



Universidad Nacional

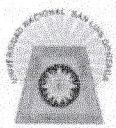
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021”

Presentado por:

NIKITA PAOLA MENDOZA BONIFACIO

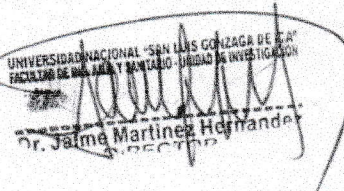
ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 19 % por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 21 junio de 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA DE E.A."  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA - UBICADO EN INVESTIGACION  
  
Dr. Jaime Martínez Hernández  
DIRECTOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE  
LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO Y O<sub>3</sub> EN  
LA CALIDAD DEL AIRE DEL DISTRITO DE ICA, AÑO 2021”**

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

**AUTOR:**

**Bach. NIKITA PAOLA MENDOZA BONIFACIO**

**ICA, PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico de todo corazón a mi madre, Miriam Viviana Bonifacio Tito, pilar importante en mi vida y carrera profesional, por su apoyo incondicional, sus consejos, su ayuda en los momentos más difíciles en este largo camino. Sin su apoyo no hubiera logrado nada de lo que hoy en día soy como profesional y persona. En ella tengo el espejo en la cual me quiero reflejar, pues la valentía, sabiduría y virtudes infinitas me hacen admirarla por siempre.

A mis hermanas, que me han acompañado en este sin fin de obstáculos, por estar apoyándome con sus consejos y apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme tener cada experiencia buena y mala en todo este camino de la vida universitaria.

Familia, amigos, personas importantes en mi vida, agradecerles por ser de apoyo para que este reto haya sido logrado, cada uno ayudándome de manera distinta pero significativa.

A los docentes de mi Universidad por ser los guías de mi carrera profesional, por brindarme los conocimientos que se necesitan, para desenvolverse en este gran y exigente reto que es el campo laboral.

La labor de los docentes se ven reflejadas en este grupo de graduados y como prueba sólida, esta tesis que perdurará dentro de los conocimientos y el desarrollo de las demás generaciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>

## INDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>12</b>
1.1.1. Formulación del problema.....	13
<b>1.2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>13</b>
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional .....	13
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional .....	15
1.2.3. Antecedentes a nivel local .....	17
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación .....	17
1.2.5. Bases Teóricas .....	19
1.2.6. Bases legales.....	26
<b>II. ESTRATEGIA METODOLOGICA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	<b>27</b>
2.2.1. Población.....	27
2.2.2. Tamaño de la Muestra.....	27
<b>2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>27</b>
2.3.1. Variable Independiente .....	28
2.3.2. Variable Dependiente.....	28
2.3.3. Operacionalización de variables .....	28
<b>2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>28</b>
2.4.1. Hipótesis principal .....	28
2.4.2. Hipótesis específicas .....	28
<b>2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	<b>30</b>
2.5.1. Técnicas.....	30
2.5.2. Instrumentos .....	30
2.5.3. Materiales y Equipos.....	30

2.5.4.	Análisis de datos .....	31
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
3.1.	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL DISTRITO DE ICA.....	32
3.1.1.	Monitoreo ambiental .....	36
3.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	51
3.2.1.	Hipótesis principal .....	51
3.2.2.	Hipótesis específica .....	53
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>60</b>
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	60
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>64</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Contaminantes principales .....	21
<b>Tabla 2:</b> Valor del Índice de calidad del aire .....	26
<b>Tabla 3:</b> Índice de calidad del aire niveles de cuidado.....	27
<b>Tabla 4:</b> Operacionalización de variables .....	30
<b>Tabla 5:</b> Condiciones climatológicas.....	33
<b>Tabla 6:</b> Clima-Datos históricos .....	36
<b>Tabla 7:</b> Soluciones captadoras para SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO y O <sub>3</sub> .....	38
<b>Tabla 8:</b> Frecuencia y periodo de monitoreo .....	39
<b>Tabla 9:</b> Métodos para la determinación de parámetros.....	40
<b>Tabla 10:</b> Índice de calidad del aire-INCA.....	41
<b>Tabla 11:</b> Inca para SO <sub>2</sub> .....	41
<b>Tabla 12:</b> Inca para NO <sub>2</sub> .....	41
<b>Tabla 13:</b> Inca para CO .....	42
<b>Tabla 14:</b> Inca para O <sub>3</sub> .....	42
<b>Tabla 15:</b> Estaciones de monitoreo .....	43
<b>Tabla 16:</b> Nivel de concentración de SO <sub>2</sub> .....	44
<b>Tabla 17:</b> Nivel de concentración de NO <sub>2</sub> .....	46
<b>Tabla 18:</b> Nivel de concentración de CO .....	48
<b>Tabla 19:</b> Nivel de concentración de O <sub>3</sub> .....	50
<b>Tabla 20:</b> Hipótesis-nivel de concentración .....	52
<b>Tabla 21:</b> Resultados de prueba t-Student .....	53
<b>Tabla 22:</b> Valores INCA para SO <sub>2</sub> .....	55
<b>Tabla 23:</b> Valores INCA para NO <sub>2</sub> .....	56
<b>Tabla 24:</b> Valores INCA para CO.....	57
<b>Tabla 25:</b> Valores INCA para O <sub>3</sub> .....	27
<b>Tabla 26:</b> Resultados de prueba t-Student .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fuentes generales de contaminación.....	22
<b>Figura 2:</b> Dispersión de contaminantes.....	27
<b>Figura 3:</b> Condiciones climatológicas.....	33
<b>Figura 4:</b> Mapa de la provincia de Ica .....	34
<b>Figura 5:</b> Climograma de Ica.....	35
<b>Figura 6:</b> Diagrama de Temperatura.....	35
<b>Figura 7:</b> Horas de sol.....	36
<b>Figura 8:</b> Nivel de concentración de SO <sub>2</sub> .....	45
<b>Figura 9:</b> Nivel de concentración de NO <sub>2</sub> .....	47
<b>Figura 10:</b> Nivel de concentración de CO.....	49
<b>Figura 11:</b> Nivel de concentración de O <sub>3</sub> .....	51

## RESUMEN

Actualmente, los diferentes sectores productivos y el tránsito vehicular son las principales fuentes de contaminantes ambientales, que sumados a factores meteorológicos y topográficos determinan la dispersión de estos compuestos químicos, impactando en la calidad del aire y afectando principalmente en la salud de la población. Por lo que, el objetivo de la investigación planteó: Evaluar los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021. La metodología de la investigación es de tipo básica-prospectiva, nivel descriptivo y diseño pre-experimental. La muestra se determinó en nueve puntos críticos del distrito de Ica. Se evaluó los niveles de concentración y el Índice de Calidad de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>; en base al Protocolo Nacional de Monitoreo del Aire (D.S. N°010-2019-MINAM). Los resultados se compararon con las concentraciones de la OMS y el INCA (R.M. N° 181-2016-MINAM). La evaluación de los niveles de concentración promedio fueron: SO<sub>2</sub> (20.514 μ/m<sup>3</sup>), NO<sub>2</sub> (31.7612 μ/m<sup>3</sup>), CO (3196.4427 μ/m<sup>3</sup>) y O<sub>3</sub> (3.2659 μ/m<sup>3</sup>). Asimismo, el INCA de: NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en el intervalo “0-50” (buena calidad), pero el SO<sub>2</sub> en el intervalo “101-625” (mala calidad). La contrastación de la hipótesis se realizó mediante la prueba t-Student (tamaño de muestra: n ≤ 30). Se concluye que la calidad del aire es aceptable en relación al nivel de concentración de NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>, pero es deficiente según el nivel de concentración del SO<sub>2</sub>

**Palabras claves:** Contaminación atmosférica, Concentración de contaminante, Calidad del aire.

## ABSTRACT

Currently, the different productive sectors and vehicular traffic are the main sources of environmental contaminants, which, added to meteorological and topographical factors, determine the dispersion of these chemical compounds, affecting air quality and mainly affecting the health of the population. Therefore, the objective of the research was to evaluate the concentration levels of environmental pollutants SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> in the air quality of the district of Ica, Year 2021. The research methodology is basic- prospective, descriptive level and pre-experimental design. The sample was determined in nine critical points of the district of Ica. The concentration levels and the Quality Index of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> were evaluated; based on the National Air Monitoring Protocol (D.S. N°010-2019-MINAM). The results were compared with the concentrations of the WHO and INCA (R.M. N° 181-2016-MINAM). The evaluation of the average concentration levels were: SO<sub>2</sub> (20.514 µ/m<sup>3</sup>), NO<sub>2</sub> (31.7612 µ/m<sup>3</sup>), CO (3196.4427 µ/m<sup>3</sup>) and O<sub>3</sub> (3.2659 µ/m<sup>3</sup>). Likewise, the INCA of: NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> in the interval “0-50” (good quality), but SO<sub>2</sub> in the interval “101-625” (poor quality). The hypothesis was tested using the t-Student test (sample size: n ≤ 30). It is concluded that the air quality is acceptable in relation to the concentration level of NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub>, but it is deficient according to the concentration level of SO<sub>2</sub>.

**Keywords:** Atmospheric pollution, Pollutant concentration, Air quality.

# I. INTRODUCCIÓN

[1] “La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sido el ente pionero a nivel mundial, a cerca de la regulación de concentraciones de contaminantes en la atmósfera, mediante la publicación de guías en torno a la calidad del aire”. Este organismo indica que la mayoría de las ciudades a nivel mundial no presentan una adecuada calidad del aire, por lo tanto, es necesario la aplicación de estrategias para controlar o minimizar la emisión de estos gases contaminantes. Hay que indicar que, [2] “actualmente la contaminación del aire está en aumento debido a una mayor demanda del uso de energía, servicios y recursos por parte de la población y las industrias ya sean grandes o pequeñas, siendo estas las que contaminan el aire con gases o partículas, afectando de esta manera la salud pública y al ambiente”. Asimismo, [2] “en el Perú la calidad del aire está basada en el cumplimiento de los estándares de la calidad ambiental (ECA), estos establecen la concentración mínima de contaminantes en el aire, que garantice la protección de la salud y del ambiente”.

Hoy en día, la contaminación del aire es un riesgo para la salud ambiental, se ha demostrado que la exposición a contaminantes del aire afecta la salud poblacional de varias formas; enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular y enfermedad respiratoria crónica y cáncer de pulmón. Por lo que, la investigación ha evaluado la concentración de los contaminantes que se generan por las diferentes actividades antrópicas e impactan en la calidad del aire del distrito de Ica.

La investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se describe la situación problemática que producen las diferentes actividades antrópicas y que generan contaminantes como el:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{O}_3$ , impactando en la calidad del aire. Asimismo, se realiza una revisión de los antecedentes nacionales, internacionales y locales y se realiza la justificación e importancia de la investigación donde se señala que es necesario evaluar estos contaminantes.

Capítulo II: Se detalla la estrategia metodológica, donde se establece que la investigación es de tipo básica-prospectiva, nivel descriptivo y diseño pre experimental. Asimismo, se ha determinado como muestra nueve estaciones de monitoreo en puntos críticos del distrito de Ica, en base al Protocolo Nacional de Monitoreo del Aire (D.S. N°010-2019-MINAM) y el INCA (R.M. N° 181-2016-MINAM). La técnica empleada es monitoreo y análisis de laboratorio para determinar si los parámetros están en los niveles de concentración y el INCA establecidos en la normativa.

Capítulo III: Mediante monitoreo ambiental se ha evaluado los niveles de concentración y la calidad del aire de los parámetros: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>; los resultados se presentan en tablas y gráficas. La contrastación de la hipótesis se realizó mediante la prueba t-Student (tamaño de muestra:  $n \leq 30$ ).

Capítulo IV: Los resultados se compararon con las concentraciones de la OMS y el INCA (R.M. N° 181-2016-MINAM). La evaluación de los niveles de concentración promedio fueron: SO<sub>2</sub> (20.514  $\mu/m^3$ ), NO<sub>2</sub> (31.7612  $\mu/m^3$ ), CO (3196.4427  $\mu/m^3$ ) y O<sub>3</sub> (3.2659  $\mu/m^3$ ). Asimismo, el INCA de: NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en el intervalo “0-50” (buena), pero el SO<sub>2</sub> en el intervalo “101-625” (mala)

En los Capítulos V y VI; se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación y en el Capítulo VII: se indican las referencias bibliográficas que se han revisado para la elaboración de las bases teóricas y legales del estudio.

## 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

[3] “Las actividades humanas, como la industria y el movimiento vehicular, se consideran las principales fuentes de emisión de material particulado que, en conjunto con factores meteorológicos y topográficos, hacen que el comportamiento del material particulado varíe temporalmente de manera irregular en la atmósfera”. Es decir, [4] “Dentro de todos los contaminantes que existen en la atmósfera, se identificaron 5 contaminantes criterio que afectan a la salud inmediatamente desde su inhalación: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 µm (PM10). Además de éstos, se incluye al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por su aporte al efecto invernadero”

Pero, [3] “la concentración de los contaminantes se reduce al dispersarse en la atmósfera, proceso que depende de las condiciones meteorológicas como la temperatura, la velocidad del viento, precipitación. etc.; estas, generan fenómenos de dispersión de los contaminantes, puesto que provocan acumulación en zonas próximas a las fuentes de emisión o transporte a zonas más o menos alejadas”. Por lo tanto, [4] “la calidad de aire es importante porque cada persona respira en promedio más de 3 000 galones de aire al día es decir más de 2 galones por minuto. Ese sentido. Todos los componentes del aire deben encontrarse en equilibrio en la atmósfera de acuerdo a los porcentajes señalados, si se agrega alguna sustancia en cantidades mayores a las que normalmente posee, el aire se contamina y representa un peligro para el medio ambiente y/o la vida de las personas”.

Hay que resaltar que la contaminación del aire causa daños a los ecosistemas, afectando la biodiversidad, los recursos hídricos y en las áreas urbanas degrada edificios, monumentos y obras públicas. Los efectos perjudiciales de esta contaminación en la población se manifiestan principalmente por trastornos del sistema respiratorio, que pueden provocar daños en los pulmones y las vías respiratorias, etc., además a altas concentraciones y de un cierto período de exposición, pueden ser fatales. Diferentes estudios, han señalado que el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> son los contaminantes precursores de la lluvia ácida porque interactúan con la radiación solar y la humedad de la atmósfera formando compuestos más dañinos como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico diluidos.

Las industrias que tienen mayor aporte a la contaminación atmosférica son: productos textiles, sustancias y productos químicos, asimismo, los farmacéuticos y productos de metal, por lo que la OMS indica que habitar en ciudades donde los niveles de concentración de estos contaminantes es elevado, afecta definitivamente la salud a largo plazo. Asimismo,

la Municipalidad Provincial de Ica, no supervisa de acuerdo a la normatividad vigente la contaminación del aire del distrito, por lo que se debe trabajar en conjunto con el SENAMHI para instalar estaciones de monitoreo que permitan realizar continuos monitoreo de estos compuestos en el distrito de Ica.

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **Problema principal**

¿Cómo evaluar los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021?

#### **Problemas específicos**

PE1: ¿Cuáles son los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021?

PE2: ¿Cuáles son los índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. Antecedentes a nivel internacional**

[3] “Realizo una investigación descriptiva de tipo correlacional en la ciudad de Villavicencio, ya que se determinó el grado de influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de PST y PM<sub>10</sub>, mediante diagramas de correlación arrojados por SPSS y la recolección diaria de material particulado durante dos meses (16 de mayo hasta el 15 de julio de 2018) en época de lluvia, utilizando el equipo muestreador HI-Vol; en simultáneo con la velocidad del viento (m/s), temperatura (°C) y precipitación (mm), registrados por la estación de monitoreo del SVCA de la ciudad, situada en la dispensadora de combustible Montealegre–Distracom. Los niveles de contaminación de PM<sub>10</sub> se presentan entre los intervalos de 16.65 a 47.58 ug/m<sup>3</sup>, mostrando una asociación negativa baja con la precipitación (r=-0.21) y la velocidad del viento (r=-0,2) y positiva muy baja con la temperatura (r=0.02), asimismo, los niveles de contaminación de PST se presentaron entre los intervalos de 4.15 a 71.01 ug/m<sup>3</sup>, mostrando una asociación negativa baja con la precipitación (r=-0,25), negativa muy baja con la velocidad

del viento ( $r=-0.1$ ) y positiva muy baja con la temperatura ( $r=0.04$ ). Es decir, que la relación entre las condiciones meteorológicas (Velocidad del viento (m/s), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y precipitación(mm)) y el material particulado (PST y  $\text{PM}_{10}$ ) no tienen una influencia significativa, ya que el grado de correlación es muy bajo. Al igual, se estableció de donde vienen y posiblemente hacia donde se dirigen los contaminantes desde la zona de estudio, a través del análisis de datos hecho por medio de la rosa de los vientos realizada mediante el programa WRPLOT View-Freeware y la rosa de contaminantes por el software libre R y su paquete Openair, obteniendo también de este último programa, un calendario donde se muestra la magnitud de la concentración de material particulado (PST y  $\text{PM}_{10}$ ) en cada uno de los días muestreados y un resumen estadístico básico de los datos de contaminación captados, dando como resultado que el arrastre de partículas suspendidas por el viento provienen del Sur y se dirigen al Norte de la ciudad”.

El autor indica que [5] “la contaminación del aire es una de las principales causas de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en todo el mundo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada nueve personas fallecidas en todo el mundo es el resultado de los contaminantes atmosféricos más relevantes, como el material particulado. La mayoría de estos contaminantes son producto de la quema de combustibles fósiles. Para este 2019 Guayaquil cuenta aproximadamente con 500,000 vehículos y un crecimiento anual de 45,000 unidades situación preocupante. No hay evidencias de estudios epidemiológicos por origen de la contaminación ambiental en la ciudad. El siguiente proyecto tiene la finalidad de evaluar el material particulado de 2,5 – 10 micrones y partículas suspendidas totales en la avenida San Juan Bosco con el Equipo Haz-Dust EPAM 5000 con el método gravímetro de la EPA, generadas por fuentes fijas y móviles. Se realizó encuestas a los habitantes de las en la zona de estudio que dio como resultado que al menos el 80 % de los encuestados les preocupa la contaminación del aire, el 45 % presenta problemas de hipertensión, el 30% tiene problemas pulmonares el 15% problemas de asma y al menos un 30% perdió un familiar por problemas respiratorio. Por ello la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos menciona que para reducir la tasa de mortalidad de las personas deben disminuir las emisiones de contaminación atmosféricos, por tales razones se propuso un programa de prevención con programas de capacitaciones y anuncios volantes para informar a los habitantes de esta zona sobre los problemas en la salud crítico del material particulado y otros contaminantes atmosféricos”.

[1] “El material particulado se define como el conjunto de partículas sólidas presentes en suspensión en la atmósfera, cuyo origen surge a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas. Su presencia en la atmósfera, puede ocasionar impactos negativos a la infraestructura, biota, y a los seres humanos, ya que la exposición al mismo está asociada a la mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Una de las actividades antropogénicas que ocasionan esta problemática en la ciudad de Bogotá D.C., se presenta en el barrio Mochuelo Alto en el parque Minero Industrial de la zona, donde se encuentran ubicadas industrias ladrilleras, las cuales durante su producción ocasiona emisiones de material particulado (PM10) al aire, generando de esta manera los impactos anteriormente mencionados. Por lo anterior, en el presente trabajo, se evaluó la calidad del aire a partir de la cuantificación de material particulado (PM10) en la estación de Mochuelo Alto Bogotá Rural durante el año 2017. De esta forma fue posible realizar una comparación (anual y 24 h) frente a la normativa colombiana e internacional y finalmente analizar los posibles efectos en la salud a causa de los niveles de contaminación encontrados. Los resultados obtenidos para los límites anuales establecidos por la normativa colombiana arrojaron que un 89% de los mismos si la cumplen, mientras que el 85% exceden lo estipulado por la OMS. Por lo anterior, fue posible enmarcar las concentraciones de dicho contaminante en las categorías buena y moderada para el año estudiado de acuerdo al informe de calidad del aire para los años 2011-2015 elaborado por el IDEAM. La categoría moderada implica posibles síntomas respiratorios en personas inusualmente sensibles, posible agravamiento de enfermedades en el corazón o los pulmones en personas con enfermedades cardiopulmonares y en adultos mayores”.

### **1.2.2. Antecedentes a nivel nacional**

En la investigación [4] “la metodología que se utilizó es descriptiva, porque se obtuvieron diferentes variables (parámetros) y de tipo cuantitativo, que serán comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar la

calidad ambiental del aire. Para asegurar la calidad y veracidad de los resultados se tuvo en cuenta el "Protocolo de moni-toreo de calidad de aire y gestión de datos de la DIGESA, puntos ya definidos y establecidos dentro de las instalaciones de la Central Térmica Ventanilla. Los resultados obtenidos son comparados con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire, según lo establecido en el Decreto Supremo N°003-2008-MINAM y su modificatoria D.S N° 003-2017-MINAM, con el fin de determinar si es que la empresa existe contaminación ambiental a la calidad del aire. Se observó que en el periodo que se realizó los monitoreos (enero 2019 – junio 2019) de calidad del aire, los valores se encuentran por debajo de los establecidos en los estándares de calidad ambiental del aire. Demostrando que las medidas tomadas por la empresa dentro de sus instalaciones en la Central Térmica de Ventanilla son las correctas. Se recomienda la forestación de áreas verdes en la parte superior de los bordes que sean acordes a la zona para una mayor retención de gases y material particulado que se encuentra en la central térmica por la estación de monitoreo Barlovento, zona que se encuentra descampada y sin vegetación, para que cumpla la función de barrera de protección, contribuyendo a la reducir la dispersión de los materiales particulado".

[6] "La investigación ha sido desarrollada con el objetivo de establecer la relación que existe entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector de Nueva Esperanza, del distrito de Villa María del Triunfo, durante el mes de agosto del 2018; habiéndose planteado como problema principal ¿Cuál es la relación entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector de Nueva Esperanza, del distrito de Villa María del Triunfo, durante el mes de agosto del 2018? La investigación asume un método, con un tipo de investigación aplicada, nivel descriptivo-explicativo y un diseño no experimental de corte transversal; para el recojo de información se asumió como población a los médicos que laboran en los centros de salud del sector de Nueva Esperanza del distrito de Villa María del Triunfo, los especialistas del SENAMHI y personal de la Gerencia de limpieza y medio ambiente de la Municipalidad del distrito; y como muestra se eligió convenientemente a dos especialistas del SENAMHI una médico y un representante de la Municipalidad del citado distrito; como instrumento se utilizó la guía de entrevista. Entre la conclusiones relevantes se estableció que durante el periodo de estudio no hubo contaminación del aire por el SO<sub>2</sub> y CO; pero si se registró contaminación del aire por el PM<sub>2.5</sub>; conforme al índice de calidad del aire INCA; y contaminación del aire por el PM<sub>10</sub> en el estándar ECA".

La investigación tuvo como objetivo [7] “conocer la concentración del contaminante del material particulado de 10 microgramos en los 5 sectores de la ciudad de Morales para luego compararlo con el índice de calidad de aire y el D.S N° 003 – 2017 MINAM, se han realizado el monitoreo cumpliendo los procedimiento del “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la DIGESA (2005). De acuerdo a la cantidad de la población de la ciudad de Morales se han establecidos un punto de monitoreo en cada sector, el tipo de investigación es no experimental descriptivo comparativo de corte transectorial porque solo se observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural para posteriormente analizarlos, los resultados obtenidos en los sector 3 Jr. Victoria Vásquez N° 345, sector 2 Municipalidad de Morales no excedieron la normativa de calidad de aire Aire D.S N.° 003-2017 MINAM y comparado con el INCA se obtuvo un nivel de color verde, la calidad de aire es satisfactoria y no representa un riesgo en la salud, de la misma manera en el sector 2 Fonavi Mz F Lote 14, sector 2 Jr San Pedro N°111 y sector 5 Jr. Integración N° 145 Santa Lucia, el índice de calidad de aire tienen un nivel de riesgo de color amarillo que representa que las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias, y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos problemas de salud”.

### **1.2.3. Antecedentes a nivel local**

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se han encontrado investigaciones al respecto.

### **1.2.4. Justificación e importancia de la investigación**

[3] “Limitar la contaminación atmosférica es un desafío que debe enfrentar en el mundo entero, puesto que es una problemática que causas consecuencias globales por la destrucción de determinados componentes atmosféricos (caso de la destrucción del ozono estratosférico) (IPCC, 2007) y a escalas locales y regional en las que el deterioro de la calidad del aire puede tener repercusiones negativas sobre los ecosistemas, e incluso sobre la salud humana”. Asimismo, [8] “en el país se han hecho algunos esfuerzos por incluir la contaminación atmosférica y la gestión ambiental como políticas de estado, no está demás señalar que la ciudad de la Oroya tiene la fama de ser la ciudad o poblado más contaminado del planeta con

resultados nefastos en la salud en especial de los niños y ancianos, a pesar de ello las autoridades competentes siguen sin tomar acción frente a este gran problema”.

Todos los países del mundo están siendo afectados por la contaminación del aire y sus efectos sobre la salud de las personas; los niveles de contaminación en algunos países son más altos o más bajos; pero esto definitivamente nuestro país y la región Ica, no es ajeno este problema global. Porque no se ha controlado las fuentes de contaminación por emisiones del parque automotor y humo de fábricas, especialmente cementeras y residuos sólidos, por falta de vertederos adecuados. Por lo tanto, la investigación se justifica porque se relacionara las variables contaminantes ambientales con la calidad del aire del distrito de Ica, el análisis de estas variables permitirá plantear soluciones desde el punto de vista científico que permitirá disminuir este riesgo ambiental.

### **Importancia**

La problemática generada por la contaminación del aire es de gran importancia para todas las poblaciones urbanas. En el Perú, las actividades minero-metalúrgicas y el parque automotor; constituyen las fuentes más importantes de la contaminación atmosférica, por lo tanto, es importante conocer, identificar y evaluar la concentración de estos contaminantes para ejecutar planes de monitoreo para solucionar esta problemática ambiental.

La investigación planteo los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

### **Objetivos específicos**

OE1: Determinar los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

OE2: Determinar los índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

## **1.2.5. Bases Teóricas**

### **1.1.1.1. Contaminación atmosférica**

[7] “Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en determinadas cantidades y durante determinados periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el ser humano, los animales, las plantas o las tierras, y/o perturbar el bienestar y el uso de los bienes”.

[6] “Para Elsom (1992) citado por Salinas (2012) señala que la contaminación del aire constituye la presencia de sustancias extrañas en la atmosfera en concentraciones suficientes como para interferir en la salud, seguridad o bienestar de los seres vivos, además de constituir un problema ambiental debido a que la acción antrópica genera un efecto sobre un componente ambiental (aire) y a su vez el deterioro de este afecta la supervivencia y la calidad de vida del hombre”.

[6] “Para el MINAM (2016) los principales contaminantes o contaminantes criterio, los cuales cuentan con estándares de calidad ambiental establecidos son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>), material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), material particulado con diámetro menor o igual a 2,5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>), plomo (Pb), benceno, hidrocarburos totales (HT) e hidrógeno sulfurado (H<sub>2</sub>S)”.

### **1.1.1.2. Principales fuentes de contaminación atmosférica**

[5] “Los principales contaminantes de la atmosfera están conformados por material particulado, gases y componentes volátiles; los materiales particulados se componen de una mezcla compleja de partículas de naturaleza orgánica e inorgánica, los gases con efectos nocivos para la salud como ozono y óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles como el benceno o el azufre”. Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1

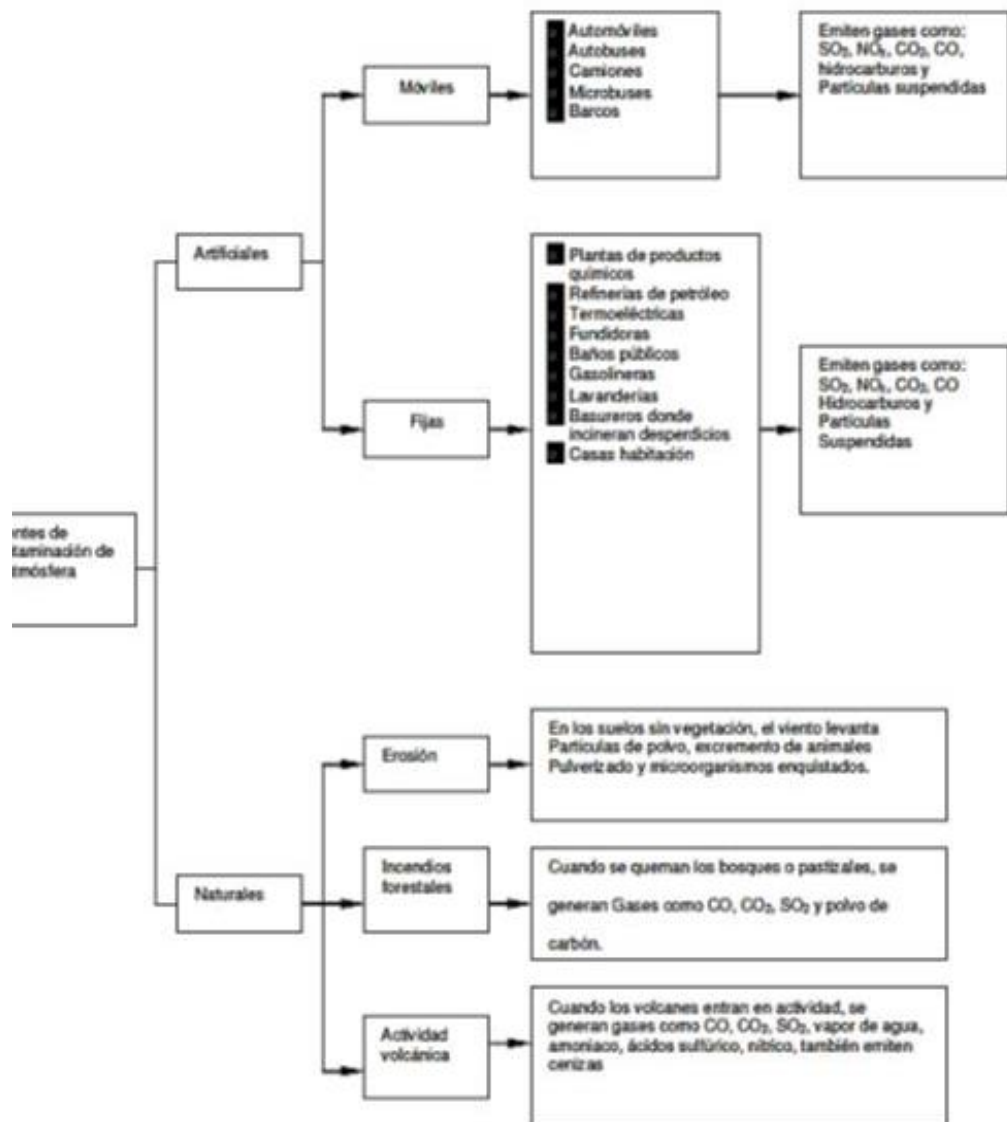
Contaminantes principales

Contaminante	Fuentes principales	Efectos	Directrices para la salud (WHO 2002)
Monóxido de carbono (CO)	Gases de escape de vehículos motorizados; algunos procesos industriales.	Venenosos para humanos al ser inhalado. El CO reduce la capacidad de la sangre para llevar oxígeno y aumenta la presión del corazón y los pulmones.	10 mg/m <sup>3</sup> (10 ppm) sobre 8 horas; 30 mg/m <sup>3</sup> sobre 1 h (30.000 µg/m <sup>3</sup> )
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Contribución menor de fuentes móviles. Generadores de calor y de electricidad que usan petróleo o carbón con azufre, plantas de ácido sulfúrico.	Irritante para los humanos, el SO <sub>2</sub> produce reacciones atmosféricas que contribuyen a la lluvia ácida.	20 µg/m <sup>3</sup> sobre 24 horas; 500 µg/m <sup>3</sup> sobre 10 min
Material particulado MP10	Suelo, espuma oceánica, quema de matorrales, quemas domésticas, vehículos motorizados, procesos industriales y polvo orgánico de material vegetal	Contribuye a la bruma, aumenta el riesgo de cáncer, efectos en la mortalidad, agrava enfermedades respiratorias.	50 µg/m <sup>3</sup> sobre 24 horas; 20 µg/m <sup>3</sup> media anual
Material particulado MP2,5	Un efecto secundario de la combustión de altas temperaturas provocando cadenas de	Irritante, precursor de la formación de smog fotoquímico	25 µg/m <sup>3</sup> sobre 24 horas; 10 µg/m <sup>3</sup> media anual
Oxidos de nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> )	nitrógeno y oxígeno en los gases de escape de vehículos motorizados; generación de electricidad y calor; ácido nítrico; explosivos; plantas de fertilizantes		200 µg/m <sup>3</sup> sobre 1 hora para NO <sub>2</sub> ; 40 µg/m <sup>3</sup> media anual
Oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono [O <sub>3</sub> ])	Formados en la atmósfera por la reacción de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y luz solar	Un irritante, los oxidantes fotoquímicos contribuyen a la bruma, daños materiales, agrava las enfermedades respiratorias.	100 µg/m <sup>3</sup> sobre 8 horas

Fuente: DIGESA, 2005.

Figura 1

Fuentes generales de la contaminación atmosférica



Fuente: Martínez, E., Díaz, Y, 2004.

[5] “Las fuentes de emisiones de contaminación atmosférica se encuentran asociados a las actividades humanas como es el uso de combustibles fósiles generadores de una gran diversidad de contaminantes sin embargo también existes otros tipos de contaminantes de origen natural como erupciones volcánicas, incendio y descomposición de materia orgánica”.

### **1.1.1.3. Contaminantes**

#### **Óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

[5] “Se puede presentar en concentraciones significativa en el ambiente, en la atmósfera existe diferentes compuestos nitrogenados, pero en los últimos 100 años a aumentados de manera significativa, su origen depende de factores naturales como; quema de combustibles fósiles, océanos, suelos, procesos relacionados con la luz solar, factor antropogénico procesos industriales, actividades humana”.

#### **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

[5] “Es un gas incoloro, no inflamable y de olor sofocante. Condensa (líquido incoloro) a -10 °C y solidifica a -72 °C. Es soluble en agua (85% a 25 °C) y en solventes orgánicos. Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos, es decir, sales que pueden ser transportadas en el material particulado respirable (PM10µm) y que en presencia de humedad forman ácidos. Luego, estos ácidos son una parte importante del material particulado secundario o fino (PM2, 5µm). Tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del SO<sub>2</sub>, es de extremo riesgo para la salud debido a que éstos ingresan directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias”.

#### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

[5] “Es uno de los gases más comunes en el sistema atmosférico, océano, tierra, es el más importante compuesto de los gases de efecto invernadero asociado a la actividad humana, este gas se da por fuentes naturales y actividades antropogénicas este gas en su mayoría es absorbido por las plantas para transformarlo en oxígeno, pero debido a las emisiones a la atmosfera por actividades humanas cada año la contaminación es más notable”.

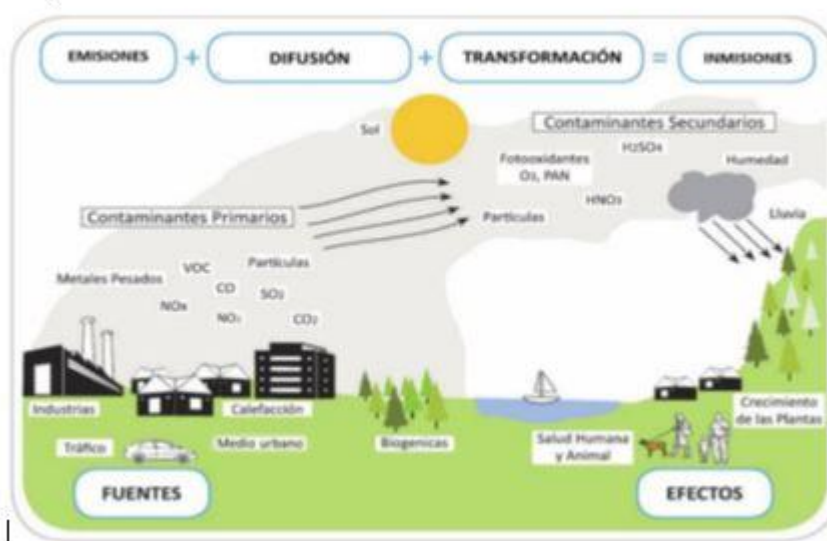
### Ozono (O<sub>3</sub>)

[5] “Es un gas incoloro su fórmula química es O<sub>3</sub> a nivel de suelo su concentración es pequeña pero con la altura tienden a incrementar rápidamente, se produce por diferentes actividades descargas eléctricas, Los efectos producidos por el ozono sobre los seres humanos dependen de las concentraciones del mismo a que se hallas sometidos. El primer efecto detectado es la irritación de la nariz y garganta. Si se aumentan las concentraciones producen fatiga extrema, falta de coordinación, y edema pulmonar. Los experimentos actuales aún no han demostrado que la exposición al ozono a largo plazo”.

#### 1.1.1.4. Dispersión de contaminantes atmosféricos

[2] “Es la forma en la que se mezclan o unen los gases que son generados por las fuentes fijas o móviles con los gases que ya existen en el aire, esta dispersión también se puede desarrollar o surgir por las variaciones climáticas que puedan existir en el medio de donde se encuentras de acuerdo a su incidencia”. Asimismo, [2] “el viento desplaza a los contaminantes en la atmosfera haciendo que esta disminuya su concentración en un área determinada, las variaciones térmicas también son importantes para la concentración de estos contaminantes”.

Figura 1  
Dispersión de contaminantes



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia)

#### **1.1.1.5. Calidad del aire**

[8] “Se utiliza para describir todas las funciones requeridas para controlar la calidad de la atmósfera, a través de los elementos esenciales de un programa que consista en estrategias de regulación y control, autoridad legal para implementar el programa, inventario de emisiones, red de vigilancia atmosférica, sistema de manejo de información, sistema para análisis de cumplimiento y estrategias de monitoreo”.

[8] “La calidad del aire, o mejor dicho su degradación o contaminación, es el resultado de fenómenos complejos derivados de una pluralidad de causas y efectos asociados, en general, a la actividad humana y a la emisión de contaminantes a la atmósfera”.

#### **1.1.1.6. Protocolo de Monitoreo de la calidad del aire**

[7] “El protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de datos, según la Resolución Directoral N° 1404-2005- DIGESA, ha sido elaborado para la estandarización y el aseguramiento de la calidad del monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos que se realicen en el país; además proporciona los principios básicos para la operación de una red de monitoreo de la calidad del aire en exteriores de centros poblados”.

#### **Índice de la calidad del aire: Resolución Ministerial 181-2016 MINAM**

[7] “El Índice de Calidad del Aire (INCA) es un indicador que brinda información del estado de la calidad del aire de una determinada zona en números y colores facilitando que las personas tomen conocimiento de los niveles de exposición a determinados contaminantes Ministerio del Ambiente Perú (2016)”.

Tabla 2  
Valor del Índice de calidad del aire

CLASIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0 - 50	Verde
Moderada	51 - 100	Amarillo
Mala	101 - 167	Anaranjado
VUEC (Valor umbral del estado de ciudad)	>VUEC+	Rojo

Fuente: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>

Tabla 3  
Índice de calidad del aire niveles de cuidado

Calificación	Cuidado	Referencia
Buena	La calidad de aire es satisfactoria y no representa un riesgo en la salud.	La calidad de aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	Las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias, y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos problemas de salud.	La calidad de aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para grupos sensibles.
Mala	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atentos a los informes de calidad de aire evitar realizar ejercicios y actividades al aire libre.
Umbral de cuidado	La concentración de contaminantes puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en miembros de grupos sensibles tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias obstructivas, crónicas y cardiovasculares	Reportar a DIGESA del Ministerio de Salud para que declare los niveles de estado de alerta de acuerdo al decreto N° 009 - 2003 SA y su modificatoria D.S N° 012 - 2005 SA.

Fuente: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>

#### **1.2.6. Bases legales**

- Ley General del Ambiente Ley 28611
- Ley de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental-Ley 27466
- Reglamento de los Niveles de Estado de Alerta nacionales para Contaminantes del Aire.
- D.S. N° 003-2008-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- D.S. N° 006-2017-MINAM, Disposiciones complementarias, ECA Aire.
- DIGESA: Protocolo de la calidad del aire y gestión de los datos - 2005.
- NTP 900.036.2006. –Calidad de aire en exteriores.
- Ordenanza Municipal N° 018-2018-MPI, que aprueba la Política Ambiental de la Municipalidad Provincial de Ica.
- Ordenanza Municipal N° 019-2018-MPI, que aprueba el Reglamento de Supervisión y Fiscalización Ambiental de la Municipalidad Provincial de Ica.

## II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

### 2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo**  
Básica-Prospectiva
- **Nivel de Investigación.**  
Descriptiva.
- **Diseño de la Investigación**  
Pre-experimental

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 2.2.1. Población

Se determinó en base al Plan de Desarrollo Urbano del distrito de Ica.

#### 2.2.2. Tamaño de la Muestra

Se empleó el tipo de “muestreo no probabilístico”, en base a criterios de inclusión y exclusión:

##### a. Criterio de inclusión: Puntos críticos

- Ubicados en el Plan de Desarrollo Urbano (centro de la ciudad).
- Presenten actividad económica comercial.
- Concentración peatonal.
- Tráfico y congestión vehicular.

##### b. Criterio de exclusión: Puntos críticos

- No presentan comercio ambulante.
- Avenidas y jirones de poco tráfico vehicular.
- Actividad comercial con menor tránsito peatonal.

### 2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### **2.3.1. Variable Independiente**

VI = Contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>

### **2.3.2. Variable Dependiente**

VD = Calidad del aire

### **2.3.3. Operacionalización de variables**

La tabla 4, detalla la Operacionalización de las variables de investigación.

## **2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Hipótesis principal**

Ha = La evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Ho = La evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> no influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis específica 1**

Ha: La determinación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Ho: La determinación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> no influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Contaminantes ambientales</p>	<p>[9] “Son fenómenos físicos o sustancias, en estado sólido, líquido o gaseoso, que por efectos de acumulación o concentración en el aire son causantes o generadores de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de SO<sub>2</sub></li> <li>• Concentración de NO<sub>2</sub></li> <li>• Concentración de CO</li> <li>• Concentración de O<sub>3</sub></li> </ul>
<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Calidad del aire</p>	<p>[8] “La calidad del aire, o mejor dicho su degradación o contaminación, es el resultado de fenómenos complejos derivados de una pluralidad de causas y efectos asociados, en general, a la actividad humana y a la emisión de contaminantes a la atmósfera”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de calidad del aire</li> <li>• Valores admisibles</li> <li>• Normativa ambiental</li> </ul>

## **Hipótesis específica 2**

Ha: La determinación de índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Ho: La determinación de índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> no influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

## **2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **2.5.1. Técnicas**

Para la recolección de los datos se utilizó:

- **Técnica documental**

[5] “Permitirá la recopilación de información acerca de los antecedentes y bases teóricas para sustentar el presente estudio. Para la búsqueda de se manejó principalmente información bibliográfica”, anotándolos en sus instrumentos respectivos: fichas bibliográficas, de resumen, textuales, de comentario.

- **Técnicas de Laboratorio:** Protocolo Laboratorio de monitoreo del aire.

### **2.5.2. Instrumentos**

Se emplearon los siguientes instrumentos:

- Guía de observación
- Registro y análisis documentario
- Fuentes documentales

### **2.5.3. Materiales y Equipos**

#### **Equipos:**

- Tren de muestro (modelo TM03)
- Rotámetro (marca DWYER, modelo MMA-20)
- Estación meteorológica (modelo VANTAGE PRO 2)
- GPS (marca Garmin, modelo Etrex 10)

#### **2.5.4. Análisis de datos**

Este análisis se realizó mediante:

- a. Tabulación: Los datos fueron tabulados en tablas para facilitar su interpretación para aplicar la estadística.
- b. Construcción del cuadro estadístico: Los datos se ordenaron en columnas y filas para comparar e interpretar los datos que tienen relación con las variables de la investigación.
- c. Graficación: Se determinó mediante la representación gráfica de barras.
- d. Prueba estadística: Para comprobar las hipótesis, se empleó la prueba de t-Student (tamaño de muestra:  $n \leq 30$ )

### III. RESULTADOS

#### 3.1. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL DISTRITO DE ICA

Presenta un clima desértico, no existe ninguna lluvia. Estas condiciones se detallan en la Tabla adjunta.

Tabla 5

Condiciones climatológicas

Factor ambiental	Dato Máximo	Dato Mínimo	Dato Promedio
Temperatura ambiental (°C)	28,20	22,80	25,50
Humedad Relativa (%)	70,0	45,0	57,5

Figura 3

Condiciones climatológicas

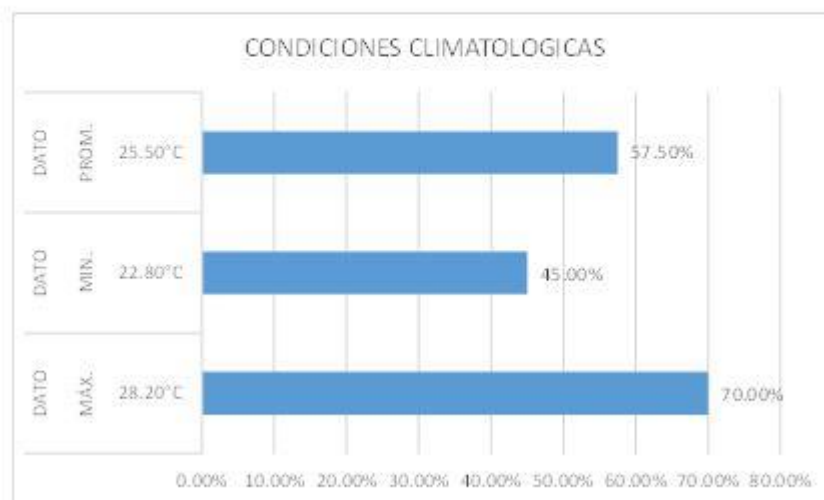
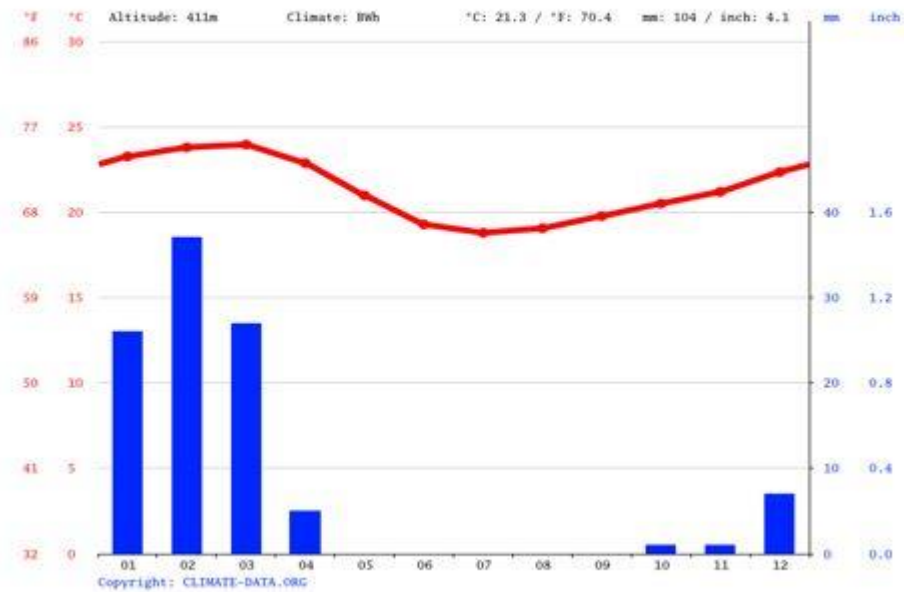


Figura 4  
Mapa de la provincia de Ica



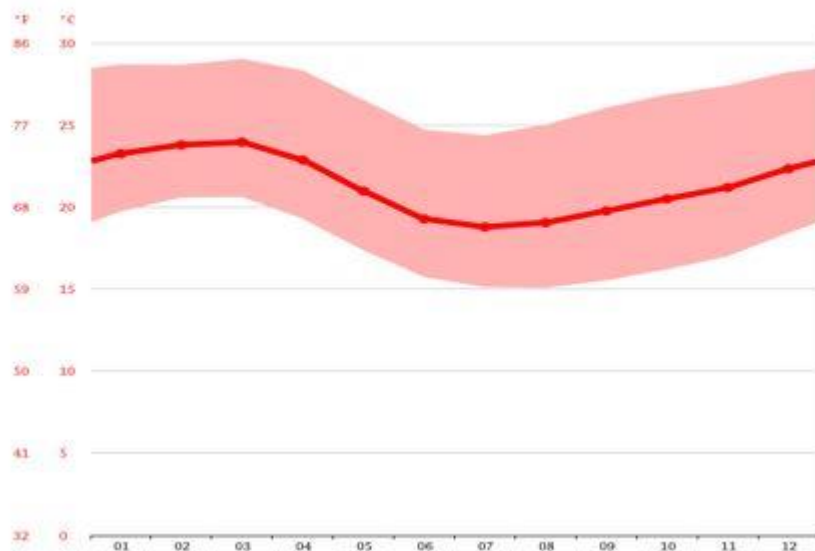
Figura 5  
Climograma de Ica



Fuente: Copyright Climate-Data.

En el mes de mayo se presenta la menor cantidad de lluvia, el promedio del mes es 0 mm; en el mes de febrero la precipitación promedio es de 37 mm.

Figura 6  
Diagrama de Temperatura



En el mes de marzo se presentan las temperaturas más elevadas, aproximadamente 24,0°C, en el mes de julio la temperatura promedio es de 18,8°C (mes más frío).

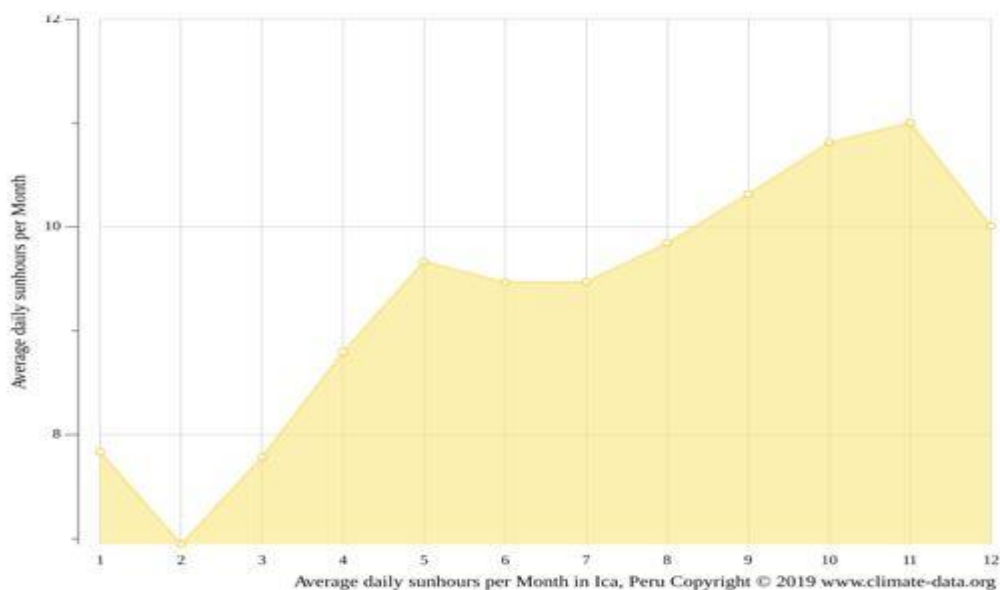
Tabla 6  
Clima-Datos históricos

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.3	23.8	24	22.9	21	19.3	18.8	19.1	19.8	20.5	21.2	22.3
Temperatura min. (°C)	19.7	20.6	20.6	19.3	17.4	15.7	15.1	15.1	15.5	16.2	17	18.4
Temperatura máx. (°C)	28.7	28.7	29	28.3	26.5	24.7	24.4	25	26.1	26.9	27.4	28.2
Precipitación (mm)	26	37	27	5	0	0	0	0	0	1	1	7
Humedad (%)	67%	69%	68%	66%	62%	61%	58%	57%	56%	57%	59%	63%
Días lluviosos (días)	5	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Horas de sol (horas)	7.8	6.9	7.8	8.8	9.7	9.5	9.5	9.8	10.3	10.8	11.0	10.0

Data: 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es 37 mm. A lo largo del año, las temperatura varía en 5.2 °C.

Figura 7  
Horas de sol



- En noviembre, el mayor número de horas diarias de sol se mide en Ica en promedio. En noviembre hay una media de 10,81 horas de sol al día y un total de 335,23 horas de sol a lo largo de noviembre.
- En enero, el número más bajo de horas diarias de sol se mide en Ica en promedio. En enero hay una media de 10,01 horas de sol al día y un total de 310,26 horas de sol.
- En Ica se cuentan alrededor de 3410,47 horas de sol durante todo el año. En promedio, hay 111,96 horas de sol al mes

### **3.1.1. Monitoreo ambiental**

Se realizó en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental (D.S. N° 010-2019-MINAM),

#### **Equipos de monitoreo:**

Se utilizaron los siguientes equipos:

- **Tren de muestreo:**

Para evaluar los parámetros: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y ozono (O<sub>3</sub>).

- **Estación meteorológica:**

Para evaluar la calidad del aire, está compuesta por sensores; Anemómetro, Psicrómetro, Termómetro de bulbo seco y Pluviómetro.

#### **3.1.1.1. Métodos de muestreo**

##### **a. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

[2] “El método de muestreo consiste en absorber el dióxido de azufre contenido en el aire en una solución captadora (50 ml – enviada por el laboratorio) para formar un complejo; el flujo de succión es de 0.20 litros por minuto. El equipo utilizado es un tren de muestreo”.

##### **b. Óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

[2] “Se realiza mediante un tren de muestreo, provisto de un burbujeador de vidrio poroso, por el cual la muestra de aire pasa a través de una solución absorbente alcalina de arsenito de sodio (50 ml

– enviada por el laboratorio) a razón de 0.20 litros por minuto. El periodo para la toma de muestra es de 24 horas, luego la solución captadora se envasa en un frasco de plástico y se envía al laboratorio”.

**c. Monóxido de carbono (CO)**

[2] “Se emplean trenes de muestreo (método dinámico) donde se atrapa el gas en solución captadora (50 ml – enviada por el). El flujo de muestreo es de 0.20 litros por minuto durante 24 horas, al final de las 24 horas la solución captadora se envasa en un frasco de plástico y se envía al laboratorio. El análisis se realiza por turbidimetría y los resultados se expresan en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )”.

Tabla 7

Soluciones captadoras para SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO y O <sub>3</sub>	
Parámetro	Solución captadora
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Tetracloromercurato de Potasio
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Alcalina de Arsenito
Monóxido de Carbono (CO)	Alcalina de p-SABA
Ozono (O <sub>3</sub> )	1% KI en Buffer de Fosfato 0.1M

Tabla 8

Frecuencia y periodo de monitoreo

Parámetro	Periodo (horas)	Periodo mínimo de información válida requerida	Frecuencia
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24	< 75% (18 horas)	Continua
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1	< 75% (45 minutos)	Continua
Monóxido de Carbono (CO)	8	< 75% (6 horas)	Continua
Ozono (O <sub>3</sub> )	8	< 75% (6 horas)	Continua

Tabla 9

Métodos para la determinación de parámetros

Parámetro	Método	Descripción	Unidad
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	EPA CFR 40 Appendix A-2 to Part 50 (excepto 7.1, 9,12.2, 12.3), Junio 2010. (Validado).	Determinación de Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) en la atmósfera - Método de Pararrosanilina (Colorimétrico)	µg/muestra
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	ALS-CA-001 Rev 00, Basado en Analysis of air pollutants, Peter, O. Warner, Pág. 125-128, 1937. (Validado)	Determinación de Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) - Método del Arsenito (Colorimétrico)	µg/muestra
Monóxido de Carbono (CO)	ALS-CA-002 Rev 00, Basado en Analysis of air pollutants, Peter, O. Warner, Pág. 101-102, 1937. (Validado).	Determinación de Monóxido de Carbono (CO) - Método del Acido P-Sulfoaminobenzoico (Colorimétrico)	µg/muestra
Ozono (O <sub>3</sub> )	ALS-CA-003 Rev 00, Basado en Methods of Air Sampling and Analysis, James P. Lodge, Jr., Editor, Third Edition, Capítulo 411, 1980. (Validado).	Determinación de Ozono (O <sub>3</sub> ) en la Atmósfera (Colorimétrico)	µg/muestra

### 3.1.1.2. Determinación del INCA

Se determinó de acuerdo a la normativa (R.M. N° 181-2016-MINAM).

Tabla 10  
Índice de calidad del aire-INCA

Calificación	Valores del INCA	Colores
Buena	0 -50	Verde
Moderada	51 – 100	Amarillo
Mala	101 – VUEC	Anaranjado
VUEC	> VUEC	Rojo

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

#### Cálculo del INCA de los parámetros:

Tabla 11  
INCA para SO<sub>2</sub>/promedio 24 horas

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0 – 50	0 – 10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100/20$
51 – 100	11 – 20	
101 – 625	21 - 500	
> 626	> 500	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

\*I = INCA

Tabla 12  
INCA para NO<sub>2</sub>/promedio 1 hora

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0 – 50	0 – 10	$I(\text{NO}_2) = [\text{NO}_2] * 100/200$
51 – 100	101 – 200	
101 – 150	201 - 300	
> 150	> 300	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

Tabla 13  
INCA para CO/promedio 8 horas

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0 – 50	0 – 5049	$I(\text{CO}) = [\text{CO}] * 100/10000$
51 – 100	5050 – 10049	
101 – 150	10050 - 15049	
> 150	> 15050	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

Tabla 14  
INCA para O<sub>3</sub>/promedio 8 horas

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0 – 50	0 – 60	$I(\text{O}_3) = [\text{O}_3] * 100/120$
51 – 100	60 – 120	
101 – 175	121 - 210	
> 175	> 210	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

### 3.1.1.3. Estaciones de monitoreo del aire

Se detallan en la tabla adjunta.

Tabla 15  
Estaciones de monitoreo

Punto crítico	Estación (Código)	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
Av. Cutervo con Av. Los Maestros	CA - 01	8 443669	0420270
Calle Bolívar con A. Municipalidad	CA - 02	8 445103	0 421224
Calle Lima con Av. Grau	CA-03	8 445015	0 421224
Av. Matías Manzanilla con Av. Túpac Amaru	CA - 04	8 445040	0 421256
Av. San Martín con Av. Chiclayo	CA - 05	8 445130	0 421341
Calle Independencia con Calle Amazonas	CA - 06	8 445064	0 421320
Calle Independencia con Calle <u>Castrovirreyña</u>	CA-07	8 445019	0 421102
Calle Independencia con Calle Callao	CA - 08	8 444924	0 420936
Calle Salaverry con Calle Lambayeque	Ca - 09	8 443806	0 420598

### 3.1.1.4. Determinación de los niveles de concentración de parámetros

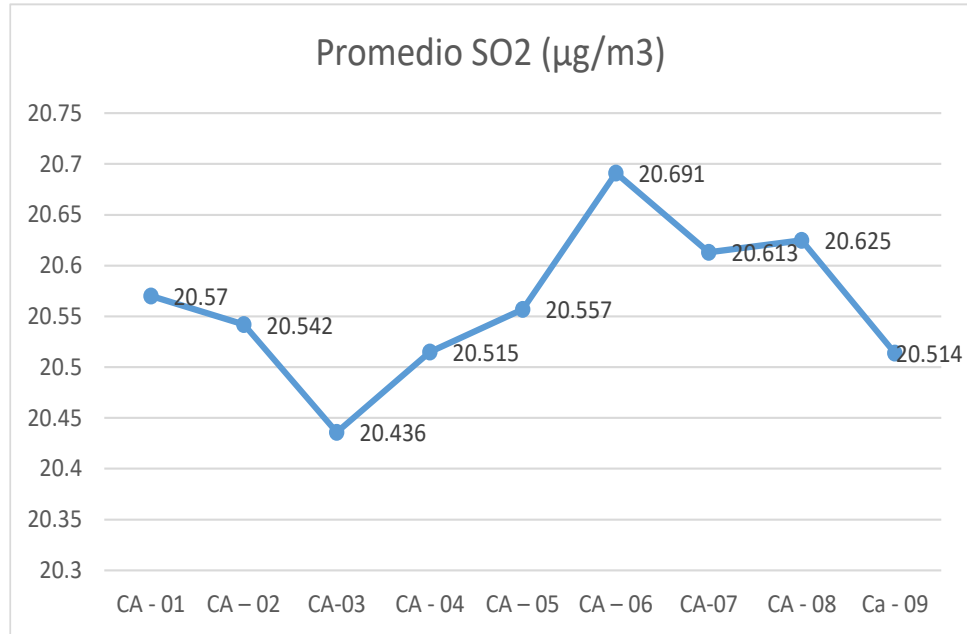
La evaluación de estos parámetros se realizó en el mes de Febrero y Abril, no se realizaron en otros meses por las restricciones de la Pandemia (COVID 19). El monitoreo se realizó en base al Protocolo Nacional de la Calidad del Aire (D.S. N° 010-2019-MINAM), que indica que es necesario tener en cuenta los datos de los parámetros meteorológicos del distrito de Ica.

Tabla 16

Nivel de concentración de SO <sub>2</sub>				
Punto Critico	Estación (Código)	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
		Febrero	Abril	Promedio
Av. Cutervo con Av. Los Maestros	CA - 01	20.519	20.621	20.57
Calle Bolívar con Av. Municipalidad	CA - 02	20.516	20.569	20.5425
Calle Lima con Av. Grau	CA-03	20.379	20.493	20.436
Av. Matías Manzanilla con Av. Túpac Amaru	CA - 04	20.524	20.505	20.5145
Av. San Martín con Av. Chiclayo	CA - 05	20.562	20.553	20.5575
Calle Independencia con Calle Amazonas	CA - 06	20.815	20.567	20.691
Calle Independencia con Calle <u>Castrovirreyña</u>	CA-07	20.612	20.613	20.6125
Calle Independencia con Calle Callao	CA - 08	20.724	20.525	20.6245
Calle Salaverry con Calle Lambayeque	Ca - 09	20.601	20.427	20514
PROMEDIO				20.514

Figura 8

Nivel de concentración de SO<sub>2</sub>



**Interpretación:**

La evaluación del nivel de concentración de SO<sub>2</sub>, el punto crítico (Calle Independencia con Calle Amazonas) presenta el valor más alto: 20.691 µg/m<sup>3</sup>, esto se debe que en estas calles se presenta congestión de tráfico vehicular (paraderos informales) y comercio ambulatorio.

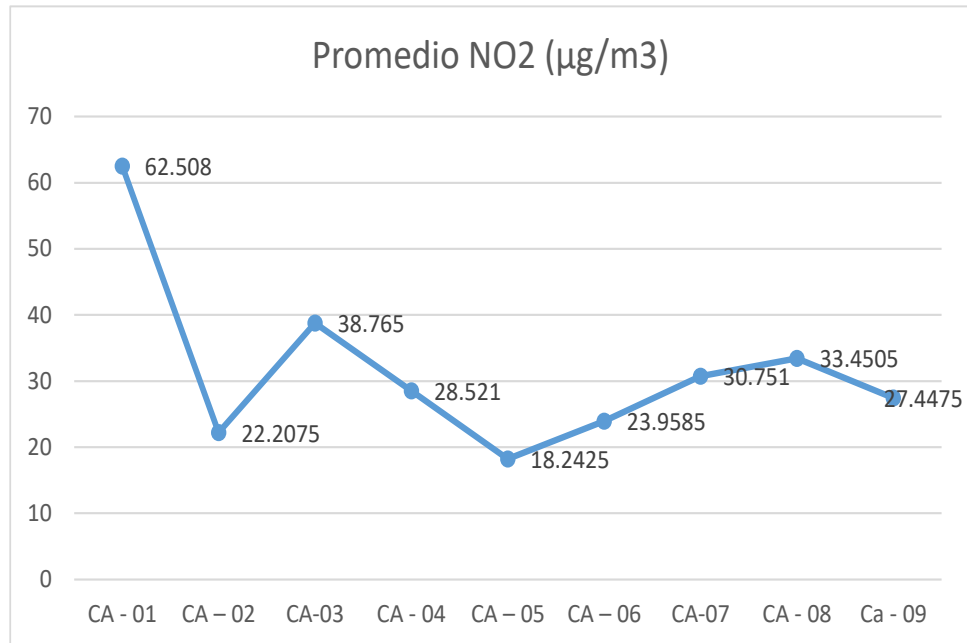
Tabla 17

Nivel de concentración de NO<sub>2</sub>

Punto Critico	Estación (Código)	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
		Febrero	Abril	Promedio
Av. Cutervo con Av. Los Maestros	CA - 01	48.967	76.049	62.508
Calle Bolívar con Av. Municipalidad	CA - 02	20.843	23.572	22.2075
Calle Lima con Av. Grau	CA-03	39.177	38.354	38.765
Av. Matías Manzanilla con Av. Túpac Amaru	CA - 04	27.521	29.521	28.521
Av. San Martín con Av. Chiclayo	CA - 05	18.667	17.818	18.2425
Calle Independencia con Calle Amazonas	CA - 06	12.672	35.245	23.9585
Calle Independencia con Calle Castrovirreyna	CA-07	26.948	34,554	30.751
Calle Independencia con Calle Callao	CA - 08	31.523	35.378	33.4505
Calle Salaverry con Calle Lambayeque	Ca - 09	25.464	29.431	27.4475
PROMEDIO				31.7612

Figura 9

Nivel de concentración de NO<sub>2</sub>



**Interpretación:**

La evaluación del gas NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> en el punto crítico (Avenida Cutervo con Av. Los Maestros), presenta el nivel de concentración más alto = 62.508 µg/m<sup>3</sup>, esto se debe que en estas Avenidas presenta alto tránsito vehicular y centros comerciales.

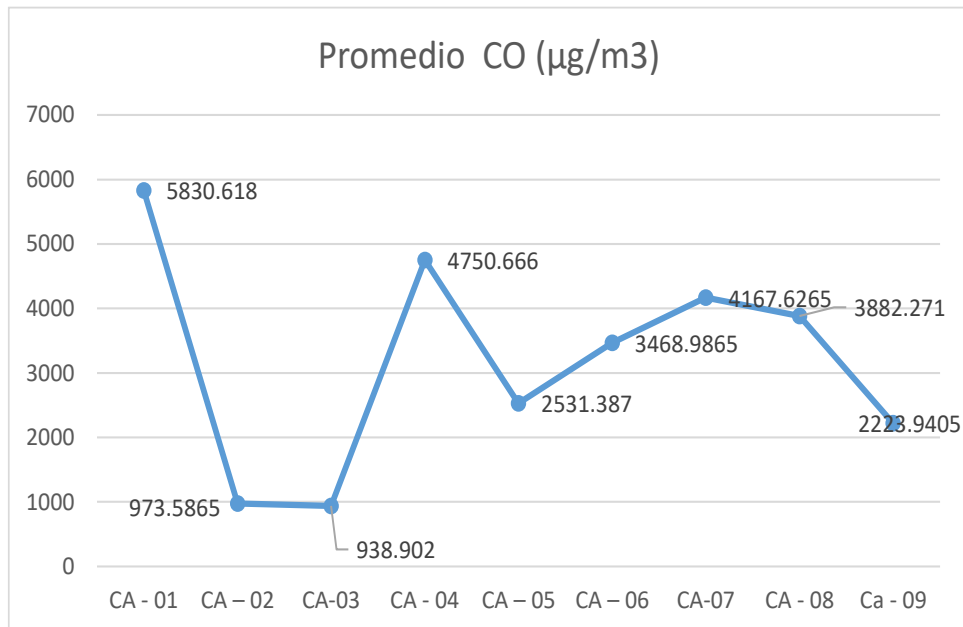
Tabla 18|

Nivel de concentración de CO

Punto Critico	Estación (Código)	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		Febrero	Abril	Promedio
Av. Cutervo con Av. Los Maestros	CA - 01	5789.892	5871.344	5830.618
Calle Bolívar con Av. Municipalidad	CA - 02	987.817	959.356	973.5865
Calle Lima con Av. Grau	CA-03	935.713	942.091	938.902
Av. Matías Manzanilla con Av. Túpac Amaru	CA - 04	4573.568	4927.764	4750.666
Av. San Martín con Av. Chiclayo	CA - 05	2389.442	2673.332	2531.387
Calle Independencia con Calle Amazonas	CA - 06	3326.322	3611.651	3468.9865
Calle Independencia con Calle Castrovirreyna	CA-07	4220.671	4114.582	4167.6265
Calle Independencia con Calle Callao	CA - 08	3891.331	3873.211	3882.271
Calle Salaverry con Calle Lambayeque	Ca - 09	2236.392	2211.489	2223.9405
PROMEDIO				3196.4427

Figura 10

Nivel de concentración de CO



**Interpretación:**

La evaluación del gas CO µg/m<sup>3</sup> en el punto crítico (Avenida Cutervo con Av. Los Maestros), presenta el nivel de concentración más alto = 5839.618 µg/m<sup>3</sup>, esto se debe que en estas Avenidas presenta alto tránsito vehicular y se encuentran establecidos grandes centros comerciales.

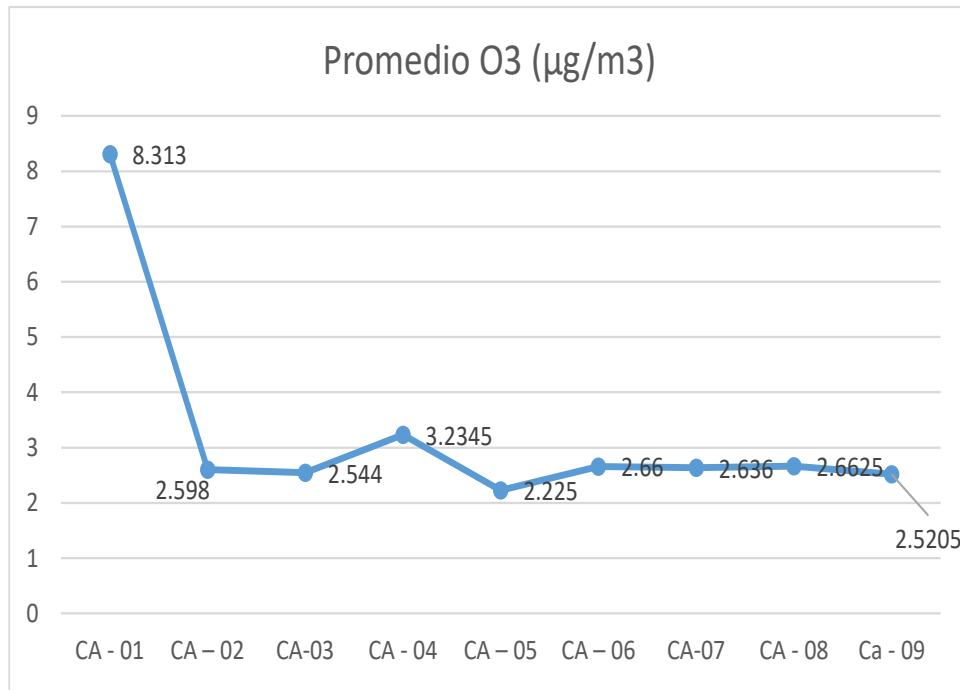
Tabla 19

Nivel de concentración O<sub>3</sub>

Punto Crítico	Estación (Código)	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
		Febrero	Abril	Promedio
Av. Cutervo con Av. Los Maestros	CA - 01	9.284	7.342	8.313
Calle Bolívar con Av. Municipalidad	CA - 02	2.579	2.617	2.598
Calle Lima con Av. Grau	CA-03	2.556	2.532	2.544
Av. Matias Manzanilla con Av. Túpac Amaru	CA - 04	3.576	2.893	3.2345
Av. San Martín con Av. Chiclayo	CA - 05	2.583	2.462	2.225
Calle Independencia con Calle Amazonas	CA - 06	2.609	2.711	2.66
Calle Independencia con Calle <u>Castrovirreyna</u>	CA-07	2.579	2.693	2.636
Calle Independencia con Calle Callao	CA - 08	2.593	2.732	2.6625
Calle Salaverry con Calle Lambayeque	Ca - 09	2.589	2.452	2.5205
PROMEDIO				3.2659

Figura 11

Nivel de concentración O<sub>3</sub>



**Interpretación:**

La evaluación del gas O<sub>3</sub> µg/m<sup>3</sup> en el punto crítico (Avenida Cutervo con Av. Los Maestros), presenta el nivel de concentración más alto = 8.313 µg/m<sup>3</sup>, esto se debe que en estas Avenidas presenta alto tránsito vehicular y se encuentran establecidos grandes centros comerciales.

## 3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 3.2.1. Hipótesis principal

Ha = La evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Ho = La evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> no influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Tabla 20

Hipótesis (Nivel de concentración)

Hipótesis	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
Ha	[SO <sub>2</sub> ] ≤ 20 μ/m <sup>3</sup>	[NO <sub>2</sub> ] ≤ 200 μ/m <sup>3</sup>	[CO] ≤ 10049 μ/m <sup>3</sup>	[O <sub>3</sub> ] ≤ 120 μ/m <sup>3</sup>
Ho	[SO <sub>2</sub> ] >20μ/m <sup>3</sup>	[NO <sub>2</sub> ] >200 μ/m <sup>3</sup>	[CO] >10049 μ/m <sup>3</sup>	[O <sub>3</sub> ] >120 μ/m <sup>3</sup>

Donde:

Ha = Hipótesis de investigación

Ho = Hipótesis nula

Hallando el valor de t<sub>c</sub>:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

t<sub>c</sub> = t – calculada

n = tamaño de la muestra

$\bar{x}$  = promedio

μ = media

S = desviación estándar

Nivel de significancia =  $\alpha = 0,05$

$t_{(0,95,8)} = -1,860$

Es decir:

- ✓ Si  $t_c > -1,860$ , no se rechaza la  $H_0$
- ✓ Si  $t_c \leq -1,860$ , se rechaza la  $H_0$

Tabla 21

Resultados de la prueba t-Student

Contaminante criterio	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
Promedio ( $\bar{x}$ )	20.5626	31.7613	3196.4427	3.2659
Desviación estándar (S)	0.07423	13.0495	1961.4985	2.0679
Media ( $\mu$ )	20	200	10049	120
Tamaño de la muestra	9	9	9	9
$t_c$	21.44	-36.4650	-9.8806	-159.6691

**3.2.1.1. Prueba de hipótesis de niveles de concentración**

**a. Parámetro SO<sub>2</sub>:**

$t_c = 21.44 > -1.860$ , se acepta la  $H_0$

**b. Parámetro NO<sub>2</sub> :**

$t_c = -36.4650 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$

**c. Parámetro CO:**

$t_c = -9.8806 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$

**d. Parámetro O<sub>3</sub>:**

$t_c = -159.6691 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$

**3.2.2. Hipótesis específica**

$H_a$ : La determinación de índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

$H_0$ : La determinación de índices de calidad del aire (INCA) según los niveles de concentración de los contaminantes ambientales SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> no influye en la calidad del aire del distrito de Ica, Año 2021.

Donde:

$H_a$  = Hipótesis de investigación

$H_0$  = Hipótesis nula

**A. Parámetro SO<sub>2</sub>**

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0 – 50	0 – 10	$I(SO_2) = [SO_2] * 100/20$
51 – 100	11 – 20	
101 – 625	21 - 500	
> 626	> 500	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

Tabla 22

Valores de INCA para el parámetro SO<sub>2</sub>

Estación (Código)	Promedio SO <sub>2</sub> (μ/m <sup>3</sup> )	I (SO <sub>2</sub> ) = [SO <sub>2</sub> ] * 100/20	INCA
CA - 01	20.57	102.85	MALA
CA - 02	20.5425	102.7125	MALA
CA-03	20.436	102.18	MALA
CA - 04	20.5145	102.5725	MALA
CA - 05	20.5575	102.7875	MALA
CA - 06	20.691	103.455	MALA
CA-07	20.6125	103.0625	MALA
CA - 08	20.6245	103.1225	MALA
Ca - 09	20.514	102.57	MALA
PROMEDIO	20.5625	102.8125	MALA

**B. Parámetro NO<sub>2</sub>**

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (μg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0 - 50	0 - 10	I (NO <sub>2</sub> ) = [NO <sub>2</sub> ] * 100/200
51 - 100	101 - 200	
101 - 150	201 - 300	
> 150	> 300	

Fuente: R M N° 181-2016-MINAM

Tabla 23  
Valores de INCA para NO<sub>2</sub>

Estación (Código)	Promedio NO <sub>2</sub> (μ/m <sup>3</sup> )	I (NO <sub>2</sub> ) = [NO <sub>2</sub> ] * 100/200	INCA
CA - 01	62.508	31.254	BUENA
CA - 02	22.2075	11.1037	BUENA
CA-03	38.765	19.3825	BUENA
CA - 04	28.521	14.2605	BUENA
CA - 05	18.2425	9.1212	BUENA
CA - 06	23.9585	11.9792	BUENA
CA-07	30.751	15.3755	BUENA
CA - 08	33.4505	16.7252	BUENA
Ca - 09	27.4475	13.7237	BUENA
PROMEDIO	31.7612	15.8806	BUENA

### C. PARAMETRO CO:

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (μg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0 - 50	0 - 5049	
51 - 100	5050 - 10049	I (CO) = [CO] * 100/1000
101 - 150	10050 - 15049	
> 150	> 15050	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

Tabla 24

Valores INCA para CO

Estación (Código)	Promedio CO ( $\mu/m^3$ )	$I(CO) = [CO] * 100/10000$	INCA
CA - 01	5830.618	58.306	MODERADA
CA - 02	973.5865	9.7358	BUENA
CA-03	938.902	9.389	BUENA
CA - 04	4750.666	47.506	BUENA
CA - 05	2531.387	25.313	BUENA
CA - 06	3468.9865	34.689	BUENA
CA-07	4167.6265	41.676	BUENA
CA - 08	3882.271	38.822	BUENA
Ca - 09	2223.9405	22.239	BUENA
PROMEDIO	3196.4427	31.964	BUENA

D. PARAMETRO O<sub>3</sub>:

Intervalo del INCA	Intervalo de concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0 – 50	0 – 60	
51 – 100	60 – 120	$I(\text{O}_3) = [\text{O}_3] * 100/120$
101 – 175	121 - 210	
> 175	> 210	

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM

Tabla 25

Valores INCA para  $\text{O}_3$

Estación (Código)	Promedio $\text{O}_3$ ( $\mu/\text{m}^3$ )	$I(\text{O}) = [\text{O}_3] * 100/120$	INCA
CA – 01	8.313	6.924	BUENA
CA – 02	2.598	2.164	BUENA
CA-03	2.544	2.119	BUENA
CA - 04	3.2345	2.629	BUENA
CA – 05	2.225	1.853	BUENA
CA – 06	2.66	2.216	BUENA
CA-07	2.636	2.196	BUENA
CA - 08	2.6625	2.217	BUENA
CA – 09	2.5205	2.099	BUENA
PROMEDIO	3.2659	2.720	BUENA

### PRUEBA DE HIPÓTESIS DEL INCA:

✓ **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

$$H_a = I(\text{SO}_2) \leq 100$$

$$H_o = I(\text{SO}_2) > 100$$

✓ **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

$$H_a = I(\text{NO}_2) \leq 100$$

$$H_o = I(\text{NO}_2) > 100$$

✓ **Monóxido de carbono (CO)**

$$H_a = I(\text{CO}) \leq 100$$

$$H_o = I(\text{CO}) > 100$$

✓ **Ozono (O<sub>3</sub>)**

$$H_a = I(\text{O}_3) \leq 100$$

$$H_o = I(\text{O}_3) > 100$$

Nivel de significancia =  $\alpha = 0,05$

$$t_{(0,95,8)} = -1,860$$

Donde:

✓ Si  $t_c > -1,860$ , no se rechaza la  $H_o$

✓ Si  $t_c \leq -1,860$ , se rechaza la  $H_o$

Tabla 26

Resultados de la prueba t-Student

Contaminante criterio	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
Promedio ( $\bar{x}$ )	102.8125	15.886	31.964	2.720
Desviación estándar (S)	0.34958	6.5152	15.7296	1.5007
Media ( $\mu$ )	100	100	100	100
Tamaño de la muestra	9	9	9	9
$t_c$	22.75	-36.523	-12.233	-183.201

**a. Parámetro SO<sub>2</sub>:**

$t_c = 22.75 > -1.860$ , se acepta la Ho

**b. Parámetro NO<sub>2</sub> :**

$t_c = -36.523 < -1.860$ , se rechaza la Ho

**c. Parámetro CO:**

$t_c = -12.233 < -1.860$ , se rechaza la Ho

**d. Parámetro O<sub>3</sub>:**

$t_c = -180.048 < -1.860$ , se rechaza la Ho

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del Monitoreo Ambiental de los gases, en base al Protocolo Nacional de Monitoreo del Aire (D.S. N°010-2019-MINAM, realizados en nueve puntos críticos del distrito de Ica determinaron:

- Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) =  $20,514 \mu/\text{m}^3$
- Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) =  $31,7612 \mu/\text{m}^3$
- Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) =  $3196,4427 \mu/\text{m}^3$
- Ozono ( $\text{O}_3$ ) =  $3,2659 \mu/\text{m}^3$

La evaluación del nivel de concentración de  $\text{SO}_2$ , el punto crítico (Calle Independencia con Calle Amazonas) presenta el valor más alto:  $20.691 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , estos se debe que en estas calles se presenta congestión de tráfico vehicular (paraderos informales) y comercio ambulatorio. Es necesario señalar que, [9] “la exposición a  $\text{SO}_2$  produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria, además estos óxidos pueden transformarse en otros productos, tales como partículas finas de sulfato ( $\text{SO}_4=$ ) y niebla de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2 \text{SO}_4$ ), dando como resultado la generación de lluvia acida ( $\text{pH} < 5.0$ ), lo cual aumenta los riesgos en la salud del ser humano y los daños ambientales (afectación agua, suelo, fauna y vegetación)”

La evaluación del gas  $\text{NO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto crítico (Avenida Cutervo con Av. Los Maestros), presenta el nivel de concentración más alto =  $62.508 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , esto se debe que en estas Avenidas presenta alto tránsito vehicular y centros comerciales. Es importante indicar [9] “que cuando se supera una concentración media de  $\text{NO}_2$  de  $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,1 ppm) en el 40% de los días de exposición, aumenta la frecuencia de las infecciones de las vías respiratorias, se provocan daños al parénquima pulmonar, e incluso ante exposiciones crónicas a concentraciones bajas el resultado es la aparición de cambios patológicos semejantes a los del enfisema pulmonar”

El INCA, en los puntos críticos de los resultados en función a los niveles de concentración fueron de:

- $\text{SO}_2 = 22.75 \mu/\text{m}^3$
- $\text{NO}_2 = 36.523 \mu/\text{m}^3$

- CO = -12.233  $\mu\text{/m}^3$
- O<sub>3</sub> = -180.482  $\mu\text{/m}^3$

[9] “La calidad del aire hace referencia al estado en que se encuentra la atmosfera al nivel de la troposfera para poder garantizar la salud pública y una buena calidad de vida, este estado depende de la composición del aire y de la presencia o ausencia de sustancias y de su nivel de concentración al cual se manifiestan como toxicas o nocivas para la salud humana y el medio ambiente, así como de los factores climáticos y físicos de las regiones específicas”,

## V. CONCLUSIONES

1. En función a los monitoreos ambientales realizados en los nueve puntos críticos del distrito de Ica se determinó que la calidad del aire según el nivel de concentración fue de:
  - Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) =  $20,514 \mu/\text{m}^3$
  - Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) =  $31,7612 \mu/\text{m}^3$
  - Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) =  $3196,4427 \mu/\text{m}^3$
  - Ozono ( $\text{O}_3$ ) =  $3,2659 \mu/\text{m}^3$
2. En relación al INCA, en los puntos críticos de los resultados en función a los niveles de concentración fueron de:
  - $\text{SO}_2 = 22.75 \mu/\text{m}^3$
  - $\text{NO}_2 = 36.523 \mu/\text{m}^3$
  - $\text{CO} = -12.233 \mu/\text{m}^3$
  - $\text{O}_3 = -180.482 \mu/\text{m}^3$
3. La contrastación de la hipótesis principal, se realizó mediante la prueba de t-Student ( $n \leq 30$ ) y  $\alpha = 0,05$ ; para los niveles de concentración de los gases:
  - Parámetro  $\text{SO}_2$ :  
 $t_c = 21.44 > -1.860$ , se acepta la  $H_0$
  - Parámetro  $\text{NO}_2$  :  
 $t_c = -36.4650 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$
  - Parámetro  $\text{CO}$ :  
 $t_c = -9.8806 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$
  - Parámetro  $\text{O}_3$ :  
 $t_c = -159.6691 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$
4. La contrastación de hipótesis principal, se realizó mediante la prueba de t-Student ( $n \leq 30$ ) y  $\alpha = 0,05$  para el INCA de los parámetros evaluados:
  - Parámetro  $\text{SO}_2$ :  
 $t_c = 22.75 > -1.860$ , se acepta la  $H_0$
  - Parámetro  $\text{NO}_2$  :  
 $t_c = -36.523 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$

- Parámetro CO:  
 $t_c = -12.233 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$
- Parámetro  $O_3$ :  
 $t_c = -180.482 < -1.860$ , se rechaza la  $H_0$

5. Los valores del INCA según los niveles de concentración de  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO y  $O_2$  en puntos críticos del distrito de Ica, determinaron que los parámetros evaluados de  $NO_2$ , CO y  $O_3$  el INCA es “buena”, pero el INCA del  $SO_2$  es “mala”.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones de la calidad del aire en base a los niveles de concentración de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en otros puntos críticos del distrito de Ica, asimismo de provincias como Chincha que tienen actividad comercial y vehicular significativa, para tener una data en relación a la calidad del aire y aplicar estrategias de minimización en base a la normativa ambiental vigente.
2. Las entidades fiscalizadoras de estado (OEFA) y la Municipalidad Provincial de Ica, deben realizar monitoreos ambientales continuos y campañas de sensibilización, de la importancia que implique tener una calidad de aire óptima que garantice la salud de la población y la sostenibilidad ambiental.
3. Se debe implementar el tratamiento de RR.SS. en relación a la planificación del recojo y la disposición final en los rellenos sanitarios, que permita de esta forma controlar y minimizar la contaminación del aire por estos residuos,

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] P. A. Tarazona Rincón, “Evaluación de la calidad de aire por emisiones de material particulado (PM 10 ) en la vereda mochuelo-alto Bogotá D.C.,” Universidad El Bosque, 2018.
- [2] A. García Ruíz, “Evaluación de la concentración de CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018,” Universidad Peruana Unión, 2019.
- [3] A. M. Buitrago Moreno and J. M. Tejeiro Mahecha, “Influencia de las condiciones meteorológicas en La concentración de PST Y PM10 en inmediaciones de la Universidad Santo Tomás Sede Loma Linda.,” Universidad Santo Tomas, 2019.
- [4] J. J. Y. Guzman Vasquez, ““Evaluacion de la Calidad del Aire de la Central Termica de Ventanilla,”” Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019.
- [5] W. F. Gavilanes Gavilánez, “Propuesta para la evaluación de material particulado MP2.5 µm y MP10µm generado por fuentes fijas y móviles en la avenida San Juan Bosco Sector Fertisa Sur de Guayaquil,” Universidad Agraria Del Ecuador, 2019.
- [6] M. V. Marin Linares, ““Relación entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del Sector Nueva Esperanza, en el distrito de Villa María Del Triunfo, mes de Agosto 2018,”” Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019.
- [7] J. L. Peralta Quispe, “Determinación del nivel de riesgo de la calidad de aire por material particulado PM10 en los 5 Sectores del distrito de Morales - San Martín 2017,” Universidad Peruna Unión, 2017.
- [8] N. Ordoñez Machicao, “Plan de gestión para el mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad de Arequipa,” Universidad Nacional de San Agustín, 2018.
- [9] T. F. Gonzales Velandia, “Determinación de la calidad del aire en la Universidad Libre Seccional Bogotá Sede Bosque Popular.,” Universidad Libre, 2015.