



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión Sistemática de Metodologías de Análisis de Índices de
Calidad de Aire, para Determinar el Grado de Contaminación
2020.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Alvaro Huanaco, Juan Carlos (ORCID: 0000-0002-5103-5583)

Valdivia Valencia, Maira Cecilia (ORCID: 0000-0001-7014-9706)

ASESOR:

Mgtr. Pillpa Aliaga Freddy (ORCID: 0000-0002-8312-6973)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicada a mis hijos y mi esposo quienes han sido motor y motivo durante este periodo, que gracias a su apoyo pude concluir mis objetivos planteados.

Esta presente investigación va dedicada a mis familiares quienes apostaron por mi persona para seguir adelante en este camino tan difícil, a mi hermano que me apoyo bastante en este proceso, eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que estuvieron con nosotros en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A nuestros padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias a la UCV por permitir cumplir nuestros objetivos. Gracias por darnos la oportunidad de desenvolvernos como seres humanos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE ABREVIATURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	3
III. METODOLOGIA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Categorías, subcategoría y matriz de categorización apriorística	11
3.3 Escenario de estudio	12
3.4. Participantes.....	12
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.6. Procedimientos.....	12
3.7. Rigor científico.....	15
3.8. Método de análisis de información	16
3.9. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS	28
ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contaminantes primarios y secundarios	6
Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aire	7
Tabla 3: Índices de calidad de aire por niveles	8
Tabla 4: Principales parametros considerados por artículos revisados.....	18
Tabla 5: Parámetros que determinan los ICA	19
Tabla 6: Principales autores y sus metodologías.....	21
Tabla 7: Metodologías para ICA	22
Tabla 8: Metodologías de ICA en relación a su fuente de contaminación	23
Tabla 9: Determinación de los índices de calidad de aire.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fuentes contaminantes y efectos	5
Figura 2: Procedimiento de información	14
Figura 3: Porcentaje de artículos relacionados.....	20

RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea como objetivo general determinar las metodologías de análisis para los índices de calidad de aire, cuya metodología fue una revisión sistemática, de tipo aplicada, con enfoque cualitativo, y diseño narrativo de tópicos. De los estudios analizados se obtuvo que las actividades que implican alteración en los índices de calidad de aire son aquellas que se desencadenan del desarrollo de procesos de tipo industrial, agrícola, agropecuario, clínico, entre otros, sin una adecuada planeación y sin tener en cuenta los impactos ambientales. Por otro lado, se obtuvo que dentro de los principales parámetros que conforman los índices de calidad de aire (ICA) están el MP 2.5, MP 10 y NO₂. Finalmente, se concluye que para el análisis de los índices de calidad de aire se aplican 4 metodologías: Índice de Calidad del Aire de la EPA, Air pollution Integrated Assessment Models (IAM), Mamdani Fuzzy Air Quality Index (MFAQI) y Spatio Temporal Deep Learning (STDL); quienes determinan la calidad del aire, cómo se debe reducir las emisiones atmosféricas, el grado de importancia de cada contaminante para determinar los impactos en la salud y las precauciones sanitarias que se deben de tener.

Palabras clave: índice, parámetros, nivel, metodologías.

ABSTRACT

The general objective of this research work was to determine the analysis methodologies for air quality indexes, whose methodology was a systematic review, applied, with a qualitative approach and narrative design of topics. From the studies analyzed, it was obtained that the activities that imply alterations in the air quality indexes are those that are triggered by the development of industrial, agricultural, livestock and clinical processes, among others, without adequate planning and without taking into account the environmental impacts. On the other hand, it was found that among the main parameters that make up the air quality indexes (AQI) are PM 2.5, PM 10 and NO₂. Finally, it is concluded that 4 methodologies are applied for the analysis of the air quality indexes: EPA Air Quality Index, Air pollution Integrated Assessment Models (IAM), Mamdani Fuzzy Air Quality Index (MFAQI) and Spatio Temporal Deep Learning (STDL); which determine the air quality, how atmospheric emissions should be reduced, the degree of importance of each pollutant to determine the impacts on health and the sanitary precautions that should be taken.

Keywords: index, parameters, level, methodologies.

I. INTRODUCCIÓN

El aire es el recurso renovable más importante y esencial para subsistencia de los seres vivos en el planeta. Respirar aire limpio y sin ningún tipo de agente contaminador riesgoso para la salud es uno de los derechos de todo ser humano (Ceballos, et al., 2019, p-4). Sin embargo, (Álvarez y Boso, 2018), refieren que el 92% de la población mundial habita en espacios donde los niveles de aire superan los permitidos, puesto que permanecen contaminantes como material particulado (MP_{10, 2.5}).

El creciente desarrollo económico ha conllevado a la generación de una serie de actividades las cuales han influido en la alteración de los recursos naturales, siendo uno de ellos el aire, provocando una contaminación atmosférica, lo cual según la Organización Mundial de la Salud (OMS), representa un riesgo en la salud y el ambiente, siendo en la actualidad se ha convertido en una de las mayores preocupaciones, y esta se origina por un lado por las actividades desarrolladas en las industrias debido a sus emisiones que expulsan.

Por otro lado, otro de los factores que influyen en la contaminación del aire son los denominados aerosoles de carbón negro, producidos por la combustión de fósiles y quema de biomasa (Gnanadesikan, et al, 2017, p.982). No obstante, Shiel, et al (2017), menciona que el sector de construcción representa alrededor de un cuarto de emisiones de carbono, debido a que más de la mitad provienen del parque residencial ya que tiene un rendimiento termino pobre (Llatance, 2017, p.225).

Ahora bien, la contaminación atmosférica se define como la presencia de sustancias, contaminantes o agentes en el aire, los cuales presentan concentraciones elevadas que implican riesgos en la salud del ser humano (p.5). Es por ello que, el evaluar la calidad de aire, implica la generación y diseño de indicadores o índices, los cuales nacen de los principales contaminantes atmosféricos y permiten determinar, diagnosticar y evaluar el estado óptimo del recurso.

Con respecto a la problemática expuesta, se plantea como problema principal: ¿Cuáles son las metodologías de análisis de índices de calidad de aire, para

determinar el grado de contaminación?, así mismo el análisis a realizar también se enfocará en desarrollar los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son las actividades que implican alteración de índices de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación?, ¿Cuáles son los principales parámetros que conforman los índices de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación?, ¿Cuáles son los niveles adecuados para cada índice de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación?. En ese sentido para la presente revisión sistemática se plantea como objetivo general: Determinar las metodologías de análisis de índices de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación. Del mismo modo, se plantea los siguientes objetivos específicos: Determinar cuáles son las actividades que implican alteración de índices de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación Determinar los parámetros principales que conforman los índices de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación Definir cuáles son los niveles adecuados para cada índice de calidad de aire, para determinar el grado de contaminación.

A lo largo del tiempo, se ha ido dando mayor importancia al cuidado y conservación de los recursos naturales y el ambiente en general, los continuos esfuerzos y acciones ante la problemática no ha sido suficiente puesto que la población no tomado conciencia y actitud así mismo no ha priorizado el respeto por la naturaleza (Severiche, Gómez y Jaimes, 2016, p.268). Ahora bien, el recurso aire, uno de los más perjudicados a nivel mundial, ante ello las autoridades han implementado objetivos, metas, lineamientos y políticas que permitan reducir el impacto en la contaminación atmosférica, en tal sentido el presente estudio se justifica debido a la importancia de determinar cuáles son los índices de calidad de aire que permitan definir el estado en el cual el recurso se encuentra en una determinada zona, y con ello determinar las estrategias de corrección y prevención.

Finalmente, el presente estudio en base la recopilación de información sobre índices de calidad de aire permitirá definir y evaluar el estado actual del recurso de tal modo pueda permitir definir su contribución al desarrollo de la vida, así mismo la importancia del estudio marcara pautas específicas sobre las causas principales que contribuyen al deterioro y alteración del recurso aire en su estado natural, con el fin de tomar acciones de control, prevención o mitigación de dichos factores.

II. MARCO TEORICO

La contaminación atmosférica es uno de los riesgos ambientales más graves a nivel mundial y tiene un gran alcance para la salud y las consecuencias económicas, de acuerdo con Nguyen H. y Hang M., (2020, p.4) el 93% de todos los niños que viven en ambientes con aire que presentan niveles de contaminación inferiores a las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS, en adelante) (OMS, 2016), y la exposición al aire contaminado causó 9 millones de muertes prematuras en todo el mundo en 2015.

Así también en el Perú se presenta, la contaminación del aire en el hogar (HAP) por la combustión de combustible de biomasa, como la madera y el estiércol animal, que se encuentra entre los principales factores de riesgo ambiental de enfermedades prevenibles. Cerca de la mitad de la población mundial depende de las estufas de biomasa para sus necesidades diarias de cocción (Fandino et al., 2020, p.2).

Otra forma de contaminación atmosférica, viene siendo las actividades mineras, quienes siempre van acompañadas de contaminación ambiental, lo que afecta negativamente a la salud pública. Para evaluar con precisión el nivel de contaminación, así como cuantificar el efecto de la contaminación del aire en la salud humana, se necesita aplicar una serie de estructuras, métodos y modelos que proporcionen herramientas para evaluar los beneficios de este control para la salud pública y los valores económicos relacionados (Biu, 2020, p.3).

Debido a ello, la contaminación del aire representa una amenaza considerable para la salud en todo el mundo. En su investigación Alves et al., (2020, p.1) señala que la composición única de contaminantes atmosféricos con una población de casi 20 millones de personas y 9 millones de turistas como es el caso de Sao Paulo donde la exposición a partículas menores a $2,5 \mu\text{m}$ (PM 2,5) puede provocar diversos efectos en la salud, como daños en el ADN.

Ahora bien, la atmósfera es una capa gaseosa con alrededor de 10000 km de espesor alrededor de la tierra, en el cual se realiza una mezcla de gases y aerosoles, por otro lado, la contaminación atmosférica refiere a la presencia de varios contaminantes en el aire, los cuales alcanzan concentraciones muy altas

provocando diversas alteraciones en la salud humana y el ambiente. (Jianlin, Yungang, y Hongliang, 2015, p.17). cabe agregar que se divide en 5 capas importantes:

- La troposfera: capa inferior más próxima a la superficie terrestre.
- La Estratosfera: segunda capa, donde existe el aumento de temperatura y se encuentra la capa de ozono que juega un papel importante en la protección de la tierra de los rayos UV.
- La mesosfera: tercera capa donde disminuye la temperatura llegando hasta -90°C, la zona más fría de la atmosfera.
- La termosfera: cuarta capa donde el aire es tenue y la temperatura cambia con la actividad solar llegando a 1500°C.
- La exosfera: última capa donde los átomos van hacia el espacio.

Por otro lado, tenemos el recurso aire, el cual se determina como una mezcla gaseosa, sin olor ni sabor que ocupa todos los espacios vacíos de la tierra, este compuesto por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1%. Se considera como el recurso más importante porque permite la supervivencia de los seres vivos, cabe resaltar que la calidad de aire que respiran los seres humanos y animales es de suma importancia porque de ello depende la pureza en la sangre y la estabilidad de los pulmones en nuestro organismo (Rojas, 2017, p.13).

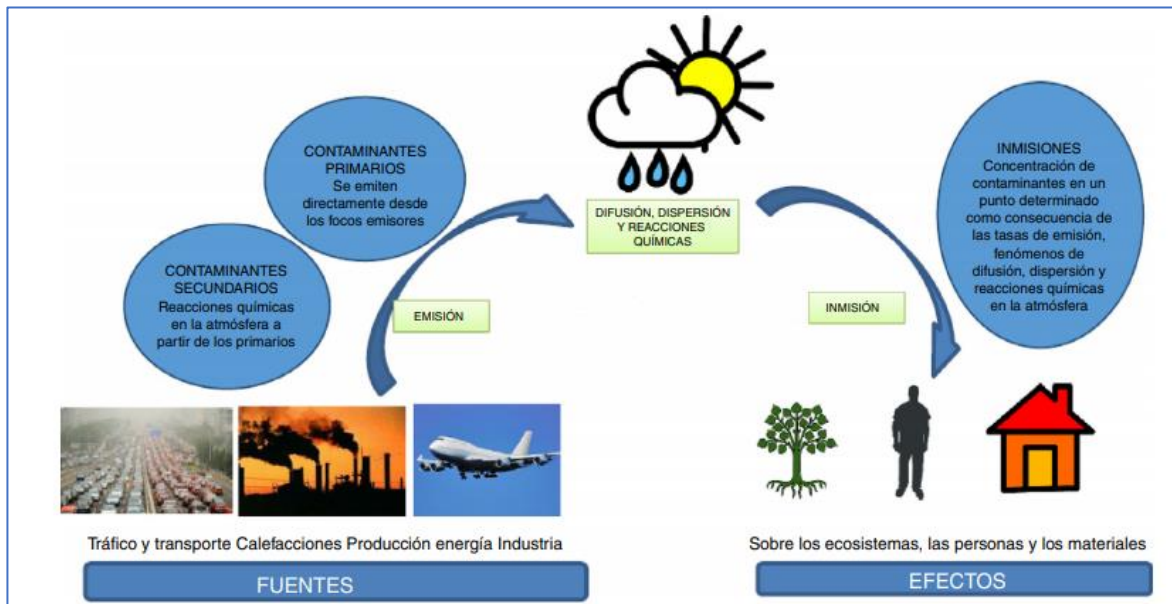
La contaminación de aire, es definida como la presencia de una mezcla de sustancias o elementos en la atmosfera tales como material particulado, ozono, azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, metano, compuestos orgánicos volátiles, metales, entre otros, los cuales son producto de actividades antropogénicas o de la misma naturaleza, por otro lado, los 4 elementos con mayor peligrosidad en la salud humana son material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Shivangi, et al. (2015), define que la contaminación de aire es una compleja mezcla de gases, partículas, aerosoles, vapor de agua que se ha originado debido a el desarrollo humano y otras actividades naturales/antropogénicas (p.1).

Por otro lado, la Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, indica que, la contaminación del aire es una variación y/o alteración de los niveles y valores de la pureza del aire, provocada por emisiones naturales o provocadas de sustancias químicas y biológicas, lo cual ha conllevado a una serie de reacciones en los seres humanos y animales alterando su estabilidad y surgiendo problemas respiratorios y/o enfermedades (p.44).

Tal como podemos observar en la siguiente imagen, la contaminación atmosférica o alteración de los componentes del aire nacen de fuentes específicas teniendo 2 contaminantes principales, los denominados primarios que se emiten desde los focos emisores y los secundarios que son las reacciones producidas en la atmósfera, consecuentemente estos contaminantes son recibidos por agentes a los cuales les causa alguna reacción o consecuencia.

Figura 1. Fuentes contaminantes y efectos



Fuente: Revista UNAM 20215

No obstante, en la siguiente tabla se presentan los tipos de contaminantes y sus fuentes de emisiones, que influyen en la variación de los niveles calidad de aire, y los cuales al ser evaluados permiten determinar los índices.

Tabla 1: Contaminantes primarios y secundarios

CONTAMINANTE	PRIMARIO	SECUNDARIO	NATURAL	ANTRÓPICO
SO ₂	X		Volcanes, incendios forestales.	derivados del petróleo y quema de carbón.
H ₂ S	X		Descomposición materia orgánica y Volcanes.	Procesos industriales y mala combustión.
H ₂ SO ₄		X	Humedad + H ₂ S	Humedad + H ₂ S
MSO ₄		Sales metálicas sulfatos	de Agentes oxidantes en síntesis orgánicas.	
NO	X		Procesos biológicos en suelos, oxidación natural.	Combustión a altas temperaturas.
NO ₂	X	X	Procesos biológicos en suelos, oxidación natural.	Combustión a altas temperaturas.
NH ₃	X		Descomposición vegetal y animal.	Procesos Industriales.
MNO ₃		Sales metálicas nitratos	de	Procesos Industriales.
COMPUESTOS ORGANICOS	Hidrocarburos alifáticos Hidrocarburos aromáticos	Cetonas Aldehídos Ácidos	Derivados oxigenados Derivados halogenados	
CO	X		Océanos, incendios y oxidación de metano ambiente.	Automóviles Industria.
CO ₂	X		Respiración de los seres vivos.	Proceso de producción de energía, la calefacción y el transporte.
FORMACIÓN DE REACCIONES FOTOQUÍMICAS	X	X	Incendios forestales, ciclones, polinización de las plantas.	Quema de combustibles o la incineración de cualquier otro tipo de sustancia.

Fuente: González, 2015, p.28

Calidad de aire refiere a la ausencia de sustancias, partículas o gases presentes en un área, estos aspectos son determinada mediante mediciones con instrumentos especializados, existen una serie de factor que inciden en la alteración de la calidad de aire, muchos de ellos son generados por las actividades del hombre

como el desarrollo industrial, el crecimiento poblacional o en mayor de los casos de manera natural (Pérez, 2017, p.35). Del mismo modo, González (2015), indica que la calidad de aire es el estado en el cual se encuentra la atmosfera, debido a que de esta depende el bien estar de la salud pública y calidad de vida, la presencia o ausencia de sustancias y concentración de contaminantes atmosféricos definen la buena o mala calidad del aire (p.34).

Se denomina indicadores de calidad de aire a aquellos aspectos que reflejan directrices, valores o aspectos necesarios para determinar el estado del recurso, así mismo permite preservar y mejorar las condiciones del ambiente en un área determinada. Dalia & Ammar (2013), mencionan que el índice de calidad del aire (ICA) es una herramienta cuantitativa a través de la cual el aire se pueden comunicar datos sobre la contaminación, que proporcionan información sobre el grado de limpieza o contaminación del aire (p.86).

Ahora bien, El Ministerio de Ambiente (MINAM), a través del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para aire, lo cual se describe en la siguiente tabla.

Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental para Aire

PARÁMETRO	PERIODO	VALOR (ug/m³)
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200
	Anual	100
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50
	Anual	25
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100
	Anual	50
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2
	1 hora	30000
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10000
	8 horas	100
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1.5
	Anual	0.5
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	24 horas	150

Fuente: (MINAM), a través del Decreto Supremo N° 003-2017

Por otro lado, a través de la Resolución Directoral N° 181 – 2016 MINAM, el 14 de julio del año 2016, el MINAM, establece el Índice de Calidad de Aire (INCA) definido en función del impacto en la salud de las personas que podrían generar los distintos niveles de calidad de aire, además el cual tuvo como objetivo establecer el estado actual de la calidad del aire de forma clara y de una manera más entendible para la sociedad, dividiéndola en cuatro categorías diferenciadas por colores las cuales están íntimamente relacionadas con la concentración de los contaminantes en el aire correspondiéndole a cada categoría intervalos de concentración

Tabla 3: índices de calidad de aire por niveles

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: Resolución Directoral N° 181 – 2016 MINAM

Finalmente, como estudios previos se encontraron:

Delgado & Aguirre (2020), en su investigación tiene como objetivo evaluar el nivel de calidad de aire en Lima Metropolitana, mediante un sistema de análisis de Grey Clustering, el cual consiste en una triangulación del punto medio en base a funciones de Whitenización – CTWF, así mismo los principales indicadores

utilizados fueron: PM10, PM2.5 y NO2, finalmente en su estudio demostraron la existencia de un alto grado de contaminación de aire.

Luna, Talavera, & Cano, (2017), realizó una investigación donde se usó sensores electroquímicos de bajo costo para el monitoreo de la calidad del aire en el distrito de San Isidro. La investigación se realizó con el fin de presentar un diseño de una estación de monitoreo de contaminación de atmosférica portátil, que sea de bajo costo y de fácil manejo para las personas. Para esto, se trabajó con sensores OUTDOR de la marca α Sense (Essex – Reino Unido), que son inalámbricos, de alimentación energética solar. Estos sensores fueron diseñados para medir el gas en nmol/mol, siendo los parámetros evaluados: “CO2, VOC (alcoholes, aldehídos, hidrocarburos alifáticos, aminas, hidrocarburos aromáticos, CH4, LPG, ketones y ácidos orgánicos), CO, SO2, ozono y dióxido de nitrógeno 27 (O3 + NO2)”. Los resultados obtenidos muestran que el dióxido de carbono excede en casi un 32% a los 400 ppm que se tomaron como valor promedio en esta investigación.

Montenegro & Lujan (2018) en su estudio hace un análisis de la variación estacional y espacial de los contaminantes primarios (PM10, NO2 y SO2) y de ozono monitoreados en la ciudad de Cochabamba, a lo largo de su investigación pudo establecer que las características del entorno orográfico de esta ciudad, la altura a la que se encuentra y sus condiciones climáticas, la ventilación de la atmósfera en la época de invierno es mucho menor que en verano. Esto provoca que los niveles de inmisión de los contaminantes primarios sean mucho más elevados en los meses de invierno y verano. Las zonas con mayor tráfico vehicular presentan mayores niveles de contaminación por contaminantes primarios.

Según el artículo presentado por Pérez (2015) índice de la calidad de aire y la concentración de material particulado basado en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM - Distrito de Morales Departamento de San Martín Perú se obtuvieron resultados por debajo de la normativa con un valor de 51.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontrándose por debajo de la normativa de los 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la norma nacional de calidad de aire de acuerdo al D.S N° 074-2001 PCM y también han sido comparados con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado el nivel de riesgo de color amarillo cuya calificación es regular.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación aplicada, tiene como finalidad resolver problemas, buscar conocimientos y/o soluciones ante una problemática. Así mismo dicha investigación abarca aspectos como el evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar casualidades, (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p.25). del mismo modo, Baena, (2017), menciona que, en la investigación aplicada también denominada utilitaria, se proponen problemas concretos, los cuales requieren de soluciones inmediatas, es decir dicho tipo de investigación tiene como finalidad estudiar el problema planteado para llevar a cabo las acciones de solución en la cual se puede integrar teorías pre existentes. (p.17-18).

Es por ello que el presente estudio tiene como principal objetivo realizar la búsqueda de información y antecedentes con respecto a los indicadores de calidad de aire.

El enfoque cualitativo de una investigación, también se denomina como una investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa o etnográfica, puesto que se basa en una lógica y proceso inductivo. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p.7-9). Así mismo consiste en un proceso reflexivo puesto que opera cada etapa de un proyecto (Maxwell, 2019, p.17).

Mientras tanto, el diseño de investigación narrativa pretende conceptualizar épocas, lugares y tiempos donde ocurrieron hechos, sucesos, fenómenos o experiencias los cuales se tomarán como evidencias para desarrollar la problemática. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p. 75). En tanto, el diseño de investigación cualitativo narrativo de tópicos, la cual está enfocado en una temática, suceso o fenómeno (Salgado, 2007, p.73).

Es por ello que para el presente estudio se realizó una revisión bibliográfica de exploración y descripción de los principales índices de calidad de aire, aplicados para determinar el estado del recurso.

3.2. Categorías, subcategoría y matriz de categorización apriorística

Uno de los procedimientos esenciales a tener en cuenta en una investigación es la distribución o división de los temas a tratar lo cual parte de la organización y recopilación de la información. Para ello se tienen como categorías aquellas que denotan un tópico en sí mismo, mientras que las subcategorías detallan los tópicos en micro aspectos. Además, pueden ser construidas antes de la recopilación de información o mediante el levantamiento de esta. Herrera, Guevara, y Munster, (2015), menciona que la construcción de categorías y subcategorías, de los puntos más importantes, surge de la formulación de problemas y objetivos de la investigación (p.125).

Ante ello, a raíz de los problemas y objetivos propuestos se plantea como categorías: Actividades que implican alteración en los índices, parámetros y niveles de índices, y de las cuales se desencadenan como subcategorías a las actividades antropogénicas, industriales o naturales; parámetros físicos, químicos y biológicos y finalmente buena, moderada, mala y umbral de cuidado respectivamente. No obstante, cada categoría está definida y evaluada por criterios: de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla en la zona de análisis y al tipo de eventos naturales que se producen en la zona, de acuerdo al tipo de índice de calidad a utilizar y al grado de contaminación del aire y de acuerdo al valor o escala obtenida en la muestra y al grado de contaminación.

Es por ello que en el anexo 1, se presenta las categorías, subcategorías y criterios de cada una, con la cual se basara el desarrollo de la presente investigación

3. Escenario de estudio

Se consideró como escenario de estudio a los artículos científicos, estudios y tesis que abarquen las metodologías para determinar los índices de calidad de aire en una determinada zona.

3.4. Participantes

Se consideró como principal herramienta los documentos, informes, libros, artículos e investigaciones que refieran y contribuyan al desarrollo de los objetivos propuestos. Cabe agregar que dichos materiales estarán disponibles principalmente en fuentes como Science Direct, Springer Link, Dialnet Web of Science, ProQuest, Research Gate, Redalyc, Scielo, Google Scholar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son aquellas operaciones, procedimientos o actividades (desde la observación, entrevista, bibliografía, etc.), con las cuales se llevarán a cabo la investigación. Mientras que los instrumentos son aquellos elementos o materiales con los cuales se ejecutaran las técnicas. (Niño, 2011, p.29).

En tal sentido, para el presente estudio, se desarrolló la recolección de datos e información mediante un instrumento principal denominado “ficha de análisis de contenido” (Anexos 2), la cual estuvo constituida por una serie de ítems tal como: el número de páginas, año y lugar de publicación, tipo de investigación, autor, palabras claves, problemas, objetivos, alcances, resultados, entre otros que incluyan en el artículo o fuente elegida para la investigación, dichos datos relevantes en su totalidad permitieron asociar y organizar la data e información requerida.

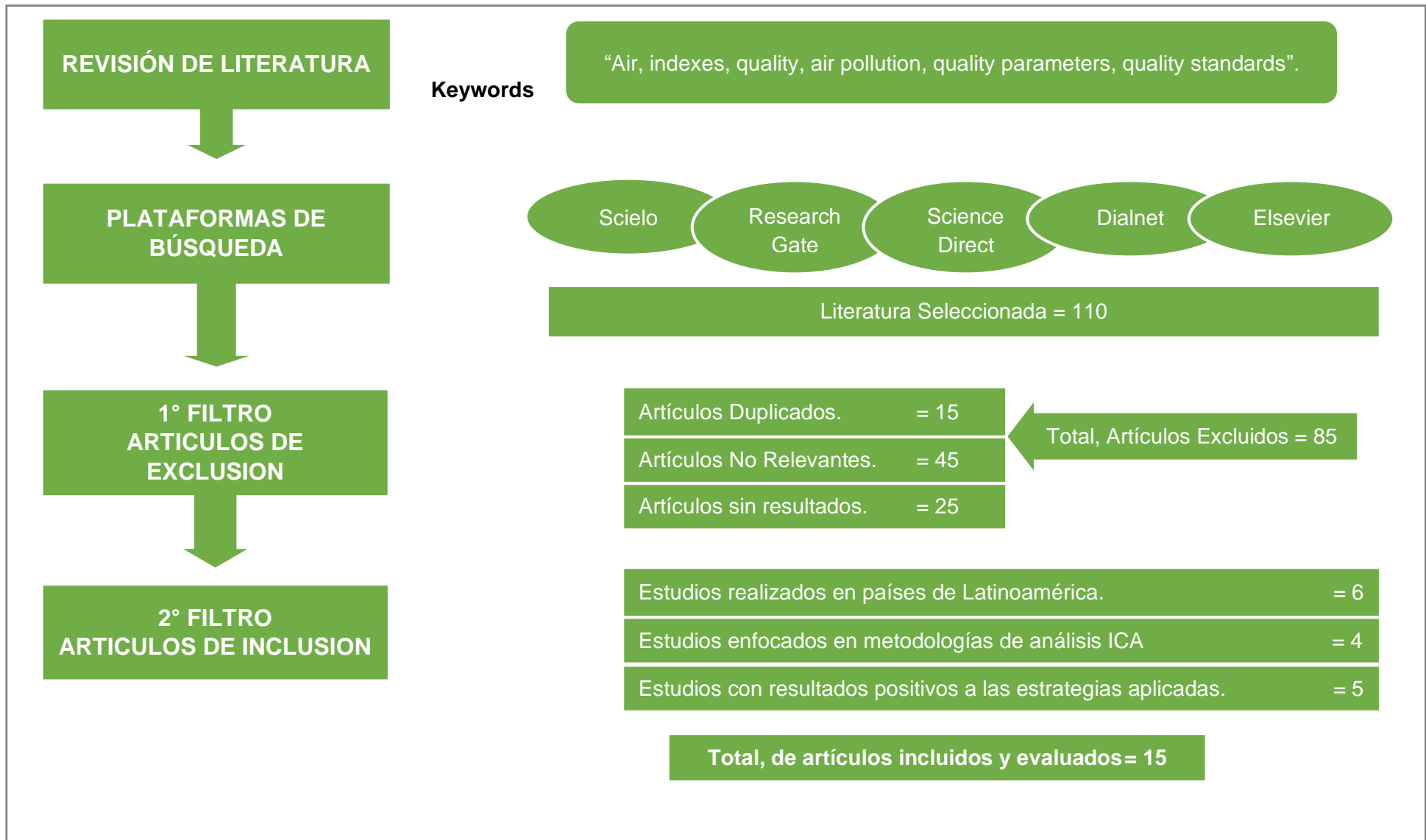
3.6. Procedimientos

Para llevar a cabo la revisión sistemática de los índices de calidad de aire, se tuvo en cuenta un proceso riguroso donde la principal fuente de enriquecimiento de información, fueron artículos publicados en revistas

indexadas, además de revistas, libros y publicaciones en general que tengan la información y data necesaria para el desarrollo, así mismo se tendrá en cuenta el prestigio y fiabilidad de la fuente.

Como primer paso, se determinaron palabras claves (air, indexes, quality, air pollution, quality parameters, quality standards) que estén ligadas al tema, las cuales deben estar incluidas en títulos, resúmenes y/o teoría de los artículos buscados. Seguidamente se realizó la selección de las plataformas de búsqueda como: Scielo, Research Gate, Science Direct, Dialnet, Elsevier), una vez obtenidos un considerable número de estudios y/o artículos, se procedió a realizar el primer filtro de selección el cual consistió en la búsqueda de información con respecto a la problemática expuesta, seguidamente la obtención de trabajos previos y/o antecedentes, además de la conceptualización de principales términos y teorías relacionadas, finalmente la definición de la metodología, llevando siempre un criterio de inclusión y exclusión tal como se visualiza en el siguiente diagrama.

figura 2. Procedimiento de información



3.7. Rigor científico

Rigor científico, es la aplicación rigurosa y disciplinada de criterios en un determinado tema de investigación, en el cual se incluye conocimientos e información, existen criterios de rigurosidad científica, los cuales permiten establecer lineamientos teóricos, metodológicos y procedimientos, con el fin de obtener respuestas ante los problemas planteados (Quiroz, 2020, p.31).

Erazo, (2011), considera 4 aspectos importantes:

- ✓ La dependencia o consistencia: que implica la estabilidad de los datos, es decir un proceso con el cual se rastrean dichos datos a través de la descripción de las condiciones en las que estos son generados, las fuentes y la verificación de los participantes, factores claves para su adecuada interpretación.
- ✓ La credibilidad o valor de verdad: implica, cómo plantear confianza en los descubrimientos, se plantea mediante la contratación de creencias e interpretaciones del propio investigador versus las de otros autores o fuentes.
- ✓ Transferencia: implica la aplicabilidad o transferibilidad de los datos o resultados e hipótesis de la investigación hacia otros contextos similares a la investigación, teniendo en cuenta la descripción detallada del contexto donde se generan los resultados.
- ✓ La confirmación o auditabilidad: refiere al proceso mediante el cual los resultados no son influenciados por motivación, interés e inclinación del propio investigador, es decir dichos resultados y/o datos obtenidos se determinarán confiables luego de aplicar las técnicas de triangulación, reflexión epistemológica y verificación.

En tal sentido, el presente estudio se rige bajo los 4 aspectos mencionados, porque mantiene una postura de dependencia o consistencia mediante el rastreo de los datos obtenidos mediante la búsqueda de palabras claves, es decir la verificación de estos, así mismo el valor de verdad o credibilidad basada en hechos y experiencias del ámbito real, por otro lado, el aspecto

de transferencia, fue dado mediante estudios referentes a los índices de calidad de aire con los cuales se verifico si estos son aptos para determinar el estado del recurso en un determinado lugar y finalmente el aspecto de confirmación o auditabilidad, dado mediante las fuentes seleccionadas, es decir fue determinado a través de la revisión de los estudios realizados en el contexto real sin que estos contengan opiniones propias o supuestos de autor, así mismo se consideró investigaciones avaladas por plataformas oficiales.

3.8. Método de análisis de información

Luego de la recolección de información y datos mediante el procedimiento descrito en el punto 3.6, estos fueron analizados tomando en cuenta las categorías, subcategorías y criterios definidos. Ante ello, se tiene:

Categoría 1: “Actividades”, en lo cual se abarca teorías específicas de las diversas actividades que se realizan en las zonas de estudio ya sean antropogénicas, industriales o naturales, y estos a su vez serán evaluados siguiendo los siguientes criterios: de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla en la zona de análisis y al tipo de eventos naturales que se producen en la zona.

Categoría 2: “Parámetros”, en el cual se tiene como subcategorías parámetros físicos, químicos y biológicos siendo los criterios: de acuerdo al tipo de índice de calidad a utilizar y al grado de contaminación del aire.

Categoría 3: “Niveles de índices”, está definida por la subcategoría, buena, moderada, mala y umbral de cuidado, definidos de acuerdo al valor o escala obtenida en la muestra y al grado de contaminación.

3.9. Aspectos éticos

El desarrollo de la presente investigación, estará sujeta al código de ética de la Universidad Cesar Vallejo, en el cual se indica que para realizar una investigación esta se basa en una serie de normas que regulan las buenas

prácticas y los principios éticos, para de tal modo garantizar la responsabilidad y honestidad de los investigadores.

Por otro lado, el autor del presente estudio, estará sometido a recibir las sanciones e infracciones descritas en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, Artículo 22, si en caso se comprobara cualquier infracción y la cual estará sujeta a consideración del Tribunal de Honor de la Universidad.

De igual forma se cumple con citar, a los autores de los artículos que son motivo de análisis, según la Norma ISO 690: 2010

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante la revisión de los artículos científicos, relacionados con metodologías de análisis de ICA, se presentan los siguientes resultados.

Los principales artículos considerados fueron quince (15) seis (6) en países de Latinoamérica; cinco (5) con resultados positivos a las estrategias aplicadas más cercanas y cuatro (4) en estudios enfocados en metodologías de análisis ICA.

Los quince (15) consideran las principales actividades que originan las emisiones de contaminantes; sin embargo, no todos consideran los principales parámetros que determinan los ICA, como se muestra a continuación.

Tabla 4. Principales parámetros considerados por los artículos revisados.

PARÁMETROS	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15
Material Particulado 2.5 (MP2.5)	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material Particulado 10 (MP10)	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X
Dióxido de Nitrógeno (NO2)			X				X			X		X	X	X	X
Dióxido de Azufre (SO2)												X	X	X	X
Monóxido de Carbono (CO)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Ozono (O3)						X				X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión sistemática ,2021

Por otro lado, los parámetros principales que conforman los índices de calidad de aire, son definidos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Parámetros que determinan los ICA

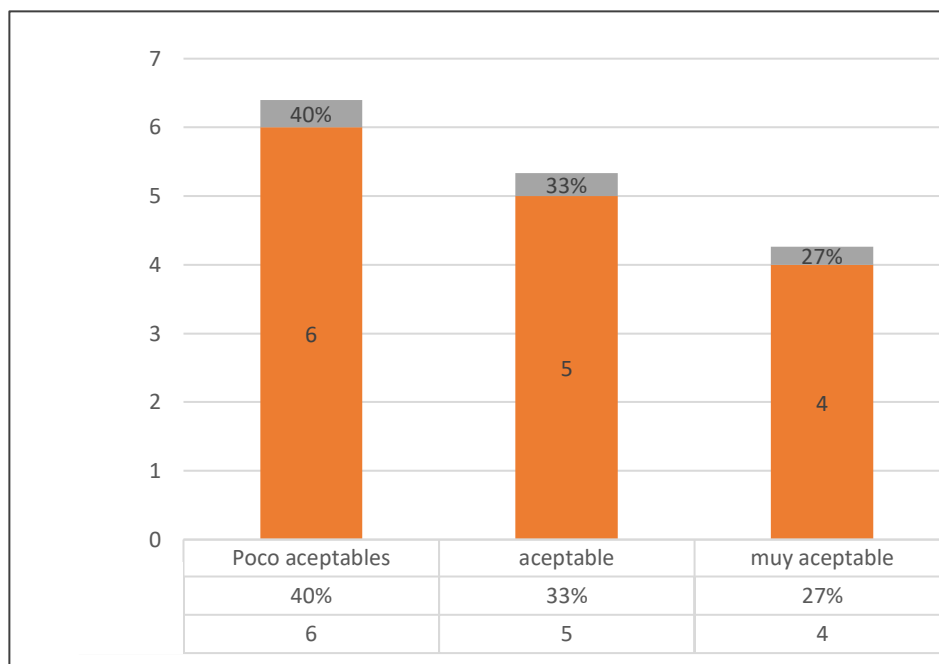
PARÁMETROS	FORMACIÓN
Material Particulado 2.5 (MP2.5)	(Aerosoles) son las partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, es decir, los compuestos orgánicos, los metales, los ácidos, el suelo y el polvo
Material Particulado 10 (MP10)	
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	Se forman durante la combustión de combustibles fósiles, biomasa, etc.
Dióxido de Azufre (SO₂)	Se forma por la quema de combustibles no convencionales, residuos o desechos.
Monóxido de Carbono (CO)	Se forma debido a la combustión incompleta del carbono en combustibles como la biomasa de los motores y la industria.
Ozono (O₃)	Se forma por reacciones de los radicales libres de los óxidos de nitrógeno.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.1 Resultados de la aplicación de la prueba binomial para cada ítem:

Teniendo estos resultados, realizamos una prueba binomial por cada ítem, para tal fin usamos el software estadístico SPSS, los resultados se muestra en el Gráficos siguientes.

figura 3. Porcentajes de artículos relacionados con metodologías ICA.



Fuente: Elaboración propia 2021

Interpretación:

En la figura 3 se observa en cuanto a los artículos relacionados con metodologías de ICA, el 40% son poco aceptables ya que no consideran todos los parámetros y fuentes de contaminación de aire, el 33 % es aceptable ya que se acerca a nuestra investigación mientras un 27% es muy aceptable porque considera todos los parámetros y fuentes de emisión y los efectos en la salud.

Tabla 6. Principales autores y sus metodologías

AUTORES AÑO	METODOLOGÍAS ICA	CONSIDERACIONES
Perlmutter & Cromar (2019)	Índice de Calidad del Aire de la EPA	Principales fuentes parámetros, niveles y efectos en la salud
Miranda, et al. (2016)	Air pollution Integrated Assessment Models (IAM)	Principales fuentes parámetros, niveles y efectos en la salud
Sarkheil & Rahbari. (2016)	Mamdani Fuzzy Air Quality Index (MFAQI)	Principales fuentes parámetros, niveles y efectos en la salud
Li, et al. (2016)	Spatio Temporal Deep Learning (STDL)	Principales fuentes parámetros, niveles, efectos en la salud, utilizando técnicas de modelamiento espacial

Fuente: Elaboración propia, 2021

Como se puede observar en el siguiente cuadro, en el cual se describen las principales cuatro (4) metodologías de análisis para los índices de calidad de aire.

Tabla 7. Metodologías para índices de calidad de aire

ICA	DESCRIPCION	AUTOR(ES) AÑO
Índice de Calidad del Aire de la EPA	Considera 6 contaminantes NO ₂ , O ₃ , PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ , CO en el cual usa un modelo lineal generalizado de Poisson con la finalidad de generar coeficientes y determinar la calidad de aire.	Perlmutter & Cromar (2019)
Air pollution Integrated Assessment Models (IAM)	Se utiliza para determinar cómo deben reducirse las emisiones para mejorar la calidad del aire y proteger la salud humana de manera rentable	Miranda, et al. (2016)
Mamdani Fuzzy Air Quality Index (MFAQI)	Se aplican a cada contaminante para incluir su grado de importancia basado en una consulta que analiza la salud los impactos, las precauciones sanitarias y las medidas de seguridad.	Sarkheil & Rahbari. (2016)
Spatio Temporal Deep Learning (STDL)	Es un método estadístico que utiliza técnicas de modelado estadístico para predecir la calidad del aire de una manera basada en datos.	Li, et al. (2016)

Fuente: Elaboración propia, 2021

El índice de calidad del aire (ICA) se utiliza para informar al público sobre los niveles de la contaminación del aire y los riesgos de salud asociados, su enfoque se basa en el valor máximo de cada uno de los contaminantes (Tong, et al., 2016), No obstante, Bai, et al. (2016), refiere que, es importante contar con un modelo preciso y fiable para pronosticar las concentraciones de contaminantes en el aire, ya que puede proporcionar información avanzada sobre la contaminación del aire en una etapa temprana.

Shivangi, et al. (2015), mencionan que el índice de calidad de aire es una herramienta principalmente para identificar e informar el escenario actual de la calidad de aire de una zona.

Dentro de las actividades que implican alteración en los índices de calidad de aire. Li, et al. (2016), menciona que el rápido crecimiento de la urbanización y la industrialización en países en desarrollo están sufriendo debido a la contaminación del aire y lo cual afecta directamente a la población y el desarrollo sostenible. Mientras que Bai, et al. (2016), afirma que generalmente, la contaminación del aire es causada por dos factores: las emisiones de contaminantes (fuentes) y las condiciones meteorológicas que son los factores de control de los contaminantes del aire (transferencia y difusión en el ambiente de la atmósfera).

Tabla 8. Metodologías de ICA en relación a las fuentes contaminantes

Metodologías de ICA	Fuentes fijas	Fuentes móviles	Fuentes fugitivas
Índice de Calidad del Aire de la EPA	X	X	X
Air pollution Integrated Assessment Models (IAM)	X	X	X
Mamdani			
Fuzzy Air Quality Index (MFAQI)	X	X	X
Mamdani			
Fuzzy Air Quality Index (MFAQI)	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, 2021

Sharma, Jain & Lamba (2020), mencionan que los contaminantes atmosféricos pueden clasificarse como primarios o secundarios. Los contaminantes atmosféricos primarios son emitidos directamente en el aire desde su fuente, mientras que los secundarios del aire se forman debido a la reacción de los contaminantes atmosféricos primarios en la atmósfera.

Monteriro, et al. (2015), Indican que los sectores de actividad de la producción de energía y de la industria combustión son los que más contribuyen a las emisiones de SO₂, dando también una importante contribución a las emisiones de NO₂ y de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el sector del transporte es el principal responsable de las emisiones totales de NO₂, las emisiones domésticas y la combustión en los procesos industriales emiten principalmente PM_{2.5} y PM₁₀.

Perlmutter & Cromar (2019), Indican que los índices de los contaminantes evaluados pueden en algunas ocasiones determinar inadecuadamente los riesgos adversos para la salud. Tal como se observa en la siguiente tabla los niveles adecuados para cada índice de calidad de aire varían de acuerdo a los parámetros y se definen como bueno, moderado, insalubre, muy insalubre y peligroso.

Tabla 9. Determinación de los índices de calidad de aire

Color, Term	O ₃ (8 hours ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	AQI	Class
Green	0-0.059	0-54	0-4.4	0-0.034	0-0.053	0-50	Good
Yellow	0.06-0.075	55-154	4.5-9.4	0.035-0.144	0.054-0.1	51-100	Moderate
Orange	0.076-0.095	155-254	9.5-12.4	0.145-0.224	0.101-0.360	101-150	Unhealthy for Sensitive People
Red	0.096-0.115	255-354	12.5-15.4	0.225-0.304	0.361-0.640	151-200	Unhealthy
Purple	0.116-0.374	355-424	15.5-30.4	0.305-0.604	0.65-1.24	201-300	Very Unhealthy
Brown		425-604	30.5-50.4	0.605-1.004	1.25-2.04	301-500	Hazardous

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM

V. CONCLUSIONES

Se concluye que para el análisis de los índices de calidad de aire se aplican 4 metodologías: Índice de Calidad del Aire de la EPA, Air pollution Integrated Assessment Models (IAM), Mamdani Fuzzy Air Quality Index (MFAQI) y Spatio Temporal Deep Learning (STDL); quienes determinan la calidad del aire, cómo se debe reducir las emisiones atmosféricas, el grado de importancia de cada contaminante para determinar los impactos en la salud y las precauciones sanitarias que se deben de tener y determinar la calidad del aire, respectivamente.

En relación al primer objetivo sobre las actividades que implican alteración en los índices de calidad de aire se concluye que, los índices sufren alteraciones debido a dos factores principales; la industrialización y el crecimiento urbanístico, así como las fuentes que generan emisiones de contaminantes y condiciones meteorológicas; estos alteran los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Siguiendo con el segundo objetivo, los parámetros principales que conforman los índices de calidad de aire son el MP 2.5, MP 10 y NO₂ y están clasificados dentro de los rangos: bueno, moderado, insalubre, muy insalubre y peligroso; siendo los parámetros principales O₃, PM 10.5, CO, SO₂, NO₂, AQI; finalmente se definió los niveles adecuados para cada índice de calidad de aire, donde los niveles adecuados para cada uno de ellos permiten determinar y prevenir los riesgos a la salud; de acuerdo con Perlmutter & Cromar (2019); siendo los adecuados para estos: 0 - 0.059ppm, 0 - 54ug/m³, 0 - 4.4ppm, 0 - 0.053 y 0 - 50 respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar nuevas metodologías para determinar los índices de calidad del aire, así como incluir un nuevo índice con el fin de permitir que se pueda determinar la calidad ambiental en cualquier ciudad.
- Un ejemplo es utilizar nuevos parámetros para medir la calidad del aire como los niveles de CO₂, NO₂, SO₂, entre otros; utilizar tecnologías avanzadas para medir y controlar el nivel del aire exterior, así como el interior de cualquier tipo de área usando sensores como: Sensor de Co₂, sensor de MP2.5, sensor de compuestos volátiles.
- Así también valorar que las normas establecidas de la calidad del aire sean respetadas.
- Evaluar los resultados de las medidas de prevención y control y en particular la aplicación de las normas sobre calidad del aire.
- Precisar la contribución de las diversas fuentes a la contaminación de la atmósfera generadas por las fuentes principales; industrialización y crecimiento urbanístico.

REFERENCIAS

1. Álvarez, B. y Boso, A. (2018). Representaciones sociales de la contaminación del aire y las estufas de leña en diferentes niveles socioeconómicos de la ciudad de Temuco, Chile. *Rev. Int. Contam. Ambie.* [En línea], Chile, 34(3): 527-540 pp. [Fecha de consulta: 03 de diciembre 2020].
DOI: 10.20937/RICA.2018.34.03.14
2. Baena, G. (2017). Metodología de a investigación: Serie integral por competencias. 3°ed. Ebook, México, 157pp.
ISBN: 978-607-744-748-1
3. Bai, Y., et al. (2016). Air pollutants concentrations forecasting using back propagation neural network based on wavelet decomposition with meteorological conditions. *Atmospheric Pollution Research*, 7(3): 557-566 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.01.004>
4. Bui, Long Ta; Nguyen, Phong Hoang; Nguyen, Duyen Chau My. (2020). Model for assessing health damage from air pollution in quarrying area—Case study at Tan Uyen quarry, Ho Chi Minh megapolis, Vietnam. *Heliyon*, 6(9), 45pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05045>
5. Ceballos, et al. (2019). La calidad del aire en el estado español durante 2018, Creative Commons, *Ecologistas en acción*, 1° ed., 146 pp.
Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2019/06/informe-calidad-aire-2018.pdf>
6. Dalia, T. & Ammar, B. Methodology for developing an air quality index (AQI) for Tunisia. *Int. J. Renewable Energy Technology*, 4(1): 85-106 pp.
DOI: 10.1504/IJRET.2015.051067
7. De Olivera, N., et al. (2020). Inflammation response, oxidative stress and DNA damage caused by urban air pollution exposure increase in the lack of DNA repair XPC protein. *Environment International*, 145(1), 106-150pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106150>

8. Delgado, A. & Aguirre, A. (2020). Modelamiento y evaluación del nivel de calidad del aire mediante el análisis de grey clustering, estudio de caso Lima Metropolitana. *Tecnia*, 30(1): 114-120. [Fecha de consulta: 10 de diciembre 2020]
DOI: <https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.588>
9. Erazo, M. (2016). Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. *Ciencia, docencia y tecnología*, Argentina, Vol. 21(42): 107-136pp.
10. Fandiño, M., et al. (2020). Household air pollution exposure and associations with household characteristics among biomass cookstove users in Puno, Peru. [En línea]. *Environmental Research*, 191(1): 110-128pp. [Fecha de consulta: 18 de diciembre 2020]
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110028>
11. Fajardo, O.A., Rojas, N.Y., 2012. Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city. *Atmos. Environ.* 46, 675–679. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.047>
12. Gnanadesikan, A., et al (2017). Regional responses to black carbon aerosols: The importance of air-sea interaction. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [En línea]. USA, 122(12): 982 – 999 pp. [Fecha de consulta: 10 de diciembre 2020]
DOI: 10.1002/2017JD027589
13. González, T. (2015). Determinación de la calidad del aire en la universidad libre seccional Bogotá sede bosque popular. Tesis de pregrado, Universidad Libre, Bogotá, 90pp.
14. Herrera, J., Guevara, G. y Munster. H. (2015). Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. Un acercamiento teórico metodológico. *Gaceta Médica Espirituana* [en línea], vol. 17, (2): 120-134pp.
ISSN 1608-8921.
Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608

15. Hernández R., et al. Metodología de la investigación [en línea], 5ta ed., p.473. 2010 [fecha de consulta: 3 de noviembre del 2020]. ISBN 978-607-15-0291-9
Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
16. Jianlin, H., Yungang, W. y Hongliang, Z. (2015). Characterizing multi-pollutant air pollution in China: Comparison of three air quality indices. *Environment International*, 84(1): 17-25 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.06.014>
17. Li, J., et al (2016). Generacion y representación de indicadores de calidad de aire: caso de estudio aplicado a Manizales. *Iteckne* [En línea], 13(2): 174-184 pp. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2020].
ISSN: 2339-3483
Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v13n2/v13n2a08.pdf>
18. Li, X. et al. (2016). Deep learning architecture for air quality predictions. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(22): 22408-22417 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7812-9>
19. Llatance, W. (2017). Determinación de la calidad del aire mediante El uso de líquenes en la microcuenca del lago Pomacochas, distrito florido, provincia Bongará, departamento Amazonas, 2016 – 2017, Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza, Amazonas, 133 pp.
20. Maxwell, J. Diseño de investigación cualitativa. [en línea] 1er ed. setiembre 2019. Barcelona. Editorial GEDISA S.A. Cap 2. El modelo de diseño. [fecha de consulta: 3 de noviembre del 2020].
ISBN: 978-84-17835-05-7
Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=ZLewDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=dise%C3%B1o+cualitativo+libro&hl=es419&sa=X&>

[amp;ved=0ahUKEwiBnMKm5uPpAhUVGLkGHZivDUUsQ6AEIMDAB#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20cualitativo%20libro&f=falseE](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.010)

21. Miranda, A., et al. (2016). Applying integrated assessment methodologies to air quality plans: Two European cases. *Environmental Science & Policy*, 65(1): 29-38 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.010>
22. Monteiro, A., et al. (2015). Air quality over Portugal in 2020. *Atmospheric Pollution Research*, 6(5), 788–796 pp.
DOI: <https://doi.org/10.5094/APR.2015.087>
23. Montenegro, E. & Lujan, M. (2018). Análisis de la variación estacional de la contaminación atmosférica y su relación con variables climáticas en el valle central de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova [En línea]*, 8(3): 451 - 466 pp. [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2020]
ISSN: 1683-0768.
Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3_a11.pdf
24. Niño, V., (2015). Metodología de la investigación. Ediciones de la U, Bogotá, 156pp. ISBN: 978-958-8675-94-7.
25. Pachon, J.E., Perez-Peña, M., Parra, A., Ramirez, J., Ortiz, B., 2018. Valoración de costos en salud humana asociados a la contaminación del aire en Bogotá. *Biomedica* (submitted)
26. Perez Carpio, J. (2015). Índice Calidad de aire y la concentración de material particulado basado en el Decreto Supremo N° 074-2001 PCM - Distrito de Morales Departamento de San Martín Perú. *Apuntes Universitarios*, 1(074), 17–25 pp.
27. Pérez, J. (2017). Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Tarapoto Perú, 93 pp.

28. Perlmutter, L. & Cromar, K. (2019). Comparing associations of respiratory risk for the EPA Air Quality Index and health-based air quality indices. *Atmospheric Environment*, 202 (1): 1-7 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.011>
29. Quiroz, D. Gestión del tiempo, rigor científico y estrés académico en estudiantes modalidad semipresencial, décimo semestre de universidad privada, Pueblo Libre. Tesis de post grado, Universidad Cesar Vallejo, 2020, 166pp
30. Rambabu, K., et al. Biological remediation of acid mine drainage: Review of past trends and current Outlook. *Environmental Science and Ecotechnology* [En línea], 2020, 2(1): 14 pp. [Fecha de consulta: 31 de octubre del 2020].
Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2666498420300168?token=433CC88E573563D8857C371C083300B700EED7D41D82302A7B08419B76A1A6472A221FAB4BAEA520BD0D1FBF2D6339>
31. Rojas, F. (2017). Modelación numérica del transporte de contaminantes atmosféricos y su relación con las condiciones meteorológicas en Lima Metropolitana. Tesis de post grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, 246 pp.
32. Sarkheil, H., & Rahbari, S. (2016). Development of case historical logical air quality indices via fuzzy mathematics (Mamdani and Takagi–Sugeno systems), a case study for Shahre Rey Town. *Environmental Earth Sciences*, 75(19): 13 pp.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6131-2>
33. Severiche, C., Gómez, E. y Jaimes. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*. Cartagena, 18(2): 266-281 pp.
ISSN: 1317-0570
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5655393>

34. Sharma, M., Jain, S. & Lamba, B. (2020). Epigrammatic study on the effect of lockdown amid Covid-19 pandemic on air quality of most polluted cities of Rajasthan (India). *Air Qual Atmos Health* 13(1): 1157–1165 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00879-7>
35. Shiel J, et al (2017). The importance of air movement in warmer temperatures: a novel SET house case study, *Architectural Science Review* [En línea]. Australia, 60(3): 225-238 pp. [Fecha de consulta: 03 de diciembre 2020] DOI: 10.1080/00038628.2017.1300763
36. Shivangi, N., et al. (2015). Air Quality Index – A Comparative Study for Assessing the Status of Air Quality. *Research J. Engineering and Tech.* 6(2): 10 pp. DOI: DOI: 10.5958/2321-581X.2015.00041.0
37. Soldevila, N., et al. (2018). Air pollution, cardiovascular risk and hypertension. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 35(4): 177-184 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2018.03.001>
38. Tong, Z., et al. (2016). Energy saving potential of natural ventilation in China: The impact of ambient air pollution. *Applied Energy*, 179(1): 660–668 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.019>
39. Universidad Nacional Agraria La Molina (2015). Boletín de Información Clínica terapéutica de la ANMM: *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 58(5): 44-47 pp. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v58n5/2448-4865-facmed-58-05-00044.pdf>
40. Valverde, J. (2015). Estudio de la calidad del aire afectada por la actividad industrial en la urb. Primavera - distrito de El Agustino. *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*, Lima, 18(35): 115-119.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de categorización apriorística

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
Determinar cuáles son las actividades que implican alteración en los índices de calidad de aire.	¿Cuáles son las actividades que implican alteración en los índices de calidad de aire?	Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades antropogénicas • Actividades industriales • Actividades naturales 	De acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla en la zona de análisis.	De acuerdo al tipo de eventos naturales que se producen en la zona.
Determinar los parámetros principales que conforman los índices de calidad de aire.	¿Cuáles son los principales parámetros que conforman los índices de calidad de aire?	Parámetros	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos • Parámetros químicos • Parámetros biológicos 	De acuerdo al tipo de índice de calidad a utilizar.	De acuerdo al grado de contaminación del aire.

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
Definir cuáles son los niveles adecuados para cada índice de calidad de aire.	¿Cuáles son los niveles adecuados para cada índice de calidad aire?	Niveles de índices	<ul style="list-style-type: none"> • Buena • Moderada • Mala • Umbral de cuidado 	De acuerdo al valor o escala obtenida en la muestra.	De acuerdo al grado de contaminación.

ANEXO 2:

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
--	---------------------------------------

TITULO:

PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
	<input type="text"/>	<input type="text"/>

TIPO DE INVESTIGACION:	AUTOR (ES):

CODIGO :	
PALABRAS CLAVES :	
TIPO DE ESTRATEGIA DE REFORESTACIÓN APLICADA :	
TIPO DE BOSQUE :	
PARAMETROS DASOMETRICOS (CARACTERIZACION) :	
RESULTADOS :	
CONCLUSIONES:	



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Nosotros, MAIRA CECILIA VALDIVIA VALENCIA y JUAN CARLOS ALVARO HUANACO identificados con DNI N° 47645901 y 47482892 estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de investigación / Tesis titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AIRE, PARA DETERMINAR EL GRADO DE CONTAMINACIÓN 2020" de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
MAIRA CECILIA VALDIVIA VALENCIA DNI: 47645901 ORCID: 0000-0001-7014-9706	
JUAN CARLOS ALVARO HUANACO DNI: 47482892 ORCID: 0000-0002-5103-5583	