



Investigación Administrativa
ISSN: 1870-6614
ISSN: 2448-7678
ria@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional
México

Índice Complejo de Gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad.

Salas-Rodríguez, David

Índice Complejo de Gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad.

Investigación Administrativa, vol. 52, núm. 131, 2023

Instituto Politécnico Nacional, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456073859004>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Índice Complejo de Gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad.

Complex Index for Air Quality and Sustainability Management.

David Salas-Rodríguez

Instituto Tepeyac México, México

davino66@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9144-7067>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456073859004>

Recepción: 10 Noviembre 2022

Aprobación: 30 Diciembre 2022

RESUMEN:

El objetivo de la investigación fue evaluar la gestión de la calidad del aire y sostenibilidad en cinco ciudades de Guanajuato observando los indicadores de Gestión de la Calidad del Aire y Cambio Climático. El método de investigación es mixto, análisis documental cualitativo y de sistemas complejos. Los resultados son el Índice de Variación Cualitativa y el Índice de Coocurrencia de Códigos para evaluar la gestión. Los hallazgos se sintetizan en un índice complejo de gestión puesto a discusión. La originalidad esté en la medición de las funciones, estrategias e indicadores de gestión con un enfoque holístico desde los sistemas complejos. Su limitación es que sólo se valida en la medición de la gestión de la calidad del aire dejando para estudios futuros integrar el índice con otros modelos para evaluar la eficiencia en el control de las emisiones y sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: Calidad del Aire, Complejidad, Coocurrencia de Códigos, Entropía, Espacio Fase, Gestión, Gestión Compleja, Índice de Gestión, Sostenibilidad, Variabilidad Cualitativa.

ABSTRACT:

The objective of the research was to evaluate the management of air quality and sustainability in five cities of Guanajuato, observing the indicators of Air Quality Management. The research method is mixed qualitative and complex systems. The results are the Qualitative Variation Index and the Code Co-occurrence Index to evaluate management. The findings are synthesized into a complex management position discussion index. The originality is in the measurement of functions, strategies and management indicators with a holistic approach from complex systems. Its limitation is that only validate the measurement of management, leaving for future studies to integrate the index with other models to evaluate the efficiency in the control of emissions and sustainability.

KEYWORDS: Air Quality, Complexity, Complexity Management, Code Co-Occurrence, Entropy, Phase Space, Management, Management Index, Sustainability, Qualitative Variability.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la frase de Jorge Agustín Nicolás Ruiz de Santayana: quien olvida su historia está condenado a repetirla. En el mes de diciembre de 2016, el gobierno del estado de Guanajuato informó sobre la mala calidad del aire en tres de cinco ciudades del corredor industrial: Silao de la Victoria, Irapuato, Celaya y no satisfactoria en dos de ellas, activando para León la fase de pre contingencia y en Salamanca la contingencia fase I. Estos episodios son preocupantes ya que el problema de contaminación del aire no es atribuible a mega ciudades con más de 10 millones de habitantes como la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) con 26 millones (INEGI, 2020 a) , en este corredor de cinco ciudades sólo destaca León con 1 millón 721 mil y el resto apenas con un promedio de 397 mil. Investigaciones recientes afirman que la contaminación en ciudades pequeñas, llega en el interior de los hogares, que al respirarla penetran a los alveolos incluso al cerebro, principalmente generada las emisiones vehiculares (Notardonato et al., 2019; Lv et al., 2020).

Transitados 31 años, con la definición de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en 2018 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018), quedó manifiesta la importancia para el DS de la Gestión de la Calidad del Aire (GCA), lo anterior se plantea en el objetivo 11 Comunidades y Ciudades

Sustentables (CCS) así como su aportación desde lo local al objetivo 13 Acción por el Clima (AC) que en el ámbito global es asociado al problema del Cambio Climático (CC).

Como referencia en el estado del arte para el estudio de la GCA y CC, se ubica a la Unión Europea (UE) ya que desde el protocolo de Kyoto al acuerdo de París reportó haber conseguido y superado su compromiso de reducción en un 8% las emisiones de GEI, su indicador de reducción lo colocan en un 11.8 % sin contar las reducciones logradas por los sumideros de carbono (Foro Nuclear, 2010; UE, 2017).

Los enfoques actuales para la GCA van desde modelos estadísticos clásicos de análisis de tiempo para indicar las concentraciones de contaminantes y su efecto en la salud humana, modelos de comportamiento atmosférico de los contaminantes mediante sistemas de información geográfica que indican el flujo de la contaminación en la atmosfera, además de otros indicadores socio-económicos que tienen un efecto en la generación de contaminantes en las ciudades europeas, escalando actualmente a las ciudades inteligentes (Ancona et al., 2015; Brunt et al., 2016; Szulecka et al., 2017; Badach et al., 2020; Rodrigues et al., 2021; Kagainalkar et al., 2021; Tanweer, 2021).

Otros indicadores centrales de gestión ambiental relacionados con la calidad del aire, miden la tendencia y concentración de las emisiones con modelos matemáticos (Wu et al., 2018); otro indicador es la medición por cada contaminante criterio y su contribución a la contaminación dentro de los hogares y edificios (Yuan et al., 2019).

Algunos indicadores se relacionan con el desarrollo económico en las ciudades como la exposición de la población a las PM_{2.5}, la producción basada en la productividad de CO₂ o unidades del PIB relacionada con las emisiones de CO₂ (Ozkaya & Erdin, 2020); otro es la cantidad, tipo y ubicación de vegetación urbana para remover la contaminación (Badach & Dymnicka, 2020) así como la planeación urbana orientada a la determinación de zonas con alta concentración de contaminantes para su gestión y evitar la exposición de la población (Badach et al., 2020).

De esta manera se concluye que el estado del arte en indicadores de GCA actualmente refiere a modelos cuantitativos tradicionales integrados con sistemas de información geo referencial así como la ciencia de datos que en las ciudades inteligentes proveen información a la ciudadanía para una mejor toma de decisiones relacionadas con la calidad del aire, predominan los relacionados con la medición y predicción de las concentraciones de contaminantes, la exposición de la población a la misma, que se categorizan como instrumentos tecnológico y en las grandes ciudades los relacionados con la economía comparada con las emisiones de CO₂ categorizados como instrumentos internacionales y económicos.

Con lo anterior es evidente el hecho sobre la relevancia del aire limpio para la salud humana y el bienestar ecológico, su gestión por parte de los gobiernos en las ciudades de forma holística así como su importancia para la mitigación y adaptación al CC. También se afirma que el problema no sólo compete a las grandes concentraciones urbanas sino en aquellas que ni siquiera cruzan el umbral del millón de habitantes como las ciudades estudiadas en la investigación.

En el estudio de la contaminación del aire se toma como punto de partida el acontecimiento de niebla ocurrido en la ciudad de Londres en 1952, así como el episodio en el Valle Meuse en Bélgica durante diciembre de 1930 y primer episodio extremo público de contaminación del aire en la ciudad de Donora al suroeste de Pennsylvania ocurrido del 27 al 30 de octubre en 1948, hay que destacar que la ciudad contaba con una población de apenas 13 mil habitantes (Bell & Davis, 2001; Davis et al., 2002; García, 2016).

Estos episodios determinaron para la época el conocimiento sobre los efectos nocivos a la salud por las neblinas contaminadas, además determinaron las acciones necesarias para su gestión, siendo de gran relevancia la publicación del Acta para Aire Limpio (AAL) de Londres en 1953 (Pattle & Cullumbine, 1956). Un año después del evento catastrófico, se extiende la legislación logrando para el acta su aprobación real (Brimblecombe, 2006).

Para el año de 1970, el congreso de los Estados Unidos crea su AAL, la cual tiene sus revisiones mayores en los años 1977 y 1990 (USEPA, 2022). La Unión Europea crea en 2001 el programa Clean Air For Europe

(CAFE) con un programa a largo plazo para la GCA y proteger de los efectos de la contaminación a la salud humana y el medio ambiente (EUR-Lex, 2006). China inició su gestión de la Calidad del Aire en 1972, su acta se identifica como Environmental Protection Law (Wang et al., 2014; You, 2015).

En México nace La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación ambiental (LFPCCA) en 1971, misma que fundamentó el reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por humos y polvos publicada en el DOF el 17 de septiembre de ese año (Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 1971; Secretaría de Salud, 2018) este reglamento es considerable como la primer AAL en México.

La importancia de la GCA en el ámbito del DS en las ciudades, ya que en lo local afecta la salud de sus habitantes y en forma global contribuye en forma negativa al Cambio Climático (CC). Lo anterior se encuentra documentado en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018). Como indicador de gestión e tiene la exposición de la población y niveles medios anuales de aerosoles (PM₁₀ y PM_{2.5}), acceso universal a zonas verdes, apoyar vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las diferentes zonas de la ciudad. En lo político-organizacional, el indicador es que las ciudades y asentamientos humanos adopten e implementen políticas y planes integrales principalmente para uso eficiente de recursos y mitigación del CC y su adaptación.

En síntesis, los indicadores de gestión con base en los ODS para las ciudades se encuentran dimensionadas por la adopción de acuerdos internacionales específicos para las CCS y CC; en lo jurídico con las normas, leyes y reglamentos; en lo económico y lo político-organizativo los planes para la GCA y CC; para la cultura, educación y sociedad la sensibilización y conocimiento sobre el problema de la contaminación del aire y CC, finalmente en lo tecnológico el desarrollo y transferencia de tecnología para la adaptación y mitigación del problema. Las variables e indicadores se muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Síntesis de Variables para Ciudades Sustentables.

Objetivos de Desarrollo Sustentable	Variable	Dimensiones
Ciudades y Comunidades Sustentables	Transporte	Transporte Sustentable Transporte Público Medio Ambiente
	Gestión de la Calidad de Aire	Exposición Partículas de Materiales (PM) Cultura Economía Sociedad
Cambio Climático	Gases de Efecto Invernadero	Economía Baja en Carbono Educación Capacidad Humana e Institucional

Fuente: Elaboración propia con base en (ONU, 2018).

El estado de Guanajuato se ubica en el centro de México y cubre una superficie de 30, 460 km² que representa el 1.56 % del territorio nacional; está formado por 46 municipios y cuenta con una población de 6,166,934 habitantes (4.9 % del total del país). La distribución poblacional es un 72 % asentada en zonas urbanas y 28 % en zonas rurales. El sector que más aporta al Producto Interno Bruto (PIB) es el comercio y el Estado en total aporta el 4.3 % al PIB nacional, a continuación se describe su población y principal actividad económica (INEGI, 2020 b; INEGI, 2022; IEE, 2022).

León con 1,721,215 habitantes siendo la más poblada y con una actividad económica fuerte en el área de cuero-calzado, servicios e inmobiliaria. Silao de la Victoria con una población de 203,556 habitantes que presenta una gran dinámica por contar con una de las primeras plantas automotrices instaladas. Irapuato con una población de 592,953 habitantes, aquí predomina las actividad agrícola con el cultivo de la fresa, además de la comercial e industrial. Salamanca con una población de 273,417 habitantes, de igual forma predomina la agricultura y el sector industrial, ahí se encuentra ubicada la refinería Ing. Antonio M. Amor de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la central termoeléctrica de la Comisión Federal de electricidad (CFE). Finalmente Celaya con actividades económicas como el comercio, los servicios seguida por la industrial; cuenta con 521,169 habitantes colocándose como la tercera metrópoli del Estado, el compromiso del Estado es que el desarrollo de la zona cumpla de las normas ambientales así como colegiar los procesos aplicables, su seguimiento y sancionar la violación de la normatividad aplicables (INEGI, 2020 b; IPLANEG, 2012).

El programa PROAIRE publicado en el año 2003, fue la respuesta al episodio de contaminación ocurrido en la ciudad de Salamanca en ese tiempo, con ello se afirma que el programa materializa la primer Acta de Aire Limpio en el Estado. A partir de entonces, el PROAIRE se ha centrado en el objetivo de reducir los niveles de contaminación en el aire con base en la guía establecida por la OMS (IE, 2004).

El programa ha incorporado medidas concretas como la red de monitoreo atmosférico, programas de verificación vehicular, inventarios de emisiones, revisión de cumplimiento de normas entre otras. Para el año 2014 se incluyó al programa las ciudades de Celaya e Irapuato (GEG, 2022) y para el año 2008, el Instituto de Ecología del Estado publicó en específico un programa para la ciudad de León, se destaca que en esta ciudad, el gobierno local contempló a la sustentabilidad ambiental como eje rector en su plan de desarrollo 2007-2012 (IEE, 2008), para la segunda versión de dicho programa publicada en 2014, se incluyó a las ciudades colindantes que son Silao de la Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón conformando así la actual denominada Zona Metropolitana de León (IEE, 2014). El principal instrumento tecnológico del programa PROAIRE es la red de monitoreo atmosférico que integra un subsistema de información accesible mediante el portal web denominado Sistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA), por medio de este se provee a la ciudadanía el indicador de la calidad del aire en las ciudades integradas a ella (IEE, 2022).

En la tabla 2 se documenta los niveles de contaminación no satisfactoria establecidos en el Estado y su comparación con normas internacionales confirmando que por ser ciudades pequeñas, se manejan criterios más holgados pese al hecho que las PUF se comportan de la misma forma en estas (OMS, 2006; EPA, 2016; Ciudad de México, 2017; UE, 2017; SMAOT, 2022 b).

Tabla 2: Comparación Internacional de Criterios en PM_{2.5} del Aire en Guanajuato.

	Exposición	Unidades	Guanajuato	CDMX	US-EPA	UE	OMS
PM10	24Hrs	µg/m ³	75-174	75	150	50	50
O3	8Hrs	ppb	70-130	95	70	120 µg/m ³	100 µg/m ³
SO2	24Hrs	ppb	110-174	110	75	125	20
NO2	1Hrs	ppb	210-315	210	100	200	200
CO	8Hrs	ppm	11-15	11	9	10	
PM2.5	24Hrs	µg/m ³	45-89	45	12		25

Fuente: Elaboración propia con base en (OMS, 2006; EPA, 2016; Ciudad de México, 2017; UE, 2017; SMAOT, 2022 b).

Lo anterior, confirma la relevancia de la GCA en las ciudades pequeñas y la forma en que equivocadamente se piensa que por tener una menor población, los criterios pueden ser más holgados pese al hecho confirmado por Juárez de que las PUF tienen el mismo comportamiento que en las grandes concentraciones urbanas (2015).

En este sentido, los indicadores de gestión se reportan por las unidades responsables en limitadas formas poco diversas, predomina la red de monitoreo atmosférico así como los planes de contingencia ambiental. Esta diversidad pobre de indicadores de GCA implica diferentes enfoques y modelos para su medición que dependen del objeto de estudio considerando dos: cuantitativos o cualitativos.

Los indicadores en GCA y DS de las ciudades son influenciados por la postura del país y región ante la política internacional ambiental orientada al CC. En este sentido, el modelo de gestión ambiental de Rivas-Tovar (2009) que traza ocho instrumentos de gestión que articulan el ámbito internacional y una postura del País con el ámbito local en los Estados y Municipios. Estos son:

"Instrumentos Internacionales: como guías, leyes, convenios, tratados, fondos y financiamientos de corte internacional; Jurídicos: son leyes, reglamentos, normas o procedimiento relativo al país y que regularmente pueden originarse por los acuerdos internacionales; Económicos: inversiones, gasto gubernamental y privado, cobro de derechos, tarifas, incentivos fiscales, multas o penalizaciones; Políticos y Organizativos: Estrategia Nacional, consenso de grupos de poder político, políticas públicas y gestión institucional; Culturales: Valores ambientales, creencias nacionales o de grupo, comportamientos ambientales o ceremonias; Educativos: Educación ambiental, mercadotecnia ambiental, capacidades y competencia Nacionales así como la investigación; Sociales: Formas de consenso, formas de participación, gestión de conflictos así como los Tecnológicos: equipos, herramientas y técnicas disponibles." (Rivas- Tovar 2009, pag 19)

La de gestión se considera un sistema dinámico con diversos indicadores, se parte del modo común de comportamiento de un sistema en el tiempo, que de acuerdo con Sterman (2000) son: crecimiento exponencial, seguimiento de objetivo, crecimiento en S, oscilación, crecimiento con excedente así como crecimiento y colapso. Detalla también otros como la estabilidad o equilibrio, aleatoriedad y el caos, refiriendo para el último como fundamental la no linealidad y complejidad.

De esta manera, la gestión como un sistema complejo se explica por una dinámica oscilatoria con fluctuaciones irregulares no repetitivas, estas irregularidades surgen internamente por la variación de sus indicadores heterogéneos y no es creada por el exterior. El ciclo oscilatorio se limita de tal manera que la ruta del sistema caótico se ubica como un estado dentro de un espacio fase, esto se logra sólo en sistemas no lineales.

Así, las funciones, estrategias y los indicadores de avance en GCA y DS, se estudian desde la dinámica compleja que incluye una diversidad cuya ejecución producen la emergencia de una postura dentro de un espacio fase no lineal, medida como un índice complejo. Este difiere entre ciudades debido a la heterogeneidad de enfoques en la gestión.

Este índice atiende la diversidad de enfoques: cuantitativos y cualitativos y los diferentes avances reportados por las unidades responsables de la Calidad del Aire, su medida es la entropía y mide tanto el proceso de gestión como sus indicadores de avance; emplea el Index of Qualitative Variation (IQV) como medida de la entropía en relación con los sistemas caóticos definidos por Sterman utilizando la ecuación 1 (Hernández & González, 2006).

$$IQV = \frac{k(N^2 - \sum_1^k f^2)}{N^2 * (N-1)} \quad (Ec. 1)$$

Esta medida tiene como base el número de categorías utilizadas para la codificación de las funciones, acciones e indicadores de gestión reportados por cada ciudad en los informes del PROAIRE.

En la ecuación 1, Importar imagen es el número de clases (categorías de instrumentos para su codificación), Importar imagen es el número de funciones y estrategias observadas (citas codificadas) y Importar imagen es la frecuencia por categorías (fundamento teórico). La fórmula se usa para calcular el desorden entre clases que corresponde a la entropía de funciones y estrategias de la URCA. Hay que destacar que las funciones,

estrategias e indicadores de gestión varían por cada URCA, estos cambios son tanto en las observaciones (N) y en las categorías (k), atendiendo la diversidad de enfoques en cada una de ellas.

En esta heterogeneidad, los códigos (instrumentos) coocurren en los enfoques de funciones, estrategias e indicadores de avances en gestión. Para medirla en la instrumentación de funciones, estrategias e indicadores en gestión reportados en el PROAIRE, se empleó el Índice de Coocurrencia de Códigos (ICC) o Coeficiente de Correlación Intraclass (Mehta et al., 2018; Perinetti, 2018). Este indica la coocurrencia de significados en una unidad de análisis¹ para su estudio cualitativo empleando la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2002) aplicando la ecuación 2.

$$ICC = \frac{F_{cc}}{(F_{c2} + F_{c1}) - F_{cc}} \quad (\text{Ec. 2})$$

En la ecuación 2 F_{cc} es la coocurrencia de los códigos, representa para cada ciudad la frecuencia por cada categoría del modelo teórico de Gestión LART, F_{c1} es el fundamento por ciudad que corresponde a los indicadores de avance y F_{c2} el fundamento observado por categorías para todas las ciudades.

El objetivo es medir la gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad con base en los indicadores reportados en el PROAIRE de forma holística. Su base es la medición de la variabilidad de instrumentos con el IQV (entropía) en las funciones y estrategias de cada URCA, así como la coocurrencia de instrumentos medida con el ICC en los indicadores de gestión reportados.

Los objetivos específicos son: a) Medir la variabilidad de instrumentos en GCA para las funciones y estrategias en las unidades responsables de la calidad del aire en las cinco ciudades y b) Medir la coocurrencia de instrumentos de GCA en los indicadores de gestión reportados en el PROAIRE por las unidades responsables de la calidad del aire en las cinco ciudades.

La relevancia del artículo consiste en que el índice complejo puesto a discusión logra medir la dinámica de la GCA y DS para cada unidad de las cinco ciudades en un espacio fase (geométrico), dimensionando sus funciones, estrategias e indicadores en forma holística. Se limita a establecer la postura de la URCA ante la GCA y DS. Este índice complejo se usará en estudios futuros con otros indicadores, mediciones y teorías para dimensionar el efecto de la gestión en el control de las emisiones.

Con el marco teórico del modelo LART de gestión; la entropía y heterogeneidad de significados, la pregunta de investigación es ¿Cómo medir la gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad con sus indicadores de forma holística?

MÉTODO

Los sujetos de investigación fueron las URCA en cinco ciudades de Guanajuato: León, Silao de la Victoria, Irapuato, Salamanca y Celaya, todas integradas al programa PROAIRE desde el año 2003 hasta el informe que se reportó en el año 2015.

De acuerdo a la teoría fundamentada (Strauss & Corbin, 2002) que indica mayúsculas para nombrar las categorías teóricas de análisis, para la medición fueron los instrumentos del modelo LART para la gestión ambiental (Rivas-Tovar, 2009): Internacionales, Jurídicos, Económicos, Políticos, Organizativos, Culturales, Educativos, Sociales y Tecnológicos. Se fijó la dinámica de la GCA en cada ciudad dentro del espacio fase con base en las mediciones del IQV e ICC.

El IQV se obtuvo con el análisis cualitativo de los informes PROAIRE aplicando la teoría fundamentada y el Método Comparativo Constante (MCC) de acuerdo con Strauss y Corbin (2002). De acuerdo al método, la codificación concluye cuando no emergen nuevas codificaciones en las citas. La medida emerge en cada

URCA con base en la codificación de sus funciones, estrategias y avances en gestión de acuerdo al modelo teórico LART.

El ICC es una medida que emergió durante la codificación, al lograr la saturación teórica aplicando el MCC, este indicó un uso de categoría de instrumentos del modelo teórico LART en las funciones, estrategias y avances. Aquellos que son utilizados con mayor frecuencia y variabilidad por las URCA, indicarán una gestión con un enfoque holístico.

Las fuentes de información fueron la entrevista y cuestionario vía correo con la URCA de la ciudad de Celaya, para las restantes se recurrió a solicitudes de información pública a través de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT, 2020). Los informes PROAIRE fueron proporcionados como parte de la respuesta a las solicitudes de información pública por el gobierno de las ciudades de Celaya y León.

Se analizaron un total de 174 documentos: seis correspondientes a las respuestas de solicitud de información referente a las funciones y estrategias en GCA en cada URCA y 168 correspondientes a los informes PROAIRE. Se organizaron todos ellos en el programa Atlas.ti 7 como ocho documentos primarios (ATLAS.ti, 2022) dentro de una unidad hermenéutica. La saturación teórica ² en los avances en GCA reportados en los informes se obtiene con un total de 87 citas, con lo anterior se concluyó con el análisis de los avances reportados en los informes del PROAIRE.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la observación a las funciones y estrategias de cada URCA en las cinco ciudades relacionadas con la GCA y DS, estas fueron proporcionadas en los cuestionarios, entrevistas y solicitudes de información así como los indicadores de gestión reportados en los informes PROAIRE de 2003 a 2015.

Para el primer objetivo de medir la variabilidad de instrumentos para las funciones y estrategias, las unidades encontradas son las siguientes:

En Celaya es la Unidad de Regulación y Control Ambiental adscrita a la Dirección General de Medio Ambiente. Reportaron desempeñar un total de diez funciones con una instrumentación de 32 ($N=32$) implementadas de forma holística de acuerdo al modelo teórico de gestión con los ocho instrumentos ($k=8$), el promedio de instrumentos por función es de cuatro, con lo anterior su IQVF funcional es de 0.22. Las estrategias desempeñadas por la unidad son cuatro con una instrumentación de 13 ($N=13$) desempeñadas de forma holística con cuatro instrumentos del modelo de gestión ($k=4$), con un promedio de tres instrumentos por estrategia obtienen un IQVE estratégico de 0.24. Se observan consistentes ya que sus valores son cercanos con una tendencia al orden.

En el municipio de León se cuenta con dos unidades: Dirección de Planeación y Política Ambiental, Dirección de Regulación Ambiental. Reportaron un total de tres funciones con una instrumentación de seis ($N=6$) implementadas sólo con cuatro instrumentos ($k=4$), el promedio de instrumentos por función es de dos, de esta forma su IQVF funcional es de 0.58. Las estrategias desempeñadas por la unidad son dos con una instrumentación de tres ($N=3$) desempeñadas con tres instrumentos del modelo de ($k=3$), con un promedio de un instrumento por estrategia obtienen un IQV_E estratégico de 1. Se observa una brecha entre las funciones tendientes al orden con las estrategias en un estado desordenado (caos).

En Silao de la Victoria se cuenta con un área denominada Calidad del Aire. Reporta un total de siete funciones con una instrumentación de 14 ($N=14$) implementadas con seis instrumentos ($k=6$), el promedio de instrumentos por función es de dos logrando un IQV_F funcional de 0.35. Las estrategias desempeñadas por la unidad son cinco con una instrumentación de diez ($N=10$) desempeñadas con cinco instrumentos del modelo de ($k=5$), su promedio es de dos instrumentos por estrategia y obtienen un IQV_E estratégico de 0.42. Aunque se observa una brecha, la función se encuentra dentro de los límites del orden y la estrategia muestra una tendencia en ese mismo sentido.

Salamanca respondieron no contar con dicha unidad, sin embargo reportan como única estrategia el seguimiento al PROAIRE, esta se considera con una instrumentación de dos ($N=2$) implementada con dos instrumentos ($k=2$) por lo que su IQV_E es 1. Con lo anterior prácticamente la función y estrategia de gestión se considera caótica.

Finalmente Irapuato, el municipio respondió no contar con dicha unidad.

Para el segundo objetivo de medir la coocurrencia de instrumentos de GCA en los indicadores de gestión reportados en el PROAIRE por las unidades responsables de la calidad del aire en las cinco ciudades, se analizan los resultados cualitativos y en específico en la codificación axial.

Se codifican los indicadores de gestión con citas usando la categoría emergente de “Avances en la GCA y DS” codificando los indicadores para cada una de las cinco ciudades en la unidad hermenéutica.

Se logra la saturación teórica y se observa la coocurrencia de códigos (heterogeneidad) calculando el ICC empleando la ecuación 2 con los siguientes resultados:

Los valores para F_{c2} que es el fundamento observado por categorías para los indicadores de gestión en todas las ciudades son los siguientes: Político-Organizativos 1, Económicos 2, Internacionales 2, Educativos 5, Sociales 6, Jurídicos 18, y Tecnológicos 19.

La ciudad de León reporta un total de 19 indicadores de gestión ($F_{c1}=19$). La coocurrencia para los indicadores económicos con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.05$; Educativos con un $F_{cc}=3$ muestra un $ICC=0.14$; Jurídicos con un $F_{cc}=5$ muestra un $ICC=0.16$; Sociales con un $F_{cc}=4$ muestra un $ICC=0.19$ y los tecnológicos con un $F_{cc}=8$ muestra un $ICC=0.27$. La coocurrencia total es $ICC=0.81$.

La ciudad de Celaya reporta un total de 12 indicadores de gestión ($F_{c1}=12$). La coocurrencia para los indicadores ECONÓMICOS con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.08$; educativos con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.06$; jurídicos con un $F_{cc}=4$ muestra un $ICC=0.15$; político-organizativos con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.08$; Sociales con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.06$ y los Tecnológicos con un $F_{cc}=6$ muestra un $ICC=0.24$. La coocurrencia total es $ICC=0.68$.

La ciudad de Salamanca reporta un total de siete indicadores de gestión ($F_{c1}=7$). La coocurrencia para los indicadores Internacionales con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.13$; Jurídicos Con un $F_{cc}=3$ muestra un $ICC=0.14$ y los Tecnológicos con un $F_{cc}=3$ muestra un $ICC=0.13$. La coocurrencia total es $ICC=0.39$.

La ciudad de Silao de la Victoria reporta un total de seis indicadores de gestión ($F_{c1}=6$). La coocurrencia para los indicadores Jurídicos con un $F_{cc}=2$ muestra un $ICC=0.09$; Sociales con un $F_{cc}=2$ muestra un $ICC=0.20$ y los Tecnológicos con un $F_{cc}=2$ muestra un $ICC=0.09$. La coocurrencia total es $ICC=0.38$.

Finalmente la ciudad de Irapuato reporta un total de cuatro indicadores de gestión ($F_{c1}=4$). La coocurrencia para los indicadores Jurídicos con un $F_{cc}=3$ muestra un $ICC=0.16$ y los Tecnológicos con un $F_{cc}=1$ muestra un $ICC=0.05$. La coocurrencia total es $ICC=0.20$.

En la tabla 3 se muestra una síntesis de los resultados para las funciones, estrategias e indicadores de gestión de la Calidad del Aire y Desarrollo Sustentable y el índice complejo de gestión para evaluar a las cinco ciudades estudiadas.

No se observaron indicadores relacionados con las dimensiones: Economía Baja en Carbono, Educación, Capacidad Humana e Institucional para la variable Gases de Efecto Invernadero relativa al Cambio Climático como objetivo del Desarrollo Sostenible. El caos se define como la ausencia de la gestión, para el valor de 1, se considera existente pero desordenada, es decir en su máxima entropía.

Tabla 3. Índice Complejo de Gestión en CA y DS en las Cinco Ciudades.

Ciudad	Índice Complejo de Gestión de la Calidad del Aire y Desarrollo Sustentable			
	IQV _F	IQV _E	ICC	Espacio Fase
Celaya	0.22	0.24	0.68	La gestión es holística observándose consistente con indicadores adecuados.
León	0.58	1	0.81	La gestión se observa una brecha entre las funciones de la URCA y su estrategia. Indicadores poco instrumentados.
Silao de la Victoria	0.35	0.42	0.38	La gestión se percibe como una gestión naciente. Un avance inicial bien instrumentado.
Salamanca	caos	1	0.39	La gestión se percibe en un estado precario e involución. Se retrocede en los indicadores.
Irapuato	caos	caos	0.2	La gestión se percibe inexistente.
IQV _F e IQV _E son las funciones y estrategias respectivamente, ICC es la coocurrencia total en los indicadores de gestión,				

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS

La variabilidad de instrumentos en la gestión de la Calidad del Aire y Desarrollo Sustentable se confirma analizando el IQV funcional y estratégico que emerge del análisis de las funciones y estrategias instrumentadas con base en el modelo de gestión LART. Esta es diferente en cada una de las cinco ciudades, Celaya es holística y consistente sin brechas distinguiéndose de las demás, presenta un mayor número de funciones (diez) instrumentadas por ocho categorías de instrumentos de gestión.

Para las estrategias, se distinguen dos casos: Celaya y Silao de la Victoria con cuatro y cinco estrategias respectivamente. En primera instancia se piensa que entre más estrategias de gestión es mejor, sin embargo con base en el IQV, se afirma que Celaya presenta una instrumentación de su gestión holística al contar con una mayor instrumentación con N=13 comparada con Silao de la Victoria con N=10.

Lo anterior confirma que para una mejor gestión, es necesario contar con un alto número de instrumentos (k) utilizados de forma holística e integral en el mayor número de funciones y estrategias para la Calidad del Aire y Desarrollo Sustentable, denotando una gestión ordenada con IQV menores a 0.5 y no en el borde del caos con valores arriba de 0.8.

Para el índice complejo de gestión, la coocurrencia de instrumentos en los indicadores reportados en el PROAIRE muestran que, se puede pensar erróneamente que más avances es mejor, considerando que León reporta 19, seguida por Celaya con 12 y Salamanca con siete considerando sólo los primeros tres lugares, sin embargo esto difiere de la realidad ya que los hechos observados muestran que para Salamanca, su única estrategia es cumplir con las medidas del PROAIRE, por lo anterior, analizando el ICC por ciudad mostrado en la tabla 3, se observa que a medida que los indicadores de avance sean también orientados con base en los instrumentos de gestión, el índice tenderá a un valor de 1 con un efecto positivo entre la instrumentación sobre los avances. Es medible la brecha entre las funciones y estrategias comparando los valores de su IQV respectivamente.

DISCUSIÓN

El IQV como Índice Complejo de Gestión para las funciones y estrategias de gestión para la Calidad del Aire y Desarrollo sostenible, debido a su instrumentación holística, muestra variaciones en su comportamiento con base en el número de funciones, estrategias e instrumentos en cada una de las unidades estudiadas. El espacio

fase con valor entre 0 y 1, determina un índice funcional (IQV_F) y estratégico (IQV_E) que en conjunto con un índice ICC evaluando los indicadores de gestión con valor entre 0 y 1, sugieren un espacio fase con los siguientes cuatro estados y mostrado en la figura 1:

Estado I, una funcionalidad consistente con un equilibrio entre las funciones y los instrumentos de gestión. La variabilidad de instrumentos se hace evidente en las funciones de la unidad responsable. La estrategia es comprometida con la GCA y DS, es pertinente y muestra un equilibrio de instrumentos. Es el estado deseado de equilibrio.

Estado II, una gran funcionalidad alineada, pero carece de variabilidad en los instrumentos de gestión, se hace necesario ajustar las funciones e integrar mayores instrumentos. La estrategia está en evolución y presentan poca variabilidad de instrumentos, la recomendación sería incrementar los instrumentos en las estrategias. La tendencia de este estado es una alta funcionalidad desordenada.

Estado III, funcionalidad precaria, es pobre pero acorde a los instrumentos de gestión, implica incrementar las funciones e integración de instrumentos de gestión. La estrategia se considera en involución cuando retrocede en sus funciones o Naciente cuando está en su comienzo. Las estrategias son pocas, pero aquellas que se observan presentan un adecuado nivel de instrumentación.

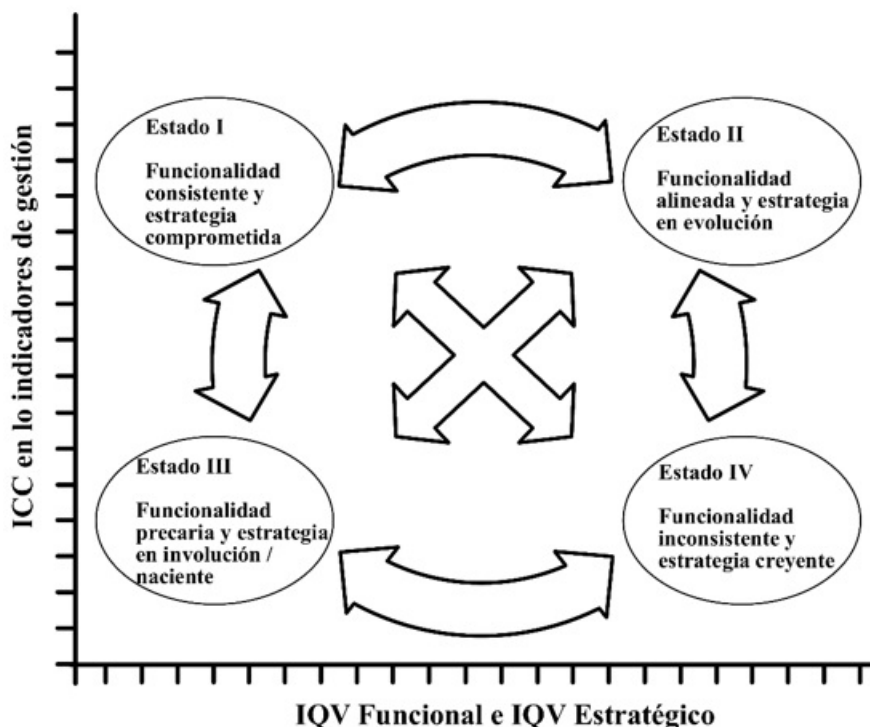
Estado IV, una funcionalidad inconsistente, son pocas o inexistentes las funciones y la tendencia es el caos. Implica asumir el compromiso de la gestión. La estrategia es creer en la gestión pero se presentan pocas estrategias con poca o nula variabilidad de instrumentos, la recomendación es incrementar las estrategias que buscan una coherencia y equilibrio en su instrumentación.

Los cambios entre fase ocurren cuando se integran nuevas funciones, estrategias e indicadores de gestión al proceso. Los Estados se contraponen entre sí en diagonal.

El eje horizontal tiende al orden (valor menor a 0.5) cuando se incluyen un mayor número de instrumentos de Gestión en forma holística (coocurren los instrumentos). Cuando es menor la instrumentación la tendencia es al desorden (valores cercanos a 1 como límite).

Para el eje vertical, a medida que se asuman más indicadores de gestión y se definan de igual manera en forma holística con base en los instrumentos, el valor tenderá a 1 que es el límite. Con el análisis de los resultados de la tabla 3, Celaya se ubica en el Estado 1 como primer lugar en Gestión, León con Funcionalidad consistente pero estrategia en evolución y finalmente Silao de la Victoria con Funcionalidad precaria y estrategia naciente.

Figura 1: Modelo Conceptual Índice Complejo de Gestión.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El IQV e ICC fundamentados con el modelo LART de gestión empleados para determinar el Índice Complejo de Gestión, permite evaluar cuantitativamente la Gestión de la Calidad del Aire, aunque se observaron algunos indicadores relacionados con el Desarrollo Sustentable como un instrumento educativo en Celaya y el inventario de GEI, no se observaron indicadores como PIB comparado con las emisiones de CO₂ o desarrollo económico bajo en carbono, es posible integrarlos en un futuro cuando las ciudades integren el constructo en las funciones, estrategias e indicadores en su proceso de Gestión Pública.

Se confirma que la gestión de la Calidad del Aire y sus indicadores de gestión, se enfocan en dos de tres instrumentos de gestión del modelo LART. El índice Complejo de Gestión permite evaluar las cinco ciudades confirmando que una mayor instrumentación de la gestión tiene un efecto positivo medible sobre la mejora de la calidad del aire.

Un mejor índice de gestión no implica directamente un mejor aire y sustentabilidad en las ciudades, sin embargo mide de forma objetiva la gestión y se podrá incluir con otros modelos y teorías en estudios futuros para dimensionar los efectos positivos o negativos en la calidad del aire y desarrollo sustentable. Permite identificar la brecha entre las funciones y estrategias de gestión como el caso de León observándose preocupante en Salamanca cuna del PROAIRE.

Con base en los resultados de la tabla 3, la categoría es la siguiente en orden de mejor gestión: Celaya, León, Silao de la Victoria, Salamanca y finalmente Irapuato donde no existe unidad responsable.

Es relevante es el caso de la ciudad de Celaya cuyo índice de gestión coincide con el resultado obtenido en su participación en el One Planet City Challenge 2019 del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2022), ya fue finalista dentro de las primeras 10 ciudades de América Latina en el que participaron 238 ciudades a nivel mundial, este hecho se verificó con el Director y su equipo de trabajo de la URCA. En el evento se

evalúa la gestión del CC en las ciudades participantes. El estudio completo se encuentra documentado en la tesis doctoral: Evaluación de la Gestión de la Calidad del Aire en cinco Metrópolis del Estado de Guanajuato (Salas-Rodríguez, 2019).

Finalmente la gestión de la Calidad del Aire y Desarrollo Sustentable desde los ODS enfocados en lo local a la GCA y en lo global al CC en las cinco ciudades, se enfoca principalmente a la medición de las emisiones de contaminantes atmosféricos para determinar y atender las contingencias ambientales provocadas por la contaminación. En lo jurídico se enfoca a crear las normas regulatorias que la sustentan y se abandona el desarrollo político-organizacional, ya que la URCA que es la responsable de la GCA muestran una brecha entre sus funciones y estrategias, incluso en el peor de los casos, su figura ni siquiera existe en la estructura del gobierno de la ciudad.

Es evidente la poca variabilidad de los instrumentos de gestión de la sustentabilidad, por lo que se sugiere una instrumentación holística y que abarquen tanto elementos cuantitativos (numéricos) como cualitativos (de significado) así como una estrategia orientada a las categorías: Sociales, Económicas, Educativas y Culturales.

No se observaron funciones, estrategias e indicadores relacionados con el Cambio Climático para la variable Gases de Efecto Invernadero operables en las dimensiones: Economía Baja en Carbono, Educación, Capacidad Humana e Institucional. Lo que confirma que en las ciudades pequeñas sólo se aborda la Gestión de la Calidad del Aire.

REFERENCIAS

- Ancona, C., Badaloni, C., Mataloni, F., Bolignano, A., Bucci, S., Cesaroni, G., . . . Forastiere, F. (2015). Mortality and Morbidity in a Population Exposed to Multiple Sources of Air Pollution: a Retrospective Cohort Study Using Air Dispersion Models. *Environmental research*, 137, 467-474. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.036>
- ATLAS.ti. (2022). *ATLAS.ti*. <https://atlasti.com/es>
- Badach, J., & Dymnicka, M. B. (2020). Urban Vegetation in Air Quality Management: A Review and Policy Framework. *Sustainability*, 12(3). <https://doi.org/doi:10.3390/su12031258>
- Badach, J., Voordeckers, D., Nyka, L., & Van Acker, M. (2020). A Framework for Air Quality Management Zones - Useful GIS-Based Tool for Urban Planning: Case Studies in Antwerp and Gdańsk. *Building and Environment*, 174(106743). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106743>
- Bell, M., & Davis, D. (2001). Reassessment of the Lethal London Fog of 1952: Novel Indicators of Acute and Chronic Consequences of Acute Exposure to Air Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 109(3), 389-394.
- Brimblecombe, P. (2006). The Clean Air Act After 50 Years. *Weather*, 61(11), 311-314.
- Brunt, H., Barnes, J., Jones, S., Longhurst, J., Scally, G., & Hayes, E. (2016). Air Pollution, Deprivation and Health: Understanding Relationships to Add Value to Local Air Quality Management Policy and Practice in Wales, UK. *Journal of Public Health*, 39(3), 485-497. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw084>
- Ciudad de México. (2017). *Normatividad en Calidad del Aire*. <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='ZaBhnmI=&dc='Yw=='>
- Davis, D., Bell, M., & Fletcher, T. (2002). A Look Back at the London Smog of 1952 and the Half Century Since. *Environmental Health Perspectives*, 110(12), 734-735.
- EPA. (2016). *NAAQS Table*. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>
- EUR-Lex. (2006). *Clean Air for Europe (CAFE) Programme*. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV%3A128026>
- Foro Nuclear. (2010). *El Protocolo de Kyoto*. http://www.foronuclear.org/en_2010/9_01.htm
- García, O. (2016). *Gases Reactivos y Calidad del Aire a Nivel Global*. Seminario: Conceptos Básicos en Composición Atmosférica, Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, Santa Cruz de Tenerife.

- GEG. (2022). *Guanajuato, con la Segunda Red de Monitoreo de Calidad del Aire más Importante del País*. <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2022/05/03/guanajuato-con-la-segunda-red-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-mas-importante-del-pais/#:~:text=En%201999%20se%20instal%C3%B3%20la,Aire%20del%20Estado%20de%20Guanajuato>
- Hernández, R., & González, M. (2006). *Estadística con SPSS y Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Trillas.
- IE. (2004). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca*. Salamanca. http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documentos/Calidad%20del%20aire/Proaires/Proaires_Anteriores/10_PROAIRE_SALAMANCA.pdf
- IEE. (2008). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en León 2008 -2012*. Guanajuato.
- IEE. (2014). *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de León*. Guanajuato.
- IEE. (2022). *Sistema Estatal de Información de Calidad del Aire*. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/monitoreo/>
- INEGI. (2020 a). *Información por Entidad: Ciudad de México y Estado de México (ZMVM)*. Población: <https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- INEGI. (2020 b). *Cuéntame Información por Entidad: Guanajuato*. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/default.aspx?tema=me&e=11>
- INEGI. (2022). *SCINCE 2020*. <https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/>
- IPLANEG. (2012). *Plan Estatal de Desarrollo 2035*. Guanajuato. <https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/>
- Juárez, R. (2015). *Impacto de la Contaminación Atmosférica Sobre la Inflamación, Estrés Oxidativo y Pronóstico a 1 Año en Pacientes Ingresados por Patología Isquémica Coronaria Aguda*. Tesis doctoral, Universidad de la Laguna, San Cristobal de la Laguna. España. https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2090/3/Tesis_Juarez.pdf
- Kaginalkar, A., Kumar, S., Gargava, P., & Niyogi, D. (2021). Review of Urban Computing in Air Quality Management as Smart City Service: An integrated IoT, AI, and Cloud Technology Perspective. *Urban Climate*, 39, 100972. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100972>
- Ly, Y., Chen, X., Wei, S., Zhu, R., Wang, B., Chen, B., . . . Zhang, J. (2020). Sources, Concentrations, and Transport Models of Ultrafine Particles Near Highways: a Literature Review. *Building and Environment*, 186, 107325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107325>
- Mehta, S., Bastero - Caballero, R., Sun, Y., Zhu, R., Murphy, D., Hardas, B., & Koch, G. (2018). Performance of Intraclass Correlation Coefficient (ICC) as a Reliability Index Under Various Distributions in Scale Reliability Studies. *Statistics in Medicine*, 37(18). <https://doi.org/10.1002/sim.7679>
- Notardonato, I., Manigrasso, M., Pierno, L., Settimo, G., Protano, C., Vitali, M., . . . Avino, P. (2019). The Importance of Measuring Ultrafine Particles in Urban Air Quality Monitoring in Small Cities. *Geographica Pannonica*, 23(4). <https://doi.org/10.5937/gp23-24447>
- OMS. (2006). *Guías de Calidad del Aire de la OMS Relativas al Material Particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre. Actualización Mundial 2005. Resumen de Evaluación de los Riesgos*. Suiza: OMS.
- ONU. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Organo del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. (1971). *Diario Oficial*. Distrito Federal: Secretaría de Gobernación.
- Ozkaya, G., & Erdin, C. (2020). Evaluation of Sustainable Forest and Air Quality Management and the Current Situation in Europe Through Operation Research Methods. *Sustainability*, 12(24). <https://doi.org/doi:10.3390/su122410588>
- Pattle, R. E., & Cullumbine, H. (20 de octubre de 1956). Toxicity of Some Atmospheric Pollutants. *Toxicity of Atmospheric Pollutants*, 2(4998), 913-915.

- Perinetti, G. (2018). StaTips Part IV: Selection, Interpretation and Reporting of the Intraclass Correlation Coefficient. *South European Journal of Orthodontics and Dentofacial Research*, 5(1).
- PNT. (2020). *Plataforma Nacional de Transparencia*. <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>
- Rivas-Tovar, L. A. (2009). *Efectos de la Teoría de la Complejidad en la Gestión Ambiental en México*. DF, México: Instituto Politécnico Nacional.
- Rivas-Tovar L. A. (2022). Normas Apa 7 edición. Estructura, citas y referencias, Instituto Politécnico Nacional. https://www.researchgate.net/publication/357046089_NORMAS_APA_7_EDICION_ESTRUCTURA_CITAS_Y_REFERENCIAS
- Rodrigues, V., Gama, C., Ascenso, A., Oliveira, K., Coelho, S., Monteiro, A., . . . Lopes, M. (2021). Assessing Air Pollution in European Cities to Support a Citizen Centered Approach to Air Quality Management. *Science of The Total Environment*, 799. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149311>
- Salas-Rodríguez, D. (2019). *Evaluación de la Gestión de la Calidad del Aire en Cinco Metrópolis del Estado de Guanajuato*. Tesis Doctoral, Universidad de la Salle Bajío, León.
- Secretaria de Salud. (14 de octubre de 2018). 1971. *Se expide la Primera Ley Sobre Control de la Contaminación Ambiental*. <https://www.gob.mx/salud/75aniversario/articulos/1971-se-expide-la-primera-ley-sobre-control-de-la-contaminacion-ambiental?state=published>
- SMAOT. (2022 b). *PROAIRE León. Informe de Acciones 2013-2019*. Guanajuato. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/calidad-del-aire/6/PROAIRE-Le%C3%B3n>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y Procedimientos para Desarrollar la Teoría Fundamentada*. Antioquia: Sage.
- Szulecka, A., Oleniacz, R., & Rzesutek, M. (2017). Functionality of Openair Package in Air Pollution Assessment and Modeling—a Case Study of Krakow. *Environmental Protection and Natural Resources*, 28(2), 22-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/oszn-2017-0009>
- Tanweer, A. (2021). Cloud-Based IoT Applications and Their Roles in Smart Cities. *Smart Cities*, 4(3), 1196–1219. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/>
- UE. (2017). *Air Quality Standards*. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
- UE. (2017). *Kioto: Primer Periodo de Compromiso (2008-2012)*. Retrieved 2 de Marzo de 2017, from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto_1_es
- USEPA. (2022). *Clean Air Act Requirements and History*. Unites States Environmental Protecction Agency: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-requirements-and-history>
- Wang, Y., Ying, Q., Hu, J., & Zhang, H. (2014). Spatial and Temporal Variations of Six Criteria Air Pollutants in 31 Provincial Capital Cities in China During 2013–2014. *Environment International*, 73, 413-422.
- Wu, L., Li, N., & Yang, Y. (2018). Prediction of Air Quality Indicators for the Beijing-Tianjin-Hebei Region. *Journal of Cleaner Production*, 196, 682-687. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.068>
- WWF. (2022). *For a World Where We All Thrive*. One Planet City Challenge: https://wwf.panda.org/projects/one_planet_cities/one_planet_city_challenge/
- You, M. (2015). Changes and Challenges of the 2014 Revised Environmental Protection Law in the Context of China's Five Fundamental Transitions. *Hong Kong Law J*, 2, 621-650.
- Yuan, J., Chen, Z., Zhong, L., & Wang, B. (2019). Indoor Air Quality Management Based on Fuzzy Risk Assessment and its Case Study. *Sustainable Cities and Society*, 50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101654>

NOTAS

- [1] Las unidades de análisis son las ideas (textos) observadas en los documentos que forman la unidad hermenéutica, en ellos se identifican las citas (significados) que son categorizados.

- [2] La saturación teórica es el punto en el que la construcción de la categoría en la cual ya no emergen propiedades, dimensiones, o relaciones nuevas durante el análisis (Strauss & Corbin, 2002).

INFORMACIÓN ADICIONAL

Clasificación JEL: Q01.