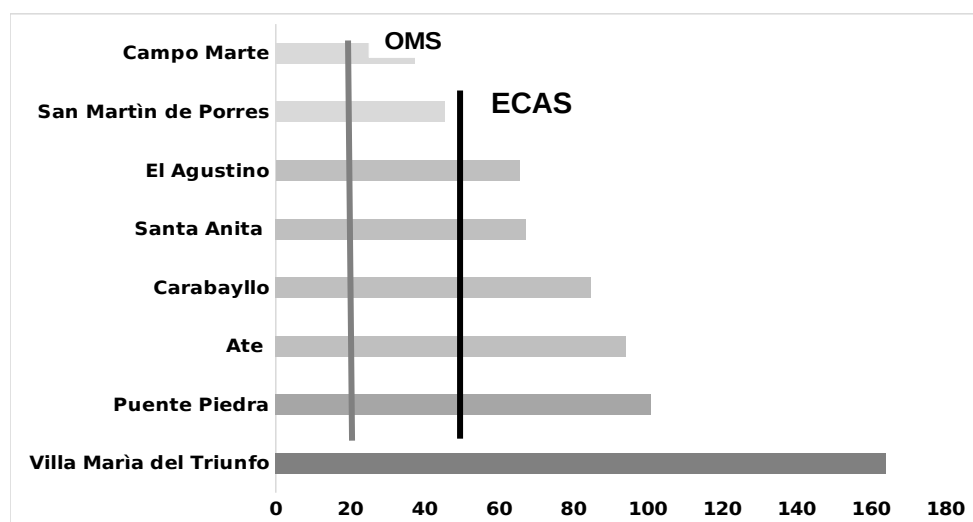
La evolución de las concentraciones de PM₁₀ a lo largo del 2015 al 2020, evidenció una concentración máxima en el punto de monitoreo de Villa María del Triunfo de 214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2018 con una tendencia decreciente de 165 a 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para los años 2019 y 2020 respectivamente.

Este contaminante de PM₁₀, en los últimos 6 años evidenció una disminución en su concentración promedio anual, desde 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2015 hasta 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2020, con una de reducción del 29,4%.

Para la zona sur, la contaminación proveniente de fuentes naturales como la erosión eólica, hace variable la concentración del PM₁₀, como en el caso de Villa María del Triunfo.

Figura 5

Concentración promedio de PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre los años 2015 al 2020



Nota. Elaboración propia—datos SENHAMI (2015-2020)

La presencia de PM₁₀, es el principal responsable de la contaminación del aire ocasionada por las grandes cantidades de emisiones que genera el parque automotor, el cual consiste en sustancias sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera (Rojas, 2017, p.22).

En el punto de monitoreo de Santa Anita, los datos promedios de las concentraciones máximas de PM₁₀ de los años 2015 al 2019, reflejan que los días 24 y 25 de diciembre mostraron un valor de 228.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, muy por encima de lo estipulado por los

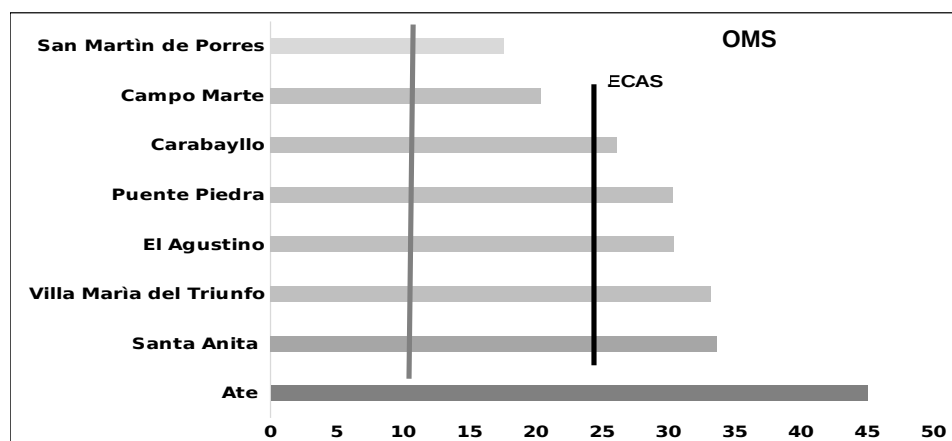
estándares nacionales de calidad del aire (ECA) los cuales establecen el valor de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una exposición de 24 horas.

Monitoreo de Material Particulado ($PM_{2,5}$)

El monitoreo realizado desde el año 2015 al 2020, con respecto al parámetro $PM_{2,5}$, obtuvo su mayor concentración en la estación de Ate con $45,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual, llegando en el 2018 a $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo uno de los puntos de monitoreo con mayor concentración de tráfico vehicular y cercanías a zonas industriales. En casi todos los puntos de monitoreo, se excede el nivel de referencia establecida por la normativa peruana que es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En tanto la OMS, establece un estándar, por debajo del 150% de los ECA nacionales, por lo cual se afirma que la calidad del aire no es satisfactoria y representa un riesgo para la salud. La concentración más baja se evidenció en San Martín de Porres con 16 y $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para los años 2015 y 2020 respectivamente.

Figura 6

Concentración promedio de $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre los años 2015 al 2020



Nota. Elaboración propia – datos SENHAMI (2015-2020)

3.6 Evaluación de las Capacidades Cognitivas

Dentro de las capacidades cognitivas, se han evaluado las aptitudes perceptivas y atencionales. Para ello se hizo uso del test de percepción de diferencias-Revisado “Caras-R” (Thurstone y Yela, 2019), cuyos baremos se trabajaron de manera on line, de forma

individual y colectiva, con un tiempo de duración de 3 minutos por evaluación.

Estos baremos han sido adaptados a la realidad peruana, en el manual de Caras-R, se precisa la “tipificación peruana, con datos normativos que se ajustan a la realidad nacional, lo cual amplían el radio de acción y aplicación de este instrumento, facilitando la detección y diagnóstico en otros países” (Thurstone y Yela, 2019, pp.47-48). Fueron diecisiete instituciones educativas de la ciudad del Cusco- Perú, del nivel primario quienes llevaron a cabo la tipificación de este test, en colaboración con la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco (UNSAAC).

Estos baremos evaluaron a 6 564 estudiantes de ambos sexos, que representó el 22,04% de los estudiantes matriculados en las instituciones público-urbanas. En el anexo 18, se muestra la distribución de muestras por zonas y metodología aplicada. Allí nos indica la confiabilidad y validez del instrumento, para ser usado en investigaciones de pregrado, posgrado y doctorado. La editorial se reserva la publicación de datos más precisos.

En el anexo 19 se puede apreciar un resumen de la data obtenida de la aplicación del test de percepción de diferencias “Caras-R”, usado para la presente investigación, a nivel de Lima Metropolitana, así como el formato de aplicación on line empleado.

Para los 8 puntos de monitoreo, se evaluaron a un total de 14 instituciones educativas privadas de primaria, a nivel de Lima Metropolitana. “No se ha considerado distinción de sexo, dado que, en los estudios realizados de baremos anteriores, no se han encontrado diferencias entre varones y mujeres” (Thurstone y Yela, 2019, p. 29). Así mismo el rendimiento de la prueba, no depende del nivel educativo, por ello en esta investigación se ha optado por trabajar con el nivel de 6to grado de primaria, cuyas edades oscilan entre los 10 y 12 años.

Tabla 9

Cantidad de colegios evaluados por punto de monitoreo

Puntos de monitoreo	Estaciones de monitoreo	N ° colegios Evaluados	Ubicación Colegios
Villa María del Triunfo	Parque Virgen de Lourdes	2	Nueva Esperanza

Santa Anita	Palacio Municipal	2	Urb. Los Ficus
Ate	Plaza de Armas de Ate	2	Ate - Santa Clara
El Agustino	E-4. Hospital Hipólito Unanue	1	Av. José De la Riva Agüero
San Martín de Porres	Parque Ecológico Municipal	3	Antares- José Payet
Carabayllo	Piscina Municipal	2	Isabel Chimpu Ocllo
Puente Piedra	Complejo Municipal Gallo de Oro	1	Complejo Municipal Gallo de Oro
Breña	Parque Campo de Marte	1	Arica - Urb. Breña
Total		14	

Nota. Elaboración propia

Evaluación de capacidades perceptivas y atencionales

El test utilizado ha sido validado por la editorial Tea Ediciones, a través de su tipificación a la realidad peruana, aplicados a diecisiete instituciones educativas de la ciudad del Cusco- Perú, del nivel primario, según el anexo 18.

En la presente investigación se aplicó el test a 14 instituciones educativas privadas a nivel de Lima Metropolitana, en el anexo 19 se detalla un resumen de la data utilizada y el formato aplicado.

Se evaluaron a 350 estudiantes de ambos sexos que equivalen a 32% de los 1101 estudiantes matriculados en el 6to grado de primaria de los colegios privados (SCALE-2020).

Esta evaluación de las aptitudes perceptivas y atencionales se presentan en forma cuantitativa, expresada en puntuación percentil (anexo 20), y en Eneatipos, esta última es una escala típica normalizada que va del 1 al 9, la cual está detallada en el anexo 21.

Para los resultados de las capacidades perceptivas, se tomó en cuenta el total de aciertos obtenidos del evaluado, en tanto que, para la atención sostenida y focalizada, se consideró el rendimiento neto del evaluado, considerando el índice de aciertos netos.

En la tabla 10, se detalla la evaluación estadística de las capacidades perceptivas y atencionales de los colegios evaluados por cada punto de monitoreo, tomando en cuenta sus medidas de dispersión, como la media y la desviación estándar, así como su nivel de eneatipto.

Aquí se puede apreciar que Villa María del Triunfo y Puente Piedra, muestran un nivel de eneatipto de 3, lo cual indica una dotación por debajo de lo normal de la capacidad de percepción y atención. Su rendimiento es bajo, con una mala capacidad viso perceptiva y atencional. Lo cual indica que presentan problemas para prestar atención a los detalles de los estímulos al realizar juicios perceptivos o para mantener la atención en una tarea.

Tabla 10

Medidas de dispersión de las capacidades perceptivas y atencionales

Puntos de Monitoreo	Percepción			Atención		
	Media	Desviación estándar	Eneatipos	Media	Desviación estándar	Eneatipos
Villa María del Triunfo	21.9	2.0	3	19.7	0.9	3
Puente Piedra	24.2	1.5	3	23	2.1	3
Ate	27.0	2.4	5	26	3.0	5
Caraballo	27.3	7.4	5	26.7	7.6	5
Santa Anita	28.6	1.2	5	27.3	1.0	6
El Agustino	31.3	7.1	5	29.6	6.8	5
San Martín de Porres	32.4	1.9	6	31.7	2.1	6
Breña	34.5	5.6	7	32.7	5.7	7

Nota. Resultados de test aplicados a las 14 instituciones educativas privadas

San Martín de Porres, presenta una adecuada capacidad viso perceptiva y atencional con un nivel de eneatipto de 6. será capaz de atender a los detalles y de percibir diferencias entre estímulos similares de forma adecuada.

Breña, presenta el nivel de eneatismo más alto de 7, lo cual indica que procesan en forma más rápida los detalles de los estímulos visuales y es preciso en los juicios que realiza.

Comete pocos errores y responde correctamente la mayor cantidad de ítems. En las tareas que impliquen una percepción visual y precisa, obtendrá un rendimiento bueno.

3.7 Técnicas de Recolección de Datos

Instrumentos de obtención de datos:

a. Test neuropsicológicos: Se utilizarán los test para medir las capacidades cognitivas básicas: percepción y atención, de los estudiantes seleccionados para muestras del 6to grado de primaria. Estos test se encuentran diseñados y validados por baremos nacionales e internacionales.

Estos test han sido adaptados a la realidad nacional, “aplicados a diecisiete instituciones educativas de la ciudad del Cusco- Perú, del nivel primario”, quienes llevaron a cabo la tipificación peruana de este test, en colaboración con la UNSAAC (Thurstone y Yela, 2019, pp.47-48).

Estos test han sido adquiridos de distribuidores autorizados en el país, como Tea ediciones de Madrid-España, a través del pago por el uso de las patentes.

Adaptados a la realidad peruana, de acuerdo a los baremos aplicados por la editorial, en la ciudad del cusco, de acuerdo al anexo 18.

Tipo de Test a emplear:

Test de Percepción de Diferencias: CARAS-R.

Se aplicó este test, para evaluar la aptitud para percibir rápida y correctamente semejanzas y diferencias en patrones de estimulación parcialmente ordenados.

Mide las aptitudes perceptivas y atencionales mediante 60 ítems gráficos constituidos por dibujos esquemáticos de caras con trazos elementales (Thurstone y Yela, 2019). Se aplicó en forma individual y colectiva en un tiempo muy reducido, 3 minutos aproximadamente.

b. Sistemas continuos usados en los monitoreos ambientales

“El monitoreo de la calidad del aire se realiza con una frecuencia y por un periodo que mínimamente, permita obtener data confiable y representativa, de acuerdo al Protocolo nacional de monitoreo de calidad de aire” (D.S n°010-2019, p.14). En el anexo 22 se detallan la frecuencia y períodos de monitoreo para redes automáticas, en un tipo de monitoreo continuo, usado por SENAMHI y DIGESA.

Métodos automáticos o continuos para gases

SENAMHI y DIGESA, cuentan actualmente con una metodología establecida en la Norma Técnica Peruana (NTP, 2017) de monitoreo de calidad ambiental para aire. Con este método continuo se determinó las concentraciones de los gases de CO, NO₂, SO₂. Para lo cual la muestra de aire, es colectada en una sustancia que es absorbente (medio de colección), e ingresa a una cámara de medición donde se aplican las técnicas ópticas para la determinación del analito. Dependiendo el tipo de gas, se utilizan una técnica específica para ello, a continuación, se detallan los métodos automáticos continuos de análisis para gases y material particulado (PM):

- **Infrarrojo no dispersivo (NDIR)**

Incorpora un filtro de correlación de gas, el cual incide con una radiación infrarroja sobre el elemento rotatorio filtrante de gas, la misma que al pasar por la sección que contiene CO es adsorbida por esta sustancia parcialmente, la radiación infrarroja selecciona las longitudes de onda que no se encuentran relacionadas con el CO.

- **Quimioluminiscencia**

Consiste en hacer reaccionar NO de la muestra de ozono generado por el equipo, de esta manera, se forman moléculas de NO₂ las cuales, al buscar nuevamente su estado fundamental, emiten una cantidad de quimioluminiscencia que es proporcional a la concentración de NO₂ presente en la muestra de Aire.

- **Fluorescencia UV**

Se basa en medir la respuesta de fluorescencia, cuando se irradia con luz ultravioleta, en el orden de 190 – 230 nm, a la muestra de aire que ingresa al equipo conteniendo dióxido de azufre SO_2 , el cual absorbe la referida radiación para luego descargar energía fluorescente.

- **Gravimetría**

Esta técnica toma en cuenta el tamaño del diámetro de la partícula a medir. Durante el periodo de monitoreo se debe contar con un mecanismo de registro de muestreo que permita verificar su estabilidad, los cuales se configuran en función a su rango de caudal.

Método automático para material particulado

Este método es usado en forma continua, para medir las concentraciones de los parámetros para fuentes vinculadas a parque automotor, vías pavimentadas y zonas urbanas, a nivel de Lima Metropolitana (D.S n°. 010,2019, p.13). Entre los parámetros evaluados se encuentran el $PM_{2,5}$ y PM_{10} .

Para la determinación del material particulado, se emplean tres técnicas básicas:

- **Atenuación de rayos beta:**

Los flujos de aire deben basarse en la configuración de bajo volumen. Así mismo, cuentan con un mecanismo de registro digital de flujo que le permite verificar la estabilidad del mismo, durante el periodo de monitoreo. Para la entrada de aire, se utilizan cabezales dependiendo del tamaño de material particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10}). Estos sistemas cuentan con mecanismos que compensan o mitigan el efecto de la interferencia ocasionada por la presencia de radón en el aire.

- **Micro balanza oscilatoria de Elemento Cónico (TEOM):**

Utiliza un filamento cónico que sostiene un filtro de 13 milímetros de diámetro donde es colectada la muestra, este filamento es sometido a una oscilación constante cuya frecuencia se va reduciendo conforme vaya aumentando la masa de partículas en el filtro, la cual permite determinar la masa del analito.

- **Dispersión de la luz:**

Se basa en la repuesta de cada partícula de analito a un haz de luz emitido a la corriente de aire que ingresa al equipo automático, el cual permite determinar el tamaño de partícula en función a su ángulo de reflexión, así como la cantidad de partículas presentes en la muestra.

3.8 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

Se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson para determinar la correlación entre las variables. A su vez se emplearon algunas herramientas estadísticas, que apoyaron al análisis de los resultados:

- Software para procesamiento estadístico: SPSS versión 24
- Excel: para evaluar las correlaciones no lineales entre las variables
- Gráficas estadísticas: gráficos de barras y circulares
- Prueba de hipótesis: verificación de estado de normalidad.

3.9 Aspectos Éticos

En esta investigación se respeta el derecho de autor, citando de manera correcta empleando la norma APA, última edición, para las fuentes bibliográficas tomadas como base de estudios.

No se copia ni se pega textos, hay un trabajo de elaboración propia que aporta a la investigación.

Se respetará las condiciones emitidas por SENAMHI, al brindar información confidencial, de los puntos de monitoreos ambientales.

Se mantendrá la confidencialidad y privacidad de las personas participantes en la fuente de recopilación de información como los test de evaluación.

Como se trabajará con niños se respetará el principio de ética, responsabilidad y respeto a la dignidad y a la no discriminación, previo consentimiento firmado de los padres y/o apoderados.

No se publicarán imágenes que no tengan consentimiento de los padres.

Se almacenará y se analizarán los datos recogidos solo para fines educativos que demanda la presente investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados descriptivos para luego dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

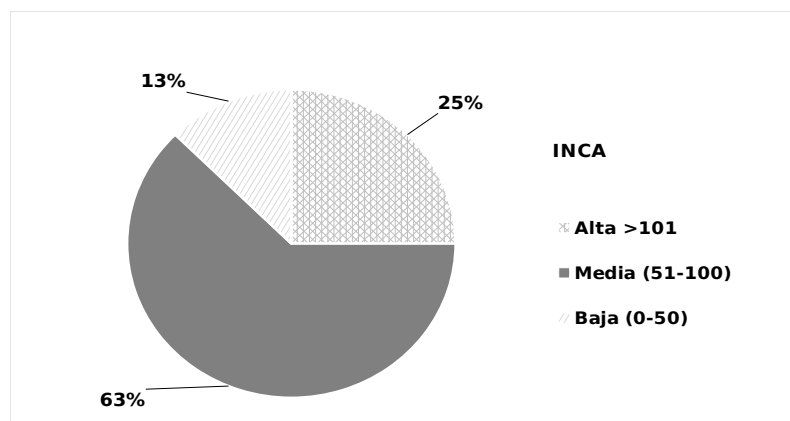
Niveles de exposición de contaminación en los colegios evaluados

Tomando en cuenta los puntos de monitoreo para la evaluación de la contaminación química del aire, según el índice de calidad de aire (INCA) con las capacidades cognitivas de percepción y atención en los colegios muestreados, se procedió a clasificar según los niveles de exposición a la contaminación. Se tipificaron en tres niveles de exposición: alto, medio y bajo. De los cuales el 13% de colegios evaluados, estaban expuestos a un nivel de

contaminación baja, entre tanto el 63 y 25 % presentaban un nivel de exposición media a alta respectivamente.

Figura 7

Niveles de exposición de contaminación en colegios evaluados

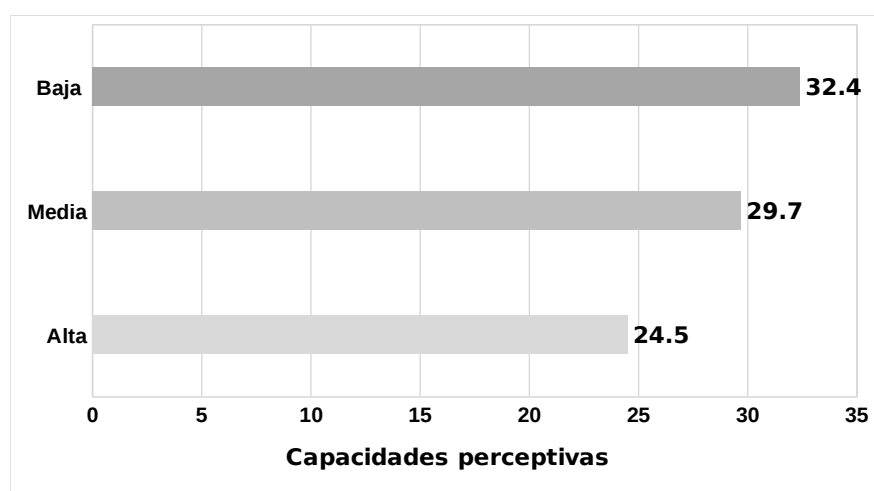


Nota. Elaboración propia

El punto de monitoreo de San Martín de Porres, comprende una exposición baja de contaminación. Entre tanto los puntos de monitoreos de Puente Piedra, Carabayllo, Santa Anita, El Agustino y Campo de Marte, tienen un nivel medio de exposición y Villa María del Triunfo y Ate, presentan un nivel alto de exposición a la contaminación. A continuación, se detallan los niveles de exposición frente a los resultados promedios de las capacidades cognitivas perceptivas y atencionales:

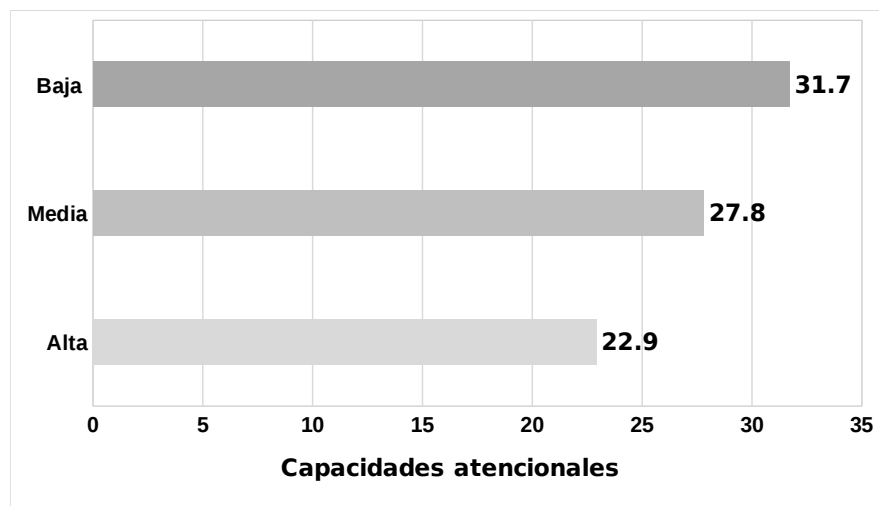
Figura 8

Niveles de exposición y las capacidades perceptivas



Nota. Elaboración propia

Figura 9

Niveles de exposición y las capacidades atencionales

Nota. Elaboración propia

4.1 Resultado de los contaminantes químicos por punto de Monitoreo

Se han evaluado en total a 14 instituciones educativas privadas, del 6to grado de primaria, entre los 8 puntos de monitoreo. Las edades de los estudiantes oscilan entre los 10 a 12 años. Según la tabla 11, muestran los resultados del monitoreo ambiental en el aire, donde los colegios, están expuestos a diferentes niveles de concentración de agentes químicos contaminantes, dependiendo de las condiciones de exposición, ya sea al tráfico vehicular y/o cercanías a zonas industriales.

Tabla 11

Contaminantes químicos evaluados por punto de monitoreo

Puntos de Monitoreo	CO	NO ₂	SO ₂	PM10	PM2.5
	(µg / m ³)				
Villa María del Triunfo	1382.4	16.0	13.9	164.0	33.2
Puente Piedra	1516.0	26.0	17.2	100.8	30.4
Ate	2192.9	86.6	22.2	94.1	45.0
Carabayllo	762.7	18.2	9.1	84.7	26.2
Santa Anita	1358.1	20.0	9.5	67.2	33.6

El Agustino	SD*	21.9	6.2	65.4	30.4
San Martín de Porres	527.3	16.0	8.4	45.3	17.6
Campo Marte	866.7	40.3	13.2	37.4	20.4

Nota. Reporte estadístico por SENAMHI (2015-2020)

* Este parámetro no presenta dato reportado.

En la tabla 12 se da a conocer la evaluación cognitiva, para capacidades perceptivas y atencionales, de los colegios evaluados en los puntos de monitoreo. Para lo cual se tomó en cuenta un análisis estratificado, por tipo de colegio, zonas de diferentes grados de contaminación, tratando de evitar dispersiones, debido a factores intervinientes (como factores socioeconómicos, socioemocionales, familiares, etc.), que puedan afectar los hallazgos encontrados.

Tabla 12

Resultados de la capacidad de percepción y atención

Puntos de Monitoreo	Colegios evaluados	Percepción	Atención
Villa María del Triunfo	2	21.9	19.7
Puente Piedra	1	24.2	23.0
Ate	2	27.0	26.0
Carabaylo	2	27.3	26.7
Santa Anita	2	28.6	27.3
El Agustino	1	31.3	29.6
San Martín de Porres	3	32.4	31.7
Breña	1	34.5	32.7

Nota. Elaboración propia, según Manual Caras-R (Thurstone & Yela,2019)

4.2 Resultados de los problemas de investigación

Antes del análisis de datos para dar respuesta a los problemas planteados, se realizó la Prueba de Normalidad (anexo23), donde se considera un valor máximo de significancia $p=0,05$ (5% error) para rechazar la normalidad. Como los grupos de estudiantes promedio evaluados por cada colegio es ≤ 30 , se optó por aplicar la prueba de Shapiro – Wilk. El resultado de la prueba de normalidad, muestra un nivel de significancia ($p=0.953 > 0.05$), por lo tanto, la distribución tiende a la normalidad, aplicando pruebas paramétricas, la cual se detalla en la tabla 13, tanto para las capacidades perceptivas como para las capacidades atencionales.

Tabla 13

Resultados de la prueba de normalidad

Variables	GL	Prueba de Shapiro - Wilk	
Capacidades Perceptivas		Significancia	
X: Nivel de contaminación	8	0,959	$p > 0,05$
Y: Capacidades Perceptivas	8	0,961	$p > 0,05$
Capacidades Atencionales		Significancia	
X: Nivel de contaminación	8	0,959	$p > 0,05$
Y: Capacidades Atencionales	8	0,866	$p > 0,05$

Nota. Resultados del SPSS

A continuación, se presentan los resultados según los problemas derivados:

Resultado problema derivado 1

¿Cómo influye el nivel de la concentración de CO en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana?

En la evaluación de las capacidades cognitivas se han tomado en cuenta la capacidad de percepción y atención focalizada y sostenida.

a. Concentración de “CO” vs Capacidades Perceptivas

Se evaluaron varias relaciones lineales (correlación lineal de Pearson) y no lineales. Siendo la función Polinómica que describe mejor el comportamiento de las variables. El factor de correlación muestra un valor de $R = -0,7$, lo cual indica que hay una mejor correlación negativa moderada entre dichas variables. Con un valor de $R^2 = 0,46$, implica que el 46% del deterioro de la capacidad cognitiva de percepción, se puede explicar a partir de las variaciones de la concentración de CO.

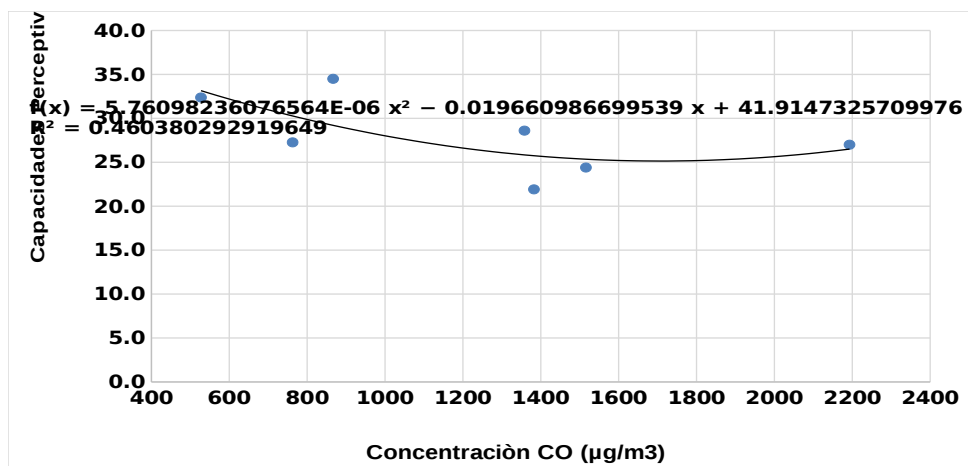
b. Concentración “CO” vs Capacidades Atencionales

La función Polinómica describe mejor el comportamiento de las variables. El factor de correlación muestra un valor de $R = -0,73$, lo cual indica que hay una mejor relación negativa moderada entre las variables. El valor de $R^2 = 0,53$, implica que el 53% del deterioro de la capacidad cognitiva de atención, se pueden explicar a partir de las variaciones de la concentración de CO.

A continuación, se detallan los resultados de ambas capacidades cognitivas:

Figura 10

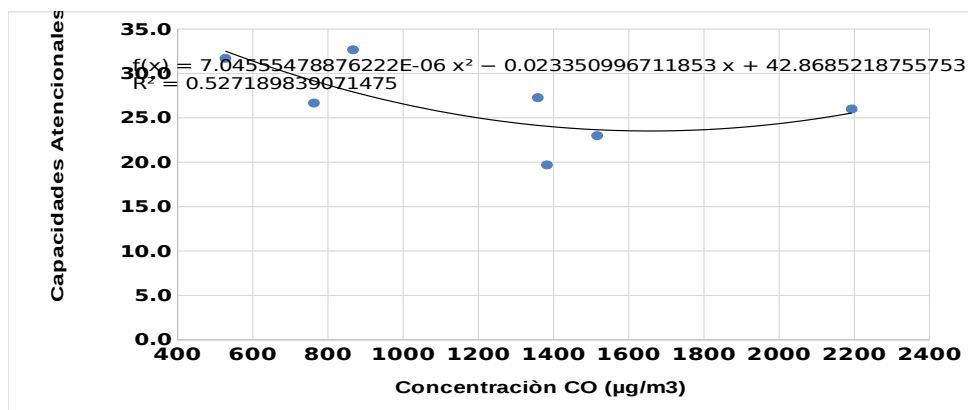
Función polinómica: Concentración de CO vs. Percepción



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Función polinómica: Concentración de CO vs. Atención



Nota. Elaboración propia

Resultado problema derivado 2

¿De qué manera influye el nivel de la concentración de NO_2 en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana?

A continuación, se evidencia la correlación que existe entre la concentración de NO_2 y las capacidades perceptivas y atencionales:

a. **Concentración de “ NO_2 ” vs Capacidades Perceptivas y Atencionales**

La función Polinómica, presenta un mejor ajuste entre las variables, sin embargo, el factor de $R = 0,47$, indica que hay una relación débil y poco significativa. Con un valor de R^2

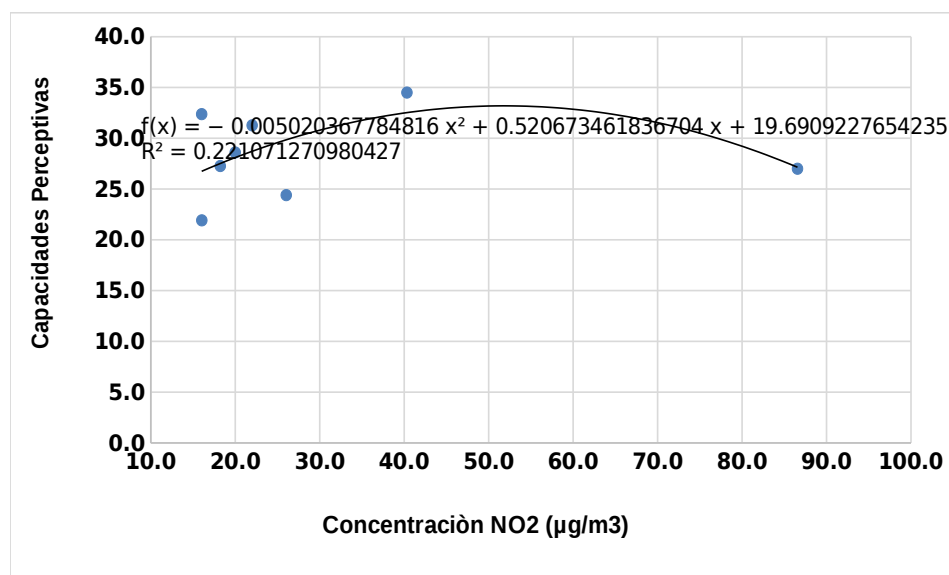
= 0,22, que implica que tal solo el 22% del deterioro de la capacidad cognitiva de percepción, se podría explicar a partir de las variaciones de la concentración de NO₂.

De igual forma, el análisis para las variables de concentración de NO₂ y capacidades atencionales, también muestra a la función Polinómica como la de mayor ajuste, con un factor de correlación R= 0,40, lo cual indica que hay una relación débil, entre las variables.

A continuación, se detallan los resultados de ambas capacidades cognitivas:

Figura 12

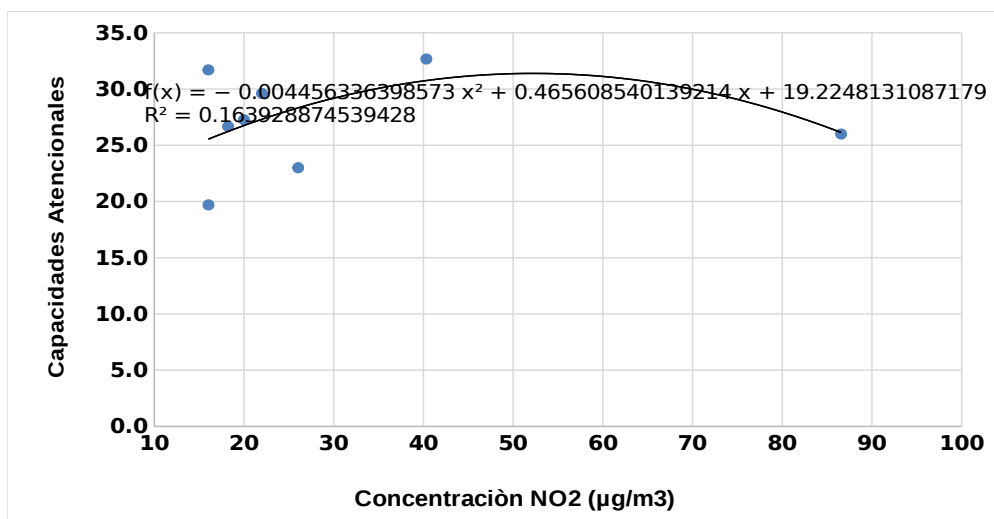
Función polinómica: Concentración de NO₂ vs. Percepción



Nota. Elaboración propia

Figura 13

Función polinómica: Concentración de NO₂ vs. Atención



Nota. Elaboración propia

Resultado problema derivado 3

¿Cómo influye el nivel de la concentración de SO_2 en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana?

A continuación, se evidencia la correlación que existe entre la concentración de NO_2 y las capacidades perceptivas y atencionales:

a. **Concentración de “ SO_2 ” vs Capacidades Perceptivas y Atencionales**

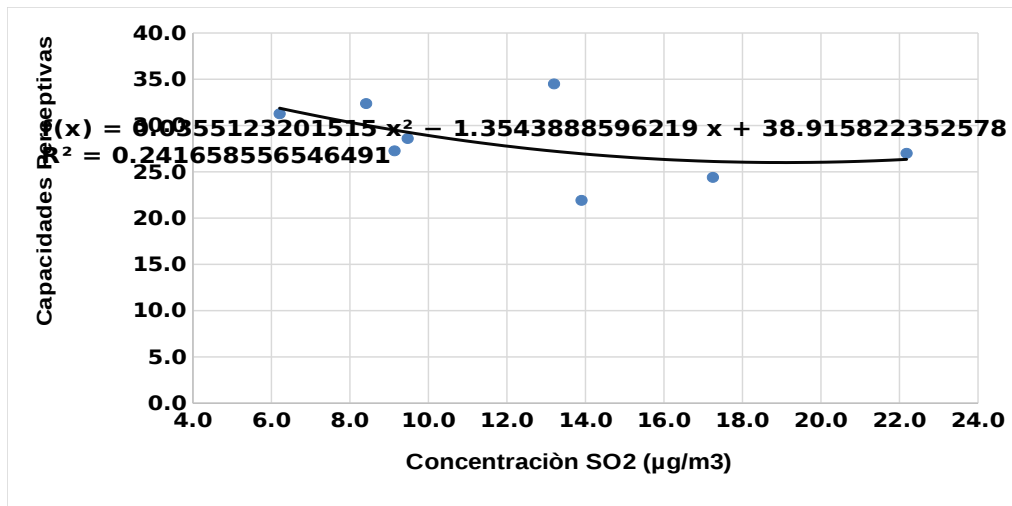
A continuación, se evidencia la correlación que existe entre la concentración de SO_2 y las capacidades perceptivas y atencionales:

La función Polinómica, es la que se ajusta mejor a la correlación de las variables, con un valor de $R = -0,5$, lo cual indica que hay una relación negativa moderada entre las variables.

De igual forma, en el análisis para la concentración de SO_2 y las capacidades atencionales, también muestra a la función Polinómica como la de mayor ajuste, con un factor de $R = -0,51$, lo cual indica que hay una relación negativa y moderada entre las variables. A continuación, se detallan los resultados de ambas capacidades cognitivas:

Figura 14

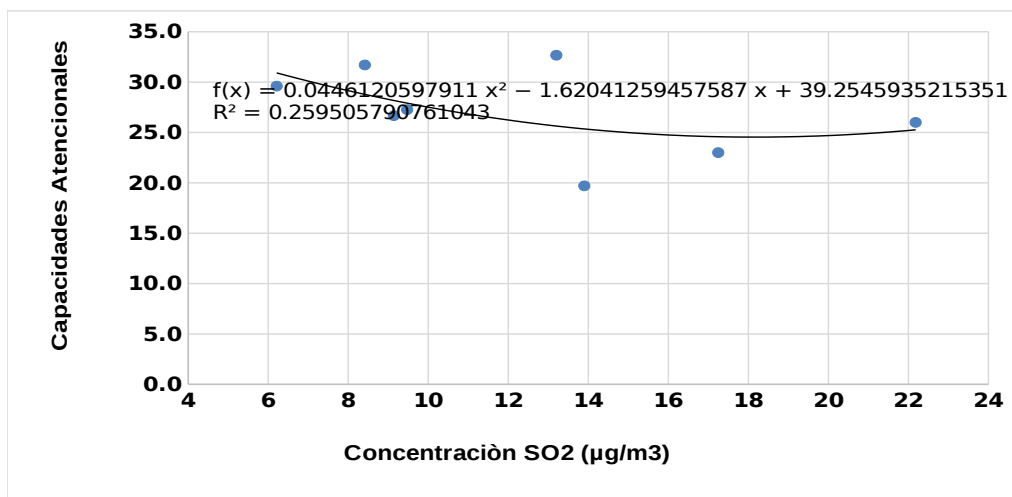
Función polinómica: concentración de SO_2 vs. Percepción



Nota.Elaboración propia

Figura 15

Función polinómica: Concentración de SO₂ vs. Atención



Nota. Elaboración propia

Resultado problema derivado 4

¿Cómo influye el nivel de la concentración de PM_{2.5} en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana?

A continuación, se evidencia la correlación que existe entre la concentración de PM_{2.5} y las capacidades perceptivas y atencionales:

a. Concentración de “PM_{2,5}” vs Capacidades Perceptivas y Atencionales

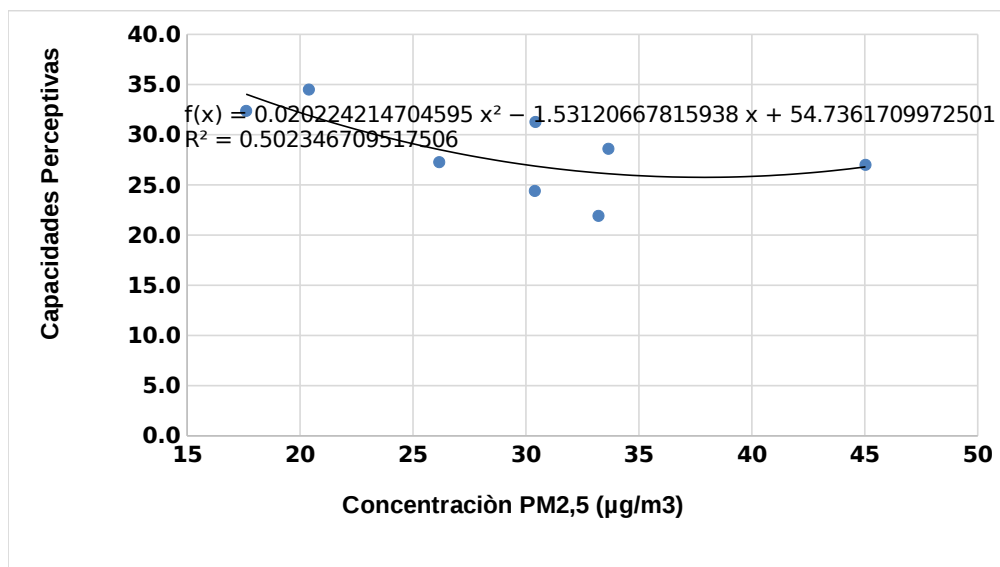
La función Polinómica describe mejor el comportamiento de las variables. El factor de correlación muestra un valor de $R = -0,71$, lo cual indica que hay una mejor relación negativa moderada alta entre las variables.

Así mismo en el análisis para la concentración de PM_{2,5} y las capacidades atencionales, también muestra a la función Polinómica como la de mayor ajuste, con un factor de correlación de $R = -0,73$, lo cual indica que hay una mejor relación negativa moderada entre las variables. Con un valor de $R^2 = 0,53$, implica que el 53% del deterioro de la capacidad cognitiva de atención, se pueden explicar a partir de las variaciones de la concentración de PM_{2,5}.

A continuación, se detallan los resultados de ambas capacidades cognitivas:

Figura 16

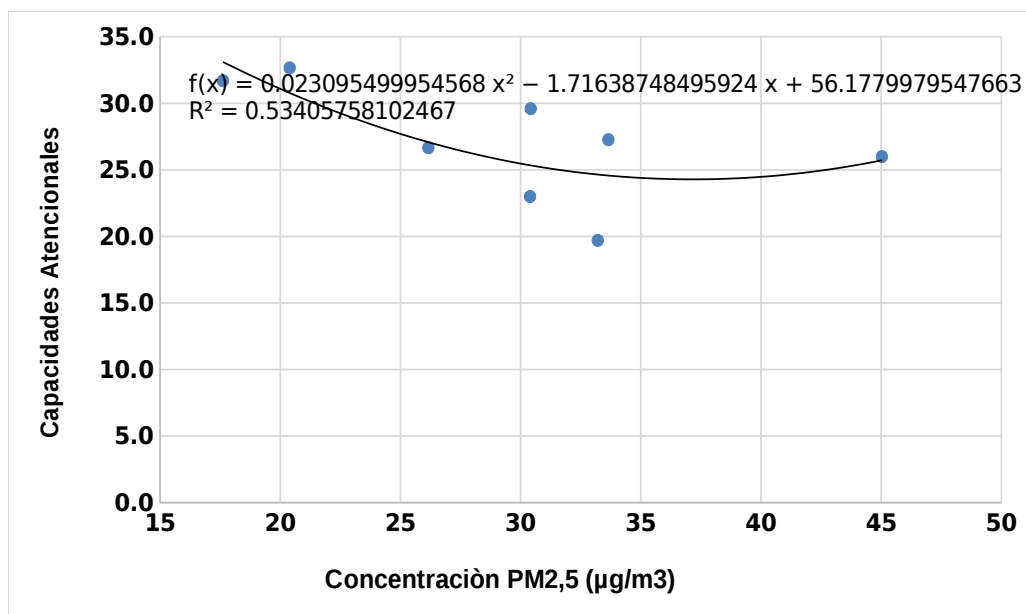
Función polinómica: Concentración de PM_{2,5} vs. Percepción



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Función polinómica: Concentración de PM_{2,5} vs. Atención



Nota. Elaboración propia

Resultado problema derivado 5

¿Cómo influye el nivel de la concentración de PM_{10} en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima Metropolitana?

A continuación, se evidencia la correlación que existe entre la concentración de PM_{10} y las capacidades perceptivas y atencionales:

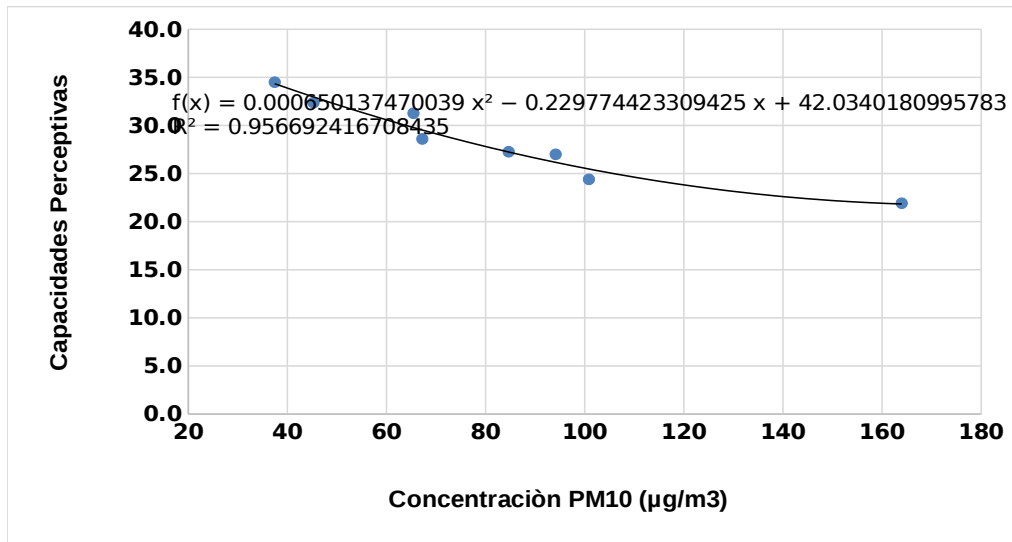
a. **Concentración de “ PM_{10} ” vs Capacidades Perceptivas y Atencionales**

La función Polinómica describe mejor el comportamiento de las variables, con un factor de correlación de $R = -0,98$, lo cual indica una mejor relación negativa muy fuerte y significativa entre las variables. Con un valor de $R^2 = 0,96$, que implica que el 96% del deterioro de la capacidad cognitiva de percepción, se pueden explicar a partir de las variaciones de la concentración de PM_{10} .

De igual forma, en el análisis de la concentración de PM_{10} y las capacidades atencionales, también muestra a la función Polinómica como la de mayor ajuste, con un factor de $R = -0,98$, lo cual indica una correlación muy fuerte y significativa entre las variables. A continuación, se detallan los resultados de ambas capacidades cognitivas:

Figura 18

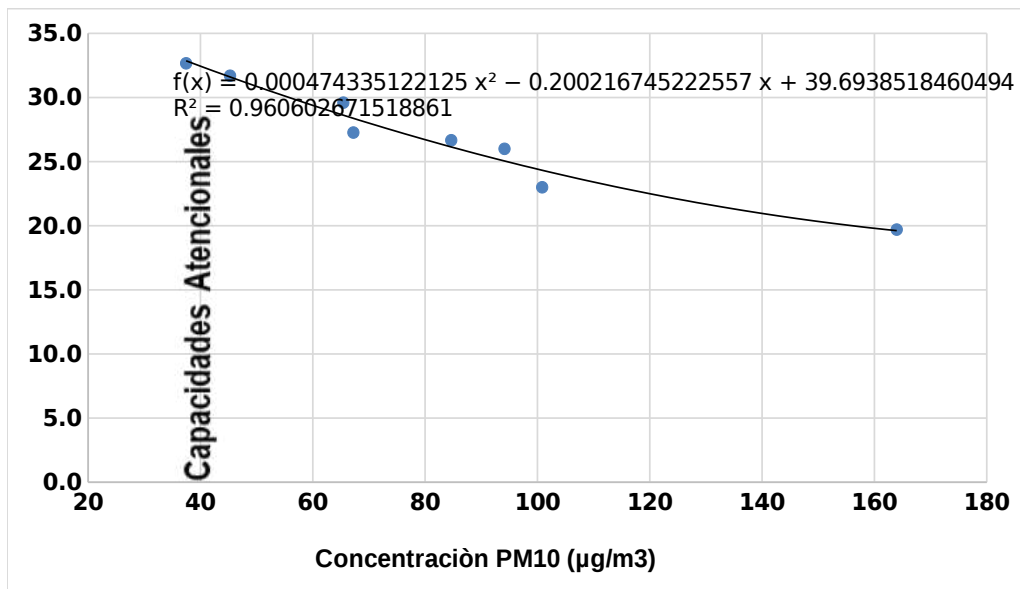
Función polinómica: Concentración de PM_{10} vs. Percepción



Nota. Elaboración propia

Figura 19

Función polinómica: concentración de PM_{10} vs. Atención



Nota. Elaboración propia

4.3 Prueba de Hipótesis general

Según la hipótesis general de investigación dada por:

Hi: El nivel de contaminación química del aire influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares a nivel de Lima metropolitana.

Para probar la hipótesis general, ha sido necesario probar cada una de las hipótesis derivadas, ya que el problema de la contaminación está asociado a la presencia de diferentes sustancias químicas en el aire, que son muy dañinos para la salud física y mental.

La tabla 14 muestra al detalle los factores de correlación, de las variables de cada una de las hipótesis planteadas, con un índice de confiabilidad del 95%, y con un margen de error inferior al 5% (0,05), para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 14

Resultados de correlación entre las variables de las hipótesis derivadas

Capacidades Cognitivas	CO	NO ₂	SO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
	H _{d1}	H _{d2}	H _{d3}	H _{d4}	H _{d5}
Percepción	R= - 0,70	R= 0,47	R=- 0,50	R= - 0,71	R= - 0,98
	R²= 0,46	R²= 0,22	R²= 0,24	R²= 0,50	R²= 0,96
Atención	R= - 0,73	R= 0,40	R=- 0,51	R= - 0,73	R= - 0,98
	R²= 0,53	R²= 0,16	R²= 0,26	R²= 0,53	R²= 0,96

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a los resultados mostrados, la hipótesis derivada 5 (H_{d5}) es la que representa una correlación negativa significativa fuerte de R= -0,98, para el nivel de concentración de PM₁₀, tanto para las capacidades perceptivas como las atencionales.

Entre tanto las hipótesis derivadas H_d1, H_d3 y H_d4, evidencian una correlación negativa moderada casi fuerte, entre sus respectivas variables.

Solo en el caso de la hipótesis derivada 2 (H_d2), evidencia una relación débil no significativa, con un $R=0,47$, entre el nivel de la concentración de NO₂ y la capacidad cognitiva de percepción. Lo mismo sucede con las capacidades atencionales, donde también se muestra que la relación es débil poco significativa, para este contaminante.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La presente investigación demostró que la concentración de CO, influyó de manera negativa y moderada en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares, según el factor de correlación calculado entre las variables. Este resultado fue avalado por la investigación de Costa et al. (2017), que mostraba la exposición a la contaminación química del aire, por tráfico vehicular, con exposición a altos niveles de gases de diésel ($1\text{mg}/\text{m}^3$), entre ellos el CO. Mostrando la relación inversa con la atención sostenida en los adolescentes y con un menor desarrollo cognitivo en los niños de la escuela primaria.

Así mismo, la revista Plos Medicine (2015), publicó que "las sustancias como el diésel de los combustibles, desprenden gases y partículas ultrafinas que son capaces de romper la barrera hematoencefálica y penetrar en el cerebro". Su acción es capaz de interferir en la liberación de algunos neurotransmisores y, en última instancia, alterar el desarrollo cognitivo.

La presente investigación dio como resultado que la concentración de NO_2 , presentó una relación débil y poco significativa en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares. Esta afirmación, contradice la investigación de Jiyeon Park et al. (2020), quién planteó que la exposición prolongada a la presencia de óxido de nitrógeno

(NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y de PM₁₀, aumenta el riesgo de trastorno por déficit de atención / hiperactividad (TDAH). Sin embargo, aún se desconoce la asociación, pero se tiene el seguimiento de los ingresos hospitalarios con un diagnóstico principal de TDAH, en adolescentes entre las edades de 10 a 19 años, en 16 regiones de la república de Corea desde el 2013 al 2015. Los resultados indican que la exposición de dichos contaminantes con índice de confiabilidad del 95%, pueden ser un factor de riesgo para la exacerbación de los síntomas del TDAH.

Lo mismo sucede con la investigación de Sunyer (2015), donde afirma que “los niños de las escuelas altamente contaminadas tenían un menor crecimiento en el desarrollo cognitivo que los niños de las escuelas poco contaminadas”. Dicha contaminación fue medida por la densidad del tráfico vehicular, debido a la presencia de dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas de carbono elemental y partículas ultrafinas. Evaluaron a 2897 niños de 39 escuelas de Barcelona y Sant Cugat. Las regiones del cerebro relacionadas con funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la atención, principalmente la corteza prefrontal y el cuerpo estriado, han mostrado respuestas inflamatorias después de la exposición a la contaminación del aire relacionada con el tráfico en este contaminante.

Los resultados mostraron que los niveles de concentración de PM_{2.5} influyó de manera negativa y moderada en las capacidades cognitivas de los escolares. Presentando concentraciones anuales que van desde 17,6 a 45 µg/m³ suspendidas en el aire, con un valor promedio anual de 29,6 µg/m³, por encima de lo que establece las ECAS nacionales y la OMS. Tal es así que Costa et al. (2017), dio a conocer que los niveles de PM_{2.5} medidos al azar, en trece ciudades de todo el mundo; como la India, China y también en Perú, estaban por encima de 100 µg/m³, logrando sobrepasar los niveles aceptables que establece la OMS de 10 µg/m³, generando un problema de contaminación bastante fuerte.

Así mismo, Fuertes et al. (2016), asoció la exposición de contaminantes atmosféricos PM_{2.5} y partículas de carbón suspendido, entre los niños de 10 y 15 años de edad en más de 4500 niños alemanes. Asociando a una hiperactividad y déficit de atención.

Aunque se desconocen los mecanismos por los cuales estos contaminantes, puede afectar el desarrollo neurológico en los niños, se piensa que las partículas en suspensión pueden desencadenar una inflamación del sistema nervioso.

Esto corrobora lo de Sears C, Sear L & Zierold (2020), quienes plantearon, que los niños que viven cerca de las centrales eléctricas de carbón, están expuestos a la presencia de cenizas de carbón circundante, cuando se escapan como emisiones fugitivas de polvo hacia las comunidades cercanas. Las investigaciones previas sobre la contaminación por PM en el aire, sugieren que la exposición puede estar asociada con un control cognitivo deficiente. El estudio fue realizado en 221 niños de 6 a 14 años, que viven cerca de las centrales eléctricas de carbón.

La presente investigación demostró que el nivel de concentración de PM10 influyó de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares, según los análisis de correlación lineal y no lineal. Esto fue corroborado por la investigación de Babadjouni et al. (2017), de acuerdo a los estudios avalados por investigaciones clínicas y epidemiológicas, en donde se manifiesta que la exposición a la contaminación química del aire está asociada a los déficits cognitivos y anomalías cerebrales, por la presencia de PM en el aire. La exposición a este tipo de contaminante, se asocia con una disfunción cognitiva exacerbada y una mayor progresión de los procesos neurodegenerativos. Así mismo, los estudios demuestran evidencias de efectos cerebrales estructurales como la lesión de la sustancia blanca.

La presente investigación demostró que el nivel de concentración de material particulado PM2.5 y PM10, suspendidos en el aire, influyeron de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares. Con una correlación que va desde moderada a fuerte, entre dichas variables.

Estos resultados se comparan con las hipótesis de Peters, R., Peters, J., Booth & Mudway (2015), donde demostraron que las partículas suspendidas inhaladas del aire,

pueden llegar al cerebro, ya sea a través de los pulmones o directamente, a través del bulbo olfativo. Estos estudios longitudinales informaron de cierta asociación entre la exposición a partículas contaminantes del aire y el deterioro de la cognición, en las medidas prevalentes más pobres de la función cognitiva. Sin embargo, aún se necesitan más pruebas de estudios, para obtener una mayor comprensión de la contaminación del aire como un factor de riesgo potencial para el deterioro cognitivo.

Hahad et al. (2020), corroboraron que la exposición crónica a la contaminación química del aire tiene neurotoxicidad, efectos que con el correr del tiempo generan daños y pérdidas neuronales, lo que lleva a la disfunción cognitiva como evento intermedio importante en la patogénesis de la demencia, que se predice como un resultado de una exposición acumulada a lo largo de la vida, sobre todo de agentes contaminantes como $PM_{2.5}$, PM_{10} y NO_2 .

En el caso de Hutter et al. (2013), midió las partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2.5}$), en nueve escuelas primarias en regiones urbanas y rurales de Austria. De un total de 596 niños, se evaluaron con pruebas cognitivas a 436. El análisis mostró correlaciones significativas de tri (2-cloroetil) fosfato (TCEP) en el material particulado. Por lo tanto, el rendimiento cognitivo disminuyó al aumentar las concentraciones de TCEP.

De acuerdo al análisis de resultados, el nivel de contaminación química del aire debido a la presencia de CO , NO_2 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} influye de manera negativa y significativa en las capacidades cognitivas de los escolares. Esto fue avalado por la LACEA (Latin American and Caribbean Economic Association) que correlacionó las concentraciones de cinco contaminantes atmosféricos como son: PM , CO , NO_2 , SO_2 y ozono (O_3); con los resultados de exámenes estandarizados realizados a escolares de cuarto, octavo y décimo grado, para las regiones de Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins, que cubren un total de 3 880 escuelas en Chile (Miller & Vela, 2014). Los resultados de las pruebas de lectura y matemáticas, mostraron estimaciones de una relación negativa entre las diferentes medidas de contaminación del aire, relacionadas para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y NO_2 . Con la investigación de

Ramesh & Srujana (2016), evidenciaron que la contaminación química del aire urbano puede tener un impacto significativo en el sistema nervioso central del cerebro en desarrollo. Es por ello que estudiaron los efectos de la exposición a las emisiones vehiculares con la cognición; con atención específica a los niños de entornos urbanos.

Asimismo, para Khan et al. (2019), en un estudio aplicado a niños sanos de 8 a 14 años que asistían a escuelas públicas, con proximidad residencial a mucho tráfico, es decir con la mayor exposición <100 m, tuvieron latencias significativamente más largas según lo medido en comparación con los que viven ≥ 200 m de distancia. En conclusión, los niños que viven dentro de los 100 m de tráfico pesado parecen experimentar déficits neuroconductuales sutiles que pueden resultar de la exposición a partículas finas y ultrafinas.

Finalmente, la investigación de Costa et al. (2017), planteó que los estudios epidemiológicos en humanos y con animales controlados, han demostrado que la exposición a la contaminación química del aire, relacionada con el tráfico vehicular, puede provocar trastornos cognitivos. Estudios en ratones expuestos de forma aguda, a fugas de gases de diésel, entre 250-300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante seis horas, han mostrado activación de la microglía, aumento de la peroxidación lipídica y neuro inflamación en varias regiones del cerebro, particularmente el hipocampo y el bulbo olfatorio.

CONCLUSIONES

A continuación, se detallan las conclusiones obtenidas de acuerdo a los objetivos planteados, y al análisis estadístico respectivo, según las hipótesis evaluadas:

1. Los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) influyeron de manera negativa y moderada en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares, a nivel de Lima Metropolitana.

De acuerdo a los datos estadísticos el factor de correlación R tuvo un valor de -0,70 y -0,73 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales respectivamente. Con una concentración promedio de CO de 1 229 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ y una DR:46%.

Según los estudios de investigación, la exposición crónica a niveles medios y bajos de CO en aire respirable, tiene efectos adversos en la salud, así como problemas de déficit en memoria, atención y concentración, generando un deterioro cognitivo progresivo. El CO se une a las enzimas del grupo Hem de la hemoglobina, generando un complejo que se denomina carboxihemoglobina, que, dificulta el transporte de oxígeno a las células y tejidos, pudiendo ocasionar problemas a las células del cerebro, que son extremadamente sensibles a la falta de oxígeno.

2. Los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2), no influyó de manera negativa ni significativa, en las capacidades cognitivas de los escolares, a nivel de Lima Metropolitana. Por el contrario, presentó una relación débil y poco significativa en las capacidades de percepción y atención. El factor de correlación R tuvo un valor de 0,47 y 0,4 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales respectivamente. Con una concentración promedio de NO_2 de 31 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ y una DR:78%.

Esto podría deberse a la reacción que tiene este gas en el ambiente, ya que, en los puntos de monitoreos evaluados, hay zonas de menor temperatura 15-19°C que favorecen su reducción y lo hacen menos tóxico. Cosa que no ocurre en Ate que presentó una máxima concentración de 86,6 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ con una temperatura promedio de 24°C que favorecen la

reacción de oxidación, e incrementan la generación de este gas. Hoy en día hay aditivos como la urea, que se utiliza en los vehículos con motor a combustión, para neutralizar en la medida de lo posible, las emisiones de NO_2 .

3. Los niveles de concentración de dióxido de azufre (SO_2), influyó de manera negativa y moderada en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares, a nivel de Lima Metropolitana. De acuerdo al análisis estadístico el factor de correlación R tuvo un valor promedio de -0,505 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales. Con una concentración promedio de SO_2 de $12 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y una DR: 42 %.

4. Los niveles de concentración de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$) influyó de manera negativa y moderada en las capacidades cognitivas de los escolares, a nivel de Lima Metropolitana. El factor de correlación R tuvo un valor de -0.71 y -0,73 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales respectivamente. Con una concentración promedio de $\text{PM}_{2.5}$ de $30 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y una DR: 29 %.

5. Los niveles de concentración de PM_{10} influyó de manera negativa muy significativa en las capacidades cognitivas de percepción y atención de los escolares, a nivel de Lima Metropolitana. El factor de correlación R tuvo un valor promedio de -0,98 con un IC del 95%, para las capacidades perceptivas y atencionales respectivamente. Con una concentración promedio de PM_{10} de $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una DR: 48 %. La presencia de material particulado en el aire de PM_{10} , son muy peligrosos, ya que pueden llegar a alcanzar diámetros aerodinámicos inferiores a 100 nm, llamadas partículas ultrafinas (UFP), que pueden ingresar fácilmente al cerebro, a través de la mucosa olfativa. En el Perú, de acuerdo al análisis realizado, se han llegado alcanzar concentraciones de PM_{10} de hasta $164 \mu\text{g} / \text{m}^3$, superando los estándares nacionales (ECAS) e internacionales (OMS). La presencia de PM en el aire, son fuentes persistentes de neuro inflamación y especies reactivas de oxígeno (ROS); procesos que son fuertemente relacionados con la patogénesis de las enfermedades del sistema nervioso central (SNC). Este último contribuye a trastornos del neurodesarrollo y neurodegenerativos.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones antes formuladas, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Aplicar el Test de percepción de diferencias-Revisado “Caras-R”, en aquellos puntos de monitoreos, con media y alta contaminación, para los estudiantes de 1er grado de primaria, ya que en esas edades la evolución del desarrollo cerebral está en su más alta intensidad y sería como un punto de inicio para hacer un seguimiento de su exposición a los agentes contaminantes del aire.
- Se sugiere, como medida preventiva, para corroborar de manera eficaz la presencia de los contaminantes químicos en los estudiantes, estos sean acompañados de un análisis de laboratorio utilizando biomarcadores de exposición y de efecto, en muestras biológicas: sangre, orina, tejido o aire exhalado, etc., dependiendo de la naturaleza del contaminante. Los cuáles podrían ser analizados por “espectrofotometría de absorción atómica, uno de los métodos de análisis más usados para metales” (Martínez et al.,2020) y por espectrofotometría UV/VIS (Díaz,2021).

En el anexo 24 se muestra las fuentes y vías de exposición, así como las matrices biológicas, para algunos biomarcadores de mayor relevancia.

Los biomarcadores sirven para medir la concentración de compuestos químicos, micotoxinas o metabolitos, en tejidos del cuerpo o fluidos y estimar la dosis total interna presente en el organismo de una persona.

No es utilizada para determinar las capacidades cognitivas, pero nos da la plena seguridad, que una persona tiene contaminantes químicos en su organismo, ya sea por sobreexposición o exposición crónica.

- Evaluar el problema de la contaminación química del aire, también para las instituciones públicas de educación primaria a nivel nacional y su efecto en las

capacidades cognitivas. El problema de la contaminación del aire, abarca tanto al ámbito urbano como rural, y los antecedentes demuestran la exposición crónica de la población a la presencia de agentes atmosféricos contaminantes.

Esto se tendría que trabajar en coordinación con MINEDU y el MINAM a través de su política nacional de educación ambiental al 2030, en el D.S n.º 023, que establece “incrementar la eficiencia de los mecanismos de fiscalización, control y recuperación de la calidad ambiental del aire, agua y suelo” (MINAM, 2021, p.56).

- Realizar un estudio longitudinal de cohorte retrospectivo, que permita hacer un seguimiento, al desarrollo de las capacidades cognitivas y su relación con la contaminación del aire. La metodología estadística que se puede utilizar son las interpolaciones de kriging, usando la variación espacial de la contaminación del aire, basado en la empírica semi – variograma.

En el anexo 25, se muestra la metodología para la interpolación espacial de kriging de la calidad del aire urbano, en un experimento metodológico aplicado en la ciudad de Barcelona. El objetivo es tener una mejor decisión para las estimaciones de los niveles de contaminación para todo el espacio de una ciudad, que presenta deficiencias en los datos registrado en las estaciones de monitoreo.

En tanto, depende del investigador optar por evaluar la capacidad cognitiva más crítica que pueda afectar el aprendizaje y de acuerdo a ello, emplear el método estadístico más conveniente.

- Realizar la investigación, para aquellos colegios que se encuentran en zonas rurales, cercanas a yacimientos mineros, por su alta exposición a contaminantes neurocognitivos.

El monitoreo de la calidad del aire se debe realizar con una frecuencia y por un periodo, que permita obtener data confiable y representativa, de acuerdo al

Protocolo nacional de monitoreo de calidad de aire (D.S n.º 010-2019, p.14). En el anexo 21 se detallan la frecuencia y períodos de monitoreo para redes automáticas, en un tipo de monitoreo continuo, usado por SENAMHI y DIGESA.

- Profundizar los estudios de investigación para las partículas ultrafinas (UFP)² a nivel molecular, por su alta difusividad en el ambiente y su efecto en las funciones cognitivas de memoria, atención y concentración.

Para ello se recomienda realizar una investigación longitudinal de cohorte retrospectivo, tomando en cuenta 3 criterios: las fuentes de emisión (ya que permanecen hasta 2 días cerca de ellas), su grado de toxicidad (deterioro cognitivo, puede causar daño constante al ADN y riesgo de desarrollar cáncer por alteración de genes, etc.) y su grado de exposición: alta, media y baja.

En el anexo 26, se propone un diseño metodológico de investigación cuantitativa, para las futuras generaciones; acerca de la presencia de partículas ultrafinas y su influencia con las capacidades cognitivas en los niños de educación primaria en el distrito de Villa María del Triunfo, que es uno de los distritos que tiene una alta circulación vehicular y concentra a gran número de plantas industriales generadoras de material particulado.

² UFP <0,1 µm

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Appannagari, R. R. (2017). Environmental pollution causes and consequences: a Study. *North Asian Int Res J Soc Sci Humanit*, 3(8), 151-161.
- Araujo Soto, A. T. (2019). Monitoreo de contaminantes en el aire y sus efectos. *Ciencias*, 26-27.
- Aragón Jiménez, V. (2010). La observación en el ámbito educativo. *Innovación y Experiencias*, 35, 2.
- https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_35/VIRGINIA_ARAGON_2.pdf
- Azócar Soto, M. B., Campos Valdés, A., Chacón Díaz, C., Doggenweiler Lapuente, S., Pequeño Granifo, M. P., Rosas Venegas, D., Vilela Angulo, A., Weason Naretto, F. (2013). Proyecto de activación de la atención y concentración, mediante estrategias complementarias, como herramientas para el acceso al aprendizaje, para niños y niñas en su primera etapa de enseñanza básica. [Tesis de Titulación, Universidad Andrés Bello de Chile].
- Babadjouni, R. M., Hodis, D. M., Radwanski, R., Durazo, R., Patel, A., Liu, Q. & Mack, W. J. (2017). Clinical effects of air pollution on the central nervous system; a review. *Journal of Clinical Neuroscience*, 43, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.04.028>
- Bove, H., Bongaerts, E., Slenders, E. et al. (2019). Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nature Communications* 10, 3866. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11654-3>
- Bonanno, D., Barrenengoa, P. & Yenerich, M. (noviembre del 2015). Deterioro cognitivo en Abra Pampa, provincia de Jujuy. V Congreso Internacional de Investigación de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/55083>

(20/04/2022). "Causas y consecuencias de la contaminación ambiental". En: Significados.com. Disponible en: <https://www.significados.com/causas-y-consecuencias-de-la-contaminacion-ambiental/> .Consultado: 6 de octubre de 2022, 05:17 pm

Calderón-Garcidueñas, L., Franco-Lira, M., D'Angiulli, A., Rodríguez-Díaz, J., Blaurock-Busch, E., Busch, Y., Chih - kai, Ch., Thompson, Ch. , Mukherjee, P.S. , Torres-Jardón, R. & Perry, G.(2015) Mexico City normal weight children exposed to high concentrations of ambient PM2.5 show high)blood leptin and endothelin-1, vitamin D deficiency, and food reward hormone dysregulation versus low pollution controls. Relevance for obesity and Alzheimer disease. *Environmental Research*,140,579-592. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.05.012>.

Castro Pérez, M. y Morales Ramírez, M.E. (2015). Los ambientes de aula que promueven el aprendizaje, desde la perspectiva de los niños y niñas escolares. *Revista Electrónica Educare*, 19(3),1-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194140994008>

Cataluña, D. (2022, 05 de octubre). *Concentración: La Capacidad de Mantener la Atención* [Web log post] <https://www.iepp.es/concentracion/#:~:text=La%20concentraci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,que%20puedan%20interferir%20en%20tu>

Costa, L. G., Cole, T. B., Coburn, J., Chang, Y. C., Dao, K., & Roqué, P. J. (2017). Neurotoxicity of traffic-related air pollution. *Neurotoxicology*, 59, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.11.008>

De Vicente, M. (03 de octubre de 2017). Aprendizaje Cognitivo: Tipos de aprendizaje, una guía educativa. *COGNIFIT: Salud, Cerebro & Neurociencia*. <https://blog.cognifit.com/es/aprendizaje-cognitivo-tipos-aprendizaje/>

Díaz Fonseca, O. (2021). Impacto de la contaminación producto del tráfico vehicular sobre los niveles de carboxihemoglobina y la respuesta respiratoria en ciclistas urbanos de

la Universidad Nacional de Colombia-sede Bogotá. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79955>

Díaz Gil, A. (2016). Funciones básicas y atención-concentración en niños y niñas del 2° grado de una I.E estatal distrito de Huanchaco de la provincia de Trujillo [Tesis de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2295>

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (s.f.). *Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire*. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/pral2/lima.asp>

Editorial española Tea Ediciones. (s.f.). *Servicio de corrección on-line de TEA Ediciones*. <https://www.teaediciones.net/portal/asp/teacorrige/entradappal.asp>

Encinas Malagón, M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación: Principios básicos. Encinas Malagón, Dolores.

Khan, K. M., Margaret Weigel, M., Yonts, S., Rohlman, D., Armijos, R. (2019). Residential exposure to urban traffic is associated with the poorer neurobehavioral health of Ecuadorian schoolchildren. *NeuroToxicology*, 73, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.018>

Flores Robles, R.M. (2015). Evaluación de memoria en niños y niñas escolares residentes en el cantón Paquisha expuestos ambientalmente a metales pesados. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Loja, Ecuador]

Fuertes, E., Standl, M., Forns, J., Berdel, D., Garcia-Aymerich, J., Markevych, I., Schulte-Koerne, G., Sugiri, D., Schikowski, T., Tiesler, C.M., Heinrich, J. (2016). Traffic-related air pollution and hyperactivity/inattention, dyslexia and dyscalculia in adolescents of the German GINIplus and LISApplus birth cohorts. *Environment International*, 97, 85-42. <https://www.isglobal.org/-/la-exposicion-a-la-contaminacion-atmosferica-se-asocia-a-la-hiperactividad-e-inatencion-en-adolescentes>

- Guía de Calidad de Aire y Educación Ambiental (2016). El problema de la contaminación atmosférica: Antecedentes históricos. Ministerio del medio ambiente, Chile.
- Guxens, M., García-Esteban, R., Giorgis - Allemand, L., Forn, J., Badaloni, C.Ballester, F. (16 de Julio de 2014). Air Pollution During Pregnancy and Childhood Cognitive and Psychomotor Development: Six European Birth Cohorts. *Epidemiology*.
<https://www.isglobal.org/-/air-pollution-during-pregnancy-is-associated-with-psychomotor-development>
- Herrera Díaz, S. C. (2019). Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014 [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto].
<http://hdl.handle.net/11458/3263>
- Huayhua Palomino, L.I. (2013). La respuesta estatal para solucionar el problema de contaminación ambiental por plomo en el callao y sus efectos en la protección del derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida y a la salud de la población afectada. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Hutter, H. P., Haluza, D., Piegl, K., Hohenblum, P., Fröhlich, M., Scharf, S., Uhl, M., Damberger, B., Tappler, P., Kundi, M., Wallner, P., & Moshhammer, H. (2013). Semivolatile compounds in schools and their influence on cognitive performance of children. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 26(4), 628–635. <https://doi.org/10.2478/s13382-013-0125-z>
- INEI. (2018). *Informe técnico de estadísticas ambientales, mes de mayo*. (Informe nº5). Instituto Nacional de Estadística e Informática–INEI, Lima.
- INEI (2020). *Mapa de Pobreza Monetaria Provincial y distrital*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf

Instituto Politécnico Nacional (2019). Partículas contaminantes en el aire afectan capacidad cognitiva. *Neurotoxicity Research*.

<https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/part237culas-contaminantes-en-el-aire-afectan-capacidad-cognitiva>

LACEA (2014). Latin American and Caribbean Economic Association. Chile.

López Sardi, E.M., García, B.N. y Picicelli, R. (2017). Detección de agentes químicos. *Ciencia y Tecnología*, (17), 49-50.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6223471.pdf>

Machado-Bagué, M. A. Y. I. L. É., Márquez-Valdés, A. M., & Acosta-Bandomo, R. U. (2021). Consideraciones teóricas sobre la concentración de la atención en educandos. *Revista de Educación y Desarrollo*, 59, 75-82.

Miller, S. J., & Vela, M. A. (2014). The Effects of Air Pollution on Educational Outcomes: Evidence from Chile. LACEA. *Revista Tendencias*, (21),4.

https://tendencias21.levante-emv.com/la-contaminacion-puede-reducir-el-rendimiento-academico-de-los-ninos_a38496.html

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de calidad ambiental*. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://www.gob.pe/766-sistema-nacional-de-informacion-ambiental-sinia>

Naidu Annavarapu, R. & Srujana, K. (2016). Cognitive disorders in children associated with urban vehicular emissions. *Environmental Pollution*, 208, 74-78.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.036>.

Nieto Romero, M. M. (2015). Análisis de los procesos cognitivos en el alumnado de enseñanzas profesionales de danza. [Tesis de Doctorado, Universidad de Málaga].

- Oliveira, M., Slezakova, K., Delerue-Matos, C., Carmo Pereira, M. & Morais, S. (2016). Assessment of air quality in preschool environments (3–5 years old children) with emphasis on elemental composition of PM10 and PM2.5. *Environmental Pollution*, 214,430-439. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.046>.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud (29 de octubre de 2018). Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. <https://www.who.int/es/news-room/detail/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day>
- Park, J., Hoon Sohn, Ji., Joon Cho, S., Yeon Seo, H., Il-Ung, H., Yun- Chul, H. & Kyoung-Nam, K. (2020). Association between short-term air pollution exposure and attention-deficit/hyperactivity disorder-related hospital admissions among adolescents: A nationwide time-series study. *Environmental Pollution*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115369>
- Peinado Aguayo, I. (2008). Desarrollo cognitivo, motor y psicomotor en la infancia (pp.13-29). Asociación Profesores en el Aula, Granada. <https://studylib.es/doc/5516298/desarrollo-cognitivo--motor-y-psicomotor-en-la-infancia>
- Peters, R., Peters, J., Booth, A. & Mudway, I. (2015). Is air pollution associated with increased risk of cognitive decline? A systematic review. *Age and Ageing*,44 (5), 755–760, <https://doi.org/10.1093/ageing/afv087>
- Rivera Poma, J.M. (2012). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3109>

- Rodríguez-Eugenio, N., Mc Laughlin, M. y Pennock, D. 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO.
- Rojas Chávez, F. J. (2017). Modelación numérica del transporte de contaminantes atmosféricos y su relación con las condiciones meteorológicas en Lima Metropolitana [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3809>
- Salomone, M.G. (25 de setiembre de 2018). Contaminación: así afecta al aprendizaje y la atención. La Opinión A Coruña. <https://www.laopinioncoruna.es/vida-y-estilo/salud/2018/09/25/aire-urbano-apto-cerebros-infantiles/1331615.html>
- SCALE (2020). *Servicios educativos*. Estadística de la calidad educativa. <http://escale.minedu.gob.pe/web/inicio/padron-de-iiiee>
- Sears, C. G., Sears, L., & Zierold, K. M. (2020). Sex differences in the association between exposure to indoor particulate matter and cognitive control among children (age 6-14 years) living near coal-fired power plants. *Neurotoxicology and teratology*, 78, 106855. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2020.106855>
- SENAMHI. (2020). *Informe de vigilancia de la calidad del aire en el área metropolitana de lima y callao*. Boletín de marzo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, Lima.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s.f.). *Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire>
- Sislema Andrade, S.P. (2013). La contaminación acústica y su influencia en la atención de las niñas de séptimo grado de educación básica de la Escuela República de Venezuela, de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].
- Sistema Nacional de Información Ambiental (2019). *Ate es el distrito más contaminado de*

Lima por quema de combustibles. Andina. <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ate-distrito-mas-contaminado-lima-quema-combustibles>

Sovero Lazo, J. G. (2017). *Psicología de la Percepción y Atención: Manual Autoformativo* (Manual n.º 1). Gallardo Echenique, E., Cordova Solis, M.A.

<https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4289/1/>

[DC_FHU_501_MAI_UC0712_2018](#)

Sunyer, J., Esnaola, M., Álvarez- Pedrerol, M., Forns, J., Rivas, I., López-Vicente, M., Suades-González, E., Foraster, M., García-Esteban, R., Basagaña, X., Viana, M., Cirach, M., Moreno, T., Alastuey, A., Sebastian-Galles, N., Nieuwenhuijsen, M., Querol, X. (2015). Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *Plos Medicine*, 12(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001792>

Tellerías, L. y París, E. (2008). Impacto de los tóxicos en el neurodesarrollo. *Rev Chil Pediatr*, 79(1), 55-63.

Téllez, J., Rodríguez, A. y Fajardo, A. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Revista de Salud pública*, 8(1), 108-17. <https://plu.mx/scielo/a/?doi=10.1590/S012400642006000100010>

Thurstone, L.L. y Yela, M. (2019). *Caras-R. Test de Percepción de Diferencias*. (13ª Ed. Rev.). TEA Ediciones.

Villegas Lerma, P.R. y Lucumi Moreno, A. (2018). *Correlación entre niveles de contaminación por plomo y dificultades de aprendizaje y relaciones interpersonales en los niños de 6 a 12 años de la institución educativa Señora del Portal Jamundi* [Tesis de Maestría, Universidad de Cali]. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/1239>

ANEXOS

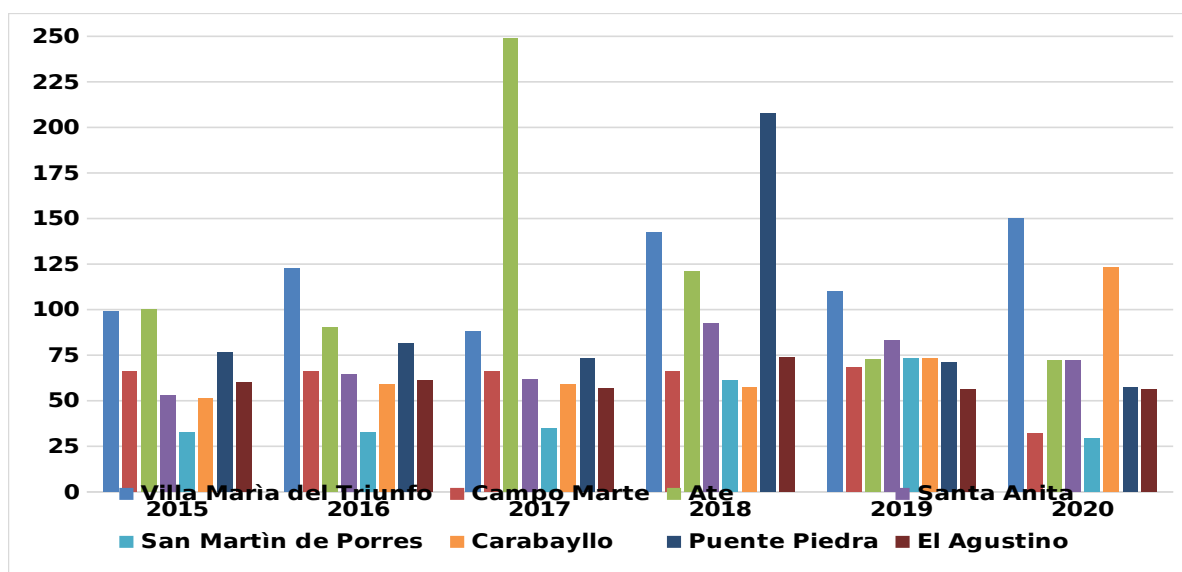
Anexo 1

Índice de calidad Ambiental de cada contaminante químico

Contaminante	Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)	Ecuación simplificada
PM ₁₀	0 – 50	0 – 75	I[PM ₁₀]=C[PM ₁₀]*100/150
	51 – 100	76 – 150	
	101 – 167	151 – 250	
	>167	>250	
PM _{2.5}	0 – 50	0 – 12.5	I[PM _{2.5}]=C[PM _{2.5}]*100/25
	51 – 100	12.6 – 25	
	101 – 500	25.1 – 125	
	>500	>125	
SO ₂	0 – 50	0 – 20	I[SO ₂]=C[SO ₂]*50/20
	51 – 100	21 – 80	I[SO ₂]=C[SO ₂]*100/80
	101 – 625	81 – 500	I[SO ₂]=C[SO ₂]*100/80
	>625	>500	I[SO ₂]=C[SO ₂]*100/80
CO	0 – 50	0 – 5000	I[CO]=C[CO]*100/10000
	51 – 100	5001 – 10000	
	101 – 150	10001 – 15000	
	>150	>15000	
NO ₂	0 – 50	0 – 100	I[NO ₂]=C[NO ₂]*100/200
	51 – 100	101 – 200	
	101 – 150	201 – 300	
	>150	>300	

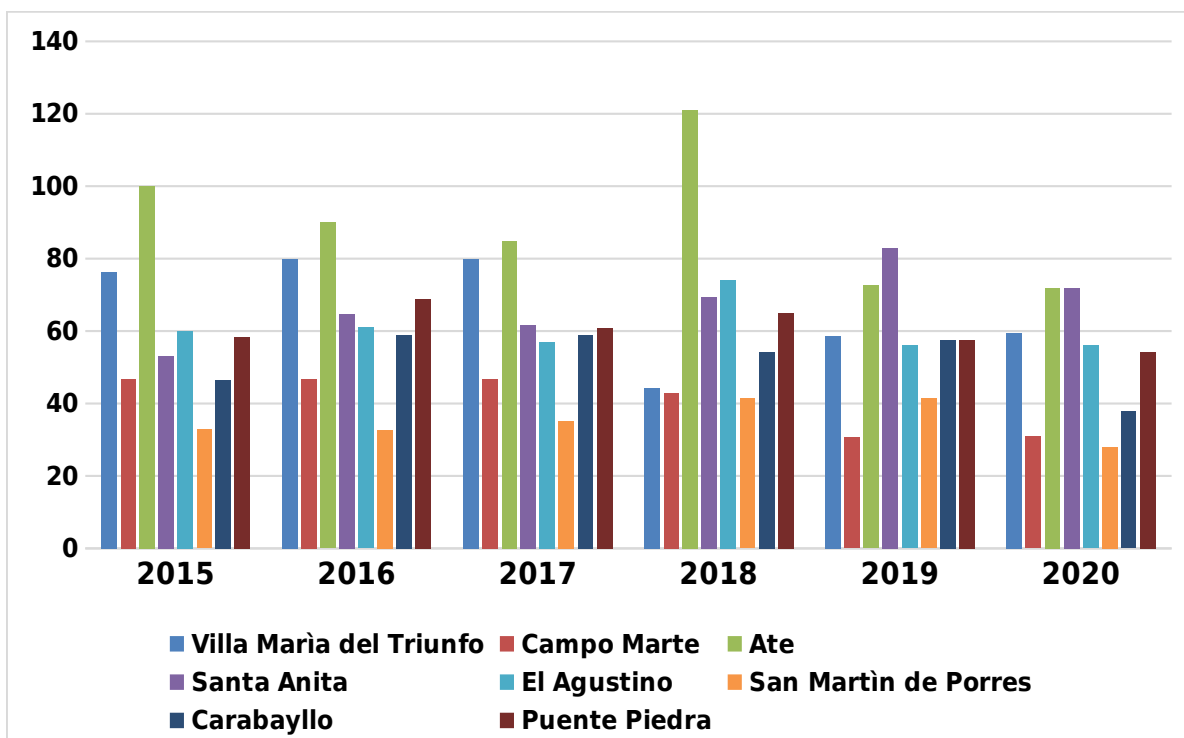
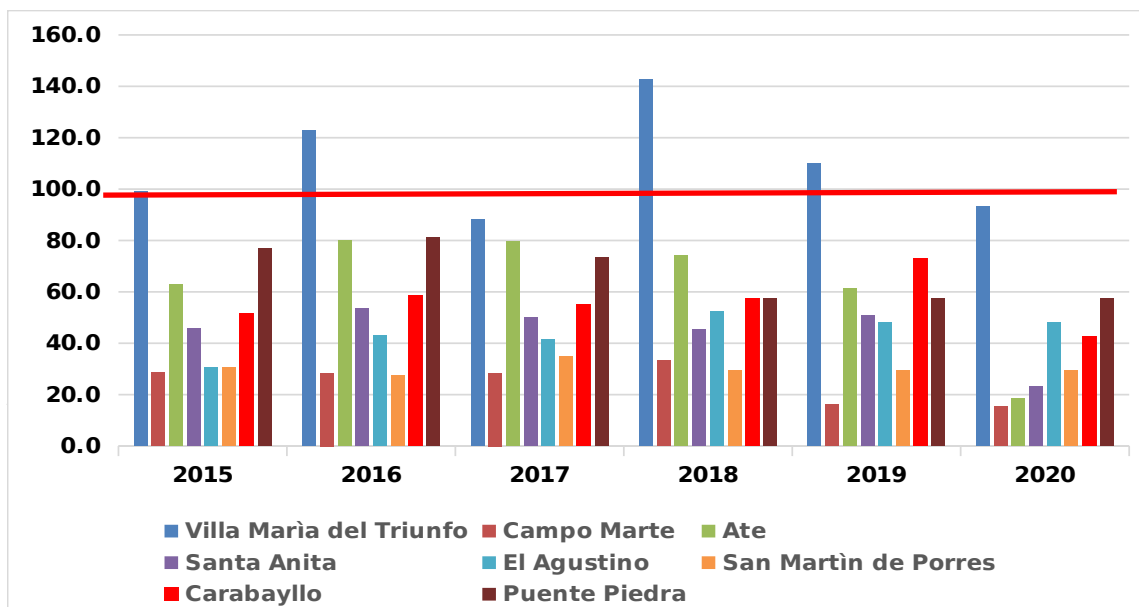
Nota. Resolución Ministerial n° 181-2016-MINAM

Índice de calidad Ambiental - Promedio global anual por estación de monitoreo



Nota. SENAMHI (2015-2020)

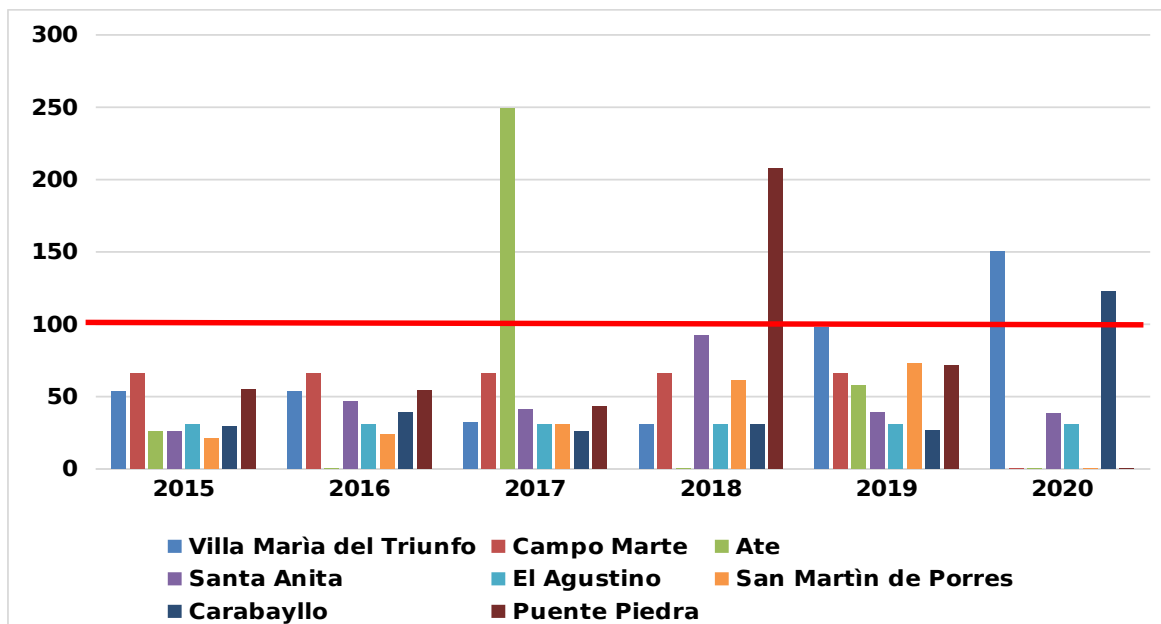
Índice de calidad Ambiental-Promedio global de PM₁₀



Nota. SENAMHI (2015-2020)

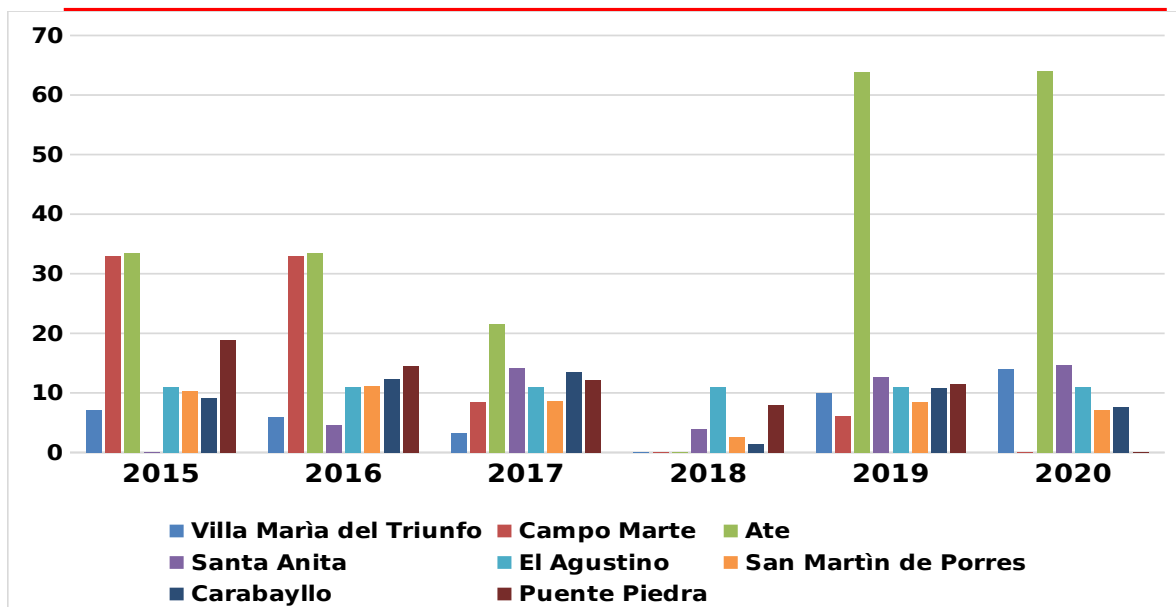
Anexo 1

Índice de calidad Ambiental-Promedio global de SO₂



Nota. SENAMHI (2015-2020)

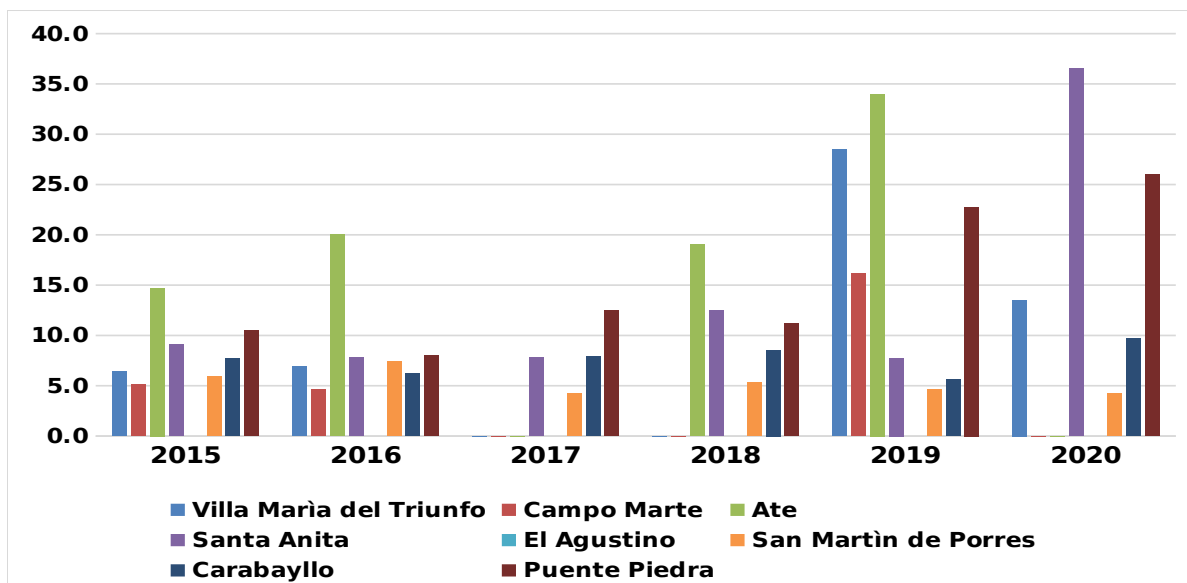
Índice de calidad Ambiental-Promedio global de NO₂



Nota. SENAMHI (2015-2020)

Anexo 1

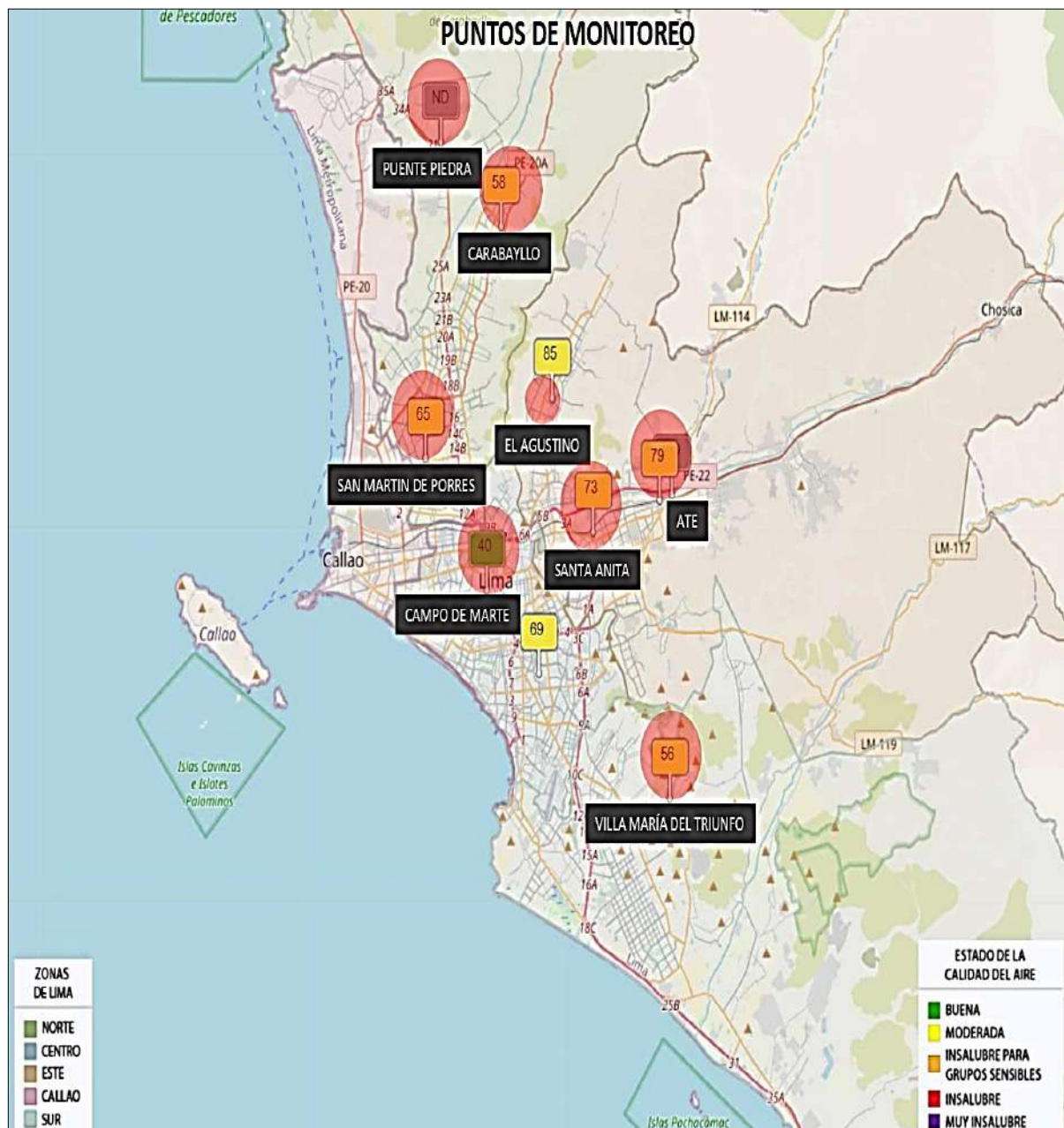
Índice de calidad Ambiental-Promedio global de CO



Nota. SENAMHI (2015-2020)

Anexo 2

Puntos de monitoreo a nivel de Lima Metropolitana



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 3

Cálculo del tamaño de la muestra

Se considera una población de 1465 escuelas privadas de educación primaria que existen en los 8 puntos de monitoreo en Lima Metropolitana. Se calculará el tamaño de la muestra a través de un muestreo aleatorio simple con población finita, determinado por el modelo de distribución normal:

$$n = \frac{z^2 * N * \sigma^2}{(X - \mu)^2 * (N - 1) + Z^2 * \sigma^2}$$

$$n = 173 \text{ escuelas}$$

De donde:

n: muestra de estudio

N: 1465 escuelas

Z: 1,96 (Para un nivel de confianza del 95%)

$\sigma^2 = \text{\%error} (1 - \text{\%error}) = 0,05$ (Se considera un factor de error del 5%)³

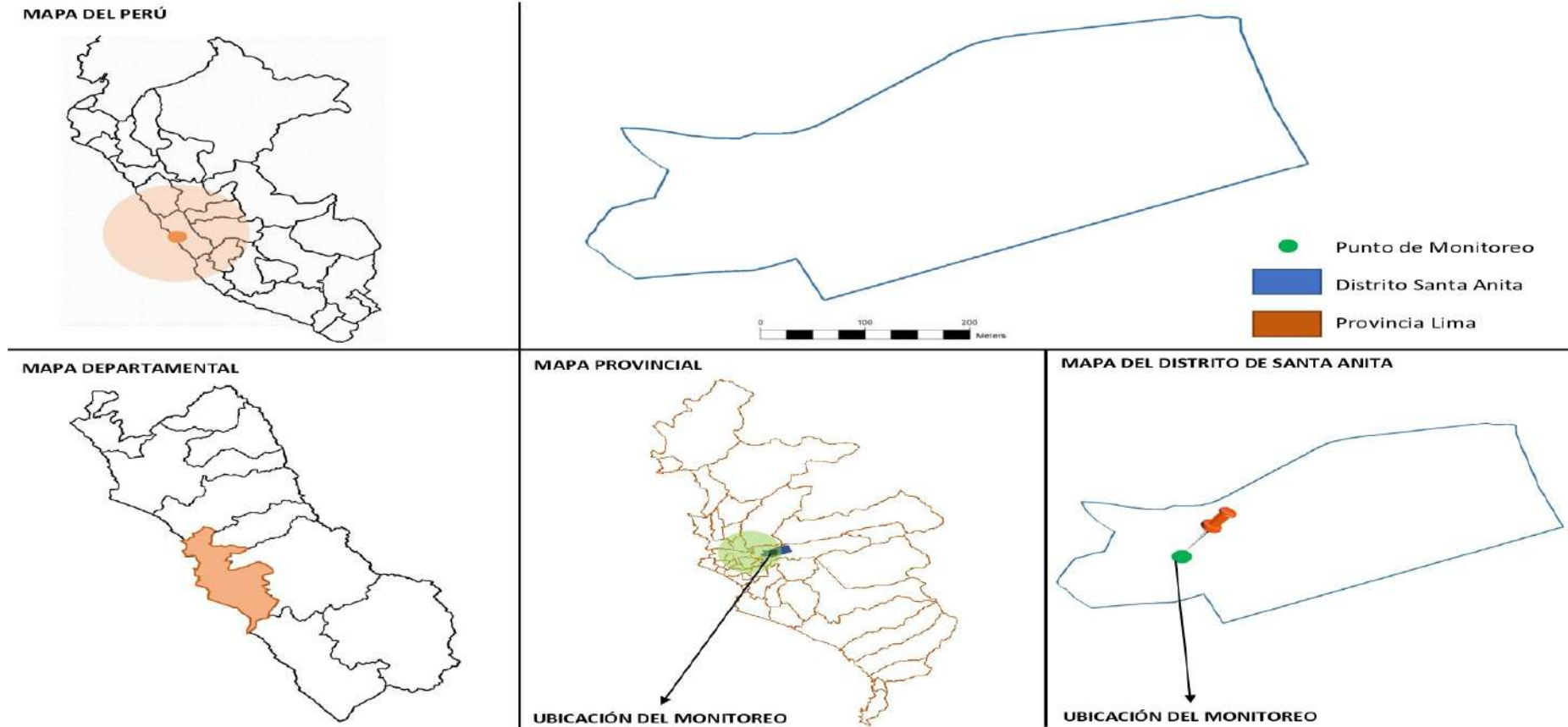
$(X - \mu) = 0.05$ (Para un **5%** de nivel precisión absoluta)⁴

³ La Varianza: Guía práctica para la construcción de muestras (2012, p.9).

⁴ Saraí, Aguilar y Barojas (2005, p .336).

Anexo 4

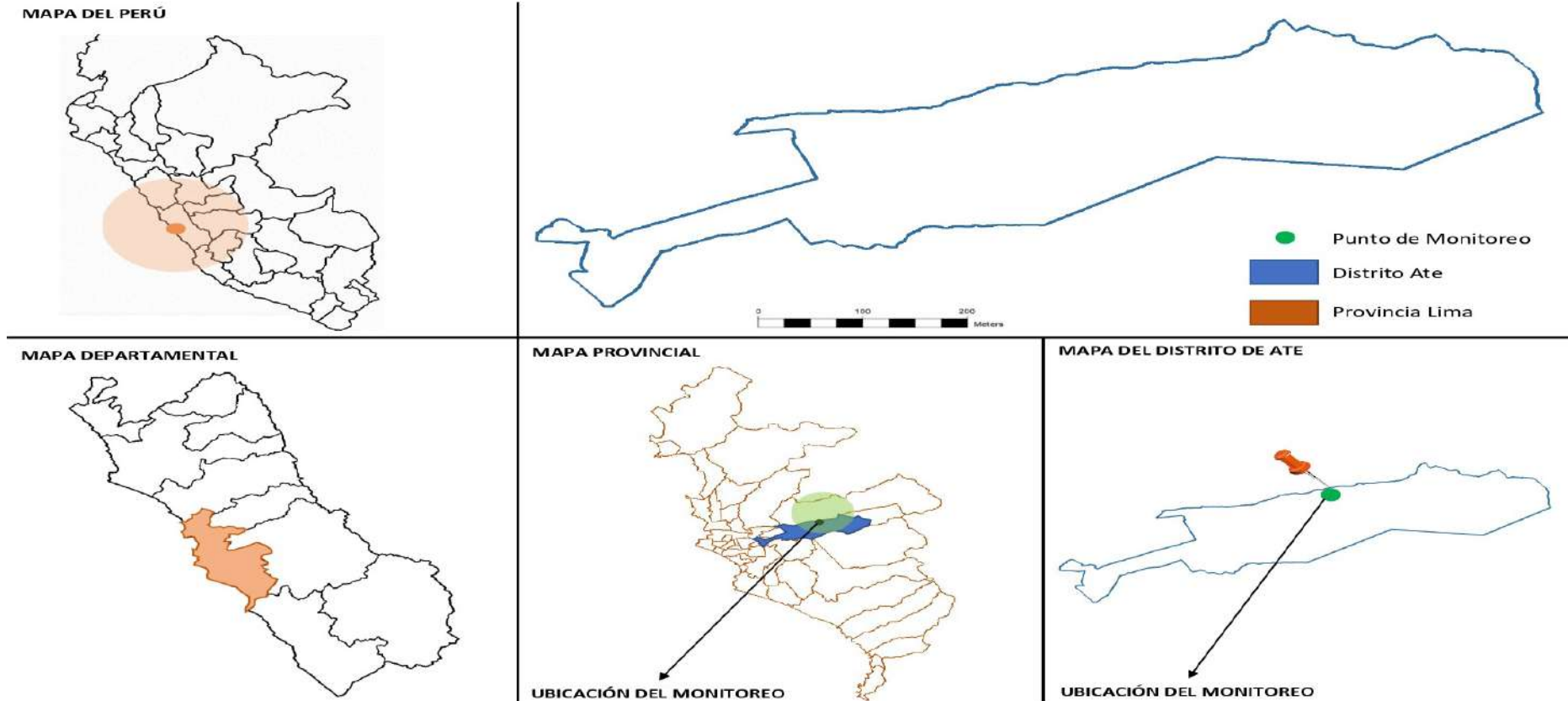
Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Santa Anita



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 5

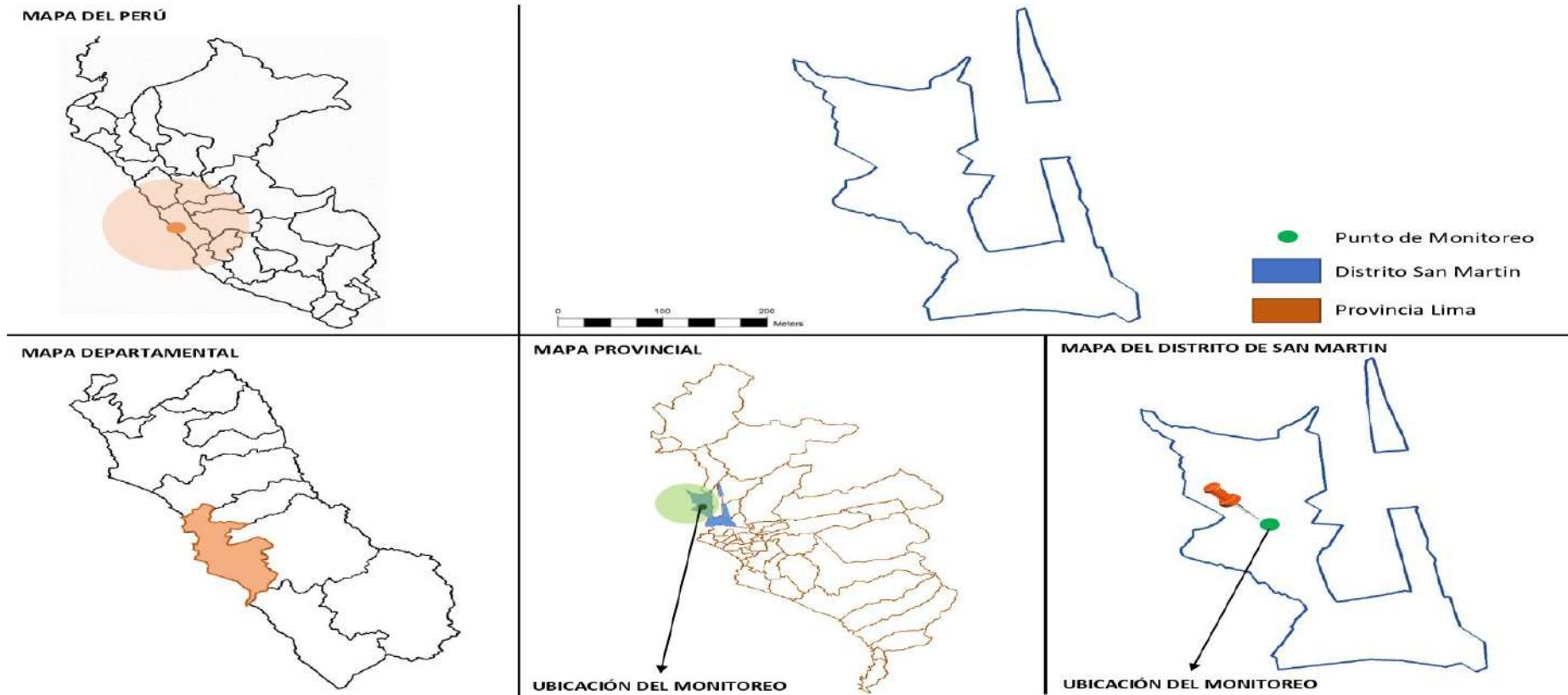
Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Ate



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 6

Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación San Martín Porres

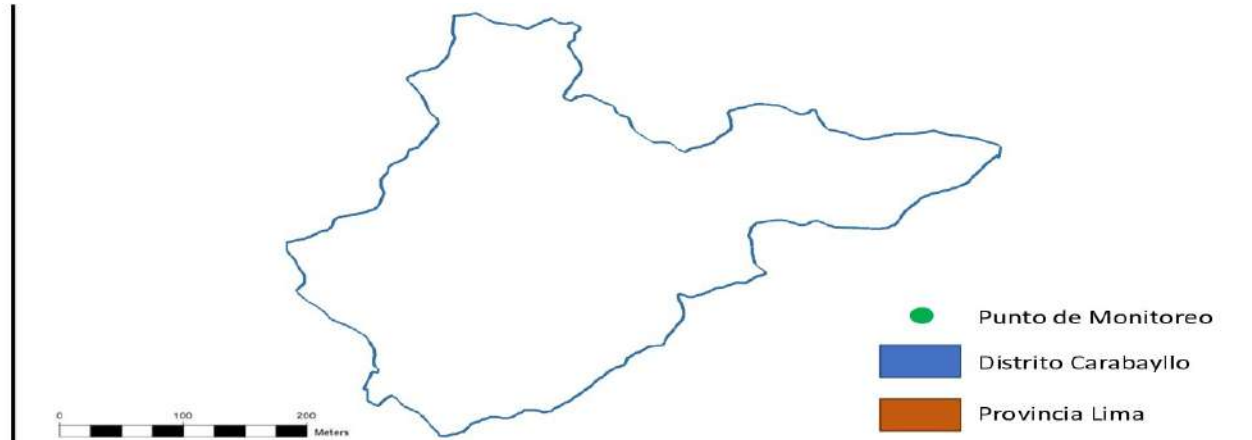


Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 7

Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Carabayllo

MAPA DEL PERÚ



MAPA DEPARTAMENTAL



MAPA PROVINCIAL



MAPA DEL DISTRITO DE CARABAYLLO

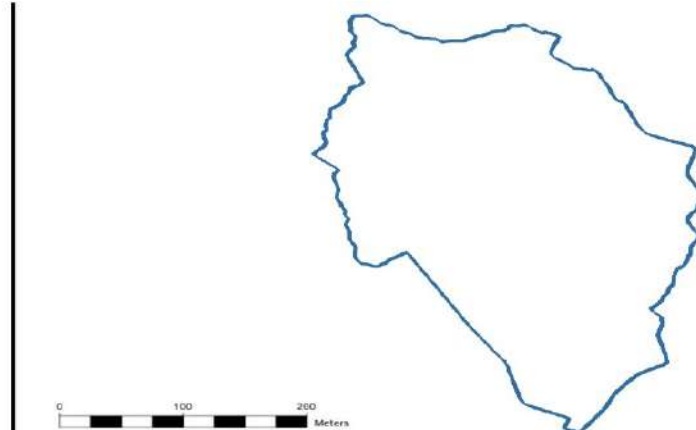


Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 8

Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Villa María del Triunfo

MAPA DEL PERÚ



- Punto de Monitoreo
- Distrito de Villa María Del Triunfo
- Provincia Lima

MAPA DEPARTAMENTAL

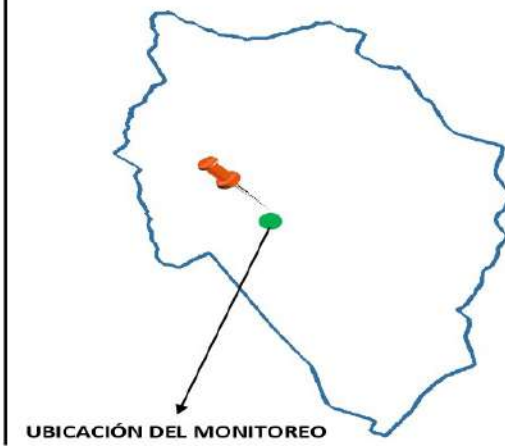


MAPA PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL MONITOREO

MAPA DEL DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO

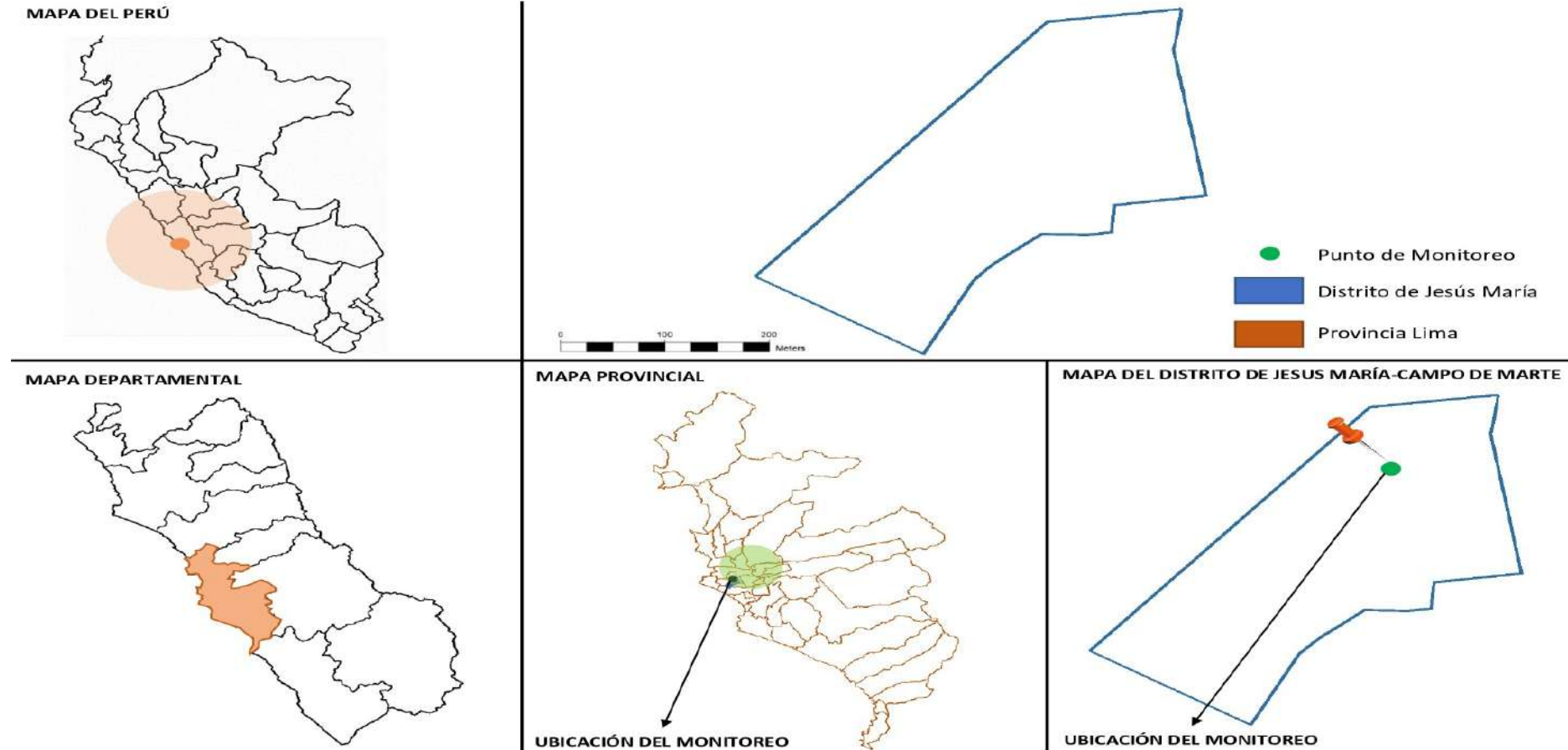


UBICACIÓN DEL MONITOREO

Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 9

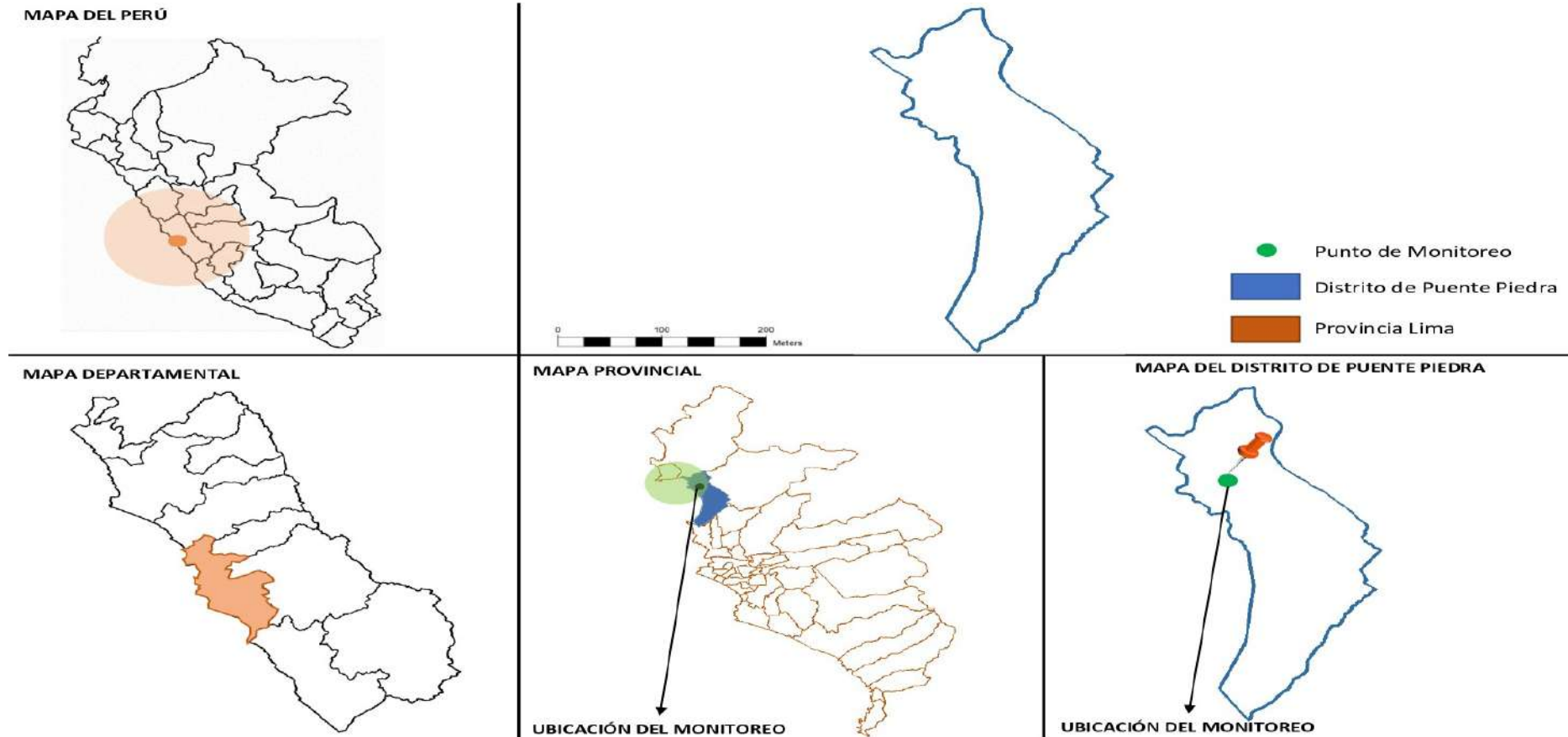
Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Campo de Marte



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 10

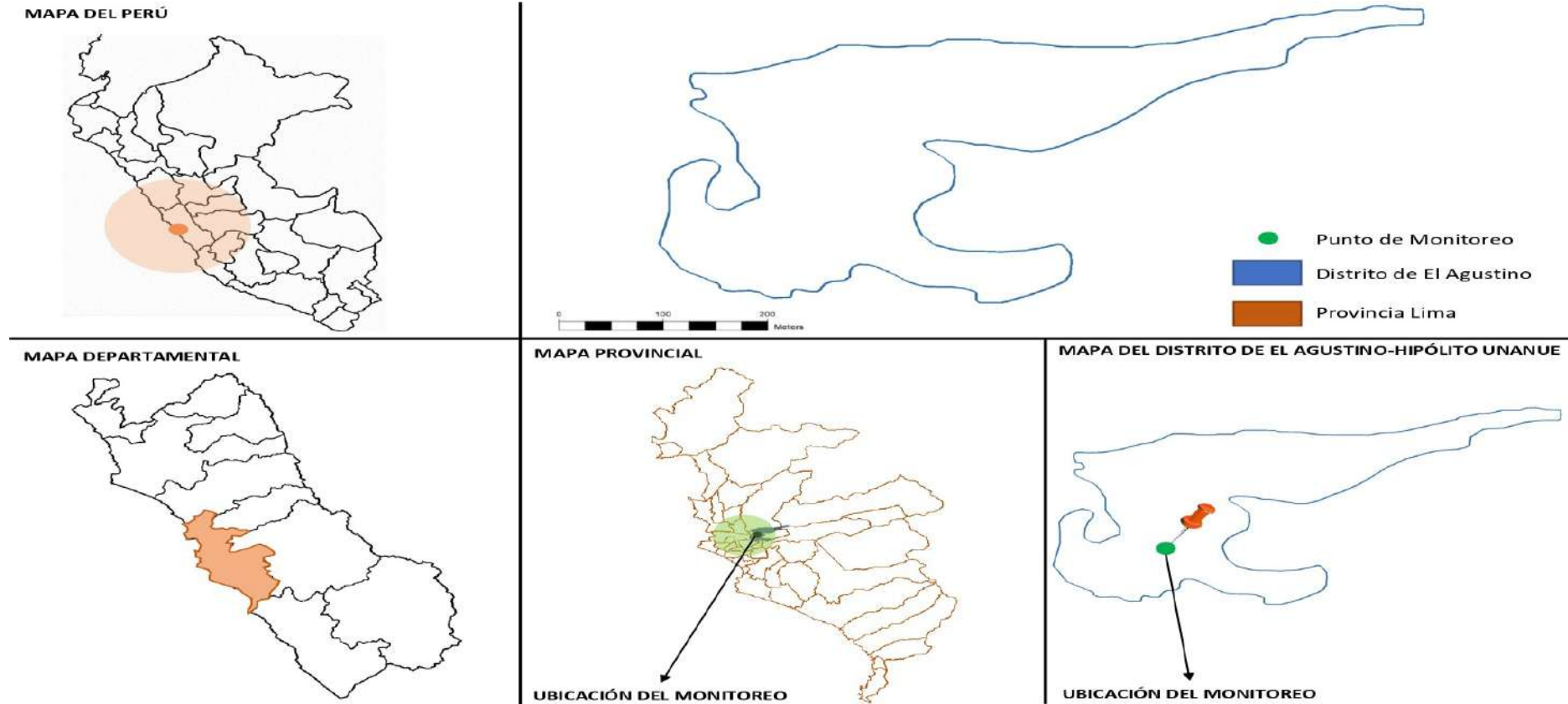
Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación Puente Piedra



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

Anexo 11

Mapa de ubicación del punto de monitoreo-Estación El Agustino



Nota. www.bibliocad.com – Elaboración propia

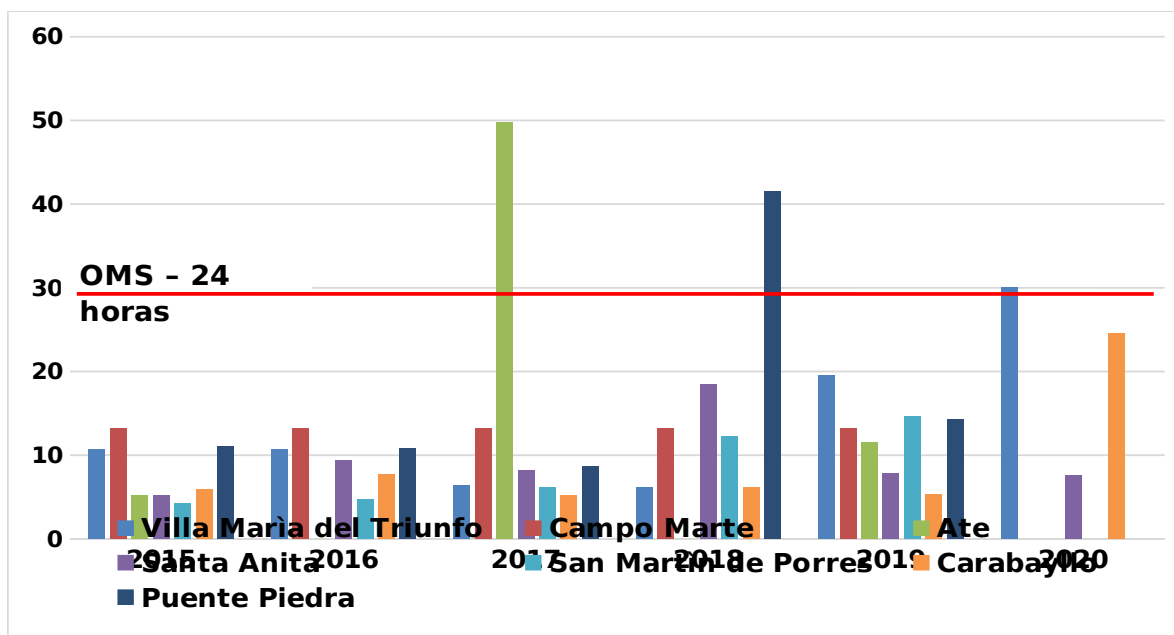
Anexo 12

Indicadores de Bienestar social por punto de monitoreo

Puntos de monitoreo distrital	Población	N ° de hogares	Ingreso familiar per cápita (S/.)	Índice de desarrollo humano (IDH)	Índice Pobreza monetaria (%)
Breña	75 598	25 494	1868.7	0.8121	4.0
Santa Anita	229 835	55 636	1571.8	0.7347	9.6
San Martín de Porres	739 416	176 653	1554.7	0.7420	10.3
El Agustino	203 380	51 766	1428.9	0.6971	16.7
Ate vitarte	684 922	164 985	1425.4	0.6890	17.2
Villa María del Triunfo	452 660	103 277	1409.8	0.6800	16.8
Puente piedra	383 699	87 287	1289.5	0.6633	22.7
Carabayllo	356 854	86 847	1246.5	0.6499	19.2

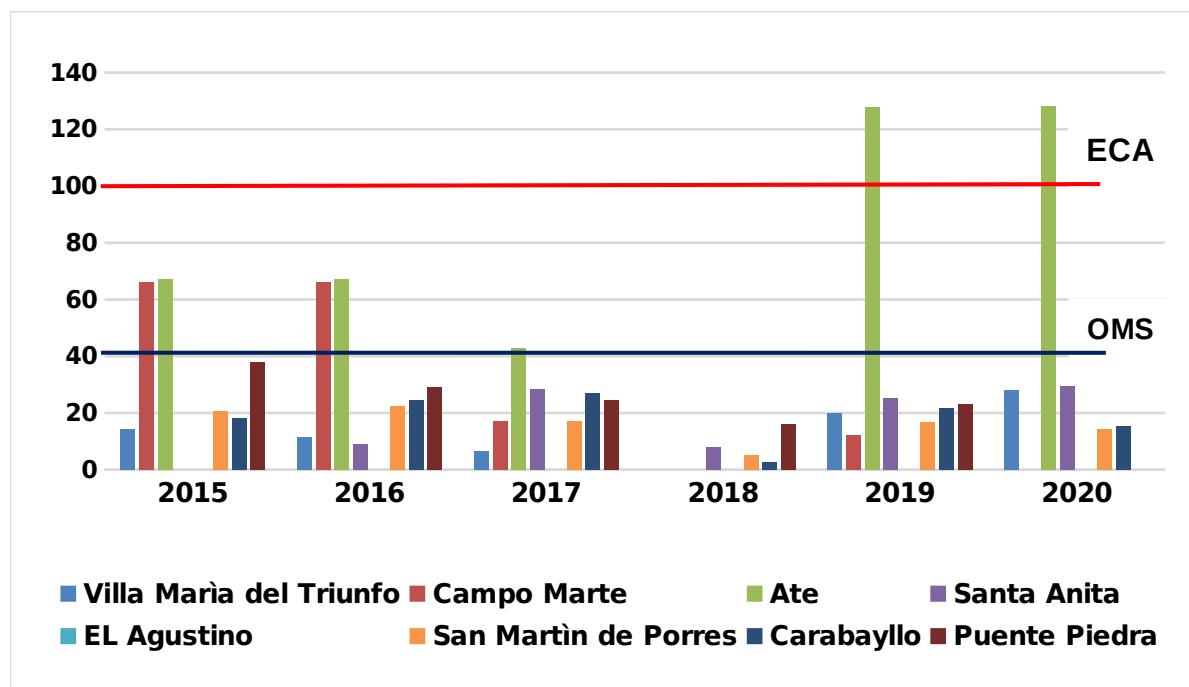
Nota. INEI. Censo de población y vivienda, ENAHO-2019

Anexo 13

Concentración de SO₂ (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020

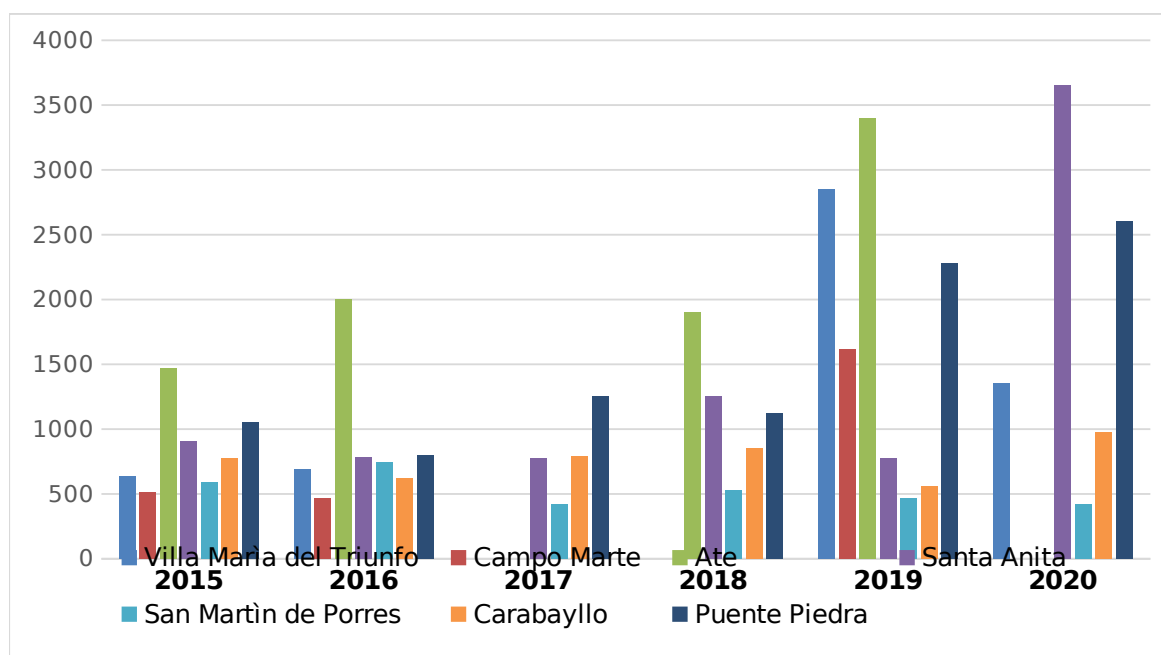
Nota. Elaboración propia—datos SENHAMI (2015-2020)

Anexo 14

Concentración de NO₂ (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020

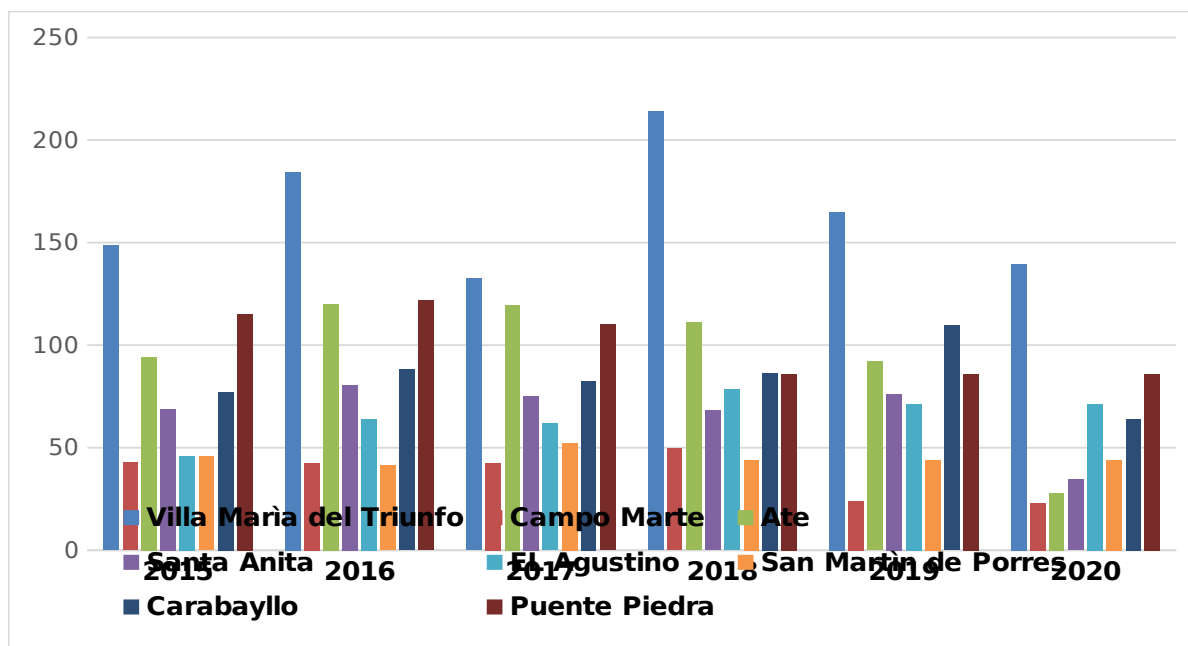
Nota. Elaboración propia—datos SENHAMI (2015-2020)

Anexo 15

Concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en cada punto de monitoreo 2015 – 2020

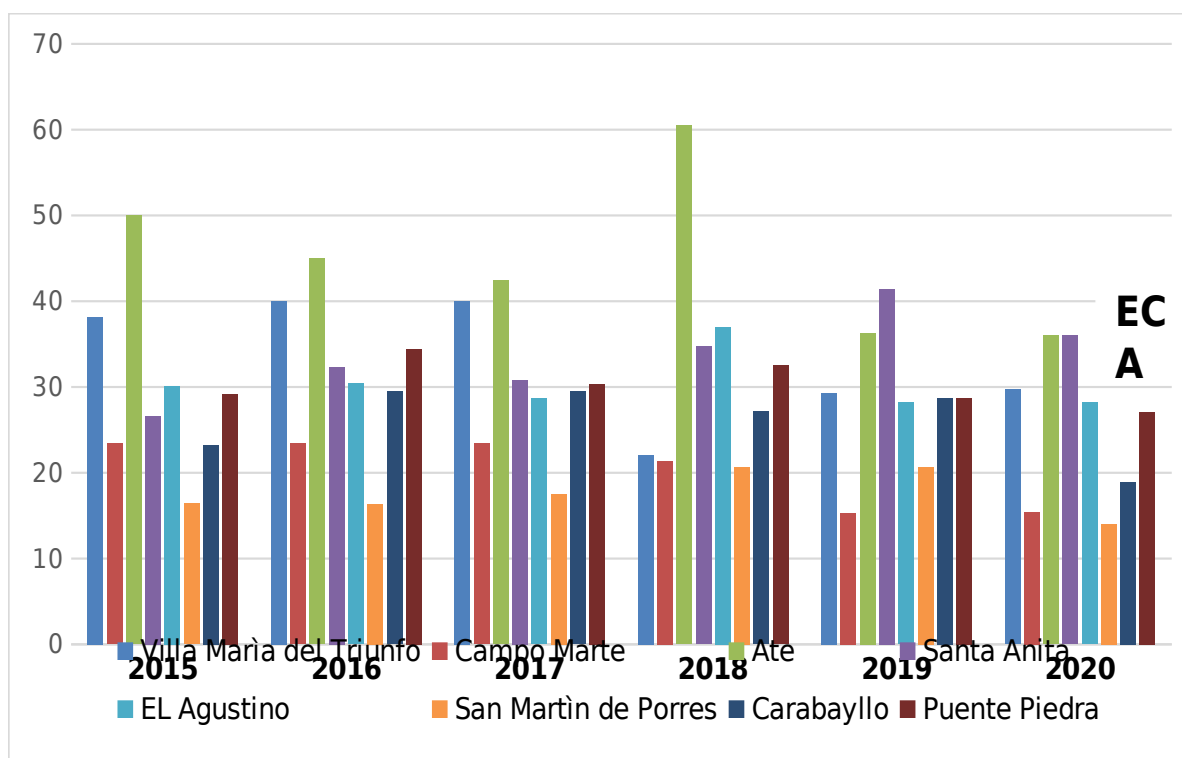
Nota. Elaboración propia—datos SENHAMI (2015-2020)

Anexo 16

Concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020

Nota. Elaboración propia—datos SENHAMI (2015-2020)

Anexo 17

Concentración de PM_{2,5} (µg/m³) en cada punto de monitoreo 2015 - 2020

Nota. Elaboración propia-datos SENHAMI (2015-2020)

Anexo 18

Tipificación peruana de baremos Caras-R - ciudad de Cusco

01 TIPIFICACIÓN ESPAÑOLA 2018. Test de Percepción de Diferencias (CARAS-R)

02 TIPIFICACIÓN ARGENTINA 2018. Test de Percepción de Diferencias (CARAS-R)

03 TIPIFICACIÓN EN HORAS CLÍNICAS DE ADULTOS 2018. Test de Percepción de Diferencias (CARAS-R)

TEST DE PERCEPCIÓN DE DIFERENCIAS (CARAS-R): TIPIFICACIÓN PERUANA

MG. JONATHAN RUIZ CASTRO
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
CENTRO PRE UNIVERSITARIO DE CONSOLIDACIÓN DEL PERFIL DEL INGRESANTE (CPCPI)

FIG. 1 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR ZONAS Y DISTRITOS DE CUSCO.

- Santiago: 5.9%
- Wanchos: 11.8%
- Cusco: 70.6%
- Tito: 5.9%
- San Sebastián: 5.9%

FIG. 2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR LA NATURALEZA DE LAS I.E.

- I.E.P. Muñana: 3.8%
- I.E.P. Vermana: 11.8%
- I.E.P. Moray: 70.6%
- I.E.P. de Convivencia Muñana: 11.8%

FIG. 3 ESTUDIANTES MATRICULADOS EN I.E. PÚBLICAS DE CUSCO (2018).

- Total: 29,248
- Muestra: 6,564 (22.4%)

FIG. 4 TABLA DE CONTINGENCIAS DE RENDIMIENTO EN ACIERTOS Y EN ICI

ICI	BAJO	INATENTO	RENDIMIENTO NORMAL
	NORMAL	COMBINADO	IMPULSIVO
		BAJO	NORMAL
		ACIERTOS	

OBJETIVO DE LA TIPIFICACIÓN PERUANA.

Basarse en el Test de Percepción de Diferencias CARAS-R en estudiantes del nivel primario de 17 Instituciones Educativas Públicas en la ciudad del Cusco, para una muestra representativa para el Perú.

ESTRUCTURA DEL TEST DE PERCEPCIÓN DE DIFERENCIAS CARAS-R (L.L THURSTONE & M.YELA, 2012)

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

MUY ALTO

ALTO

MEDIO ALTO

MEDIO

MEDIO BAJO

BAJO

MUY BAJO

TIPOS DE MEDIDAS DEL CARAS-R

ACIERTOS NETOS

Mide la eficacia real de su sujeto. (TEA Ediciones, 2018)

ERRORES

Es el número de errores cometidos por el sujeto. (TEA Ediciones, 2018)

TIEMPO DE EJECUCIÓN

3 min.

ÍNDICE DE CONTROL DE IMPULSIVIDAD

Este ítem expresa el nivel de control de la respuesta del sujeto a la hora de decidir acerca de la elección del ítem. (TEA Ediciones, 2018)

CONCLUSIONES

- Se tiene un instrumento confiable y válido, con una muestra peruana, con la finalidad de la observación de indicadores en niños con TDAH y déficit de atención.
- Se elaboraron nuevos Baremos a partir de una muestra de tipificación representativa de la población Peruana.
- Instrumento útil para diversas investigaciones (pregrado, posgrado, doctorado) en la región Cusco y en el Perú.
- Continuar con proyectos colaborativos de tipificación peruana con TEA Ediciones – España.

METODOLOGÍA

ENFOQUE INSTRUMENTAL

MUESTREO PROBABILÍSTICO ESTRATIFICADO

ZONAS URBANAS EN CUSCO

TIPIFICACIÓN

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

VARIABLE +ATENCIÓN+

Instrumento

Atención Sostenida (AS)

Índice de Control de Impulsividad (ICI)

Nota. Test de percepción de diferencias (Caras-R): Tipificación peruana, Ruíz Castro, J. (https://www.youtube.com/watch?v=_4-e7BIORD8)

Anexo 19

Resumen de data de aplicación de Test Caras- R en Lima Metropolitana

Id	edad	Sexo	Fecha	Corregido	Aplicador	Baremo	pd_Adiertos	pt_Adiertos	pd_Errores	pt_Errores	pd_Indice de adiertos	pt_Indice de adiertos	pd_Indice de control de la	pt_Indice de control de la
LUR1	12	Mujer	15/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	28	37	1	62	27	42	93	51
LUR1	12	Mujer	15/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	30	50	3	83	27	42	82	23
GEI	12	Varón	22/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	4	1	7	93	-3	2	-27	1
JRG	11	Mujer	23/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	22	14	0	44	22	21	100	94
MUC	11	Varón	23/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	22	14	1	62	21	19	91	41
DRI	11	Varón	23/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	37	75	2	75	35	71	90	39
CAT	12	Mujer	23/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	42	89	0	44	42	91	100	94
IEC	11	Varón	23/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	33	63	0	44	33	66	100	94
ARA	12	Varón	24/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	38	79	2	75	36	73	90	39
JCC	12	Varón	30/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	43	92	6	93	37	76	76	17
MIR	10	Mujer	30/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	24	19	3	83	21	19	78	18
SCQ	12	Varón	30/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	18	6	0	44	18	11	100	94
NXN	12	Varón	30/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	36	72	2	75	34	69	89	35
DCC	12	Varón	31/10/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	34	66	4	88	30	55	79	18
AGP	12	Mujer	3/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	26	26	1	62	25	31	93	51
BYL	12	Mujer	5/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	8	1	7	93	1	2	7	2
DKS	11	Mujer	5/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	29	44	0	44	29	51	100	94
JLC	12	Varón	5/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	31	55	0	44	31	60	100	94
YPG	12	Varón	6/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	41	87	0	44	41	89	100	94
JTP	12	Mujer	6/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	31	55	2	75	29	51	88	33
FGJ	12	Varón	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	29	44	0	44	29	51	100	94
JCL	11	Varón	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	45	94	2	75	43	93	91	41
CTC	12	Varón	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	30	50	3	83	27	42	82	23
AEC	11	Mujer	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	17	5	0	44	17	9	100	94
JRJ1	11	Varón	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12)	39	82	0	44	39	83	100	94

ELT	11	Varón	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	31	55	1	62	30	55	94	58
BYL1	12	Mujer	7/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	34	66	2	75	32	63	89	35
DYQ	11	Varón	9/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	31	55	1	62	30	55	94	58
JEA	12	Mujer	17/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	3	1	3	83	0	2	0	2
MIR2	10	Mujer	17/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	23	17	1	62	22	21	92	44
DTM	11	Varón	20/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	30	50	1	62	29	51	94	58
DMM	11	Mujer	22/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	34	66	0	44	34	69	100	94
MFD	12	Mujer	24/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	16	4	0	44	16	7	100	94
SMQ	11	Mujer	24/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	38	79	0	44	38	79	100	94
VMV	12	Mujer	24/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	22	14	2	75	20	15	83	24
DLP	12	Mujer	24/11/2020	SI	1.868E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	35	69	1	62	34	69	94	58

Id	edad	Sexo	Fecha	Corregido	Aplicador	Baremo	pd_Aciertos	pt_Aciertos	pd_Errores	pt_Errores	pd Índice de aciertos netos	pt Índice de aciertos netos	pd Índice de control de la impulsividad	pt Índice de control de la impulsividad
LURL	12	Mujer	15/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	28	37	1	62	27	42	93	51
JCC	12	Varón	30/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	43	92	6	93	37	76	76	17
MIR	10	Mujer	30/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	24	19	3	83	21	19	78	18
SCQ	12	Varón	30/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	18	6	0	44	18	11	100	94
NXN	12	Varón	30/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	36	72	2	75	34	69	89	35
NTF	11	Mujer	22/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	30	61	0	38	30	65	100	94
PAM	10	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	27	54	0	31	27	65	100	95
NFT	11	Mujer	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	32	69	1	53	31	69	94	61
LVG	11	Mujer	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	31	65	0	38	31	69	100	94
YBG	11	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	26	37	1	53	25	43	93	55
JRG	11	Mujer	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	22	14	0	44	22	21	100	94
JAE	10	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	22	30	0	31	22	42	100	95
MUC	11	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	22	14	1	62	21	19	91	41
DRI	11	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	37	75	2	75	35	71	90	39
VPT	10	Mujer	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	26	47	2	58	24	51	86	47
CAT	12	Mujer	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	42	89	0	44	42	91	100	94
IEC	11	Varón	23/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	33	63	0	44	33	66	100	94
DCA	10	Mujer	24/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	33	72	0	38	33	75	100	94
XAG	10	Mujer	24/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	7	1	11	92	-4	4	-22	2
TAT	10	Varón	24/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	51	99	0	31	51	98	100	95
ARA	12	Varón	24/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	38	79	2	75	36	73	90	39
DPC	10	Mujer	25/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	28	61	2	58	26	60	87	49
GPO	11	Varón	26/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	36	80	1	53	35	79	95	66
DAS	10	Mujer	26/10/2020	Si	1.86792E+30	Baremo general, V+M, 6º Primaria (11-12 años)	32	77	2	58	30	75	88	51

Nota. Data obtenida de la plataforma virtual de la editorial Tea Ediciones,2020

Test de percepción de diferencias-Revisado "Caras-R"- Aplicación on line

INSTRUCCIONES

⏸ ⏪ ⏩ ⏹

¿Qué hay que hacer?

En Los siguientes ejercicios encontrarás una fila con tres caras dibujadas. Una de las caras es diferente a las otras dos.

Tú tendrás que buscar cuál de las tres caras es diferente.

Cuando hayas decidido qué cara es diferente tendrás que marcarla en la pantalla, como se muestra en el ejemplo 1.

Ejemplo 1

Marca la cara que es diferente a las otras dos.

😊

😊

😊

¿Ves el motivo por el cual la cara del medio está marcada?

En este ejemplo la **respuesta correcta** es la cara del medio porque la parte de la boca es distinta.

Ahora pulsa la flecha e intenta resolver el ejemplo 2.

➔

Ejemplo 2

Fíjate bien en las tres caras. Marca la que es diferente a las otras dos.

⏸ ⏪ ⏩ ⏹

¡CORRECTO!

Efectivamente, la cara que es diferente a las otras dos es la que está a la derecha, ya que la **dirección del pelo** es diferente.

Ahora pulsa sobre la flecha para continuar.

😊

😊

😊

➔

INSTRUCCIONES

⏸ ⏪ ⏩ ⏹

A continuación encontrarás otros dibujos parecidos para que te acostumbres a la dinámica de la prueba.

Ejemplos

Cejas

😊

😊

😊

Boca

😊

😊

😊

Pelo

😊

😊

😊

Pelo

😊

😊

😊

Ojos

😊

😊

😊

Boca

😊

😊

😊

Nota: Plataforma virtual: Editorial Tea Ediciones

Anexo 20

Formato de Informe de resultados: Test Caras-R



Autores:
Informe: Dpto. de I+D+i
Solución informática: X. Minguijón
Diseño: R. Sánchez



PERFIL

CARAS-R
 Test de Autoevaluación de Responsabilidad Social

Id: XXX

Edad: **Sexo:** Mujer **Fecha de aplicación:** 01/06/2020

Baremo: Baremo general, V+M,

Responsable de la aplicación:



Nota: Pc (percentil), escala ordinal.

Anexo 21

Criterios de clasificación de los eneatis- Test Caras R

Eneatis	Nivel	Percentil (%)
9	Muy alto	97-99
8	Alto	84-97
7	Medio alto	70-84
4-5-6	Medio	30-70
3	Medio bajo	16-30
2	Bajo	3-16
1	Muy bajo	1-3

Nota. Thurstone y Yela (2019)-Caras-R: Test de Percepción de Diferencias

Cantidad de colegios según su eneatis

Nivel	Eneatis	n ° colegios
Regular	3	3
Medio	4-5-6	10
Medio alto	7	1

Nota. Elaboración propia

Anexo 22

Frecuencia y períodos de monitoreo para redes automáticas continuas

Tipo de tecnología	Tipo de monitoreo	Periodo a promediar (en base al ECA)	Mínima suficiencia de información válida requerida	Frecuencia mínima por muestra o registro
Automática	Continuo	1 hora	>75% (45 minutos)	Continua
		8 horas	>75% (6 horas)	Continua
		24 horas	>75% (18 horas)	Continua
		Mensual	>75% (23 días)	Continua
		Anual	>75% (9 meses)	Continua
Manual	Discontinuo	1 hora	>90% (54 minutos)	Una muestra horaria cada 6 días
		8 horas	>90% (7 horas)	Una muestra octohoraria cada 6 días
		24 horas	>90% (22 horas)	Una muestra diaria cada 6 días
		Mensual	>14% (5 días)	Sobre la base de muestreos diarios: Una muestra diaria cada 6 días, o Sobre la base de muestreos mensuales: Una muestra integrada de un mes ¹²
		Anual	>14% (2 meses)	Sobre la base de muestreos diarios: • Una muestra diaria cada 6 días, o • 30 muestras diarias contiguas para verano y 30 muestras diarias contiguas para invierno, o Sobre la base de muestreos mensuales: Una muestra integrada de un mes para verano y una muestra integrada de un mes para invierno

Nota. D.S n°010-2019-Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad de aire

Anexo 23

Prueba de Normalidad

Variables: Contaminaci3n - Percepci3n

Explore

[DataSet0]

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Contaminaci3n	8	100.0%	0	.0%	8	100.0%
Percepci3n	8	100.0%	0	.0%	8	100.0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Contaminaci3n	.160	8	.200*	.979	8	.959
Percepci3n	.129	8	.200*	.980	8	.961

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

→ Contaminaci3n

Contaminaci3n Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

Nota. Software estadístico SPSS

Prueba de Normalidad

Variables: Contaminación – Atención

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Contaminación	.160	8	.200*	.979	8	.959
Atención	.151	8	.200*	.966	8	.866

*. This is a lower bound of the true significance.
 a. Lilliefors Significance Correction

Contaminación

Contaminación Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem & Leaf
4.00	0 . 0578
3.00	1 . 335
1.00	2 . 1

Stem width: 1000.00
 Each leaf: 1 case(s)

Nota. Software estadístico SPSS

Anexo 24

Biomarcadores de exposición, vías y matrices biológicas

Biomarcador de exposición	Compuestos padre	Fuentes y vías de exposición	Matrices biológicas
Metales			
Cadmio (Cd)	*	Exposición a través de la dieta a base de pescado, aire contaminado o vía dérmica	Sangre, orina, pelo
Mercurio (Hg), metil mercurio (mHg)	*		
Arsénico (Ar)	*		
Plomo (Pb)	*		
Plaguicidas			
3,5,6-tricloro-2-piridinol (TCPy)	Clorpirifos	Exposición a través de la dieta, inhalación de aire interior y ambiental	Orina, sangre, suero, plasma y pelo
ácido 3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxílico (cis/trans DCCA)	Deltametrina		
ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	*		
Dimetil fosfato (DMP)	Organofosforados		
Retardantes del Fuego Bromados (BFRs)			
Bis(1,3-dicloro-2 propilo)fosfato (DCPP)	Tris (1,3-dicloro-2-propilo) fosfato (TDCPP)	Ingestión de alimentos contaminados e inhalación de aire contaminado interior y ambiental	Orina
Ftalatos			
Monoetil ftalato (MEP)	Dietil ftalato (DEP)	Exposición a través de la dieta y otras vías en función del estilo de vida (uso de cosméticos, productos de cuidado personal, etc.)	Orina
Mono-n-butil ftalato (MBP)	Dibutil ftalato (DBP)		
Compuestos perfluorados (PFOs)			
N-metil-perfluorooctano sulfonamida (Me-PFOSA)	*	Exposición a través de la dieta e inhalación de aire interior y ambiental	Sangre, suero, plasma y leche materna
Fenoles ambientales			
Bisfenol A	*	Exposición a través de la dieta, aguas potables cloradas e inhalación de aire	Orina
2,5-diclorofenol (2,5-DCP)	1,4-diclorobenceno		
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAHs)			
1-hidroxi-fenantreno (1PHE)	fenantreno	Exposición a través de la dieta, aguas e inhalación de aire	Orina
Productos de cuidado e higiene personal			
Methyl 4-hidroxibenzoato (metilparaben MP)	*	Exposición por vía dérmica o por inhalación aerosoles	Sangre, suero, plasma, leche materna y orina
Bis (2,4-dihidroxifenil) etanone (BP-2)	BP-3		
* El biomarcador es el compuesto original libre o conjugado			

Nota. Biomonitorización humana de contaminantes ambientales (Roca, 2013, p. 62)

Anexo 25

Metodología para la interpolación espacial de Kriging de la calidad del aire urbano

Kriging es una técnica de interpolación óptima si sus datos cumplen ciertos criterios: deben tener una distribución normal, sus datos deben ser estacionarios y no pueden tener tendencias.

La clave de Kriging es el semi variograma

Los semi variogramas cuantifican la autocorrelación porque grafican la varianza de todos los pares de datos según la distancia.

Etapas a aplicar:

1era etapa: Se realiza un análisis exploratorio de los datos muestrales de contaminación, donde se obtienen las propiedades de centralidad, dispersión y forma de su distribución.

2da etapa: Se aplica un análisis estructural de los mismos, mediante la construcción del semi variograma, para desvelar si la semivarianza cambia sólo con la distancia o en función de la dirección. El objetivo ahora estriba en obtener una serie de estadísticos e identificar las direcciones de máxima y mínima continuidad espacial; para luego elegir los puntos que se utilizarán para estimar el valor de cada lugar.

Se puede detectar anisotropía espacial o se optaría por el modelo isotrópico, en el que sólo se tendría en cuenta la variación de los valores en función de la distancia.

3ra etapa: Se aplican dos métodos de interpolación seleccionados, uno, determinista, exacto y local, la media ponderada por el inverso de la distancia (IDW), y otro, un método geoestadístico y analítico, el Kriging ordinario, que tiene en cuenta la autocorrelación espacial de la variable a interpolar.

El objetivo es confrontar sus resultados y dirimir la aceptabilidad de cada uno de ellos, adoptando criterios estadísticos convencionales, como la bondad de ajuste, y otros geográficos.

En el Kriging ordinario los pesos se calculan mediante la función del semi variograma, cuyo ajuste más frecuente se realiza mediante el modelo esférico, que adopta la siguiente expresión matemática (Cañada et al., 2014):

$$\gamma(h) = \begin{cases} \theta_s \left[\frac{3}{2} \frac{h}{\theta_r} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\theta_r} \right)^3 \right] & \text{si } 0 \leq h \leq \theta_r \\ \theta_s & \text{si } \theta_r < h \end{cases}$$

Anexo 26

Presencia de partículas ultrafinas (UFP) y su influencia con las capacidades cognitivas en los niños de educación de primaria de escuelas públicas en el distrito de Villa María del Triunfo

1. Diseño Metodológico

La investigación sería de tipo cuantitativa, cuasi experimental porque se tomarán los datos tal y como se manifiestan las variables en su estado natural, en las diferentes instituciones educativas estatales que se han tomado como unidad de estudio. Será una investigación longitudinal de cohorte retrospectivo.

2. Diseño Muestral

Población:

La población de estudio está conformada por todos los estudiantes de primaria de las instituciones educativas públicas, en el distrito de Villa María del Triunfo por tener gran congestión vehicular y su cercanía a zonas industriales.

Unidad de Muestreo:

Las escuelas a monitorear deberían estar cerca a zonas de alta, media y baja exposición a contaminantes atmosféricos. Estudiantes del 3ro al 6to grado de primaria de las instituciones educativas públicas, para dar seguimiento y por las pruebas de Pirometría.

Muestra:

La muestra de estudio se determinará de forma probabilística. Seguidamente se realiza un muestreo estratificado, ya que se trabajarán con grupos del 3ro al 6to grado de primaria. Se calculará el tamaño de la muestra a través de un muestreo aleatorio simple con población finita, determinado por el modelo de distribución normal.

3. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

- **Monitoreo ambiental**

Monitor de partículas ultrafinas

Pirometría: Espirómetro

- **Evaluación de capacidades cognitivas**

Uso de test cognitivos para medir memoria, atención y concentración.

Anexo 27

Solicitud de autorización para recolección de datos en colegios

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Estimado director

Estoy desarrollando una Tesis Doctoral de Educación acerca de la relación que hay entre las capacidades cognitivas de los estudiantes de educación primaria y la contaminación química del aire para la Universidad San Martín de Porres, para fines netamente académico de investigación.

En este caso solo me enfocaré a evaluar solo la variable de las capacidades cognitivas ya que aún los colegios están operando virtualmente. Para ello te adjunto la especificación de los Test a aplicar:

1. CARAS-R Test de Percepción de Diferencias-Revisado (Aplicación on-line).

Ventajas :

1. Este tipo de evaluaciones cognitivas suelen tener un costo por alumnos, costo que yo estoy asumiendo para temas de investigación, pero que serán de mucho valor para los padres de familia, ya que se brindara un informe que detalla las capacidades cognitivas de percepción, atención, memoria e índice de impulsividad en el niño , vitales para su aprendizaje a temprana edad, que muchas veces culpan a los colegios , pero son otros factores externos que influyen.

2. Gracias al convenio que tengo con el Centro especializado de CESAM ellos están dispuestos a brindar la asesoría y capacitación gratuita a los padres, justamente para explicarles los resultados de los informes a los padres y como hacer frente a cualquier inconveniente que pueda perjudicar en su aprendizaje.

Así mismo le detallo lo que se requiere:

- Enviar la invitación a los padres de familia, para que ellos registren a sus niños, a través de un formulario Google que se encuentra enlazado en el PDF.
- Cada niño debe contar con PC o Lap Top para rendir la evaluación, ya que no se puede rendir desde el celular.
- Adjunto una ficha de consentimiento de los padres de familia.

Muchas gracias por el apoyo, le estaré muy agradecida de contar con esta información para enviar las invitaciones.

Atentamente ,



Ing. Miriam Bravo Orellana
932437152

Nota. Elaboración propia

Anexo 28

Formato de Consentimiento informado para padres

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ Identificado con documento de identidad _____ en base a lo expuesto en el presente documento, autorizo voluntariamente a mi menor hijo _____ a participar en la aplicación del los test (CARAS-R : 4to, 5to y 6to grado de primaria) , y (CSAT-R , solo para 5to grado primaria) realizado por Ing. Miriam Bravo Orellana, con el fin de recolectar información para una Tesis Doctoral , con fines educativos.

He sido informado(a) de los objetivos, alcance y resultados esperados de este estudio y de las características de la participación de mi hijo. Reconozco que la información que provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y anónima. Además, esta no será usada para ningún otro propósito fuera de este estudio.

Entiendo que una copia de este documento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

Firma del participante

Investigador Responsable

Nota. Elaboración propia

Anexo 29

Consentimiento firmado por padres de familia

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Ivan Contreras Rosales Identificado con documento de identidad 42254964 en base a lo expuesto en el presente documento, autorizo voluntariamente a mi menor hijo Jordán Leonardo Contreras Cordova a participar en la aplicación de los test (CARAS-R : 4to, 5to y 6to grado de primaria) , y (CSAT-R ; sólo para 5to grado primaria) realizada por Ing. Miriam Bravo Orellana, con el fin de recolectar información para una Tesis Doctoral , con fines educativos.

He sido informado(a) de los objetivos, alcance y resultados esperados de este estudio y de las características de la participación de mi hijo. Reconozco que la información que provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y anónima. Además, esta no será usada para ningún otro propósito fuera de este estudio.

Entiendo que una copia de este documento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.



Firma del participante



Investigador Responsable

Nota. Elaboración propia

Anexo 30

Carta de presentación a la editorial: TEA EDICIONES



Santa Anita, 06 de octubre de 2020

Señores

EDITORIAL: TEA EDICIONES

PROCEDENCIA. ESPAÑA

Presente.-

De mi consideración:

*Me dirijo a usted saludándole cordialmente y al mismo tiempo, comunicarle que doña Miriam BRAVO ORELLANA, con Código de Matrícula N° 2019228915, estudiante del Doctorado en Educación del Instituto para la Calidad de la Educación, se encuentra desarrollando su Tesis titulada: **“LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU INFLUENCIAS EN LAS CAPACIDADES COGNITIVAS DE LOS ESCOLARES DEL DISTRITO DE ATE VITARTE”**, motivo por el cual, solicito brindar las facilidades de acceso para la recolección de datos para el desarrollo de su tesis.*

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi consideración y estima personal.

Atentamente





Dr. Oscar Rubén Silva Neyra
 Secretario

Instituto para la Calidad de la Educación
Jr. Las Calandrias 151-291, Santa Anita
 Telef: 4781751 – 3620064
 educacion@usmp.pe

Nota. ICED

Anexo 31

Carta de Autorización para uso de test por la editorial: TEA EDICIONES



Por la presente TEA Ediciones S.A.U. da su **autorización** a Miriam Bravo Orellana, con Código de Matrícula N° 2019228915, estudiante del Doctorado en Educación del Instituto para la Calidad de la Educación, para la utilización de la **prueba CARA-R, Test de percepción de diferencias – revisado**, autor L.L. Thurstone, q4 en su Tesis titulada: “LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AIRE Y SU INFLUENCIAS EN LAS CAPACIDADES COGNITIVAS DE LOS ESCOLARES DEL DISTRITO DE ATE VITARTE”.

Tal permiso se concede limitado por las siguientes condiciones:

1. El permiso de utilización se concede únicamente para los **finés de la investigación** anteriormente expuesta.
2. Los materiales serán adquiridos de acuerdo al cauce habitual de comercialización y la investigadora se compromete al uso de material original y respetando los derechos de propiedad intelectual.
3. En ningún caso se autoriza un **uso comercial** del instrumento ni la divulgación, lucrativa o gratuita, por ningún medio escrito o informático.

Madrid, a 14 de octubre de 2020



Fdo. Dña. M^a Ángeles Pérez Gómez
Psicóloga-Consultora
Responsable Comercio Internacional

Nota. Editorial TEA EDICIONES

Anexo 32

Carta de presentación de la USMP a SENHAMI



Lima, 08 de enero de 2021.

OFICIO N° 011-2021-D-ICED-USMP

Señor
GERENTE GENERAL DEL SENAMHI
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted y al mismo tiempo presentarle a la Srta. Miriam BRAVO ORELLANA con DNI: 10468799, quien es estudiante de Doctorado en Educación del Instituto para la Calidad de la Educación de la USMP.

La mencionada estudiante está desarrollando una investigación titulada "La contaminación química del aire y su influencia en las capacidades cognitivas de los escolares del distrito de Ate Vitarte", para lo cual requiere de su gentil y amable autorización para la recolección de datos relacionados con el desarrollo de la tesis.

Aprovecho de esta ocasión para agradecerle por anticipado la atención favorable a la presente y, me suscribo como su seguro y atento servidor.

Atentamente

Dr. Vicente Justo Pastor Santivañez
 Director

VICENTE JUSTO
 PASTOR
 SANTIVAÑEZ
 LIMAS
 2021.01.11
 10:19:23 -05'00'

Instituto para la Calidad de la Educación
 Jr. Las Calandrias 151-291, Santa Anita
 Telef: 4781751 – 3620064
 educacion@usmp.pe

Nota. ICED

Anexo 33

Declaración Jurada para acceso a data estadística en SENHAMI

PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA

DECLARACION JURADA

Yo, BRAVO ORELLANA Miriam identificado (a) con DNI
 N° 10468799 con domicilio en Calle Edileo Saldaña en el Distrito de
LA MOLINA Provincia de LIMA Departamento
LIMA

DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE

La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de mi trabajo/proyecto/tesis titulado (a) "La Contaminación Química del Aire y su influencia en las capacidades cognitivas de los exodors" de la Universidad/Instituto Son Martín de Porres.

Lima 14 de Octubre del 2020.

[Firma]
Firma del Usuario

DIRECTIVA N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

8

Nota. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Anexo 34

Formato de solicitud de data estadística a SENAMHI

GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DEL PERU – SENAMHI

Presente. -

MIRIAM BRAVO ORELLANA

(Nombres y Apellidos)

CALLE GALILEO GALILEI 172 – SANTA PATRICIA

(Dirección)

con N.º DNI: .10468799..... Telf.: 932437152 E-mail: mibraddlt@yahoo.es

Universidad/ Instituto: Universidad San Martín de Porres

Carrera/ Profesión: Ingeniera Química

Ante usted me presento y expongo;

Que, (detallar el estudio, nombre del proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

Estando en etapa de recolección de datos, para mi Tesis de Doctorado en Educación, titulado La Contaminación Química del aire y su influencia en las capacidades cognitivas de los escolares.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	Parámetros contaminantes 1. Material Particulado menor a 10 micras (PM10) 2. Material Particulado menor a 10 micras (PM10) 3. Dióxido de Azufre SO2 4. Óxidos de Nitrógeno NO2 5. Monóxido de Carbono	ug / m3	2015 -2020 Mensual y Diario x cada año
ATE		Microgramo/ m3	2015 -2020 Mensual y Diario x cada año
CAMPO DE MARTE (JESUS MARÍA)		2015 -2020 Mensual y Diario x cada año	
		2015 -2020 Mensual y Diario x cada año	
		2015 -2020 Mensual y Diario x cada año	

	CO 6. Ozono Troposférico O3		
MARIA DEL TRIUNFO/ATE/CAMPO DE MARTE	Parámetros meteorológicos 7. Temperatura ambiente (Temperatura: °C) 8. Velocidad del viento (Vel. viento - m/s) 9. Dirección del viento (Dir. viento - °) 10. Humedad relativa del aire (Humedad relativa - %) 11. Precipitación	Temperatura: °C Vel. viento - m/s Dir. viento - ° Humedad relativa - %	2015 -2020 Mensual y Diario x cada año

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Lima, 17 deEnero del 2021.



.....
Firma del Usuario