



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Cuencas atmosféricas y su importancia en el ordenamiento ambiental del territorio

Lucas Andrés Quintero Velásquez
Abogado
Especialista en Derecho Urbanístico

Universidad Nacional de Colombia
Facultad Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Medellín, Colombia
Agosto 2022

Cuencas atmosféricas y su importancia en el ordenamiento ambiental del territorio

Lucas Andrés Quintero Velásquez

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo

Director: Carlos Alberto Zárate Yepes

Título: Abogado y Economista- Magister en Derecho Procesal

Codirector:

José Fernando Jiménez Mejía

Título: Ingeniero Civil - Magíster en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y Doctor en Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente

Medellín, Colombia

2022

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo: tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Lucas Quintero V.

Nombre

Fecha 02/08/2022

Agradecimientos

A aquellas personas que me impulsaron a realizar la maestría, pero ya no están;

A las personas aún están y me acompañaron en todo momento;

A todas ellas gracias por no dejarme caer.

Resumen

Cuencas atmosféricas y su importancia en el ordenamiento ambiental del territorio

Las normas jurídicas que protegen y regulan el uso de los bienes ambientales afectan, por lo general, a la sociedad y a la economía, en un intento por lograr condiciones que favorezcan la sostenibilidad sin atentar contra el régimen constitucional. En este marco, por mandato de la Ley 99 de 1993, las autoridades ambientales juegan un papel principal en el Sistema Nacional Ambiental. Es así como en el uso de las competencias declaradas por la ley, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), entidad con jurisdicción ambiental en el área urbana de ese territorio, introdujo por primera vez, en el año 2011 el concepto de “cuenca atmosférica” ligado al de área fuente de material particulado PM10; y refrendó en el 2017 la misma figura, sin modificarla ni redefinirla, pero asociándola a la declaratoria de área fuente de material particulado fino PM2.5. Aunque esta entidad es la única en Colombia que ha aplicado el concepto a la normativa ambiental metropolitana, aún subsisten varios problemas relacionados con su definición, interpretación y aplicación técnica. Y, adicionalmente, con la conveniencia de que sea una entidad de esta naturaleza la que tenga competencias para introducir, aplicar y regular los procesos que conducen al transporte y dispersión de contaminantes atmosféricos a escala regional en el territorio nacional. El presente trabajo es una revisión del concepto de “cuenca atmosférica” y de los procesos que condujeron a su formulación e implementación por parte del AMVA. El análisis propone revisar la conveniencia de introducir el concepto “cuenca atmosférica” en la normativa ambiental colombiana y de los procedimientos que condujeron a su declaratoria, de manera que en el futuro se reglamente adecuadamente su aplicación. Incluso, se propone más bien utilizar un término alternativo, el de “pluma urbana”, debido a que este es más amplia y claramente conocido en los estudios de contaminación atmosférica urbana e industrial. De esta manera, la iniciativa del AMVA podría ser reorientada para fortalecer la gestión ambiental de la calidad del aire en todo el territorio colombiano.

Palabras clave: Calidad del aire, cuenca atmosférica, determinante ambiental, estabilidad atmosférica, ordenamiento territorial.

Abstract**Airsheds and their importance in the environmental land planning**

The legal norms that protect and regulate the use of environmental assets generally affect society and the economy, to achieve conditions that favor sustainability without undermining the constitutional regime. In this framework, by mandate of Law 99 of 1993, the environmental authorities play a main role in the National Environmental System. Thus, in the use of the powers declared by law, the Aburrá Valley Metropolitan Area (AMVA), an entity with environmental jurisdiction in the urban area of that territory, introduced for the first time, in 2011, the concept of “airsheds” linked to the source area of particulate material PM10; and endorsed the same figure in 2017, without modifying or redefining it, but associating it with the declaration of a source area of fine particulate matter PM2.5. Although this entity is the only one in Colombia that has applied the concept to metropolitan environmental regulations, there are still several problems related to its definition, interpretation, and technical application. And, additionally, with the convenience that it be an entity of this nature that has the powers to introduce, apply and regulate the processes that lead to the transport and dispersion of atmospheric pollutants on a regional scale in the national territory. This paper is a review of the concept of "atmospheric basin" and the processes that led to its formulation and implementation by the AMVA. The analysis proposes to review the convenience of introducing the concept of "atmospheric basin" in Colombian environmental regulations and the procedures that led to its declaration; so that in the future its application is properly regulated. It is even proposed rather to use an alternative term, that of "urban plume", because this is more widely and clearly known in studies of urban and industrial air pollution. In this way, the AMVA initiative could be reoriented to strengthen the environmental management of air quality throughout the Colombian territory.

Keywords: Air quality, airsheds, environmental determinant, atmospheric stability, land use planning.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	12
2. Metodología	29
3. Resultados	57
4. Estado de la cuestión	64
4.1 Cuenca atmosférica.....	64
4.2 La pluma urbana como alternativa de la cuenca atmosférica.....	78
4.3 Calidad del aire y ordenamiento territorial.....	83
4.3.1 Aspectos normativos y de política pública.....	84
4.3.2 Ordenamiento ambiental del territorio.....	89
4.3.3 La cuenca atmosférica como un determinante ambiental.....	95
4.3.4 Implicaciones económicas, políticas y sociales	105
5. Conclusiones y recomendaciones.....	121
6. Bibliografía	125

Listado de gráficas, ilustraciones, y tablas

<i>Ilustración 1 Fuente (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017, pág. 329)</i>	81
<i>Ilustración 2 Fuente: Elaboración propia con base en el decreto 1076 de 2015, ley 1083 de 2006, ley 1955 de 2019</i>	101
<i>Ilustración 3 ZUAP Centro de Medellín Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)</i>	110
<i>Ilustración 4 ZUAP Zona Sur Fuente (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)</i> ..	110
<i>Ilustración 5 ZUAP Girardota Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 8)</i>	111
<i>Ilustración 6 ZUAP Industrial Medellín Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 9)</i>	111
<i>Ilustración 7 ZUAP Industrial Medellín Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 9)</i>	112
<i>Ilustración 8 ZUAP Itagiú Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 10)</i>	112
<i>Ilustración 9 ZUAP Sabaneta Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 10)</i>	113
<i>Ilustración 10 ZUAP Bello Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 11)</i>	113
<i>Gráfica 1 Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; CORANTIOQUIA, 2018, pág. 10)</i>	20
<i>Gráfica 2 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	58
<i>Gráfica 3 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	58
<i>Gráfica 4 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	60
<i>Gráfica 5 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	61
<i>Gráfica 6 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	62
<i>Gráfica 7 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados</i>	63
<i>Tabla 1 Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2020)</i>	19
<i>Tabla 2 Fuente: (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2020)</i>	19

Tabla 3 Fuente: Elaboración propia de identificación de los rasgos más relevantes del objeto de estudio 29

Abreviaturas

AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá

CO: Monóxido de carbono

CM: Capa de Mezcla

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial

ENCA: Estrategia Nacional de Calidad del Aire de Colombia

ENCA MX: Estrategia Nacional de Calidad del Aire de México

LGALPA: Ley General de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera -México-

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

NO₂: Dióxido de nitrógeno

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial

PIGECA: Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire

POECA: Plan Operacional para enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica

POT: Plan de Ordenamiento Territorial

PM_{2.5}: Material particulado inferior a 2.5 micras

PM₁₀: Material Particulado inferior a 10 micras

O₃: Ozono

SIATA: Sistema de Alerta Temprana

SO₂: Dióxido de azufre

SVCA: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire

WHO: World Health Organization?

ZEB: Zonas de Emisiones Bajas

ZUAP: Zona Urbana de Aire Protegido

1. Introducción

El concepto de cuenca en Colombia se comienza a abordar con la expedición del Código de Recursos Naturales de 1974, pero bajo la figura de cuenca hidrográfica, debido a su importancia en el país por su riqueza hídrica. Además, en este Decreto-Ley 2811 de 1974, se recalcó la importancia de que estas cuencas hidrográficas contaran un instrumento de ordenación y manejo, con el fin de articularlo e incorporarlo al ordenamiento territorial. Luego se tuvo la necesidad de contar con unas directrices para el ordenamiento de este tipo de cuenca, por lo que con el Decreto Nacional 1640 de 2012, se reglamentó la ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas en varios niveles: macrocuencas, zonas hidrográficas, subzonas hidrográficas, y microcuencas.

Vale la pena solamente como referencia conceptual, entender por cuenca hidrográfica:

el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Igualmente, este decreto hoy compilado, el decreto 1076 de 2015, determinó 4 fases o pasos para la declaratoria de una cuenca hidrográfica, los cuales son: 1) Declaratoria, 2) Diagnóstico, 3) Prospectiva y Zonificación, y 4) Formulación y aprobación. Fases que además de garantizar todo un estudio y análisis del estado de las cuencas hidrográficas, propenden por un espacio real de participación ciudadana que va a tener una incidencia directa o indirecta en los preceptos y condicionantes de la declaración y expedición de estos instrumentos de ordenación de cuencas hidrográficas.

Aunado a lo anterior, y con relación al ordenamiento territorial, en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 el legislador consagró unas determinantes ambientales, entre las cuales se encuentran, entre otras:

1. Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales, así:
 - a) Las directrices, normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus respectivas facultades legales, por las entidades del Sistema Nacional Ambiental, en los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio;

Posteriormente, en el decreto 3600 (2006), se incorporaron las determinantes del ordenamiento territorial en el suelo rural, tales como: las áreas de conservación y protección ambiental (áreas del sistema nacional de áreas protegidas- reservas forestales- áreas de manejo- áreas de especial importancia ecosistémica), áreas para la producción agrícola y ganadera, áreas e inmuebles considerados patrimonio cultural, el sistema de servicios públicos domiciliarios.

Ahora bien, antes de abordar el concepto de cuenca atmosférica, AMVA tuvo en cuenta para la declaración del PIGECA los factores topográficos, meteorológicos, las

emisiones y sus orígenes; factores indispensables para la declaratoria de la cuenca y que varían para cada territorio en particular. No se podrá, por ejemplo, asimilar las características mencionadas para el Valle de Aburrá, con las de Bogotá, Cartagena o el Valle del Cauca. Por lo tanto, al ser territorios totalmente distintos, además resultaría inadecuado aplicar una norma general sin esas características, y serán indispensables los estudios científicos para su delimitación de acuerdo con su ubicación geográfica.

Para una mejor comprensión de la ubicación del Valle de Aburrá, este se encuentra en el centro de la cordillera central y, en:

“El fondo del Valle en Caldas está a unos 1800 m de altura sobre el nivel del mar y en Barbosa a unos 1400 m. Está rodeado por montañas que alcanzan unos 3000 m. como el Alto de San Miguel, el Cerro del Padre Amaya y el Cerro Boquerón y por altiplanos como el de Ovejas, el de Santa Elena, el de San Vicente- Río Negro y el de Santa Rosa de Osos, situados a alturas entre 2600 m. y 2000 m” (Hermelin, 2007, pág. 8)

Como una primera definición con fines meramente prácticos, el AMVA (2011) la precisó en sus considerandos “como un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales ocupado por un volumen de aire con características similares, que propician la concentración y reacción de gases y partículas contaminantes del aire”. Esta primera enunciación de lo que es una cuenca atmosférica, tendrá un abordaje con mayor detalle en el numeral 4.1 de esta investigación, con precisiones y reparos desde su definición hasta su implementación por parte de la Autoridad Ambiental.

De acuerdo con la definición anterior, es importante que también definir el concepto de cuenca, entendida como “la unidad espacial natural de la biogeoestructura donde se integran los componentes sólidos, líquidos y gaseosos, formando unidades definidas de ocupación del espacio” (Contreras Jaime & Dávila Villamizar, pág. 59).

Las definiciones de cuenca atmosférica junto con la metodología utilizada para delimitarlas se presentarán en el apartado 4.1 del presente trabajo, con el fin de tener una visión amplia y adecuada para lograr abordar de una mejor forma las problemáticas técnicas y jurídicas que se derivan de esta figura; con el fin de que las autoridades ambientales en concurrencia y coordinación con las entidades territoriales puedan adecuada gestión y planificación para implementar las medidas y acciones tendientes a mejorar la calidad del aire y los factores que inciden en este, en cuanto a la ordenación del territorio.

Por lo tanto, “el gobierno local debe examinar y entender las condiciones de la polución del aire en la región y aplicar políticas de reducción de la contaminación del aire de su estructura urbana” (Jung, Park, & Kim, 2019, pág. 13); donde también “la formación urbana irregular puede resultar en desorden y caos vehicular, generando congestión, caracterizada por baja velocidad de los vehículos, trayectos largos y alto volumen de emisiones contaminantes del aire” (Zhou, Li, & Wang, 2018, pág. 12). Pero no solamente en la estructura urbana, sino también en la estructura rural, las cuales son conjunto geográfico que arroja como resultado una equilibrada ordenación ambiental del territorio, toda vez que “las cuencas atmosféricas basadas en la dinámica atmosférica y en variables ecológicas, topográficas y meteorológicas son un nuevo esquema para la gestión regional, como herramienta de planificación territorial y para el mejoramiento de la calidad del aire”

(Cusarúa-Avellaneda, Olarte-Camelo, Valbuena Chávez, Caetano, & López Bravo, 2020, pág. 87).

Este concepto de cuenca atmosférica no fue definido por el AMVA en el documento final del PIGECA, sin embargo, determinó sus características así:

es importante tener presente que los niveles de calidad del aire en una cuenca atmosférica dependen de múltiples factores y variables, entre las cuales se encuentran:

- a) la magnitud y distribución en el territorio de las emisiones contaminantes descargadas a la atmósfera, conforme a lo explicado en el Capítulo 2;
- b) las características topográficas de la cuenca atmosférica que imponen límites físicos a la dispersión de contaminantes;
- c) las condiciones meteorológicas que afectan la ventilación, transporte y dilución de los contaminantes en la atmósfera;
- d) diversos procesos fisicoquímicos que explican la formación en la atmósfera de partículas secundarias y oxidantes fotoquímicos a partir de los contaminantes emitidos originalmente (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017).

Por lo tanto, un lugar o espacio geográfico se ve permeado y modificado por factores como: el desplazamiento forzado, los licenciamientos urbanísticos, el crecimiento en las laderas, una sana e insana mezcla de usos del suelo, una adecuada o inadecuada gestión del riesgo, entre otros. Lo cual trae como consecuencia un aumento en la demanda de bienes de uso común, lo que genera que dichos bienes sobrepasen su capacidad de carga, es decir, su capacidad de regeneración, generando problemas ambientales como contaminación y disminución del recurso hídrico, aumento considerable del ruido, alteraciones en la topografía y el paisaje, o la contaminación atmosférica. Esta última ha sido un gran problema

para las ciudades en Colombia y, hoy en día, se encuentra en la agenda pública por los constantes escenarios de contaminación atmosférica que se han presentado en varias de las ciudades capitales.

La contaminación atmosférica en las ciudades es ocasionada por diversas fuentes de contaminación que emiten contaminantes criterio¹ como las partículas, ya sean gruesas o finas, donde su proporcionalidad corresponde “ a cada uno de los dos tipos de tamaños es probable que varíe de manera sustancial entre las ciudades en todo el mundo, en función de la geografía, la meteorología y las fuentes específicas de MP de cada lugar” (WHO, 2006), ya sea por la emisión o la inmisión. Así pues, las causas y los problemas de la contaminación atmosférica serán diferentes para cada región en específico y su gestión, por tanto, deberá ser abordada de manera particular y diferenciada, pues esta problemática puede ocasionar riesgos o daños en la salud de las personas, en la flora y fauna, entre otros.

Entendiendo por contaminación atmosférica como:

La alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas; atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente de los recursos de la nación o de los particulares (Decreto ley 2811, 1974).

En la región del Valle de Aburrá, por ejemplo, se estimó que el 2008 y 2016 “una pérdida total de 257.429 años potenciales de vida a causa de los eventos centinela

¹ Tales como: PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO

relacionados con la contaminación del aire” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018, pág. 87). Además, según los datos de “ERA- Interim sugieren que los contaminantes que se dispersan del Valle de Aburrá viajarán predominantemente hacia el oeste hasta la región biogeográfica del Chocó” (Pine, y otros, 2017), generando un riesgo para algunas áreas de importancia ecosistémica por la contaminación generada en el Valle de Aburrá, siendo “el transporte de diversos contaminantes del aire a grandes distancias desde múltiples fuentes una de las mayores preocupaciones ambientales” (Spash L., 2020, pág. 37).

Asimismo, de acuerdo con la información generada por las estaciones que miden la calidad del aire en el Valle de Aburrá que hacen parte del SVCA, para marzo de 2020, fecha en la cual comienzan las cuarentenas obligatorias por el Gobierno Nacional a raíz de la COVID-19, gran parte de la contaminación atmosférica se presentó por el material particulado derivado de los incendios forestales, transportados por los vientos; argumento que fue objeto de debate por parte de ciertos sectores -incluyendo al alcalde de Medellín quien declaró lo siguiente: “*deja claro que el Área Metropolitana por años no ha reconocido causas reales de contaminación, ha sido simplista.*”-, teniendo en cuenta que, para la fecha, el Valle de Aburrá se encontraba en un estado de inacción en la gran mayoría de los sectores industriales y comerciales como consecuencia de las cuarentenas decretadas por el Gobierno Nacional a causa de la COVID-19², tal como se presente en las siguientes tablas:

² Ver: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/polemica-en-medellin-sobre-que-dana-la-calidad-del-aire-483254> “De acuerdo con el Siata, el incremento en el número de incendios en el norte del país terminó afectando el aire en el valle de Aburrá producto de los vientos, aclarando, sin embargo, que esto no eximía a las fuentes fijas y móviles de su aporte en la contaminación.”

PM2.5	Marzo																														
	D1	L2	M3	Mi4	J5	V6	S7	D8	L9	M10	Mi11	J12	V13	S14	D15	L16	M17	Mi18	J19	V20	S21	D22	L23	M24	Mi25	J26	V27	S28	D29	L30	M31
Estaciones	DE REPRESENTACIÓN POBLACIONAL																														
Medellin - Aranjuez	34	39	39	45	44	57	60	51	46	44	45	46	42	48	50	48	61	65	67	62	36	38	49	53	50	58	50	48	49	53	27
I.E. Ciro Mendía	33	29	30	33	31	45	51	41	40	36	38	41	37	40	36	38	52	54	58	41	25	33	40	51	46	47	43	38	44	43	20
Medellin - San Cristobal	32	34	29	38	34	50	53	47	47	43	45	49	38	43	46	44	61	62	63	59	36	36	47	54	50	56	46	46	50	51	27
Parque Biblioteca Fernando Botero	32	32	32	36	35	48	58	44	41	42	44	43	33	42	40	45	59	56	59	52	32	34	43	53	44	49	43	40	42	41	19
Medellin - Villahermosa	20	19	18	21	21	40	43	34	34	32	37	35	23	32	32	34	58	55	55	33	22	31	45	47	51	52	45	37	44	39	17
Planta de agua potable de EPM	32	30	33	35	34	49	57	43	43	40	41	44	37	43	40	45	59	58	63	48	30	31	43	52	45	50	44	42	45	20	
Medellin - Belén	31	31	27	38	31	50	54	45	45	41	38	44	39	47	43	38	61	59	59	50	30	33	43	51	47	54	46	40	47	46	27
I.E. Pedro Justo Berrio	38	33	24	44	30	60	61	53	56	47	49	59	53	44	46	74	71	70	48	33	39	48	57	59	60	53	42	56	57	25	
Medellin - Santa Elena	NO POECA																														
Medellin - Altavista	33	41	43	49	47	63	61	50	50	41	45	50	40	47	47	49	65	64	68	66	35	41	54	57	54	61	56	51	48	52	27
I.E. Pedro Octavio Amado	37	47	43	53	48	66	70	56	54	50	50	54	43	55	53	54	72	71	74	66	33	40	53	59	54	62	52	52	50	27	
Medellin - El Poblado																															
I.E. INEM sede Santa Catalina																															
Medellin - El Poblado																															
Tanques La Ye EPM																															

Tabla 1. Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2020)

Situación similar que se presentó en la región geográfica del Área Metropolitana de Bucaramanga para el mes de marzo de 2020:

ESTACIÓN / DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1. EST. SAN FRANCISCO	41	34	39	46	43	53	65	51	52	66	52	62	51	36	33	59	69	84	88	98	64	77	81	52	78	78	91	70	84	98	75*
2. EST. LAGOS DEL CACIQUE	50	41	47	59	50	60	76	55	55	73	56	62	50	36	33	59	79	93	97	96	54	71	83	78	64	70	95	67	73	82	66*
3. EST. LA CIUDADELA	37	29	34	44	38	46	56	43	44	51	41	51	40	27	25	38	48	61	54	56	42	45	49	53	62	53	**	**	**	**	**
4. EST. LAGOS I F/BLANCA	46	34	39	50	43	54	69	49	49	59	48	57	48	33	27	52	70	88	84	92	60	64	73	75	82	61	83	60	69	71	64*
5. EST. SANTA CRUZ GIRÓN	14	33	40	51	47	54	58	47	44	50	43	53	43	29	30	47	62	76	78	67	52	57	61	59	79	48	64	49	54	52	40*

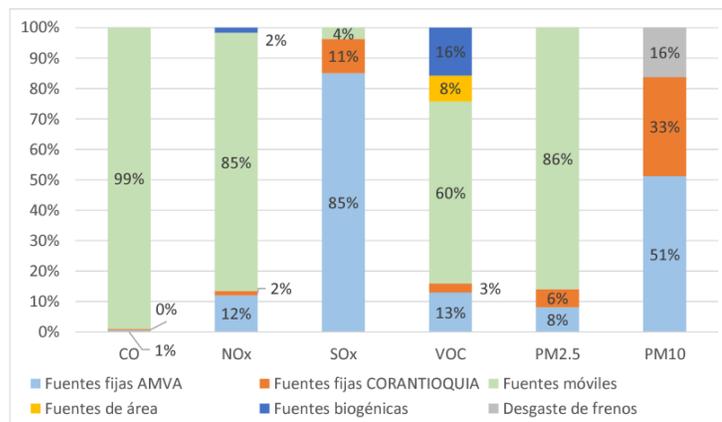
*Datos pendientes de validación final, cálculos hasta la fecha y hora del reporte.
 ** Estación en mantenimiento.

Tabla 2. Fuente: (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2020)

Lo anterior genera gran preocupación, por lo que nos cuestionamos si esta situación ¿será falta de planeación, previsión, coordinación, gestión del riesgo? Si bien es cierto que en la actualidad se cuenta con un Manual para la Elaboración de Planes de Gestión del Aire del IDEAM, éste carece de directrices relacionadas con el ordenamiento territorial, como sí lo tiene en cuenta, por ejemplo, el PIGECA expedido por el AMVA; instrumento que reafirmó al Valle de Aburrá como una cuenca atmosférica, con el fin de realizar una adecuada gestión de la calidad del aire, teniendo en cuenta: la delimitación del polígono de la cuenca,

el inventario de emisiones de la cuenca, ordenamiento ambiental del territorio, entre otros. Esta reafirmación que trae el PIGECA será objeto de análisis y discusión en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, abordando algunas de las definiciones encontradas del concepto de cuenca atmosférica, las metodologías utilizadas para tal fin y, las dificultades desde lo técnico y lo jurídico encontradas para lograr responder al cómo, el por qué y para qué sirve contar con la declaratoria de una cuenca atmosférica.

La situación actual de la contaminación del aire en Valle de Aburrá, de acuerdo con el último inventario de emisiones elaborado por el AMVA y CORANTIOQUIA es:



Gráfica 1 Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; CORANTIOQUIA, 2018, pág. 10)

Los factores anteriores son relevantes al momento de la toma de decisiones para mejorar la calidad del aire, donde los procesos participativos con los sectores sociales, industriales y comerciales que son la estructura principal para la toma de decisiones, serán importantes y deberán tener incidencia al momento de tomar medidas e imponer restricciones, como por ejemplo, la ubicación y reubicación de las industrias por su cercanía con las zonas residenciales, que podría generar problemáticas socioambientales, como lo fue en el caso de SULFÁCIDOS S.A en 1974 donde:

la Corte Suprema de Justicia declaró la responsabilidad civil de la empresa Sulfácidos S.A ubicada en el suroccidente de la ciudad, por arrojar gases sulfurosos a la atmósfera, dañar los bienes materiales de la empresa Hilanderías Medellín S.A. y afectar la salubridad de los habitantes de los barrios circundantes (Sierra Márquez, 2014, págs. 55-56).

No resulta ajeno entonces que desde mediados del siglo XX existiese para Medellín la preocupación de que:

no se han tomado en consideración los vientos prevalecientes para escoger los sitios de la industria. El humo, los gases, el ruido y los peligros del tráfico han invadido las áreas residenciales vecinas. Las zonas mixtas prevalecen y se levanta toda clase de industria, comercio y diferentes tipos de edificios residenciales, sin un plan lógico (Sierra Márquez, 2014).

Lo que quiere decir que la problemática de la calidad del aire en Medellín y el Valle de Aburrá es de vieja data y esta ha ido cambiando, pasando de las fuentes fijas como uno de los principales problemas en su momento, hoy en día, a las fuentes móviles que son las que aportan el mayor porcentaje de la contaminación atmosférica, según la gráfica 1. Tal es el caso mencionado sobre Sulfácidos S.A. en Medellín que para los años de 1970³ sus habitantes sufrían por la mala calidad del aire como consecuencia de la generación de

³ Ver <https://www.universocentro.com/NUMERO86/Humossetenteros.aspx> recuperado el 20 de marzo de 2021

emisiones contaminantes de las “fuentes fijas”, sumado a que muchos barrios eran colindantes a estas, llamados barrios obreros.

Para responder a este interrogante, se debe entender por ordenamiento territorial como: aquel proceso que consiste en generar una transición y un equilibrio entre la ocupación y transformación del espacio, teniendo en cuenta los aspectos históricos, culturales, ambientales y económicos. Por lo tanto, de acuerdo con la definición que se adopte de una cuenca atmosférica, y la relación entre la calidad del aire y ordenamiento territorial, se tendrán las bases para analizar si las cuencas atmosféricas pueden considerarse determinante ambiental o una norma de superior jerarquía. Por lo tanto, la pregunta de investigación de esta tesis será: ¿cómo el concepto de “cuenca atmosférica” se puede constituir en un determinante ambiental para los procesos de ordenamiento territorial?

La problemática ambiental del bien común aire ha alcanzado un matiz relevante en la toma de decisiones de las autoridades ambientales y entidades territoriales, pues este hace parte integral de ese derecho que tenemos a gozar de un medio ambiente sano. Siendo necesario incorporar el problema de calidad del aire en los planes de desarrollo e instrumentos de ordenamiento territorial existentes y contar con un instrumento independiente a estos. Aquellos factores que deterioran la calidad del aire, que además afectan la salud de las personas y también deterioran la fauna y flora, están relacionados con la manera cómo se organiza un territorio, siendo indispensable, por lo tanto, una coordinación con todos los sectores involucrados para crear y adoptar decisiones que ayuden a mejorar la calidad del aire mediante un instrumento de ordenamiento ambiental.

Lo que quiere decir, que como consecuencia de dicha alteración “algunas de estas partículas pueden inducir problemas como alergias, infecciones respiratorias, incrementos en la incidencia de asma, respuestas tóxicas, además de causar enfermedades en las plantas, en los animales” (Suarez Roldán, 2017). Lo planteado por Suárez Roldan lleva al escenario del daño ambiental puro y daño ambiental consecutivo, los cuales deberán tenerse en cuenta en estos instrumentos junto con la relación del riesgo; es decir, toda la relación existente entre calidad del aire, ordenamiento territorial y los principios de prevención y precaución. De ahí la importancia de que un instrumento de gestión de calidad del aire tenga en cuenta no solamente las afectaciones a la salud de las personas, sino también a las enfermedades de la fauna y flora.

Es por lo anterior que se debe resaltar la importancia del ordenamiento ambiental del territorio, la cual ayudaría en gran medida a reducir la contaminación atmosférica, mediante todos los instrumentos de ordenación territorial. Y para lograrlo, se debe entender que:

Ordenar un territorio significa identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en ese territorio de acuerdo con ciertos criterios y prioridades. El territorio no es solamente un espacio físico sobre el cual se desarrolla la actividad humana, ni mucho menos un área delimitada por unas coordenadas en un mapa. El territorio es un ser vivo, resultado de la interacción permanente entre dinámicas ecosistémicas y dinámicas humanas, incluidas en estas últimas las instituciones y sus dinámicas. (Parra Cárdenas & Ortiz Parra, 2018, pág. 21).

Ahora bien, el ordenamiento jurídico colombiano carece de una norma que mencione y desarrolle el concepto de cuenca atmosférica. Partiendo desde la escala nacional, departamental y municipal, pues, tal como lo plantea el principio de interdependencia, todo está conectado con todo. Lo anterior, con el fin de poder evitar en gran medida que las emisiones que se generen en una región perjudiquen a otra. De ahí la importancia de pensar local y actuar global, mediante instrumentos de gestión que logren articular y coordinar a todas las partes involucradas.

De hecho, la importancia de identificar en debida forma a las partes en todo este proceso participativo tiene su razón de ser en que, por ejemplo:

la concentración de industrias en un área determinada puede constituir un riesgo de aumento de las emisiones, por lo que los modelos de ordenamiento del territorio que consideran la información sobre ubicación, concentración y características de las emisiones generadas por las fuentes, así como el desarrollo de la movilidad y de los asentamientos urbanos, permiten tomar decisiones que reducen la exposición de la población a la contaminación del aire, como la no instalación de nuevas industrias en una zona de alta contaminación o el desarrollo de áreas de confluencia de grupos poblacionales más vulnerables (CONPES 3943, 2018, pág. 29).

Situación que, si no es tomada en cuenta, puede generar diversos conflictos socioambientales entre las empresas (fuentes fijas y fuentes móviles), las comunidades afectadas y el Estado por las altas emisiones de contaminantes en la atmósfera. Esto refuerza la idea de que la implementación de una cuenca atmosférica es una construcción social con incidencia directa en los POT, PBOT y EOT; es decir, que deberá existir una sincronía entre

las medidas de gestión de calidad del aire con la vida en sociedad de las comunidades, pues de tal gestión se podrán derivar ciertos tipos de restricciones, siendo necesario entonces “incorporar la clasificación de áreas de acuerdo con niveles de contaminación del aire y fuentes de emisión en la reglamentación de usos industriales en los planes de ordenamiento territorial” (CONPES 3943, 2018).

De los problemas más comunes que se encuentran para abordar el tema objeto de estudio son: la inexistencia de una norma que indique la necesidad de declarar e implementar las cuencas atmosféricas, la falta de coordinación y concurrencia en la gestión entre autoridades ambientales y entidades territoriales para la toma de decisiones que eviten la generación de situaciones que afecten la calidad del aire y la ausencia de unos lineamientos sobre cómo abordar estas decisiones garantizando una participación ciudadana de los sectores sociales que también inciden en estas acciones.

El AMVA, como autoridad ambiental en la zona urbana del Valle de Aburrá, aprobó mediante Acuerdo Metropolitano 16 de diciembre 6 de 2016, el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire -PIGECA-, el cual reafirmó al Valle de Aburrá como una **cuenca atmosférica**. Buscando una mejor y adecuada gestión de la calidad del aire, teniendo en cuenta el monitoreo constante de contaminantes, los inventarios anuales de emisiones, tener un conocimiento de las zonas más afectadas y delimitarlas en polígonos, las directrices para las entidades territoriales, y procurando tomar decisiones correctas en una zona geográfica con varias divisiones político-administrativas; siendo la única región en Colombia, que hasta el momento ha implementado la figura de cuenca atmosférica.

Actualmente, la legislación colombiana carece de unos lineamientos para declarar una cuenca atmosférica por lo que el Valle de Aburrá será un caso de estudio para abordar en la presente investigación, con las dificultades encontradas desde los ámbitos de lo técnico y lo jurídico. En igual sentido, Bogotá en su plan de desarrollo consagró dentro de sus metas la aprobación del Plan Estratégico para la Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030⁴, aunque éste no tuvo en cuenta la figura de cuenca atmosférica y poco hizo mención sobre estabilidad atmosférica.

Ahora bien, para un adecuado manejo e implementación de una cuenca atmosférica, se deberá examinar si esta se puede considerar como un determinante ambiental y a su vez como una norma de superior jerarquía en los ámbitos de su competencia y en armonía con la Constitución Política de 1991, para ordenar el territorio. Entendiendo por determinante ambiental “los términos y condiciones fijados por las autoridades ambientales para garantizar la sostenibilidad ambiental de los procesos de ordenamiento territorial” (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), y por norma de superior jerarquía; es menester aclarar que existe una jerarquía de normas, en la cual existirán normas de carácter superior, “junto con la Carta Fundamental a la cabeza, sean la fuente de validez de las que les siguen en dicha escala jerárquica. Las de inferior categoría, deben resultar acordes con las superiores” (Corte Constitucional de Colombia, 2000), es decir, aquellas normas que están en el mismo rango que la Constitución y, sirven de cimiento o base para aquellas de menor jerarquía como los decretos, resoluciones, entre otros. Sin embargo, no todas las normas de

⁴ Adoptado por medio de decreto distrital 332 del 7 de septiembre de 2021

superior jerarquía son determinantes ambientales, pero, todo determinante ambiental es norma de superior jerarquía.

Aspectos ecosistémicos y humanos que necesariamente deben ser tenidas en cuenta en estos instrumentos, deben elaborarse de forma coordinada, articulada y armoniosa, toda vez que frente al cuidado de un ambiente sano no deben existir fronteras administrativas, eso sí, respetando las competencias de cada autoridad ambiental. Donde se incluyan tanto las interacciones de la zona rural, la zona urbana y aquellos factores externos que en varias ocasiones dependen de la gestión de otras entidades o sectores, tales como incendios forestales cuya competencia está a cargo de otra autoridad ambiental; donde los fenómenos de una cuenca atmosférica pueden incidir en los usos suelo.

Aunado a lo anterior, para tener una mejor gestión de la calidad del aire en Colombia, resulta necesario ir más allá de lo emanado por nuestra legislación ambiental. Para lo cual se identificará: 1) si la definición de la cuenca atmosférica dada por el AMVA es adecuada; 2) la posibilidad de que ésta sea un determinante ambiental para ordenar un territorio y; 3) verificar si ante la inexistencia de una norma que regule las cuencas atmosféricas, una autoridad ambiental puede definirla, declararla e implementarla.

Sin embargo, aunque se cuenta con un variado marco normativo ambiental como de ordenamiento territorial, éste ha sido insuficiente para abordar esta problemática ambiental. Y es que la norma de calidad del aire no se puede aplicar a todos los territorios de Colombia por igual, teniendo en cuenta las diferencias y características de cada territorio. Por lo tanto, se tratará de demostrar que se requiere una reforma estructural en la norma de calidad del

aire, con el fin de tener mejores medidas a corto, medio y largo plazo, de forma coordinada con todos los actores.

Por lo tanto, surge un primer interrogante ¿se podría considerar el aire o una cuenca atmosférica como un determinante ambiental? Para dar una respuesta aproximada, se abordará la relación entre la calidad del aire y la forma como se organizan las ciudades, con el fin de encontrar una relación directa entre el uso del suelo y la contaminación atmosférica.

Es por ello por lo que, ante la existencia de varias causas que inciden en la calidad del aire, se hará necesario comenzar a estudiar y explicar detalladamente la figura de cuenca atmosférica, por qué sería un determinante ambiental o una norma de superior jerarquía para la ordenación de un territorio y, su incidencia en una mejoría en la calidad del aire

2. Metodología

De acuerdo con lo abordado en el apartado 1. de este trabajo, la problemática de la calidad del aire en las ciudades es un tema de alta relevancia por los impactos que puede causar al ambiente y a las personas en una zona geográfica o región determinada. Por lo cual se analizó en esta investigación el concepto de cuenca atmosférica y su relevancia como una figura de gestión y planeación en el ordenamiento ambiental del territorio. Por lo tanto, la presente tesis se desarrolló mediante la metodología cualitativa, identificando en primer lugar los diferentes factores y escenarios que pueden tener incidencia en la declaratoria e implementación de una cuenca atmosférica, de acuerdo con la siguiente tabla:

<p>Principales actores</p> <p>Tomadores de decisiones</p> <p>Autoridades ambientales</p> <p>entidades territoriales</p> <p>empresas</p> <p>ciudadanía/comunidades</p>	<p>Problema para analizar</p> <p>concepto e implementación de la cuenca atmosférica</p> <p>metodologías utilizadas</p> <p>¿Es adecuado el concepto de cuenca atmosférica?</p> <p>¿quién la declara?</p> <p>Legitimidad</p>
<p>Fuentes</p> <p>Revisión de literatura, teoría y legislación existente</p> <p>Entrevista con expertos en calidad del aire, meteorología</p>	<p>Espacio geográfico</p> <p>Área Geográfica Determinada</p> <p>Valle De Aburrá</p> <p>Otras regiones</p>

Tabla 3. Fuente: Elaboración propia de identificación de los rasgos más relevantes del objeto de estudio

La figura de cuenca atmosférica es un concepto utilizado como una forma de abordar la problemática de la calidad del aire en diversas regiones geográficas, con el fin de conocer sus orígenes y las medidas para mejorarla. Para tal fin, se analizaron en la presente investigación algunas definiciones existentes de cuenca atmosférica, mediante una revisión bibliográfica como fuentes documentales, teniendo como punto de referencia los Estados Unidos Mexicanos y lo realizado en el Valle de Aburrá, Colombia, encontrando varias definiciones de cuenca atmosférica. Posteriormente se revisaron sus bases normativas y políticas en Colombia para su implementación y, por último, el análisis del caso estudio del Valle de Aburrá, teniendo en cuenta que, hasta ahora, es la única región político-administrativa en Colombia que ha implementado este concepto.

Tal como se consignó en la matriz anterior, fue necesario para abordar el concepto de cuenca atmosférica, la identificación de los tomadores de decisiones en materia ambiental, tales como el AMVA y CORANTIOQUIA y, las entidades territoriales los municipios que conforman la región metropolitana del Valle de Aburrá. Y una vez recopilada tal información, se inició con una revisión de la literatura existente relacionada cuenca atmosférica, realizando una comparación de cada una de las definiciones encontradas, junto a la metodología sugerida en la literatura para su delimitación.

Vale la pena igualmente aclarar que tanto la sociedad (comunidad) como la empresa (libertad de empresa, propiedad privada) son actores preponderantes en esa construcción y legitimación social de una figura como la cuenca atmosférica u otra que pretenda darle un mejor manejo a la problemática de la calidad del aire, tema que se abordará en el numeral 4.3.4 de este trabajo.

Lo anterior tuvo como fin explorar, describir y proponer una definición de cuenca atmosférica, para lograr generar una perspectiva adecuada de su implementación en un área geográfica determinada. Pero, uno de los hallazgos encontrados durante del desarrollo de la investigación, permitió dilucidar los problemas de la definición cuenca atmosférica adoptada por el AMVA, siendo la carencia de la metodología utilizada tal finalidad.

No en vano lo anterior, y tal como se esbozará en apartes posteriores, otro de los hallazgos fue el de una figura similar a la cuenca atmosférica, llamada *plumas urbanas*, la cual servirá para contrastarla con la cuenca atmosférica, y así poder llegar a ciertas recomendaciones en cuanto a la eficacia y operatividad de la segunda. Y así, lograr escoger la figura más adecuada para la gestión de la calidad del aire y la planeación del ordenamiento ambiental de un territorio

Por ello esta investigación cualitativa es de tipo inductiva, puesto que su objeto de análisis es bastante flexible, debido a que la literatura estudiada planteó distintas definiciones de cuenca atmosférica, además, de diferentes metodologías para delimitarla. Permitiendo también la identificación de los elementos principales de la cuenca atmosférica, lo que permitirá tener un panorama más amplio de esta figura y sus principales problemas para su declaratoria como para su implementación desde una percepción político-administrativa.

Una vez se recopiló la información mencionada en los apartes anteriores, se analizó la información normativa y de política pública existentes sobre calidad del aire y ordenamiento territorial en Colombia, para de determinar las bases o falencias normativas que pueda tener el concepto de cuenca atmosférica. Con el fin de presentar un análisis de la

relación ordenamiento territorial y calidad del aire para la implementación de una figura adecuada para su gestión y planeación.

Igualmente se realizó un esbozo de las implicaciones negativas por el deterioro de la calidad del aire en los aspectos sociales, políticos y económicos, donde será la participación ciudadana uno de los ejes estructurales para la gestión de la calidad del aire. Toda vez que sin la participación ciudadana resultaría imposible una definición e implementación efectiva de una cuenca atmosférica siendo un concepto inexplorado en la Legislación Colombiana. Teniendo en cuenta lo dicho por Spash (2020) citando a Kapp (1961, pág. 57) “Particularmente durante las etapas de formación de una nueva disciplina, las comparaciones analógicas y la exploración de las semejanzas son los únicos procedimientos disponibles para deducir conclusiones tentativas dentro de un nuevo, y todavía inexplorado, campo de investigación” (pág. 163), por lo que será necesario comparar algunas definiciones de la cuenca atmosférica, tanto de fuentes secundarias (documentales), como de las dadas por los expertos en las entrevistas.

El método más común de la presente investigación, se centró en el estudio del caso de la cuenca atmosférica del Valle de Aburrá, donde el AMVA como una de las autoridades ambientales del territorio, aprueba el Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire -PIGECA-. Instrumento que además de reafirmar el concepto de cuenca atmosférica ante la ausencia de una norma nacional que así lo contemple. Lo anterior, sin dejar de lado el aspecto ontológico “se hace preguntas sobre lo que existe, y, por tanto, sobre cuáles son las principales entidades de interés en un campo de investigación, así como cuáles son sus características y sus relaciones generales” (Spash L., 2020, pág. 84)” Para ello, fue indispensable además realizar la comparación y análisis del concepto de cuenca atmosférica definido por otros autores en

la literatura estudiada y, del concepto de dado por los siguientes expertos en temas de calidad del aire en la entrevista realizada por medio de Google forms, tales como: la profesora de la Universidad Nacional Carmen Zapata, ingeniera de petróleos y MSc Water Environment Management, coordinadora y fundadora del Laboratorio de Calidad de Aire , CALAIRE de la Universidad Nacional de Colombia; el profesor Oscar Mesa quien fue profesor de la Universidad Nacional, ingeniero Civil M. Sc. y Ph. D. en hidrología y ex director del AMVA; el profesor Carlos Alberto Echeverri de la Universidad de Medellín, Ingeniero Químico, M. Sc en Ingeniería Ambiental y Ph. D en Ingeniería Ambiental, profesor de contaminación atmosférica y control de la contaminación atmosférica desde 1998; Gloria Ramírez Casas, Ingeniera Química. Maestría en ingeniería con énfasis en ambiental; Diana Marcela Quiceno Rendón, Ingeniera química, especialista en ingeniería ambiental y actual profesional del AMVA, trabajando en temas de gestión de la calidad del aire, desarrollo de inventarios de emisiones, evaluación del impacto en emisiones de proyectos de transporte, movilidad, cambio climático; Juan Fernando Zapata, Ingeniero Químico, Especialista Gerencia de Proyectos, quien es consultor independiente en temas de calidad del aire; Juan David Ubajoa Osso, Abogado por la Universidad Externado de Colombia y doctor en Derecho por la Universidad Carlos III de Madrid, y experto en temas jurídicos sobre calidad del aire; Santiago Jaramillo Gil, Ingeniero Civil - Universidad Nacional de Colombia Maestría en Recursos Hidráulicos - Universidad Nacional de Colombia, fue analista de datos en el equipo de Calidad de Aire del Sistema de Alerta Temprana -SIATA-; David Aguiar, Ingeniero Sanitario, Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática, Magister en Ingeniería, con 15 años de experiencia en la temática de calidad del aire, fuentes fijas, olores ofensivos y contaminación acústica y, actualmente profesor y coordinador del Laboratorio GIGA de la

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia; y Cristian Zapata, abogado y magister en derecho y medio ambiente, y experto en temas jurídicos de calidad del aire.

Buscando que las entrevistas tuvieran un aporte significativo para la presente investigación, se plantearon unas preguntas abiertas semiestructuradas, con el fin de dar cuenta de qué se entiende por cuenca atmosférica y sus metodologías para la implementación de éstas; cuáles serían sus elementos principales o característicos para declararla:

Entrevistado	¿Conoce el concepto/figura de cuenca atmosférica?	Si a la pregunta anterior contestó sí, ¿Cómo define la cuenca atmosférica y cuál metodología conoce o sugiere para su implementación?	¿Cuáles elementos considera usted necesarios para definir y declarar una cuenca atmosférica?
1	Si	<p>Realmente el concepto de cuenca atmosférica fue una adaptación de la cuenca hidrográfica que realizó el AMVA y que es un sistema de drenaje natural y es una depresión en el terreno, rodeada por terrenos más altos, en la cual converge el agua proveniente de precipitaciones lo cual no sucede en la atmósfera.</p> <p>Sin embargo el concepto se viene utilizando en diversos países como</p>	<p>1. Tener un modelo que muestre las trayectorias de transporte de la contaminación para saber cómo es el drenaje de la contaminación de la cuenca: modelo lagrangiano, topografía, mediciones de calidad de aire, mediciones históricas de velocidad y dirección de los vientos (como mínimo 20 años y que cubran todo el territorio a ser declarado cuenca atmosférica), usos del suelo, altura de los edificios, ancho de vías, entre lo más importante para calibrar y validar el modelo.</p> <p>2. Definir en el territorio si es una sola cuenca atmosférica o varias.</p>

México: "Al igual que en la hidrología, las cuencas atmosféricas, son espacios geográficos total o parcialmente delimitados por ambientes topográficos y otras condiciones semejantes como las meteorológicas y climáticas. Adicionalmente, residen en ellas, fuentes antropogénicas que influyen en su interior y que resultan en partes en donde la atmósfera se comporta de manera peculiar en cuanto a la dispersión de contaminantes." Para su delimitación se emplean

		<p>modelos Lagrangianos y parcelas que se mueven según la velocidad predominante del viento y su dirección. Estos modelos definen trayectorias del transporte de la contaminación atmosférica. Se realizan sobre una base topográfica y de usos del suelo.</p>	
<p>2</p>	<p>Sí</p>	<p>Una región con límites naturales, por ejemplo, topográficos que limita la circulación atmosférica. El concepto no es estático, porque estrictamente no hay aislamiento de la circulación desde y hacia zonas circunvecinas. Aunque sí hay</p>	<p>Barreras topográficas, inversión térmica recurrente</p>

		predominancia de la circulación local.	
3	Si	Son espacios geográficos total o parcialmente delimitados por ambientes topográficos y otras condiciones semejantes como las meteorológicas y climáticas. Se determinan las altitudes de la zona del estudio, generalmente la capa límite atmosférica	Las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la cuenca y el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas. La topografía y la meteorología
4	Si	Una cuenca atmosférica es un volumen de aire que cuenta con condiciones geográficas y meteorológicas generalmente similares en todas sus partes. Las	Los elementos o variables necesarias para definir la cuenca atmosférica son: dirección y velocidad del viento, altura de la capa límite atmosférica, condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosférica

		<p>cuencas atmosféricas se definen con distintos criterios, entre los que se incluyen meteorológicos, geográficos y políticos que abarcan, tanto áreas de origen como de recepción de masas de viento, partículas o contaminantes (Montero Monge, 2017). Para el valle de Aburrá, se utilizaron criterios meteorológicos y geográficos en la definición de la cuenca atmosférica.</p>	
5	Si	<p>Volumen de aire que cuenta con condiciones geográficas y meteorológicas generalmente</p>	<p>Caracterización meteorológica (velocidad y dirección del viento, precipitación, humedad, etc.) y topográfica (altura sobre el nivel del mar, barreras montañosas, etc.)</p>

		<p>similares en todas sus partes.</p> <p>Conozco la metodología de Caetano & Iniestra, 2008.</p>	
6	Si	<p>Es un espacio en la baja atmosfera donde variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento, la humedad ambiente, temperatura del aire, brillo solar presentan pequeños gradientes entre diversos puntos y que dentro de ese espacio físico se localizan claramente fuentes fijas (antropogénicas y naturales) y fuentes móviles y la dispersión y advección de contaminantes</p>	<p>Inventario de emisiones locales tanto antropogénicas como biogénicas.</p> <p>Inventario de plumas de contaminantes exógenas como polvos del Sahara, aerosoles y gases de quemados de biomasa, entre otros.</p> <p>Variabes meteorológicas de superficie y de altura.</p> <p>Variabilidad de la altura de capa de mezcla, diurna y nocturna</p> <p>Coordenadas espaciales tanto de longitud como de latitud para definir el polígono y muy importante la altura en la vertical hasta la cual llega la cuenca.</p>

		<p>atmosféricos tienen patrones definidos.</p> <p>Una metodología sugerida es la establecida por la Facultad de Ciencias Atmosféricas de la UNAM de Mexico.</p>	
7	Si	<p>A grandes rasgos, se puede decir que la cuenca atmosférica es una unidad territorial que ha sido identificada y delimitada con base en sus propias condiciones de calidad del aire, es decir, a partir de los factores que inciden en la calidad del aire de la zona territorial respectiva: contaminación del aire</p>	<p>Los factores que inciden en la calidad del aire de la zona territorial respectiva: contaminación del aire producida por las fuentes contaminantes de la zona, aspectos meteorológicos y aspectos topográficos.</p>

		<p>producida por las fuentes contaminantes de la zona, aspectos meteorológicos y aspectos topográficos.</p>	
8	Si	<p>Haciendo el símil con el concepto de "cuenca hidrográfica", una "cuenca atmosférica" se podría definir como un área con unas condiciones topográficas y meteorológicas tales que los contaminantes atmosféricos emitidos en un punto específico de la cuenca podrían fácilmente dispersarse al resto de ella en concentraciones significativas.</p>	<p>La topografía: sin duda es un factor que condiciona el transporte de contaminantes atmosféricos, especialmente en zonas tan montañosas como los Andes.</p> <p>La velocidad y dirección predominante de los vientos: estos determinan en gran medida qué tan probable es que una partícula contaminante llegue de un punto A un punto B. Si el viento apunta desde A hacia B con suficiente fuerza, la probabilidad es mayor.</p> <p>Las ubicación e intensidad de las principales fuentes de contaminación atmosférica (sean antropogénicas o naturales):</p>

Vale la pena mencionar que, así como sucede con las cuencas hidrográficas, cada cuenca atmosférica puede ubicarse al interior de otra cuenca de mayor tamaño. Es decir, en el caso hidrológico, la cuenca de una quebrada como La Iguaná hace parte la cuenca del río Medellín, y ambos a su vez están dentro de la cuenca del Río Cauca y todas estas hacen parte de la cuenca del Río Magdalena. De forma similar, considero posible definir grandes

considero que la definición de una "cuenca atmosférica" depende de las características (como ubicación, tamaño e intensidad) de la fuente de emisión de contaminantes a analizar. Es decir, la determinación de una zona como "cuenca atmosférica" tiene sentido en la medida que al interior de dicha zona haya una emisión o ingreso de contaminantes atmosféricos suficientemente grande como para afectar gran parte de la cuenca.

cuencas atmosféricas que contienen cuencas más pequeñas en su interior, dependiendo de la topografía, la meteorología y la fuente de emisión. Por ejemplo, la zona urbana de Medellín podría hacer parte de una cuenca atmosférica delimitada por el Valle de Aburrá (entre Barbosa y Caldas) donde las principales fuentes de contaminación son las fuentes antropogénicas de las ciudades ubicadas en dicho Valle. Al mismo tiempo, el Valle de Aburrá podría llegar a considerarse parte de una

cuenca de mayor tamaño, que incluye el valle del Río Porce en el norte de Antioquia y que en ciertas épocas del año puede alcanzar elevadas concentraciones de contaminantes debido a la intensa y extensa quema de cobertura vegetal en la zona norte.

No estoy familiarizado con metodologías que permitan determinar en la práctica el tamaño o alcance de una cuenca atmosférica.

9	Si	Región geográfica y atmosférica que alberga diferentes poblaciones con características comunes en términos antropogénicos, poblacionales, de movilidad, transporte y con estrechas conectividades sociales.	<ol style="list-style-type: none">1. Condiciones de calidad del aire (contaminación atmosférica) semejantes2. Conectividad social3. Conectividad territorial
10	Si	Es una unidad de gestión para la calidad del aire, que facilita la toma de acciones en bloque, independiente de las divisiones político-administrativas. El método en la experiencia de Medellín, sin embargo, se ha limitado a asimilar	La emisión, la inmisión y los modelos de dispersión de contaminantes.

		la cuenca atmosférica con el territorio conurbado	
--	--	---	--

Por último, se les preguntó sobre la importancia de la dirección vientos, y los vientos predominantes de una cuenca atmosférica, a lo cual respondieron lo siguiente:

Entrevistado	Desde su perspectiva, ¿cuál sería la importancia de los vientos predominantes al interior de la cuenca atmosférica?	De acuerdo con la dirección vientos predominantes al interior de la cuenca atmosférica ¿Cómo abordar el transporte de los contaminantes emitidos en una cuenca atmosférica hacia otras regiones geográficas?
--------------	---	--

1	Básica, sin esta base de datos es imposible conocer la trayectoria del drenaje de la contaminación en la cuenca atmosférica y por lo tanto no hay elementos para determinar si es o no cuenca atmosférica.	Para esto se emplean los modelos lagrangianos que permiten conocer la trayectoria del transporte de la contaminación es decir el drenaje<. en estos modelos se usan parcelas en las que el observador conoce la concentración y la velocidad y dirección predominante del viento y se va moviendo montado en la parcela según la trayectoria del transporte de la contaminación.
2	mezclan y distribuyen los contaminantes	La mezcla vertical y el ascenso del aire son fundamentales para que los vientos que cruzan por encima de la cuenca transporten los contaminantes

3	Determinan el destino final de los contaminantes y su dispersión	A través de modelos de dispersión.
4	La magnitud, frecuencia y dirección de los vientos definen el movimiento horizontal de las masas de aire al interior de un volumen de control que delimita la cuenca atmosférica	El transporte de los contaminantes emitidos en una cuenca atmosférica hacia otras regiones geográficas está influenciado no solo por el movimiento horizontal de las masas de aire contaminado (favorecidos por la dirección y velocidad de los vientos al interior de la cuenca atmosférica), sino también por el movimiento vertical de éstas, el cual depende de otras variables como las asociadas con la altura de la capa límite atmosférica y las condiciones de

		estabilidad o inestabilidad atmosférica al interior de la cuenca atmosférica
5	Muy importantes, pues transportan los contaminantes y son uno de los factores determinantes en la calidad del aire.	A través de una gestión interregional, que involucre a los actores involucrados y a un ente de mayor nivel como el Ministerio de Ambiente.
6	La importancia es altísima. Sin embargo, es relevante conocer la predominancia en dirección horizontal en diferentes niveles (conocidos como superficies barométricas) dependiendo de la altura que limite la cuenca atmosférica. También es importante conocer la predominancia de vientos en la vertical (convección, Subsistencia).	Como se indicó en el punto anterior, se hace necesario conocer la dirección del viento a niveles del piso como diferentes alturas. En función de las diferentes direcciones, se pueden establecer las trayectorias más probables de transporte de contaminantes.

	<p>Estos elementos permiten valorar el mejor mecanismo de dilución y transporte de contaminantes tanto en la vertical (dispersión) como en la horizontal (advección).</p>	
7	<p>Son muy importantes porque inciden en la movilidad de los contaminantes en la atmósfera. Entre mayores sean los vientos, mayor será la difusión de los contaminantes. Y, por el contrario, entre menores sean los vientos, menor será la difusión de los contaminantes. Además, es preciso tener en cuenta que los vientos no son los únicos factores meteorológicos que repercuten en la calidad del aire. También están, por ejemplo, las lluvias.</p>	Sin respuesta

<p>8</p>	<p>La dirección de los vientos predominantes al interior de una cuenca nos indica la zona donde una emisión de contaminantes puede provocar una mayor afectación al resto de la cuenca. Si en una cuenca dada tenemos unos vientos predominantes hacia el norte, seguramente una emisión de contaminantes en el norte de la cuenca no afectará mucho al resto, pero si la emisión se da al sur, los vientos podrían transportarla con mayor facilidad por el resto de la cuenca. Entre más intensos sean los vientos, más distancia podrían recorrer los contaminantes transportados a lo largo de la cuenca.</p> <p>Cabe mencionar que la capacidad de los vientos al interior de la cuenca para transportar los contaminantes al resto de</p>	<p>Al analizar el transporte de contaminantes de una cuenca hacia otras regiones hay dos condiciones que considero importante resaltar además de la dirección de los vientos: la topografía y la intensidad de la contaminación (su concentración).</p> <p>Para que unos contaminantes salgan de una cuenca, muy probablemente deben superar un obstáculo topográfico (montañas, cordilleras, etc.). Para lograrlo, los contaminantes deben ascender por las laderas de estas montañas, impulsados por los vientos o por la inestabilidad atmosférica. A medida que ascienden,</p>
----------	---	--

	<p>ella es mayor cuando la atmósfera está estable (por ejemplo, en la noche) pues los contaminantes tienden a concentrarse en la parte más baja de la atmósfera generando afectaciones más intensas a la calidad del aire. En cambio, cuando la atmósfera está inestable (por ejemplo, en los días soleados) los contaminantes ascienden rápidamente a la parte alta de la atmósfera y se dispersan por encima de la cuenca, reduciendo su concentración; en este caso, los vientos al interior de la cuenca no tendrían la capacidad de transportar la contaminación al resto de la cuenca en concentraciones significativas, pues la mayoría de los contaminantes se dispersarán verticalmente en el camino.</p>	<p>empiezan a dispersarse en un volumen de atmósfera cada vez más grande, por lo que su concentración debería tender a reducirse. Por lo tanto, para que estos contaminantes tengan impacto por fuera de la cuenca, se necesita que tengan una concentración alta, de forma que al ser transportados "lejos" (por fuera de la cuenca) sigan teniendo concentraciones suficientemente significativas a pesar de la dispersión que tendrían en el camino.</p> <p>Un ejemplo de ello podría ser el humo generado por los incendios forestales en el Amazonas colombiano, que son</p>
--	--	---

		<p>transportados por los vientos predominantes hasta el piedemonte de la cordillera occidental (que podría considerarse el límite de esa cuenca atmosférica), pero que al tener muy altas intensidades, pueden llegar incluso a ser transportados por encima de la cordillera y alcanzar por ejemplo a Bogotá.</p>
--	--	--

9	Determinante para orientar la gestión de la calidad del aire; los planes, programas, medidas y estrategias específicas que buscan mitigar la problemática de la contaminación.	A través de relaciones de cooperación entre los territorios involucrados. Ejemplo: Colombia no tiene ninguna capacidad de gestión de la calidad del aire frente a la afectación que sufre por los incendios de los meses de marzo que se presentan principalmente en suelo venezolano (Orinoquía). Desde lo político, el no contar con ningún tipo de relación con el vecino país, impide que las autoridades puedan implementar algún tipo de programa o plan que impida que la población se vea afectada por estos problemas de contaminación.
---	--	--

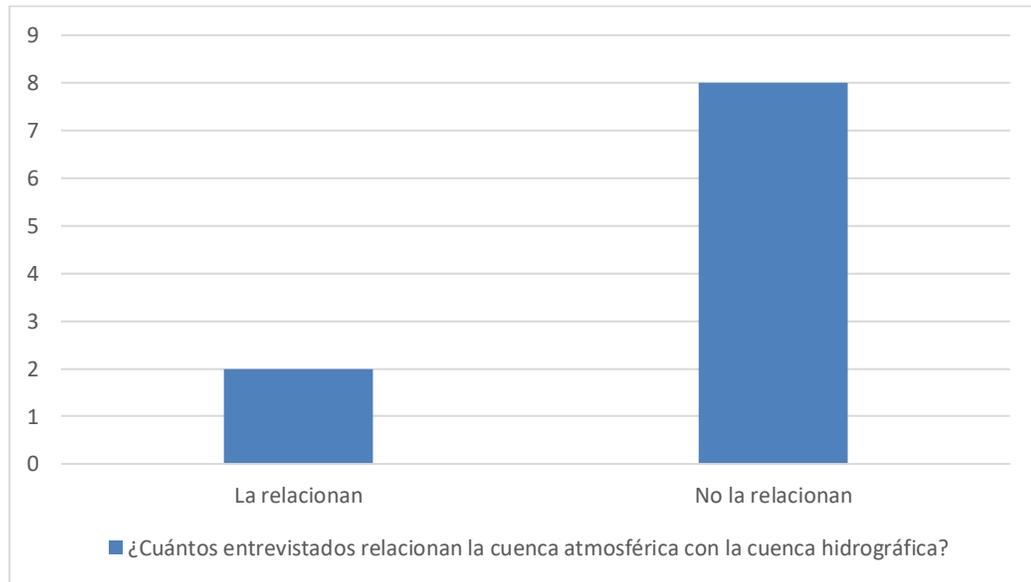
10	Son relevantes en tanto las condiciones atmosféricas tropicales establecen que la contaminación emitida en un lugar, rara vez se queda allí, y es el viento el principal factor dispersor.	Se trata de una carga ambiental que se está generando a una comunidad, la misma podría ser cuantificable y transable en términos de compensación económica.
----	--	---

3. Resultados

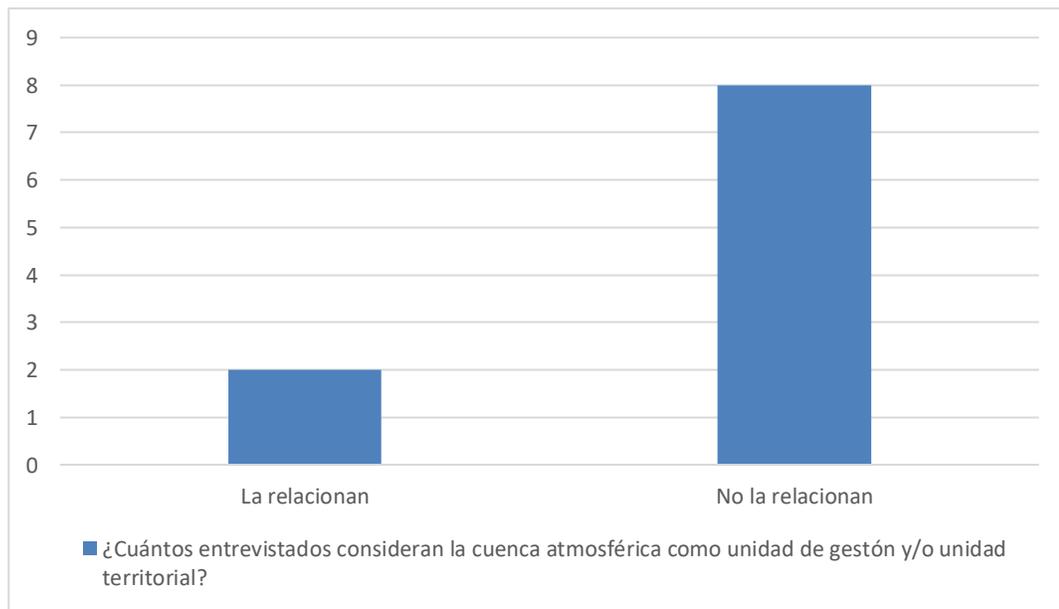
Con base en lo anterior, es claro que existen diversas percepciones y definiciones de la figura de cuenca atmosférica, así como varios aspectos en común y algunas dificultades, como la falta de armonización regional para la gestión de la calidad del aire o la ausencia del ente coordinador en materia ambiental, como lo es el MADS. Asimismo, y retomando esos puntos en común, de las definiciones recopiladas como: el transporte y velocidad de los vientos, juegan un papel preponderante no solamente en su interior, sino también al exterior de la cuenca, pues tales concentraciones emitidas en la cuenca atmosférica pueden llegar a afectar otros territorios; que podría conocerse mediante el inventario de plumas contaminantes, concepto que se desarrollará en el numeral 4.2.

Además, se realizaron hallazgos centrados en la ausencia de normas ambientales que permitan implementar la figura de cuenca atmosférica y, por tanto, el concepto implementado por el AMVA como autoridad ambiental en la práctica es estático en cuanto a su definición y desarrollo normativo. Sin embargo, un aspecto más relevante de la presente investigación fue el propositivo, con el fin de vislumbrar esos vacíos jurídico-políticos de la cuenca atmosférica, con el fin de que las autoridades ambientales y las entidades territoriales, de manera mancomunada, procuren darle una solidez al concepto objeto de esta tesis de investigación.

A continuación, se presentan algunas gráficas con los resultados más importantes de las entrevistas:



Gráfica 2 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

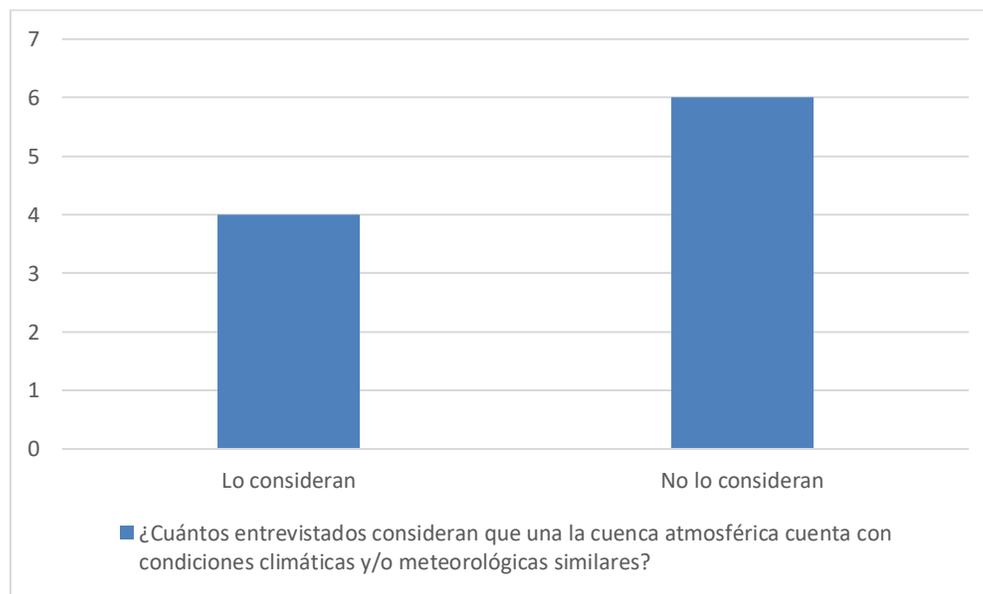


Gráfica 3 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

Tal como se puede observar de la Gráfica 2, dos de las personas expertas entrevistadas para el desarrollo del presente trabajo, relacionan la cuenca atmosférica con la cuenca hidrográfica, donde

una de ellas argumenta que en dicho argumento fue adaptado por el AMVA para delimitar la cuenca atmosférica del Valle de Aburrá. El segundo de los entrevistados, desde su experticia y punto de vista, propone un símil entre cuenca hidrográfica y atmosférica. ¿Podrá entonces equipararse de algún modo una cuenca atmosférica con una hidrográfica? Si bien ambas son espacios geográficos (cuencas), esto puede resultar engorroso a la hora de construir una definición de cuenca atmosférica. Además, la dinámica de la cuenca hidrográfica resulta muy disímil de la dinámica atmosférica, aunque puedan estar interconectadas.

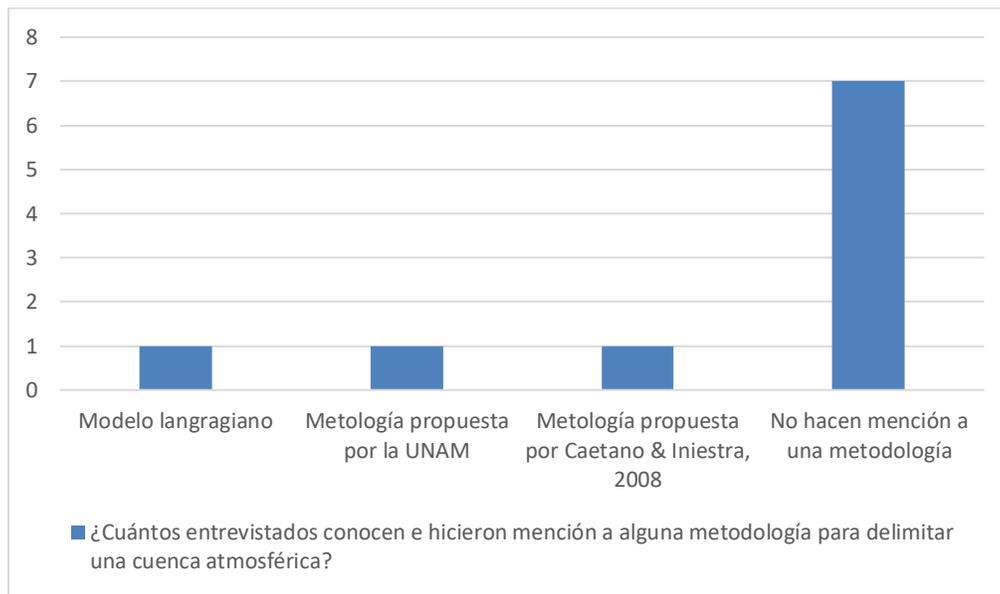
Ahora bien, de acuerdo con lo plasmado en la gráfica 3, en cuanto a la cuenca atmosférica como un instrumento de unidad de gestión o unidad territorial, lo cual está directamente relacionado con un adecuado ordenamiento ambiental del territorio; solamente dos de los entrevistados expresaron la importancia de esto en sus respuestas. Siendo a su vez, un factor de alta relevancia por cuando para garantizar una buena calidad del aire, se necesita de una adecuada gestión, con el fin de lograr que el actuar de las entidades territoriales y autoridades ambientales gire en torno a una coordinación armónica de acuerdo con las competencias que cada una tenga asignada en materia de calidad del aire, y que sus directrices y normas se encuentren armonizadas con aquellas con rango de ley superior, es decir, Leyes, Decretos Nacionales, o actos administrativos expedidos por las autoridades ambientales competentes.



Gráfica 4 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

Sobre el tema puntual de la gráfica 4, es necesario detenerse con el fin de plantear ciertos interrogantes al respecto:

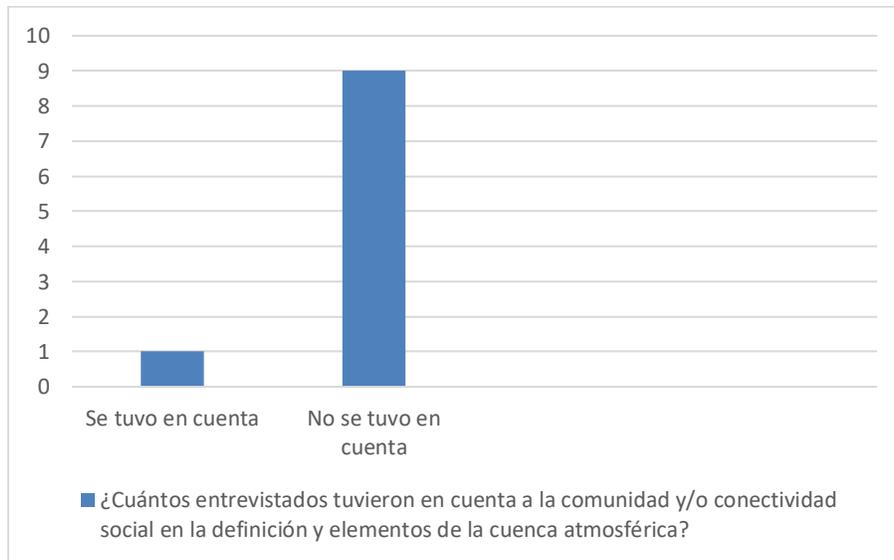
1. Si las condiciones climáticas y/o meteorológicas de una cuenca atmosférica son similares, lo cual hace de esta un factor determinante, ¿por qué en ciertas zonas podemos observar un ICA en color naranja, mientras que en otra nos encontramos con un ICA color verde en una misma cuenca atmosférica? ¿Será entonces que existe una falencia en cuanto a la definición, al afirmar la homogeneidad de las condiciones climáticas y meteorológicas en un espacio geográfico definido como una cuenca atmosférica?
2. ¿Las islas de calor de una región determinada son similares en su totalidad al momento de incidir en la dispersión de los contaminantes?
3. ¿Una región geográfica determinada carece de diversidad de vientos predominantes o estos podrán variar y no ser homogéneos?



Gráfica 5 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

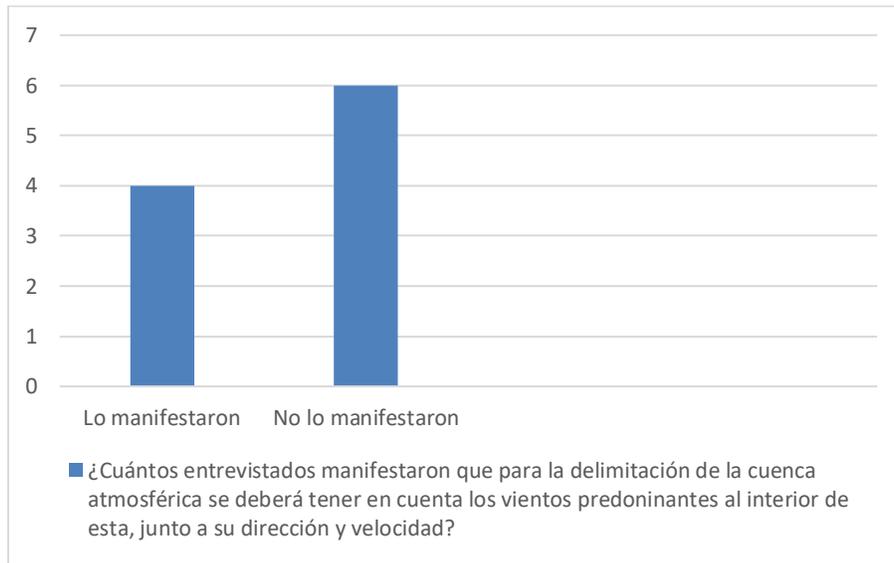
La gráfica 5 muestra la inexistencia un consenso claro entre los expertos en relación con la metodología utilizada para delimitar una cuenca atmosférica y, de las mencionadas, se pudo constatar para esta investigación que tanto el modelo lagrangiano como la propuesta por Caetano & Iniestra 2008 tienen en cuenta los vientos predominantes, velocidad de los vientos y las trayectorias de las parcelas de aire⁵; situación que puede generar inconvenientes en la construcción de una definición de cuenca atmosférica, pues esta no puede ser un concepto estático que solamente se condicione a una región o cuenca geográfica, cuyos límites máximos podrían ser aquellas alturas máxima del sistema orográfico lo cual, ya que el transporte de contaminantes podría ir más allá de dichos límites.

⁵ Las parcelas de aire son “para identificar un gran número (millones) de moléculas que se mueven en forma más o menos coherente empleando un volumen de varios metros cúbicos: “un globo grande pero sin sus paredes”” Recuperado de http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases_Atmosfera/clase5_nubes.pdf el 21 de junio de 2022.



Gráfica 6 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

Asimismo, siendo para el autor la columna vertebral de un instrumento o unidad de gestión, se encuentra la comunidad y la conectividad social, como lo indica la gráfica 6, donde solamente uno de los entrevistados las mencionó. En el entendido de que son las comunidades las que dinamizan esas relaciones sociales, permeando la movilidad humana, el transporte, las actividades comerciales e industriales, entre otras. Además, estas son las encargadas de dar legitimidad a una figura de gestión como lo pretende ser la cuenca atmosférica; es decir que, sin una adecuada participación ciudadana, resulta imposible hablar de cuenca atmosférica, lo que nos permite inferir que se debe garantizar “el derecho de acceso a la información ambiental, el derecho a la participación pública en los procesos de toma de decisiones en asuntos ambientales” (Naciones Unidas, 2018, art. 2); para lo cual, las autoridades ambientales competentes deberán comprometerse y garantizar “una participación abierta e inclusiva en los procesos de toma de decisiones ambientales” (Naciones Unidas, 2018, art.7).



Gráfica 7 Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados

Ahora bien, y de acuerdo con la gráfica 7, se tiene como núcleo central en la delimitación de una cuenca atmosférica los siguientes factores: los vientos predominantes, su dirección y velocidad dentro de ésta; aspectos que fueron tenidos en cuenta por seis de los 10 entrevistados. Por tanto, y de acuerdo con la región geográfica determinada, estos factores podrán variar considerablemente, siendo así entonces importante contar con los respectivos estudios de modelación con el fin de delimitar una cuenca atmosférica. Sin embargo, a consideración del autor tal y como se ha mencionado, y se esbozará en el numeral 4.2, los aspectos de los vientos predominantes, la velocidad y su dirección, encuadran mucho mejor en la figura de la pluma urbana.

4. Estado de la cuestión

4.1 Cuenca atmosférica

Como se mencionó anteriormente, se pretende abordar el concepto de cuenca atmosférica y, establecer su relación e importancia con el ordenamiento ambiental de un territorio, lo cual implicará un análisis conceptual de la definición de cuenca atmosférica, sus características y, su relación con la forma cómo se organiza un territorio. Lo que no es un asunto fácil de tratar, pues en la legislación colombiana existe un escenario limitado que permita regular y gestionar de forma adecuada la atmósfera, el aire y las dinámicas que allí se encuentran. Por lo tanto, mediante el análisis de esta investigación se pretende lograr definir de manera adecuada el concepto de cuenca atmosférica, para que permita a las Autoridades Ambientales tener mejores herramientas al momento de comprender y realizar acciones para mejorar la calidad del aire.

Esta problemática parte de los límites permisibles de emisión de las fuentes fijas y fuentes móviles, luego a los niveles de inmisión y su dispersión en la atmósfera, hasta el transporte de estos contaminantes por las corrientes de viento hacia otras regiones. Y como antecedente de ese transporte de contaminantes a zonas geográficas, se encuentra el conflicto jurídico entre Canadá contra Estados Unidos entre 1938 y 1941:

Por los daños ocasionados por la contaminación atmosférica ocasionada por las emisiones de gases de dióxido de azufre provenientes de la Consolidated Mining and Smelting Company en Trail, British of Columbia (Canadá), en perjuicio del Estado de Washington (Estados Unidos) (García Elorrio & Sommer, 2016, pág. 85)

Donde una de las principales conclusiones fue:

El Tribunal es de la opinión de que los gases que se emiten de las chimeneas de la Fundición Trail encuentran su camino hacia las corrientes de aire superiores y son transportados por estas en una corriente bastante continua valle abajo, siempre que el viento predominante en ese nivel esté en las condiciones del aire superior en Northport, según lo declarado por la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos en 1929 (Naciones Unidas, 2006, traducción propia)

Es claro que, para la resolución del litigio entre Canadá y Estados Unidos, se tuvo en cuenta la dirección de los vientos, el transporte de los contaminantes, las condiciones del aire de Northport, el sistema orográfico, entre otros. Con lo cual, se observa la necesidad de tener en cuenta estos factores relacionados con la cuenca atmosférica y al escenario de contaminación del aire como se explicará más adelante, y así lograr una adecuada gestión y planificación ambiental.

Parte de esta investigación, tal y como se mencionó en el numeral 2. Sobre la metodología, consistió en realizar un análisis comparativo conceptual de diversas definiciones de cuenca atmosférica, y la metodología para su implementación, es así como, se logró encontrar que esta ha sido abordada por el Instituto Nacional de Ecología de México -INE-, definiéndola como:

“un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de esta, y por concentraciones de fondo que llegan a la cuenca” (2007)

En Colombia, el AMVA mediante el Acuerdo Metropolitano 8 de marzo 25 de 2011 definió la cuenca atmosférica como: “El espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales ocupado por un volumen de aire con características similares, que propician la concentración y reacción de los gases y partículas contaminantes del aire” (AMVA, 2011). Además, el acuerdo citado declaró la cuenca atmosférica del Valle de Aburrá como área fuente de contaminación por material particulado PM_{10} .

Posteriormente, mediante el Acuerdo Metropolitano 16 del 2017 el AMVA expide el PIGECA, sin establecer una definición de cuenca atmosférica, quedando, así como única definición la expuesta en el acuerdo 8 de 2011 transcrita en el párrafo anterior. Asimismo, en el Acuerdo de 2017, clasifica la cuenca atmosférica como área fuente de contaminación por $PM_{2.5}$. Pero esta clasificación que hace la autoridad ambiental en dicho acto administrativo resulta de una interpretación errónea, la cual se explicará más adelante.

Asimismo, en el Estado de California en Estados Unidos, se ha definido la cuenca atmosférica como:

Un área terrestre con condiciones meteorológicas y geográficas generalmente similares en todas partes. En la medida de lo posible, los límites de las cuencas de aire se definen a lo largo de los límites políticos e incluyen las áreas de origen y receptor. (California Environmental Protection Agency, s.f.)

Y en México ha sido definida como un:

espacio geográfico ocupado por una porción de la atmósfera con características similares, delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales, que

influyen en la dispersión de los contaminantes atmosféricos, emitidos por fuentes antropogénicas y naturales, ya sean provenientes del interior de la cuenca atmosférica o de contaminantes exógenos (Ley General de Calidad del Aire y Protección a la Atmósfera de México, 2013)

A modo de ejemplo, el Estado de Jalisco, en México, cuenta con 7 cuencas atmosféricas “las cuales presentan vientos locales diferentes a los globales, debido a que están mucho más influenciados por los factores locales como el relieve y las condiciones climáticas” (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de los Estados Unidos Mexicanos, 2014)

De las anteriores definiciones, se desprende en un primer momento que para determinar y declarar una cuenca atmosférica, se deberá tener en cuenta: el espacio geográfico y la superficie terrestre que se encuentran moldeados por el sistema orográfico, la temperatura, estabilidad atmosférica, velocidad y dirección de vientos, los emisores potenciales y receptores, y el transporte de contaminantes y, tendrán incidencia en los niveles de inmisión y en la dispersión de los contaminantes que se emiten a la atmósfera. Sin embargo, las definiciones anteriores dejan por fuera los atributos o factores artificiales generados por los desarrollos inmobiliarios, que en los últimos años se ha presentado de una forma totalmente descontrolada, afectando no solamente el agua y suelo, sino también incidiendo en la calidad del aire, toda vez que:

Para entender los procesos más característicos de las atmósferas urbanas, lo primero es admitir el carácter no homogéneo de estos ambientes. Un hecho, por lo demás, bastante fácil de constatar, tanto por los materiales que constituyen la infraestructura de las ciudades, como por los patrones de urbanismo y construcción, por la concentración y tipo de motores

y maquinas (fabricas, vehículos, sistemas de calefacción y aire acondicionado, entre otros), y por la distribución espacial de diversas áreas de producción económica. (Jiménez Mejía, 2016, pág. 6)

Estos procesos de urbanización han llegado al punto de la conurbación, tanto en zonas montañosas como planas, aspectos que alta relevancia frente a las dinámicas atmosféricas pues:

Los procesos atmosféricos en zonas urbanas de montaña son afectados principalmente por latitud, orografía, continentalidad (distancia al mar), circulaciones regionales (que incluyen vientos y corrientes marinas) y algunas características propias del paisaje urbano (dimensiones de las construcciones y espaciamiento entre ellas, ancho de las calles y espaciamiento de las calles; cobertura del suelo urbano; materiales naturales y de construcción; metabolismo urbano) (Jiménez Mejía, 2016, pág. 1).

Igualmente, Polania Ayala y Sarmiento Granados (2019) de la Universidad del Bosque de Bogotá, y bajo la dirección del profesor Avellaneda Cusaria, realizaron un estudio de análisis preliminar de las cuencas atmosféricas como herramienta de ordenamiento territorial a partir de la zona de Puerto Aranda, Bogotá. Como punto de partida, buscaron seleccionar la metodología adecuada para la identificación de la cuenca atmosférica, encontrando algunas como la utilizada por Yi Yu y Chang (2001), “por medio de uso de métodos estadísticos multivariados, el análisis conglomerado y el método de rotación Varimax” (Polania Ayala & Sarmiento Granados, 2019, pág. 22). Sin embargo, las autoras seleccionaron la metodología HYSPLIST, donde “calcularon las frecuencias de trayectorias que pasaban por la región y a partir de esta información se llevó a

cabo la delimitación probable de la cuenca atmosférica” (Polania Ayala & Sarmiento Granados, 2019, pág. 25)

Bajo esta misma senda, Avellaneda Cusaria et al (2020) en la investigación -Cuencas atmosféricas, una variable ambiental para la planificación territorial. Estudio de caso: Valle de Sogamoso, Boyacá, Colombia-, los autores realizaron una investigación preliminar de la cuenca atmosférica del Valle de Sogamoso, Boyacá, Colombia. Para delimitar en debida forma esta cuenca atmosférica, los autores se decantaron al igual que Polanía Ayala y Sarmiento Granados (2019), por la metodología o modelo HYSPLIT con el fin de definir los límites probables de la cuenca. Estos autores, además, tomaron como base la metodología propuesta por Iniestra et al (2008), la cual señala que “para conformar una cuenca atmosférica, se debe calcular la dirección preferencial de las parcelas de aire y las interacciones de la circulación del viento con la superficie, tomando en cuenta criterios meteorológicos y topográficos, así como fuentes de emisión y salud de la población” (Cusaría-Avellaneda, Olarte-Camelo, Valbuena Chávez, Caetano, & López Bravo, 2020, pág. 8)

Para comprender un poco mejor las dinámicas que pueden ocurrir en una cuenca atmosférica para la dispersión de contaminantes, es preciso traer a colación las diferentes capas por el profesor Jiménez Mejía (2016), aunque no menciona las cuencas atmosféricas: Zona Climática Local (ZCL), Capa Límite Atmosférica (CLA), Capa de Mezcla (CM), Capa Límite nocturna (CLN), Capa Residual (CR), Capa Superficial (CS).

En igual sentido, y retomando de nuevo a Polania Ayala y Sarmiento Granados (2019), mencionando las cuencas atmosféricas:

es posible determinar las horas del día entre las cuales la concentración de contaminantes puede mayor en una zona y a través de la velocidad de los vientos, identificar la eventual movilización de estos a otras zonas, es por esto que a través de las cuencas se pueden encontrar lugares donde la industria puede realizar su actividad libremente sin que se concentren contaminantes a bajas alturas y tampoco se dispersen a centros poblados, esto, dependiendo de las variables atmosféricas y la topografía del área. Todo esto depende de monitoreo atmosférico constante y preciso, de modo que los procesos industriales también se realicen en los horarios en los que las temporadas climatológicas no permitan que la concentración se disperse. (pág. 90)

En el espacio que conforma la cuenca atmosférica, se podrán encontrar diversas dinámicas o procesos que tienen relación con la calidad del aire, dispersión de contaminantes en la atmósfera y la velocidad de los vientos, entre los cuales, los más importantes definidas por Jiménez Mejía (2016):

Zona Climática Local: “región de cobertura superficial, estructura, materiales y actividad humana uniformes, que puede extenderse desde centenares de metros a varios kilómetros en la escala horizontal”.

Estabilidad atmosférica: la condición que determina el estado de equilibrio de las parcelas de aire (Jiménez Mejía, 2016, pág. 48)

Capa Límite Atmosférica (CLA): está relacionado con diversos procesos dinámicos y termodinámicos que ocurren cerca de la superficie terrestre, y es pieza clave para entender las condiciones meteorológicas y del clima en la baja atmósfera

Dosel urbano: definido como la región comprendida entre el nivel original del terreno y el tope promedio de los edificios. (Jiménez Mejía, 2016, pág. 40)

Este proceso de las dinámicas atmosféricas resulta bastante complejo y, aún más, teniendo en cuenta que no todas las autoridades ambientales y entidades territoriales cuentan con estudios relacionados con la calidad del aire y la atmósfera. Por ejemplo, para el caso del AMVA, por medio del PIGECA y el POECA, se determinó que los municipios pertenecientes al Valle de Aburrá incorporen en sus planes municipales de gestión del riesgo todo lo relacionado con la contaminación atmosférica como un nuevo escenario de riesgo, pues cada área geográfica tendrá unas características diferentes por más que compartan ciertas características, por lo que la composición del municipio de Caldas serán diferentes al municipio de Bello o Girardota, aunque se encuentren dentro de la misma cuenca atmosférica. Es decir:

La superficie de estas ciudades o de áreas metropolitanas termina siendo una composición de, por ejemplo, cuencas o subcuencas, pequeñas llanuras o mesetas, cada una de las cuales se comporta como un “sector geográfico” más o menos diferenciado, que bien pudiera denominarse “Unidad geográfica de respuesta climática acoplada” (Jiménez Mejía, 2016, pág. 9)

La ciudad como un espacio geográfico que alberga múltiples actividades de acuerdo con el uso del suelo predominante tendrá que conocer cómo se comportan en su territorio en los “flujos normales de calor y de humedad, los campos de temperatura y de velocidad, los espectros de turbulencia, el arrastre aerodinámico en superficie, las condiciones de circulación y la advección efectiva de las especies contaminantes” (Jiménez Mejía, 2016, pág. 39) citando a C. Grimmond y Oke, 1999). Conocer estos factores, le permitirá a las entidades territoriales y autoridades ambientales, a implementar adecuadamente un modelo de gestión de calidad del aire con un robusto sistema de monitoreo de emisiones, lo cual, en su conjunto, podrían considerarse como estudios de detalle para conocer y abordar el riesgo por contaminación atmosférica.

Otro factor importante, es la estabilidad atmosférica de un territorio determinado ya que esta es el “punto de partida para la estimación de la altura de la CM según Seibert et al. (2000)” (Jiménez Mejía, 2016, pág. 49).

Habiendo esbozado hasta este punto varias de las definiciones encontradas del concepto de cuenca atmosférica y, de aquellas metodologías utilizadas para su declaratoria, resulta importante aclarar que existen varias problemáticas a saber para poder implementar tal concepto. La primera de ellas es relativa a la competencia que tendría o no una autoridad ambiental para delimitar los parámetros y su posterior implementación, debido a que es una figura inexistente en la norma colombiana (Constitución, Leyes, Decretos); el segundo problema resulta del componente técnico y científico de la cuenca atmosférica.

Para este primer problema, el Congreso de Colombia estipuló en el art. 6 de la Ley 99 que “Además de las otras funciones que le asignen la ley o los reglamentos, el Ministerio del Medio Ambiente ejercerá, en lo relacionado con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, las funciones que no hayan sido expresamente atribuidas por la ley a otra autoridad.” (1993). Lo anterior, debe entenderse como la cláusula general de competencia que tiene el MADS en los asuntos no expresados en la Ley. Situación que podría asimilarse perfectamente a la función de definir, declarar y delimitar los parámetros de una cuenca atmosférica inexistente en el ordenamiento jurídico. Además, porque de su correcta y adecuada implementación tendientes de la protección al derecho a un ambiente sano, implicaría restricciones a otros derechos igualmente reconocidos en la Constitución como: la propiedad privada, libertad de empresa, libertad económica y la movilidad.

Frente al segundo problema, y de acuerdo con lo planteado por Ubajoa Osso (2021) es: “la técnica de la construcción de la norma jurídica a partir del conocimiento científico- técnico” (pág. 337). Es decir, que el precepto jurídico de la cuenca atmosférica depende en gran medida de los conocimientos científicos que existan sobre el tema particular. De allí que cobra real importancia el conocer las dinámicas y el comportamiento de la calidad del aire, con el fin de lograr establecer de manera concreta esos criterios técnicos que posteriormente serán llevados a una norma jurídica vinculante. Así pues, al ser la cuenca atmosférica una construcción técnica y científica debe, además, contar con una legitimación política, es decir, garantizar en su etapa de creación “con la participación inmediata de los principales destinatarios de las normas y la prevalencia del consenso

como requisito para este tipo de reglas” (Ubajoa Osso, 2021, pág. 340 citando a Santella Quintero, 2008, pag. 133-134)

Ahora bien, retomando la clasificación de la cuenca atmosférica como un área fuente según el AMVA como autoridad ambiental, se deben realizar otras precisiones adicionales, además, de la expuesta en el párrafo anterior relacionada con la cláusula general de competencia. La primera situación se presenta al catalogar la cuenca atmosférica como un área fuente de contaminación, pues de un estudio juicioso del decreto 948 de 1995, subrogado en el decreto 1076 de 2015, se concluye que un área fuente de contaminación es la que alberga varias fuentes fijas de emisión, y su finalidad consistirá en no permitir nuevas fuentes fijas y, que las existentes, migren a nuevas tecnologías. Entonces, un aspecto fundamental para tener en cuenta al momento de declarar una zona como área fuente de contaminación, es la clasificación de los usos del suelo y, de identificar en las zonas comercial e industrial cuáles son las fuentes fijas de emisión que cuentan con una licencia ambiental o un permiso de emisiones atmosféricas, con el fin de delimitar el área fuente de contaminación. Por lo tanto, es inviable que una zona residencial según el instrumento de ordenamiento territorial de determinado municipio sea declarada como área fuente de contaminación, salvo que se tengan estudios que por el nivel de inmisión y por el transporte de contaminantes, una zona residencial se vea afectada.

La segunda situación que puede ocasionar implicaciones jurídicas con la declaratoria del Valle de Aburrá como cuenca atmosférica, tal como se trazó en párrafos anteriores, es que el primer antecedente de cuenca atmosférica en el Valle de Aburrá, remite obligatoriamente al Acuerdo

Metropolitano 8 de 2011. En el numeral 5 de los considerandos del acuerdo mencionado, el AMVA define la cuenca atmosférica y, concluye que las características del Valle de Aburrá se asemejan a tal definición. Posteriormente en su articulado, clasifica dicha cuenca atmosférica como área fuente de contaminación por PM_{10} . Sin embargo, vale la pena aclarar que, en todo el articulado de dicho acuerdo, no se declara el Valle de Aburrá como cuenca atmosférica. Únicamente en los considerandos, pero sin hacer referencia a una base jurídica que le da soporte, validez y eficacia, ni mucho menos, de la metodología utilizada para su delimitación, además de hacer referencia a una cuenca atmosférica por material particulado PM_{10} .

Igualmente se nota la ausencia en el Acuerdo Metropolitano 16 de 2017 que adopta el PIGECA, puesto que en ninguno de sus artículos define qué es una cuenca atmosférica, y mucho menos establece la metodología utilizada para su delimitación. Únicamente se limita a clasificar la cuenca del Valle de Aburrá como área fuente de contaminación, esta vez por $PM_{2.5}$, y como se explicó anteriormente, para declarar un área fuente de contaminación se hace necesario tener en cuenta los usos del suelo (residencial, comercial e industrial). Con el fin de delimitar las áreas donde se encuentran asentadas las fuentes fijas objeto de licencias o permisos de emisiones atmosféricas, y así limitar nuevos asentamientos, procurando que las que ya se encuentran en operación migren a tecnologías más limpias. Además, el documento técnico de base para la aprobación de este acuerdo carece en igual sentido de una definición de cuenca atmosférica y de cuál fue la metodología utilizada para su delimitación.

Una tercera problemática es la declaratoria de todo el Valle de Aburrá como una cuenca atmosférica por parte de la autoridad ambiental de la zona urbana, precisamente porque esta declaratoria es realizada única y exclusivamente por AMVA como autoridad ambiental de la zona urbana. Desbordando así sus competencias de Ley, toda vez que, en el Valle de Aburrá, CORANTIOQUIA es la autoridad ambiental competente en la zona rural, es decir, tanto el AMVA como CORANTIOQUIA tienen funciones y competencias similares en materia ambiental, por tanto, sus decisiones deben ir obligatoriamente bajo los principios de concurrencia y coordinación, es decir, ambas autoridades debieron declarar de manera conjunta el Valle de Aburrá como cuenca atmosférica.

Por todo lo anterior, se propone adoptar la siguiente definición de cuenca atmosférica como: una región geográfica donde se comprueba que la calidad del aire en superficie queda expuesta a los impactos positivos o negativos asociados a procesos de transporte y dispersión de contaminantes primarios o secundarios (pluma urbana) que se generan a partir de unas fuentes de emisión (fijas, móviles o de área) ubicadas dentro de la región (compuesta por aspectos montañosos o artificiales) o por fuera de ella, partiendo de consensos participativos con el fin de que esta quede legitimada desde lo político y lo jurídico. Con el fin de considerar la cuenca atmosférica como instrumento básico de gestión para la planeación, regulación y gestión de la calidad del aire en el territorio; por lo que su formalización legal implica, a menudo, una gestión político-administrativo de carácter regional, inter-regional, nacional o transfronterizo. Dicha gestión se basa, para efectos de la delimitación de la cuenca atmosférica, en argumentos de carácter

técnico y científico acerca de las condiciones de ventilación, calidad del aire y riesgos ambientales en la zona de interés.

Es menester aclarar que, tanto para la definición propuesta de manera general, como del procedimiento sugerido para su declaratoria, dependerá igualmente de que es el MADS por la cláusula general de competencias, es quien deberá coordinar y dar los lineamientos de todo lo que implica la cuenca atmosférica.

Aunado a lo anterior, se deduce que los puntos que el AMVA busca con la implementación de la cuenca atmosférica que se encuentran en el PIGECA son:

1. Fortalecimiento, generación y aprovechamiento del conocimiento científico y de la tecnología
2. Planeación y ordenamiento territorial con criterios de sostenibilidad
3. Reducir el impacto ambiental de los viajes motorizados y promover un modelo de movilidad más eficiente
4. Transformar el modelo de movilidad hacia la promoción y priorización de modos de transporte activo y de ultra bajas emisiones
5. Industria y servicios competitiva y de bajas emisiones
6. Incremento de espacios verdes y arbolado urbano y protección de ecosistemas regionales
7. Efectividad y cobertura en el control y sanciones a agentes contaminantes
8. Atención oportuna y eficaz a episodios de contaminación del aire

9. Protección y transformación de zonas sensibles a la contaminación
10. Sistema de cargas y beneficios a agentes en función de su aporte positivo o negativo a la calidad del aire

4.2 La pluma urbana como alternativa de la cuenca atmosférica

Conforme a la definición propuesta en el numeral 4.1. de este trabajo y de las definiciones obtenidas de las entrevistas a expertos en el numeral 3. Metodología, subsiste aún un problema a resolver desde las mismas defunciones pues existe una carencia al respecto: el transporte de una región a otra de contaminantes y cómo abordar tal problemática.

Tal como se logró observar de los anteriores conceptos de cuenca atmosférica, en especial la adoptada por el AMVA, este autor considera de entrada que la autoridad ambiental solamente superpuso o solapó sobre una cuenca geográfica, delimitada por límites político-administrativos y montañosos la cuenca atmosférica, atribuyendo únicamente el fenómeno atmosférico dentro de la cuenca. Lo anterior, como ya se explicó, debido a la corta definición adoptada en el 2011, la cual se sostuvo con el PIGECA y, en el nulo desarrollo legislativo de tal concepto.

Y en el mismo sentido, la definición adoptada por México desde 2007 a la fecha, limita o encierra las dinámicas atmosféricas parcial o totalmente por las elevaciones montañosas, lo cual circunscribe la problemática de calidad del aire en un área determinada por las dificultades para la dispersión de los contaminantes, pero dejando por fuera ese destino final de los mismos. Siendo entonces la definición adoptada por el AMVA similar a la expuesta por México, pero sin definir cuál metodología fue utilizada para su implementación.

En igual sentido, todas las definiciones hasta acá presentadas son algo imprecisas y limitadas en cuanto a su definición, por cuanto se centran en aquellos contaminantes que llegan de otras regiones los cuales se concentran dentro de un área montañosa, área terrestre, relieve o espacio geográfico, con dificultades en su dispersión. Sin embargo, existe igualmente en tales definiciones una ausencia en el origen de las emisiones generadas en la cuenca geográfica, la inmisión y posterior transporte de contaminantes y, la metodología utilizada, con el fin de poder identificar las zonas o regiones más allá de los límites político-administrativos de la cuenca geográfica o cuenca atmosférica.

A lo largo de este escrito, se ha dejado claro, por ejemplo, que parte de los contaminantes emitidos en el Valle de Aburrá, van a parar a la región biogeográfica del Chocó y, que las emisiones generadas en el Valle de Sogamoso pueden afectar al Valle de Aburrá en las temporadas más críticas para la dispersión de contaminantes en este último Valle. Situación que es precisamente generada por la velocidad y dirección de los vientos, en especial por aquellos vientos predominantes en regiones geográficas determinadas y, la cual fue omitida en los documentos analizados en este trabajo por parte del AMVA. La cual si fue planteado por Polania Ayala & Sarmiento Granados (2019) y por Avellaneda Cusaria et al (2020), pues estas autoras sí tuvieron en cuenta que para declarar una cuenca atmosférica se deberá calcular la frecuencia de la trayectoria de los vientos, es decir, los vientos predominantes de una zona o región determinada. Lo cual permite concluir que la cuenca atmosférica no puede estar delimitada por la cuenca geográfica (sistema orográfico, relieve, montañas, entre otros), pues sería dejar por fuera el alcance de hasta donde pueden llegar las emisiones que se emiten, por ejemplo, desde el Valle de Aburrá. Es decir, la cuenca atmosférica con base en lo Planteado por las Polania Ayala & Sarmiento

Granados (2019) y Avellaneda Cusaria et al (2020) es una figura que estará en constante cambio debido a los vientos predominantes, y no una figura estática o hermética derivada de las definiciones e implementación por parte del AMVA.

Ahora bien, resulta necesario, además, analizar el común denominador en todas las definiciones traídas a este trabajo, y es la palabra cuenca, la cual es definida por Concretas Jaime & Dávila Villamizar como “la unidad espacial natural de la biogeoestructura donde se integran los componentes sólidos, líquidos y gaseosos, formando unidades definidas de ocupación del espacio” (pág.59), es decir, una depresión de tierra o accidente geográfico. Ahora bien, para abordar ese transporte de contaminantes emitidos a la atmósfera, se cuenta con el concepto de Pluma Urbana, el cual es útil para delimitar de manera efectiva esa derivación de los contaminantes emitidos a la atmósfera y, que luego son transportados por el viento a otros lugares. Este concepto de Pluma Urbana ha sido abordado por Oke, Mills, Christen, & Voogt, argumentando que:

A meso y macro escala, las ciudades aparecen como grandes fuentes "puntuales" con su pluma que se extiende de cientos a miles de kilómetros a favor del viento. La persistencia de tales plumas depende tanto del tiempo de residencia de sus componentes y el grado de mezcla que se experimenta la pluma. (2017, pág. 325)

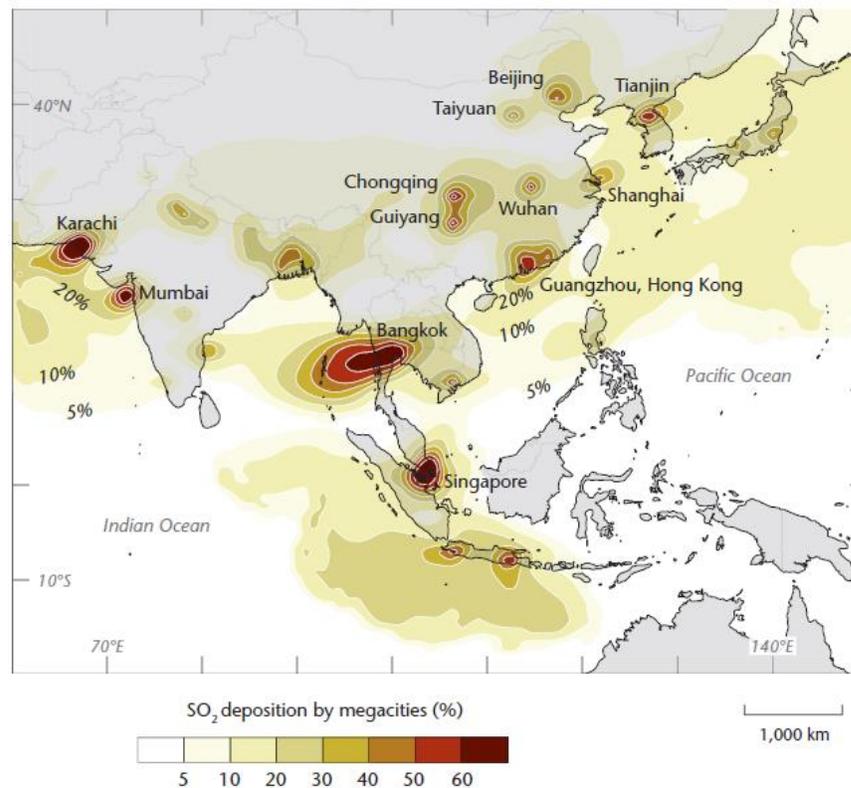


Ilustración 1 Plumas Urbanas en el sudeste asiático Fuente (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017, pág. 329)

De la imagen anterior, se logra observar la proyección que muestran Oke, Mills, Christen, & Voogt (2017) de diversas plumas urbanas para el contaminante SO₂, donde un primer aspecto importante para tener en cuenta es el transporte de contaminante a lo largo de una región determinada, incluso encontrándose la pluma urbana de una ciudad con otra. Por ejemplo, la pluma urbana de Karachi se encuentra en cierto punto con la pluma urbana de Mumbai; o la pluma urbana de Wuhan se mezcla con la de Guangzhou, Shanghai, Guiyang y Chongqing.

El concepto de la pluma urbana y posterior implementación resulta una alternativa de la cuenca atmosférica, por cuanto de las definiciones de esta última, no hay un criterio unificado frente al transporte de contaminantes de una región a otra a través de los vientos predominantes. Y tal como se observa en la anterior imagen, estos pueden variar constantemente y conectar una

pluma urbana de una región determinada con otra. Además, tener conocimiento pleno de hacia a dónde van los contaminantes que se generan en una zona geográfica determinada, será de gran ayuda al momento de planificar y tomar acciones tendientes a la reducción de contaminantes, en la ubicación y reubicación de las fuentes fijas y, en restricciones adecuadas para las fuentes móviles. Es decir, que a raíz de esa proyección de transporte del contaminante criterio de la pluma urbana determinada, no se circunscribe o condiciona a una región político-administrativa delimitada, lo cual permite que, mediante la coordinación y concurrencia, las entidades competentes tomen decisiones acertadas en cuanto a la gestión adecuada de la calidad del aire.

Otro factor relevante de las plumas urbanas es el hecho de que se toman los datos de emisiones y transporte de contaminantes durante todas las épocas del año, y no durante unas épocas donde se presenten situaciones climatológicas adversas que impiden la dispersión de los contaminantes en la atmósfera. Permitiendo entonces tener un seguimiento constante del comportamiento tanto de la emisión, como del transporte de estos que se pueden extender por miles de kilómetros. Por lo tanto, se podría planear la siguiente pregunta ¿hacia dónde van las emisiones que se generan en el Valle de Aburrá, y qué medidas se están tomando para evitarlo?

Ahora bien, como procedimiento para delimitar y determinar una pluma urbana, se propone el siguiente paso a paso a paso:

1. Reconocimiento geoespacial del área de estudio, con el fin de poder determinar entre otros, los actores involucrados que se verán afectados o beneficiados declarar una cuenca atmosférica, como: las fuentes fijas, las entidades territoriales, y las autoridades ambientales con competencia en una misma jurisdicción.

2. Analizar las variables climáticas y meteorológicas que puedan incidir la calidad del aire de la zona objeto de estudio, tales como: temperatura, humedad del aire, comportamiento de la Capa Límite, vientos, islas de calor.
3. Análisis de los contaminantes criterio, su distribución, naturaleza, niveles de emisión e inmisión, excedencia de la norma, entre otros.
4. Determinar cuál método numérico estadístico es válido para aplicar (WRF, HYSPLIT, entre otros), para lograr determinar la distribución espacial y temporal de las líneas de trayectoria con el fin, de identificar las condiciones de transporte y dispersión de contaminante en un área determinada (plumas urbanas), así como definir o estimar el radio que dependería de la magnitud, impactos, riesgos y emisiones.
5. Un análisis técnico y jurídico para la delimitación de la cuenca atmosférica.
6. Verificar y garantizar la participación ciudadana de todas las personas, en especial de aquellas comunidades a las que se les deba realizar consulta previa
7. Gestión de la administración pública para declarar una cuenca atmosférica, y definir dentro de esta las diferentes áreas fuente de contaminación.

4.3 Calidad del aire y ordenamiento territorial

En el presente numeral se abordarán algunos de los aspectos más relevantes en materia de política pública y normas asociadas a la calidad del aire y ordenamiento territorial, además del análisis de las determinantes ambientales del artículo 10 de la ley 388 y su relación con la

calidad del aire y las cuencas atmosféricas. Igualmente, se tratarán algunas de las implicaciones económicas, políticas y sociales de la declaratoria e implementación de una cuenca atmosférica.

4.3.1 Aspectos normativos y de política pública

El Decreto Ley 2811 de 1974 trajo consigo los primeros pasos para la protección de la calidad del aire y de la atmósfera, dejando claro que “corresponde al Gobierno mantener la atmósfera en condiciones que no causen molestias o daños, o interfieran el desarrollo normal de la vida humana, animal o vegetal y de los recursos naturales renovables” (Decreto ley 2811, 1974, art. 73). En este Decreto-Ley se estipula que la titularidad de la protección de la atmósfera y el aire la tiene el Estado, que más adelante, con la creación del Sistema Nacional Ambiental, pasaría a las autoridades ambientales, siendo importante resaltar que desde 1974, existía la preocupación de los daños en la fauna y flora por una mala calidad del aire. Condicionando, además, “la descarga, en la atmósfera de polvo, vapores, gases, humos, emanaciones y, en general, de sustancias de cualquier naturaleza que puedan causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobrepasen los grados o niveles fijados” (Decreto ley 2811, 1974, art. 74).

Igualmente, en el decreto mencionado (1974), en su artículo 75, se dispuso de una serie de alertas a tener en cuenta, tales como las afecciones que puede generar la mala calidad del aire en la salud no solamente humana, sino también en la flora; en el daño que puede generarse en el patrimonio de las personas; el origen de los contaminantes; restricciones en cuanto a la importación de fuentes móviles que de alto grado de contaminación; y por último, el establecimiento de una

red robusta de monitoreo de la calidad del aire, con el fin de determinar el grado de peligro. Luego con la expedición de la Ley 99 de 1993, la cual creó el Sistema Nacional Ambiental, el legislador dispuso que las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán entre otras:

las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, **al aire** o a los suelos, así como los vertimientos o **emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos.**

Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos (Ley 99, 1993, art. 32, numeral 12) Negritas fuera del texto original

Y como función de los municipios, de acuerdo con el artículo 65 de la Ley 99 de 1993, está la de coordinar con las corporaciones autónomas regionales, el control y la vigilancia en el territorio las actividades contaminantes y degradantes del aire, además de la elaboración de programas de control de emisiones contaminantes del aire. Ahora bien, con la expedición del decreto 948 de 1998 (compilado en el decreto 1076 de 2015), se reglamentó gran parte de lo mencionado anteriormente y, en especial, sobre las competencias del Ministerio de Ambiente, Departamentos, Municipios, Corporaciones Autónomas y Grandes Centros Urbanos, con relación a la prevención, control y protección de la atmósfera y la calidad del aire.

Siendo las fuentes fijas uno de los factores (pero no el mayor) que aporta a la mala calidad del aire de un territorio particular, el MADS, por medio de la resolución 909 de 2008, fijó las normas y estándares admisibles a la atmósfera por parte de las fuentes fijas, puntualizando los estándares de emisión admisibles para actividades industriales, los factores de equivalencia para el cálculo del factor de riesgo, actividades industriales y contaminantes a monitorear, los estándares de emisión admisibles para equipos de combustión externa existentes y nuevos, para centrales térmicas, industrias existentes y nuevas de fabricación textil, equipos de combustión externa existente que utilicen biomasa como combustible, entre otros.

Sin embargo, la problemática de las fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera no es exclusiva de las fuentes fijas, sino también de las móviles, por lo que, mediante la Ley 1083 de 2006 sobre planeación urbana sostenible, se creó la figura de Zonas de Emisiones Bajas (ZEB), de competencia exclusiva de los alcaldes, en las cuales:

únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta o en otro medio no contaminante, así como en vehículos de transporte público de pasajeros siempre y cuando este se ajuste a todas las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes, y funcione con combustibles limpios. (Ley 1083, 2006)

Ya para el año 2015, el MADS mediante la resolución 2254, adopta la norma de calidad del aire, dejando claro los niveles máximos permisibles de los contaminantes criterio (PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 , CO) para un tiempo de exposición anual, 24 horas, 1 hora, y 8 horas.

Contaminante	Nivel máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PM ₁₀	50	Anual
	(*)100	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	(**)50	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	anual
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
O ₃	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora
* Desde el 1 de Julio de 2018 el promedio de será de 75		
** Desde el 1 de julio de 2018 será de 37		

Tabla 4: Límites Permisibles Calidad del Aire. Elaboración propia con datos da resolución 2254 de 2017

Contaminante	Nivel máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PM ₁₀	30	Anual
PM _{2.5}	15	Anual
SO ₂	20	24 horas
NO ₂	40	Anual
Niveles máximos permisibles de contaminantes del aire para el año 2030		

Tabla 5 Niveles máximos permisibles de contaminantes del aire para el año 2030 Elaboración propia con datos de la resolución 2254 de 2017

Asimismo, en la resolución citada, el MADS determinó que el diseño, rediseño y operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire -SVCA- y la obligación que tienen las autoridades ambientales de realizar un monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, el monitoreo debe ser

en tiempo real en los puntos críticos o de alta concentración de contaminantes. Igualmente, se determinó en esta resolución, en consonancia con el decreto 1076 de 2015, a las autoridades ambientales les corresponde declarar los niveles de prevención, alerta o emergencia, de conformidad con los siguientes rangos:

Contaminante	Tiempo de exposición	Prevención	Alerta	Emergencia*
PM ₁₀	24 horas	155 - 254	255 - 354	≥355
PM _{2.5} **	24 horas	38 - 55	56 - 150	≥151
O ₃	8 horas	139 - 167	168 - 207	≥208
SO ₂	1 hora	198 - 486	487 - 797	≥798
NO ₂	1 hora	190 - 677	678 - 1221	≥1222
CO	8 horas	10820 - 14254	14255 - 17688	≥17689

Tabla 6 Niveles de prevención, alerta o emergencia Fuente: Resolución 2245 de 2017 art. 10 MADS

Ahora bien, desde la óptica de la política pública en materia de calidad del aire, se tiene que uno de los aspectos más importantes se centra en:

fortalecer la implementación de las medidas de reducción de emisiones de las fuentes móviles y fijas, la cobertura, calidad y disponibilidad de la información para medir la efectividad de las acciones desarrolladas, aumentar la investigación, mejorar los diagnósticos, así como el seguimiento y control, ordenar el territorio incorporando la calidad del aire como variable de análisis, gestionar el riesgo, implementar y fortalecer los instrumentos económicos, articular estrategias de reducción de contaminantes del aire, mejorar los sistemas de información y fomentar la educación y la participación ciudadana en el control de la contaminación del aire. (CONPES 3943, 2018, pág. 23)

Por lo que hasta este punto de la exposición y análisis del marco normativo, existe una relación directa entre calidad del aire y ordenamiento territorial, donde la autoridad ambiental es la competente para declarar áreas fuente de contaminación en coordinación con las entidades territoriales, limitando el asentamiento de nuevas industrias si la sumatoria de emisiones de las actuales supera los límites permisibles, en una zona determinada; además, de establecer los límites de emisión en estas zonas para las fuentes fijas y fuentes móviles; y de otro lado, las entidades territoriales por medio de sus dependencias de tránsito y movilidad, para crear polígonos de ZBE, implementando medidas de restricción vehicular con el fin de reducir las emisiones contaminantes.

Por lo tanto, para abordar de forma más integral lo relacionado con calidad del aire y protección de la atmósfera, será necesario interpretar las normas anteriores con la Ley 388 de 1997 sobre desarrollo territorial; ley 762 de 2002, código nacional de tránsito, en lo relacionado con la regulación de los horarios de cargue y descargue de vehículos de carga, los cuales generan emisiones contaminantes; ley orgánica sobre ordenamiento territorial 1454 de 2011; ley 1955 de 2019, plan nacional de desarrollo, en materia de cobros por congestión y gestión de estacionamientos.

4.3.2 Ordenamiento ambiental del territorio

El crecimiento descontrolado de las ciudades debido a múltiples factores como el desplazamiento forzado, el desplazamiento climático, la urbanización legal e ilegal, entre otros, han sido causantes de múltiples problemáticas ambientales en los territorios, porque un “proceso

acelerado de urbanización consume las áreas libres de la ciudad sin dejar la cantidad suficiente de parques ni zonas verdes necesarias para el mantenimiento de un nivel básico de calidad de vida” (Rojas, 2018, pág. 144). De estos, podemos destacar las construcciones irregulares en el retiro de las fuentes hídricas, generando grandes problemas de vertimientos en el recurso hídrico; los asentamientos en zonas de alto riesgo por deslizamientos, generando inestabilidad del suelo; construcción de industria como fuentes de emisión de contaminante cerca a zonas residenciales; conurbación y crecimiento en los bordes o límites de las ciudades, lo cual puede generar altos desplazamientos en movilidad y, por lo tanto, una tendencia a la dependencia del parque automotor, es decir, “las urbanizaciones aisladas que inducen a sus habitantes a continuos y largos desplazamientos asentando el patrón del vehículo privado” (Faccioli, 2020, pág. 28)

Lo anterior, guarda relación directa con “las tres características de las ciudades, según WIRTH, son la cantidad de habitantes, la densidad de su población y la heterogeneidad de las gentes que le habitan” (Galvis Gaitán, 2019, pág. 58). Donde el manejo que se le dé a cada una de estas características será crucial para atenuar o agravar las problemáticas antes mencionadas, y en especial, en cuanto a la calidad del aire de un determinado territorio o espacio geográfico. De allí deviene la importancia de un adecuado manejo y gestión urbanística, pues de acuerdo con la carta de Atenas, el Urbanismo tiene cuatro funciones: “en primer lugar, garantizar alojamientos sanos a los hombres, es decir, lugares en los cuales el espacio, **el aire puro** y el sol, esas tres condiciones esenciales de la naturaleza, estén garantizados con largueza” (IV Congreso de Arquitectura Moderna, 1942).

En relación con lo anterior, y de acuerdo con Galvis Gaitán (2019), citando a (Rother, 1990, pág. 64) señala “que el problema más grave de nuestras ciudades es la urbanización en sitios

inadecuados. Es decir: imposibles de dotar con acueducto, alcantarillado y vialidad, en sitios peligrosos o escarpados, inestables o sujetos a inundaciones” Adicionalmente a esos sitios inadecuados, se pueden incluir aquellos espacios en los cuales no se garantiza un adecuado sistema de movilidad, en el cual prime el transporte público, propendiendo desincentivar el uso del vehículo particular. Donde con una adecuada planificación territorial, podría garantizarles a todas las personas de un determinado espacio geográfico el derecho a la ciudad, el cual “puede definirse como “el usufructo equitativo de las ciudades dentro de los principios de sostenibilidad, democracia, equidad y justicia social”” (Galvis Gaitan, 2019, pág. 12), derecho en el cual se encuentra inmersa la calidad del aire.

No obstante, las dinámicas de las ciudades han estado inmersas en un cambio constante, donde en un principio el crecimiento de las urbes estaba condicionado, pues “Hasta el final de los años ochenta, el crecimiento de las ciudades se desarrolla de forma densa hacia las periferias urbanas, caracterizadas por carencias de servicios y una tasa de segregación social” (Faccioli, 2020, pág. 127). Aunado a lo anterior, también se presentaba la situación de que parte de ese ordenamiento territorial, se encontraba supeditado al crecimiento industrial, con el fin de disminuir las distancias entre la zona industrial y la residencial, pero, sin tener en cuenta que las emisiones de las primeras iban a afectar de manera considerable a la segunda.

Es por ello que la contaminación atmosférica puede entenderse como “la presencia en el aire de sustancias dañinas tanto para la salud del hombre y animales como para el medio ambiente y todos los demás bienes presentes en el mundo” (Faccioli, 2020, pág. 153). Esta presencia sustancias contaminantes en el aire, se presenta precisamente por esa función que se desborda de las ciudades de tener que ser un espacio de abastecimiento de la población, ya que:

la ciudad tiene que abastecer las necesidades de un número siempre mayor de ciudadanos. Así que esta situación, solo por la magnitud de la población, genera varios riesgos para la salud, el medio ambiente y la seguridad pública porque mucha más gente se desplaza diariamente, usa calefacción y aire acondicionado, las plantas industriales se multiplican, el tráfico aéreo y naval se incrementan y la movilidad urbana se congestiona” (Faccioli, 2020, págs. 26-27) citando a He, Y., Stojmenovic, I., Liu, Y, Gu, Y. (2014).

Lamentablemente “la ciudad tiende a desarrollarse a <saltos> es decir, sin lógica de continuidad y de aprovechamiento del suelo” (Faccioli, 2020, pág. 28). Y ante esta falta de lógica de continuidad, aumenta también la tendencia a construir más vías, aumentando y saturando la oferta vial, lo que genera la necesidad de construir más malla vial, y, por ende, una mayor generación de emisiones contaminantes a la atmósfera. Y tal como mencionamos en el aparte 4.1. del presente trabajo, la sumatoria de diversos factores como las emisiones de las fuentes fijas y móviles, así como las dinámicas atmosféricas, pueden derivar a que esas emisiones contaminantes sean transportadas más allá del lugar donde se emiten, es decir, que “la contaminación atmosférica al trascender las fronteras territoriales, agudiza las dificultades de los municipios en el momento de aprobar medidas de mejora de la calidad del aire que van más allá de sus límites” (Faccioli, 2020, pág. 94).

Caso como el mencionado de Trail Smelter, donde la contaminación generada por una fuente fija ubicada en Canadá, transportada por la dirección de los vientos, generó un daño transfronterizo en Estados Unidos. Situación que también puede presentarse entre varios territorios o municipios, por lo cual, es imperiosa la necesidad de la adopción de estudios basados en la

determinación del comportamiento de la pluma urbana ya que en temas de contaminación atmosférica “solo se puede abarcar esta temática de forma general porque cada territorio presenta su particularidad, tanto a nivel geográfico como a nivel de desarrollo económico” (Faccioli, 2020, pág. 155).

Básicamente, existe una relación directa entre la calidad del aire con la forma como se planifica y ordena una ciudad, por lo que deviene la importancia de un actuar coordinado de todas las entidades que hacen parte del Sistema Nacional Ambiental. Con el fin de que cada una de estas, de acuerdo con sus funciones y competencias, concertar cada una de sus actividades, y así buscar un equilibrio para poder garantizar el derecho a gozar de un ambiente sano, que en este caso sería a respirar un aire limpio y, evitar el deterioro de la atmósfera. Por ello, la importancia de contar con estudios completos relacionados con la contaminación atmosférica, elaborados por las autoridades ambientales, con el fin de tener un conocimiento pleno de esta dinámica, para luego poder realizar una gestión integrada en materia de calidad del aire, donde tales estudios tengan en cuenta los usos del suelo, ya que será importante que la autoridad ambiental declare y defina las áreas fuentes de contaminación (zonas industriales) con el fin que estas fuentes migren a nuevas tecnologías o limitar las autorizaciones para su funcionamiento y; la creación de Zonas de Emisiones Bajas, por parte de las entidades territoriales, propendiendo una movilidad menos contaminante en estos polígonos.

De no ser posible una coordinación entre autoridades ambientales y entidades territoriales en la gestión de la calidad del aire, se podría generar una incidencia de la contaminación atmosférica “en el equilibrio y la conservación del medio ambiente, así que las dos variables -

afectación humana y natural- no pueden separarse en este contexto por su coyuntura” (Faccioli, 2020, pág. 161). Es decir, que la “tutela de la calidad del aire se presenta con una alta connotación sectorial: empieza desde el ámbito de la sanidad pública y llega hasta el sector del urbanismo” (Faccioli, 2020, pág. 185)

En un territorio interactúan, en palabras de Parra Cárdenas y Ortiz Parra (2018):

Una serie de ecosistemas naturales con elementos como el aire, el clima, el suelo, el subsuelo, el agua, la vegetación, la fauna, el paisaje, entre otros, los cuales, en su conjunto, conforman lo que podemos denominar “La Oferta de bienes y servicios ambientales” o Base natural de sustentación (pág. 393)

Pero no solamente se debe hablar de la urbanización descontrolada, o la insana mezcla de los usos del suelo, sino también de las consecuencias que esto puede generar, que hacen parte del ordenamiento territorial y, que tienen un aporte en las emisiones contaminantes, y es lo:

relacionado con el transporte privado es la creciente apropiación funcional del espacio público por parte del vehículo privado, tanto con su circulación como con el aparcamiento. En Barcelona, la movilidad motorizada ocupa el 57% del espacio viario, dejando a los peatones el 43%. La actual tendencia es devolver más espacio de calidad a los peatones, sustituyendo aparcamientos y descampados en zonas verdes y espacios públicos donde el ciudadano pueda disfrutar de su ciudad (Faccioli, 2020, pág. 309)

Entendiendo los aspectos de movilidad y el espacio público, pues en su conjunto con el factor ambiental, “constituyen un aspecto fundamental para orientar los procesos de reconfiguración territorial” (Parra Cárdenas & Ortiz Parra, 2018, pág. 380), con el fin de propender por una adecuada ubicación de las diferentes actividades a desarrollar. Es decir, evitar que el asentamiento y puesta en marcha de fuentes fijas, pueda afectar por las emisiones generadas, a la población ubicada en zonas residenciales cercanas a la industria, o que afecte a determinada localidad por el transporte de los contaminantes mediante el viento; igualmente, que la ubicación de las zonas residenciales procure un desincentivo en el uso del vehículo particular y, mejorando la oferta del sistema público de transporte, que en su conjunto ayudarían a tener una ciudad compacta, reduciendo las emisiones generadas por el sistema de movilidad.

4.3.3 La cuenca atmosférica como un determinante ambiental

De acuerdo con AIDA (2020) citando a Massiris (2000), se entiende por determinante ambiental:

aquellos **criterios de jerarquía superior** que deben acoger los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal y los instrumentos que los desarrollan; es decir, **que obligan o condicionan y sirven para resolver conflictos que se presentan en el diseño y ejecución de toda clase de proyectos y acciones relacionadas con el ordenamiento del territorio**”. Sin embargo, para ser incorporados en los POT, PBOT o EOT deben adecuarse a las escalas cartográficas pertinentes, con el fin de

garantizar su eficacia en los respectivos niveles territoriales. (pág. 91)(Negritas y subrayas fuera del texto original)

Aunado a lo anterior:

Los determinantes comprenden todas aquellas normas, directrices, políticas, regulaciones o disposiciones expedidas por diversas autoridades (Congreso de la República, presidencia, ministerios, corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible, entre otros). Los determinantes constituyen criterios o parámetros de superior jerarquía que condicionan o limitan la reglamentación de los usos del suelo por parte de los municipios (art. 313, numeral 7, C.P.), y la planificación y promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio por parte de los departamentos (art. 298, C.P.). (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), 2020, pág. 91)

Por lo tanto, se entenderá por determinante ambiental como:

las directrices, normas y reglamentos expedidos por las entidades del SINA en aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio, tales como las limitaciones derivadas del estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio, y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente a los aspectos ambientales (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), 2020).

Ahora bien, teniendo claro lo que se debe de entender por determinante ambiental, y que el fenómeno y las dinámicas atmosféricas van de la mano con ese crecimiento en un territorio, lo

cual puede deteriorarse con una precaria gestión administrativa. Además, de que los avances científicos han permitido conocer y descubrir cómo interactuamos con la naturaleza, y cómo ésta incide en la manera en que las personas se desenvuelven en su entorno, es necesario ahondar sobre si la figura de cuenca atmosférica y/o pluma urbana podría considerarse como un determinante ambiental.

Para detallar lo relativo con el párrafo anterior, se debe recordar lo expuesto en el numeral 4.3.2 de este trabajo, toda vez que existe una relación directa entre la ciudad y la contaminación atmosférica. Lo cual sería un primer punto de partida para comenzar a hablar de qué tanto la calidad del aire, en especial una cuenca atmosférica y/o pluma urbana podría considerarse como un determinante ambiental, pues según las posiciones de autores y tomadores de decisiones, podrían considerarse como figuras adecuadas para la gestión de la calidad del aire y planeación territorial. Siendo este último planteamiento algo que se puede observar tanto en el PIGECA como en la Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA- publicada en el 2019, en donde se expresa que:

En el país existen actividades que generan emisiones contaminantes, las cuales pueden estar ubicadas en zonas que generan conflictos con las comunidades y presión sobre los recursos.

En este sentido es necesario que las autoridades ambientales incidan en la elaboración de los planes de ordenamiento territorial durante las etapas de formulación y actualización donde sea incluido los determinantes ambientales relacionados con la calidad del aire. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019, pág. 26)

(Negritas y subrayas fuera del texto original)

Obsérvese entonces que, desde la política pública sobre calidad del aire, se comienza a plantear la imperiosa necesidad de que en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial (POT, PBOT, EOT) se incorporen determinantes ambientales concernientes a la calidad del aire. Siendo esto parte de una de las líneas de acción de la ENCA, conminando a las autoridades ambientales para que a 2020, tuvieran desarrolladas las “acciones para la inclusión de determinantes ambientales en los procesos de ordenamiento del territorio con énfasis en las áreas fuente de contaminación” (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019, pág. 43).

Por lo tanto, se puede concluir que los determinantes relacionados con la calidad del aire, en este caso las áreas fuente de contaminación declaradas e implementadas por las autoridades ambientales siguiendo los parámetros señalados en el Decreto 1076 de 2015 sobre las Áreas Fuente de contaminación, y sus tipos según el alto grado de contaminación, constituyen claramente un determinante ambiental por cuanto su implementación derivará en limitaciones en la zonificación de los usos del suelo del municipio donde se implemente. Sin embargo, la ENCA no dijo nada respecto de las Zonas de Emisiones Bajas que declaren e implementen las entidades territoriales, pero bajo una interpretación armónica, se puede asegurar que las ZEB también pueden ser consideradas como un determinante ambiental, toda vez que al implementar unas restricciones de tipo vehicular y fomentar una movilidad alternativa en una zona determinada, se incide de manera directa en el modo cómo se moviliza fuera del polígono demarcado como ZEB, incidiendo al tiempo, en el desarrollo de las zonas con uso exclusivamente residencial.

Es claro entonces que tanto las Áreas Fuente como las ZEB, podrán ser consideradas como una determinante ambiental, y, por tanto, normas de superior jerarquía que condicionan de manera directa o indirecta los usos del suelo (residencial, comercial o industrial) del municipio donde se

declaren e implementen estos polígonos. Sin embargo, esta zonificación debe estar incorporada dentro de una figura macro, la cual abarque precisamente esos fenómenos atmosféricos que de una u otra forma van a incidir en la creación de estas zonas, es decir, la figuras planteadas, junto con los fenómenos meteorológicos y geográficos que las componen, también podrían considerarse como un determinante ambiental, pues estas condicionarán de forma directa los usos del suelo.

Las zonificaciones incorporadas en cualquiera de las dos figuras, ya sea cuenca atmosférica o pluma urbana, se encargará de definir unas:

líneas de acción sobre el territorio, disponen de manera obligatoria qué actividades se pueden o no desarrollar sobre el territorio y, a su vez, desde un punto de vista espacial, permiten identificar dónde se pueden o no desarrollar cierto tipo de actividades. (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), 2020, pág. 93).

Para lograr este objetivo, es claro que las entidades territoriales con el apoyo científico y técnico de las autoridades ambientales, con el fin de tener información detallada de la contaminación atmosférica (Inventarios de emisiones, estabilidad atmosférica, entre otros), con el fin de adoptar medidas tendientes a la mejora de la calidad del aire, encaminadas a la planificación territorial, e incorporarlas en sus instrumentos de ordenamiento territorial.

En palabras de Polania Ayala y Sarmiento Granados (2019):

El uso de las cuencas atmosféricas para el ordenamiento y la planificación regional es útil para la identificación de las más grandes fuentes de emisión y los impactos localizados en un área geográfica de gran extensión, permite relacionar condiciones meteorológicas, topográficas y ambientales para reconocer problemáticas de

calidad del aire y de la atmósfera y es útil para prevenir periodos de contaminación crítica. Por otro lado, además de contemplar la dispersión de todos los contaminantes originados en un punto, en el caso estudiado en este documento, tiene en cuenta la dinámica atmosférica sin importancia de las fronteras políticas.

(pág. 89)

Cuanto más se conocen esas dinámicas atmosféricas, será más fácil comprender esa relación entre cuencas atmosféricas y ordenamiento territorial, con el fin de tener una mejor gestión de este riesgo ambiental. Lo que podría generar en diversos casos, a que mediante estudios o análisis de costo-beneficio, la incidencia que tienen las emisiones generadas por fuentes fijas sobre zonas residenciales, con el fin de determinar un eventual reasentamiento de la industria o de esa zona residencial, para evitar un daño ambiental.

Ahora bien, en caso de que se llegase a considerar la expedición de una norma que contenga una definición, metodología, alcance y reglamentación al detalle de la cuenca atmosférica o una pluma urbana de acuerdo con el contexto geográfico, se sugiere tener en cuenta el siguiente esquema de zonificación para las fuentes de emisión:

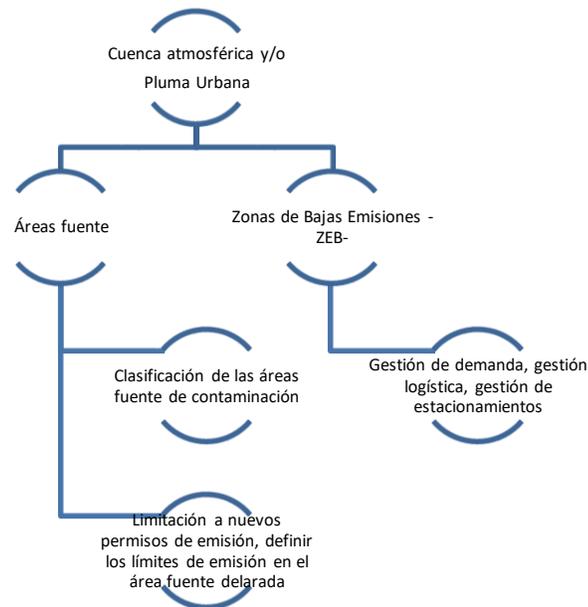


Ilustración 2 Esquema de Zonificación de Fuentes de Emisión: Elaboración propia con base en el decreto 1076 de 2015, ley 1083 de 2006, ley 1955 de 2019

En palabras del profesor Jiménez Mejía (2016, pág. 11):

“el factor topográfico es tan determinante en el clima, que se puede dar el caso de dos zonas relativamente vecinas en una ciudad de montaña con patrones urbanísticos similares, las cuales exhiban regímenes climáticos diversos tan solo explicables cuando se considera su localización específica en el contexto geográfico del terreno complejo”.

Reforzando la teoría de que la calidad del aire tiene una incidencia directa con la planificación y ordenación de un determinado territorio. Por lo tanto, en caso de reglamentarse una cuenca atmosférica, de acuerdo con la definición expuesta, se sugiere tener en cuenta los siguientes factores:

1. Restricción en la movilidad, mediante la gestión de demanda, la gestión logística, y gestión de parqueo, lo cual implica modificaciones en los POT, PBOT, y EOT, cuya competencia para realizarlo la tiene la entidad territorial.

2. Restricciones a las fuentes fijas, en cuanto a la instalación de nuevas fuentes cuando la sumatoria de las emisiones generadas por las fuentes existentes supere los límites permisibles o, condicionar las existentes a la migración de nuevas tecnologías, e implementar un control y vigilancia más riguroso

3. Limitación en los índices de altura y construcción de las edificaciones para ayudar la dispersión, pues como se ha explicado a lo largo de este trabajo, la altura o dosel urbano tendrá una incidencia en el transporte y dispersión de contaminantes, lo cual implica también, una restricción o limitación al derecho de la propiedad privada.

Lo anterior, en el sentido que “los principales elementos que constituyen el medio ambiente natural urbano, tales como el aire, el agua, o los suelos, son modificados substancialmente” (Romero, Irrázaval, Opazo, Salgado, & Smith, 2010, pág. 36). Donde la calidad del aire abarca también los climas urbanos, los cuales:

“no corresponden sólo a las características promedio que adoptan las variables físicas o químicas que presenta el aire al sobrevolar los espacios urbanos. A microescala, cada objeto del paisaje urbano genera especiales flujos e intercambios de materia y energía entre la atmósfera, los suelos, la vegetación, las calles, las casas, los edificios, las industrias, los parques, etc. Los cambios de los usos de los suelos agrícolas o forestales y de las coberturas naturales a usos urbanos generan importantes transformaciones sobre las temperaturas, presión atmosférica, precipitaciones, humedad y vientos, además de la presencia de

aerosoles y gases que contaminan” (Romero, Irarrázaval, Opazo, Salgado, & Smith, 2010, pág. 36)

Lo que quiere decir, que el bien común aire y todos sus componentes incluyendo sus instrumentos de gestión, tendrán un impacto directo en los usos del suelo, por cuanto una implementación de estos últimos tendrá incidencia en las dinámicas atmosféricas, las cuales están directamente relacionadas con una buena o mala calidad del aire. Siendo importante además el control de estos climas urbanos, por cuanto “es una nueva tarea encomendada a la planificación y gestión ambiental de las ciudades, especialmente bajo los actuales escenarios de cambio climático” (Romero, Irarrázaval, Opazo, Salgado, & Smith, 2010, pág. 36).

Es decir, que “las dinámicas de circulación del aire producto de la intercepción y obstaculización de los flujos originales causadas por la geometría urbana” (Romero, Irarrázaval, Opazo, Salgado, & Smith, 2010, pág. 40, citando a Lindberg et al., 2003; Tablada et al., 2009), resultan relevantes, pues esta geometría urbana deberá estar condicionada en lo relativo a qué actividades pueden o no desarrollarse allí, con el fin de mejorar significativamente la calidad del aire de la zona geográfica determinada. Por tanto, también es relevante mencionar a las islas de calor, las cuales generan:

“un tiro convectivo (ascenso del aire cálido) sobre las áreas más densamente urbanizadas de la ciudad, originando zonas de bajas presiones atmosféricas relativas, que controlan la circulación local de aire proveniente de áreas más frías como la periferia rural. Con ello, se produce un desplazamiento de masas de aire contaminado que pueden arribar a otros

sectores de la ciudad o áreas rurales situadas a decenas de kilómetros de ésta, contaminando lugares que carecen de fuentes fijas o móviles en su cercanía” (Romero, Irarrázaval, Opazo, Salgado, & Smith, 2010, pág. 40, citando a Crutzen, 2004; Oke, 1987)

Como una conclusión de este capítulo sobre la cuenca atmosférica como un posible determinante ambiental, es claro que el aire y sus dinámicas se verán alteradas por la morfología de un territorio, además, que hace parte del derecho a gozar de un ambiente sano. Siendo este último, objeto de protección constitucional, gozando de una triple dimensión, es decir, que es un derecho, un deber y un fin del Estado. Por lo tanto, surge la discusión sobre si una autoridad ambiental, en aras de una protección elevada para garantizar un ambiente sano, y sin existir una norma superior, puede declarar e implementar una cuenca atmosférica y a su vez, limitar derechos fundamentales como la libre circulación y la propiedad privada. Derechos que entrarían en conflicto con el derecho a la vida, integridad personal, a la salud y a un ambiente sano.

Y es claro que mediante una Ley Estatutaria se deben regular las directrices que puedan restringir derechos fundamentales, pues “tienen como fin esencial salvaguardar la entidad de las materias que regula, que son: los derechos y deberes fundamentales, así como los procedimientos y recursos para su protección” (Corte Constitucional de Colombia, 2011). Es decir, que una vez expedida la norma relativa a la definición y desarrollo de la figura de cuenca atmosférica, esta podría ser considerada como una determinante ambiental y, a su vez, una norma de superior jerarquía de acuerdo con la Constitución y las Leyes, porque sería una directriz emanada por la Autoridad Ambiental competente de acuerdo con

una norma nacional, con el fin de proteger los bienes comunes e incidir en el ordenamiento de un territorio, es decir, que los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT) deberán tener en cuenta la cuenca atmosférica que se declare en sus territorios como una de las bases principales para su ordenamiento territorial.

4.3.4 Implicaciones económicas, políticas y sociales

De acuerdo con el AMVA (2017, pág. 21) citando al Clean Air Institute (2017), “los problemas de calidad del aire son el resultado de las interacciones y sinergias entre fuerzas motrices o estructurales interrelacionadas que incluyen, entre otras: crecimiento demográfico, modelo de desarrollo económico, patrones de movilidad, producción, consumo y ocupación del territorio”. Es decir, que pueden existir unas implicaciones económicas, políticas y sociales dentro de una cuenca atmosférica, entendiendo, además, que “la economía involucra diferentes esferas. Se pueden sintetizar en cuatro: la familia, el mercado, los comunes y el Estado” (Spash L., 2020, pág. 12).

Parte de la problemática ambiental (calidad del aire, calidad del agua, deterioro del suelo, desplazamiento, entre otros), es una consecuencia de “la interacción de la sociedad humana con la naturaleza y la dependencia de la primera con respecto de la segunda constituyen aspectos sociales fundamentales de la crisis ambiental” (Spash L., 2020, pág. 25). Interacción que hoy en día se ha desbordado a tal punto, que las alarmas por la crisis climática cada vez son más frecuentes, obligando a cada una de las personas y actores a tomar las medidas necesarias, y no escatimar en gastos para solucionar esta problemática. Y es el caso de la calidad del aire, llevando nuestra

interacción con este bien común hasta el extremo de sobrecargarlo, es decir, que aquellas actividades de consumo como el aumento del parque automotor, aumento en la producción industrial, crecimiento urbanístico descontrolado, serán la sumatoria de la problemática de la calidad del aire.

Por lo tanto, es necesario, no solamente para la calidad del aire sino también para abordar las otras problemáticas ambientales:

“prestar atención seriamente a la realidad ambiental conduce ineludiblemente a la necesidad de un modo de pensar totalmente nuevo basado en la economía política y el aprendizaje interdisciplinar. Tal y como se ilustrará, esta es la razón de ser de la economía ecológica y social.” (Spash L., 2020, pág. 29)

Las medidas para mitigar los impactos ambientales, han encontrado obstáculos negacionistas de diversos sectores tales como: países desarrollados, ONG, e industrias con alta capacidad financiera; y la problemática de la calidad del aire no ha sido la excepción al negacionismo, tal como sucedió:

En los años setenta, los científicos se debatían sobre la idea de que los contaminantes del aire podrían ser transportados internacionalmente. La industria de quema de carbón para la generación de electricidad en Estados Unidos, Reino Unido y Alemania contestó con fuerza esta tesis y fue abiertamente negacionista en los años ochenta. Sin embargo, fue precisamente esta industria la responsable de las lluvias ácidas debidas a los dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno (Spash L., 2020, pág. 34)

Posteriormente a nivel internacional a finales de los setentas:

“La confirmación de la fuente de estas lluvias ácidas en los ecosistemas escandinavos hizo que el asunto se convirtiese en un problema político, lo que condujo a un proyecto internacional de investigación y a la firma global del Convenio de Naciones Unidas sobre Contaminación Transfronteriza a Gran Distancia de 1979” (Spash L., 2020, pág. 34)

Lamentablemente es usual que, en temas de calidad del aire, se ignoren las alertas, y los llamados a tomar medidas para evitar que se presente un episodio crítico, y no solamente se actúe de forma reactiva al momento de un suceso adverso por calidad del aire.

¿Será posible entonces que desde lo social (interrelacionado con lo económico) tengamos un cambio en nuestros patrones de consumo?, una pregunta importante, pero con una respuesta difícil porque “los humanos, como egoístas hedonistas, luchan unos contra otros para alcanzar sus deseos y necesidades personales” (Spash L., 2020, pág. 53)

Es claro entonces que los patrones de consumo se han desbordado, hasta el punto de tener la falsa creencia de que ese consumo puede ser ilimitado, precisamente por ese pensamiento egoísta como estilo de vida para alcanzar nuestros propios fines, dejando lo colectivo en un segundo plano. Por ello, se ha comenzado a tratar el aspecto económico desde la economía ecológica, la cual “enfatisa los límites del consumo material y energético, así como los problemas que esto pone sobre la mesa en relación con la obsesión económica moderna de incrementar el consumo” (Spash L., 2020, pág. 67)

Estas implicaciones económicas, políticas y sociales relacionadas con la figura de cuenca atmosférica, pueden agruparse en valoraciones económicas en los efectos en la salud por mala calidad de aire, en análisis costo beneficio en la coexistencia de zonas industriales y residenciales

dentro de un espacio geográfico delimitado, entre otros. Para este último caso, por ejemplo, es importante por cuanto se lograría determinar la reubicación o de las fuentes fijas o de las zonas residenciales, lo que podría solucionarse con la implementación de planes parciales, luego de contar con ese análisis costo beneficio. Asimismo, teniendo en cuenta como columna vertebral las implicaciones sociales que esto pudiera conllevar, no imponiendo ni compartiendo una decisión ya tomada, todo lo contrario, construyendo desde un principio bajo las necesidades de la comunidad tales como: su arraigo, sus costumbres y necesidades básicas, pero no mediante imposiciones que solamente buscan un desarrollo económico sin la gente.

Recordando que:

“En esencia, la economía es el arte del abastecimiento social. Esto requiere medios de producción para satisfacer todas las necesidades, pero más allá de esto, también requiere la estructura social para proporcionar vidas provistas de sentido y cuidados a través de prácticas diarias de reproducción e interacción con la naturaleza” (Spash L., 2020, pág. 69)

Una forma en la que podría haber una sinergia entre todo lo que implica implementar una cuenca atmosférica, con los aspectos de una economía ecológica, podría estar encaminada en que:

Los aspectos generales de la realidad que forman las preocupaciones de la economía ecológica se relacionan con lo ecológico y lo biofísico, especialmente en términos de flujos de materia y energía; lo económico, en términos de abastecimiento social; y lo social, en términos de estructuras institucionales, relaciones de poder, ética, justicia e igualdad (Spash L., 2020, pág. 125)

Porque aun cuando a simple vista creemos que son procedimientos que parezcan no estar interrelacionados, “los sistemas económicos como los sociales están también sujetos a estructuras biofísicas y sus condiciones, semejantes a leyes” (Spash L., 2020, pág. 126). Es decir, la cuenca atmosférica estará permeada por los aspectos sociales y económicos, y estos últimos condicionados a unos factores biofísicos dependiendo del territorio donde se encuentren. En otras palabras “la economía forma parte del medio ambiente natural y está sujeta a las condiciones (semejantes a leyes) de conservación de la masa y la energía” (Spash L., 2020, pág. 139).

Es claro que “no podemos tener una sociedad o economía sin un sistema biofísico funcional” (Spash L., 2020, pág. 174), reafirmando así la necesidad urgente de respetar los límites de asimilación que tiene la naturaleza por la contaminación que en esta se genera. Incluyendo también las emisiones atmosféricas y sus límites permisibles estipulados en la norma, incluyendo también la transformación de los usos del suelo que “son, junto con el crecimiento de la población, uno de los principales mecanismos que afectan a los ecosistemas” (Spash L., 2020, pág. 242), en especial la atmósfera por las emisiones contaminantes.

Resulta adecuado entonces, traer de nuevo la apreciación de Parra Cárdenas, esbozada en el numeral 3.2.2 de este trabajo, base natural de sustentación, la cual es la clave y el fin último que se deberá tener en cuenta para lograr un equilibrio entre cuenca atmosférica, ordenamiento territorial y mejoramiento de la calidad del aire. Porque “por cada ciudad es preciso analizar su desarrollo económico y social, a través de la composición y distribución de su población y de la individualización de los sectores económicos más destacados” (Faccioli, 2020, pág. 279).

Parte de la materialización de estas implicaciones estará relacionada con las restricciones que determine cada autoridad ambiental, para mejorar la calidad del aire, controlando así los

niveles de emisión los cuales tendrán relación directa con los niveles en inmisión. Por lo tanto, para el caso del Valle de Aburrá, se cuenta con la siguiente zonificación:



Ilustración 3 ZUAP Municipio de Medellín Centro de Medellín **Fuente:** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)



Ilustración 4 ZUAP Municipios de la Estrella y Sabaneta Zona Sur **Fuente** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)



Ilustración 5 ZUAP Municipio de Girardota Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 8)



Ilustración 6 ZUAP Industrial Municipio de Medellín Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 9)



Ilustración 7 ZUAP Industrial Municipio de Medellín **Fuente:** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 9)



Ilustración 8 ZUAP Municipio de Itagüí **Fuente:** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 10)



Ilustración 9 ZUAP Municipio de Sabaneta **Fuente:** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 10)



Ilustración 10 ZUAP Municipio de Bello **Fuente:** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 11)

Los polígonos anteriores, cuya denominación es Zona Urbana de Aire Protegido Industrial -ZUAP-I-, fueron creados por medio de la resolución metropolitana N° 2712 de 2019, cuya base metropolitana es el PIGECA, especialmente en sus ejes temáticos 5 y 6 relacionados con el “desarrollo industrial competitivo y de bajas emisiones y sobre la transformación de zonas sensibles a la contaminación para lo cual se deben crear zonas de baja emisión y zonas de circulación restringida en áreas estratégicas del Valle de Aburrá” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 3). Pero para comprender mejor esto, se debe entender por ZUAP- Fuentes Fijas como “zonas debidamente delimitadas en las cuales se tiene una alta participación en las emisiones generadas de contaminantes críticos en la región” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, art. 3), es decir, un área fuente de contaminación según el decreto 1076 de 2015.

De acuerdo con la resolución citada, estos polígonos se crean con base en los datos del mapa de emisiones, suministrados por el inventario de emisiones del año 2016, donde tales zonas concentran de forma acumulada entre el 50 % y el 60% de las emisiones totales de material particulado total, NO_x y/o SO₂. Lo que permite reforzar la idea de la importancia de contar con un sistema de medición de calidad del aire, para que, con los datos medidos se puedan tomar este tipo de acciones.

Esta resolución, también incorporó una serie de condicionamientos tanto para las industrias que se encuentren actualmente operando en los polígonos declarados, como contar con un Plan Individual de Reducción, con el fin reducir las emisiones generadas por estas fuentes fijas. Asimismo, prohíbe la instalación y operación de nuevas fuentes fijas dentro de los polígonos declarados, como medida que busca reducir de manera considerable las emisiones de contaminantes criterios en la atmósfera.

Los polígonos anteriores son clasificados como áreas fuente de contaminación, según el decreto 948 de 1995 compilado en el decreto 1076 de 2015, sin embargo, dicho acto administrativo no especifica si tales polígonos son clase I, clase II, clase III o clase IV, careciendo además, de la identificación de las fuentes fijas dentro de cada polígono que cuenta con licencia o permiso de emisiones, y sin un programa de reducción de emisiones y los cupos de emisión para cada área fuente declarada.

En el Municipio de Envigado, por ejemplo, en su Plan Municipal de Gestión del riesgo (2016):

En el sector de la construcción se pudieron presentar pérdidas económicas por el establecimiento de la restricción de la circulación de las volquetas en el perímetro urbano de Medellín, en donde solo podían circular entre las 10:00 am y las 5:00 pm el lunes 4 de abril de 2016. Y entre el martes 5 de abril y viernes 8 de abril de 2016 (pág. 162)

Y en el mismo sentido, el municipio de envigado (2016) encontró que:

el sector comercio se pudo afectar económicamente por la medida del día sin carro y sin moto (2 y 4 tiempos), desde las 3:00 de la tarde del sábado 2 de abril de 2016, hasta las 6:00 de la tarde del domingo 3 de abril de 2016 (pág. 162).

Tal como se ha expuesto en este trabajo de investigación, la declaratoria e implementación de una cuenca atmosférica implica la restricción de varios derechos fundamentales tales como: circulación y la propiedad privada. Por tanto, para que desde lo normativo la cuenca atmosférica sea implementada, deberá de regularse mediante una Ley Estatutaria, la cual se debe de tramitar cumpliendo los siguientes elementos:

(i) los elementos estructurales del derecho fundamental definidos en la Constitución, (ii) cuando se expida una normatividad que consagre los límites, restricciones, excepciones y prohibiciones que afecten el núcleo esencial, (iii) cuando el legislador tenga la pretensión de regular la materia de manera integral, estructural y completa [...], (iv) que aludan a la estructura general y principios reguladores y (v) que refieran a leyes que traten situaciones principales e importantes de los derechos.” (Corte Constitucional, 2017)

Esta interpretación y contexto de la Corte Constitucional sobre los criterios a tener en cuenta para la expedición de una Ley Estatutaria, ha sido una tendencia a lo largo del tiempo, pues lo ha reiterado en sentencias C- 425 de 1994, C-818 de 2011, C- 699 de 2013 y C- 044 de 2015.

Además de los anteriores elementos, para el caso de la propiedad privada, será necesario tener en cuenta que su restricción deberá promoverse mediante Ley Estatutaria solamente cuando se limite su núcleo fundamental. Es decir, cuando se presenta un menoscabo en el goce y disposición, los cuales son los dos elementos que hacen parte del núcleo esencial de la propiedad privada, entendiendo por el primero cuando “el propietario tiene el poder de goce, en virtud del cual puede apropiarse de los frutos proporcionados por una cosa.” (Ternera Barrios & Mantilla Espinosa, 2006, pág. 124); y por disposición cuando “el propietario tiene el poder de disposición, que reúne toda una serie de actos materiales y jurídicos con respecto al bien” (Ternera Barrios & Mantilla Espinosa, 2006, pág. 125) es decir, en un primer momento “el propietario puede realizar una disposición física, valiéndose de actos materiales como la destrucción, la transformación o el consumo de la cosa” (Ternera Barrios & Mantilla Espinosa, 2006, pág. 125), y en un segundo momento “se puede disponer del derecho real sobre el bien, por actos o negocios jurídicos, como la enajenación” (Ternera Barrios & Mantilla Espinosa, 2006, pág. 125).

Ahora bien, en cuando al derecho a la libertad de empresa, la misma Corte Constitucional determinó en sentencia C- 263 (2011) que el núcleo esencial de este derecho comprende las siguientes prerrogativas:

- i. el derecho a un tratamiento igual y no discriminatorio entre empresarios o competidores que se hallan en la misma posición
- ii. el derecho a concurrir al mercado o retirarse
- iii. la libertad de organización y el derecho a que el Estado no interfiera en los asuntos internos de la empresa como la organización empresarial y los métodos de gestión
- iv. el derecho a la libre iniciativa privada
- v. el derecho a la creación de establecimientos de comercio con el cumplimiento de los requisitos que exija la ley
- vi. el derecho a recibir un beneficio económico razonable (Corte Constitucional, 2011)

De acuerdo con lo anterior, es relevante entonces mencionar que al pretender imponer unas restricciones tal como se observa para el caso del Valle de Aburrá, que va también directamente relacionado con la libertad de empresa. Por cuando, se observa claramente una limitante al elemento del goce, toda vez que las restricciones a las fuentes fijas implican per se un desmedro en su patrimonio. Ahora bien, en cuando a la disposición, es claro que en las en los polígonos donde se han declarado zonas como áreas fuente de contaminación, existirá una restricción al asentamiento de nuevas áreas fuente y establecimientos de comercio, además, podría presentarse una restricción en la construcción en altura en zonas residenciales con el fin de evitar que estos elementos artificiales intervengan la trayectoria y dispersión de los contaminantes.

Está claro entonces que realizar unos estudios previos, una zonificación, una formulación y, posteriormente una implementación de una cuenca atmosférica tendrá implícito una colisión de derechos fundamentales tanto de personas naturales como jurídicas. Es decir, que la implementación de esta cuenca acarreará unas restricciones al núcleo fundamental de cada uno de los derechos fundamentales involucrados. Entre los cuales, como ya se mencionó anteriormente, se encuentran el derecho a la propiedad y el derecho a la libertad de empresa, además, del derecho a la circulación. Para ello entonces, las restricciones deberán ser diferenciadas entre empresas pues no todas cumplirán con las mismas condiciones en caso de ser objeto de restricciones en cuanto a su funcionamiento entre determinadas zonas horarias o, aquellos condicionamientos o prohibiciones para el establecimiento de nuevas empresas en zonas que sean consideradas de alto riesgo ambiental por contaminación atmosférica.

Por lo tanto, será obligatorio que, para lograr esta restricción y ponderación de derechos fundamentales, que sea mediante una Ley Estatutaria, que se regule y condicione todo lo relacionado con las cuencas atmosféricas, con el fin de que las autoridades ambientales puedan por medio de estudios pertinentes, declararlas en el área de su jurisdicción.

Ahora bien, en cuanto a las implicaciones de carácter social, especialmente en la participación de las comunidades en las decisiones que puedan afectarlas, el Constituyente con la expedición de la constitución Política de Colombia de 1991, plasmó en su artículo 2 consagró los fines esenciales del Estado, entre los cuales se encuentra el de “facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación” (Asamblea Nacional Constituyente, 1991, art. 2). Y en el artículo 95 numeral 5, se estipuló como un deber de la persona y el ciudadano el “participar en la vida política, cívica y comunitaria

del país” (Asamblea Nacional Constituyente, 1991) y, en el numeral 8 del citado artículo, la obligación de proteger y velar por los recursos naturales y propender por su conservación. Por tanto, la participación ciudadana en materia ambiental en palabras de Rodríguez (2021, pág. 101), citando a la Corte Constitucional (2017) “es una garantía que se convierte en la manera más adecuada para acordar políticas públicas para la conservación del ambiente y resolver conflictos de esta índole.”

Como uno de los actores fundamentales identificados en la metodología de la presente investigación para la implementación de las cuencas atmosféricas, es la sociedad quien otorga esa legitimidad en los procesos de participación ciudadana como principio y como valor, en donde se toman determinadas decisiones que pueden afectarla. Es tal su importancia, que la Honorable Corte Constitucional “ha definido la participación como un principio, una finalidad y una forma de gobierno representada en la democracia participativa” (Rodríguez, 2021, pág. 67), es decir, que “requiere de la injerencia de los ciudadanos en todas las actividades que le han sido confiadas a los gobernantes (Rodríguez, 2021, pág. 67), de lo contrario existiría una ilegitimidad del Estado en la toma de sus decisiones al no garantizar la incidencia de la ciudadanía en las actividades que le atañen, es decir, para el caso concreto, la delimitación e implementación de una cuenca atmosférica.

Asimismo, la participación ciudadana en materia ambiental procura que la incidencia de la comunidad sea tal, que se logre una protección del ambiente, que las decisiones tomadas sean realmente consensuadas teniendo en cuenta que la decisión del Estado la pueden afectar de forma directa e indirecta. Por lo tanto, garantizar una adecuada participación ciudadana en materia

ambiental, no solamente se estaría garantizando el derecho que tienen todas las personas de gozar de un ambiente sano, sino que también se les estaría garantizando el derecho a la vida, a la integridad, a la intimidad, a la salud, entre otros.

Por lo tanto, ante la inexistencia de una Ley que regule todo lo relacionado con la cuenca atmosférica, se propone, además, que la participación ciudadana alrededor de esta sea similar a la de los POMCA, garantizando las fases de aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación, y por último, las fases de formulación e implementación. Lo anterior fue inexistente para el caso del Valle de Aburrá, pues hubo ausencia en materia de participación ciudadana. Por ejemplo, al norte del Valle de Aburrá existe la comunidad negra de San Andrés, en el Municipio de Girardota, reconocida “mediante la Resolución 027 de 1999, y posteriormente por la jurisdicción nacional mediante la expedición del Oficio 07-24848-DET-1000 del Ministerio del Interior y de Justicia.” (Larraín González & Madrid Garcés, 2017, pág. 249). Ejemplo que nos permite concluir que: la declaratoria del Valle de Aburrá como cuenca atmosférica por una sola autoridad ambiental resulta totalmente ilegítima, pues no permitió la interacción en los debates que pudieran darse relacionados con la declaratoria de la cuenca atmosférica, es decir, sin que la comunidad tuviera la posibilidad de materializar sus derechos y deberes en materia ambiental.

5. Conclusiones y recomendaciones

- Existe un vacío jurídico en la norma colombiana en cuanto a la definición cuencas atmosféricas y en lo relativo al fenómeno de calidad del aire que se presenta, como, por ejemplo, en el transporte a largas distancias de diversos tipos de contaminantes criterio.
- Partiendo de la definición sobre el concepto de cuenca expuesto en la introducción de esta investigación, el aire no se podría asociar a una unidad definida de ocupación del espacio, por cuanto este tendrá diversos factores que incidir, como, por ejemplo, en el transporte de contaminantes a través de la velocidad y dirección de los vientos. Por lo tanto, al ser un aspecto dinámico y cambiante, el concepto como tal de cuenca atmosférica sería inadecuado.
- Una implementación de la figura de la pluma urbana puede ayudar a mejorar la gestión y planificación territorial relacionada con la calidad del aire como una alternativa de la cuenca atmosférica.
- Si bien es cierto que desde el AMVA se planteó que el Valle de Aburrá es una cuenca atmosférica, es claro que tal planteamiento carece de un sustento jurídico que permita justificar tal definición e implementación. Por cuanto, en el antecedente es el Acuerdo Metropolitano 8 de 2011, la definición está contenida en los considerandos y no en el articulado de ese acto administrativo, además, es evidente que no se determina la metodología para su declaratoria y delimitación.
- De acuerdo con la cláusula general de competencias que el legislador estableció en la Ley 99 de 1993, se puede decir que, al ser la cuenca atmosférica una figura que se encuentra

ausente en nuestro ordenamiento jurídico, es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la entidad encargada de realizar tal declaratoria, así como también definir los parámetros para su implementación.

- Una cuenca atmosférica podría tener una relación directa e indirecta con la planificación y ordenación de un territorio, es decir, tendrá incidencia en el condicionamiento y restricción de los usos del suelo, por lo tanto, puede ser considerada como un determinante ambiental. Sin embargo, tal y como se plasmó en las primeras conclusiones, una alternativa más adecuada para la cuenca atmosférica podría ser la pluma urbana, la cual también tendría incidencia en la planificación de un territorio.
- Las Áreas Fuente de contaminación y las ZEB deben considerarse también determinantes ambientales; además, deberán ser parte de la zonificación de las cuencas atmosféricas o pluma urbana.
- Para un adecuado manejo en un instrumento de gestión de calidad del aire, ya sea desde la figura de cuenca atmosférica o pluma urbana, es necesario tener en cuenta: la sana mezcla de usos del suelo (industrial, comercial y residencial), además de factores de movilidad (Gestión logística, gestión de demanda y control de parqueaderos); ya que una adecuada gestión de las fuentes fijas y las fuentes móviles propiciará que en un determinado territorio se cuente con una mejoría en la calidad del aire.
- Como lo concluyen Avellaneda- Cusarúa, Camelo – Ollarte- Valbuena- Chávez, Caetano Ernesto y López Bravo (2020), las emisiones que se generen en un territorio determinado; como, por ejemplo, el Valle de Sogamoso, puede afectar a otro, como al Valle de Aburrá, por lo que se hace más imperioso la implementación de las cuencas atmosféricas. Sin

embargo, para el autor de esta tesis de investigación, la pluma urbana encaja mejor para poder conocer cómo las emisiones que se generan en un territorio pueden ser transportadas a otro.

- En palabras de Faccioli (2020, pág. 285), “la densidad de los edificios y su altura dificultan la dispersión de las emisiones peligrosas para la salud”; aspecto que no fue tenido en cuenta en ninguna de las definiciones encontradas sobre cuencas atmosféricas.
- Desde la ENCA -considerándola como una política pública nacional- se busca comenzar a asociar la calidad del aire con las determinantes ambientales, comenzando por las áreas fuente de contaminación.
- Aunque la figura de cuenca atmosférica podría ser considerada como un determinante ambiental, de acuerdo con lo expuesto en el numeral 4.3.3., sería importante para futuros trabajos donde se aborde la figura de pluma urbana, analizar si esta última pudiese ser considerada como un determinante ambiental para la ordenación de un territorio.

Se recomienda:

- Una norma nacional de calidad del aire (Ley Estatutaria), con el fin de que se defina y dé directrices para la implementación de la pluma urbana o de las cuencas atmosféricas, como una función de las autoridades ambientales, articuladas con las entidades territoriales, de acuerdo con las características propias de los territorios de su competencia, donde se tenga en cuenta la estabilidad atmosférica, la capa de mezcla, entre otros elementos y procesos, tal como se explicó en el numeral 4.3.4 de este trabajo.

- Es necesario que las autoridades ambientales comiencen a elaborar estudios detallados de las dinámicas atmosféricas y sus riesgos, para que una vez consolidada la información, declaren las respectivas cuencas atmosféricas y, así, facilitar una mejor y adecuada toma de decisiones para la mejora de la calidad del aire.
- Que las entidades territoriales incorporen en sus instrumentos de ordenamiento territorial todo lo relacionado con la calidad del aire, de acuerdo con los insumos suministrados por la autoridad ambiental. Además, que estos estudios podrán servir para conocer más a fondo este riesgo ambiental y poder evitar daños ambientales.

6. Bibliografía

Área Metropolitana de Bucaramanga. (Marzo de 2020). *AMB*. Obtenido de

<https://www.amb.gov.co/torre-de-control-calidad-del-aire/>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Agosto de 2017). Documento del Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire. *Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire (PIGECA 2017-2030)*. Medellín, Colombia. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/PIGECA/PIGECA-Aprobado-Dic-2017.pdf>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2018). *Contaminación Atmosférica y sus Efectos sobre la Salud de los Habitantes del Valle de Aburrá*. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (31 de Agosto de 2018). Resolución metropolitana 2231. *Por medio de la cual se declaran unas Zonas Urbanas de Aire Protegido -ZUAP- dentro de la jurisdicción del Area Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (26 de Septiembre de 2019). Resolución Metropolitana 2712. *Por medio de la cual se declaran unas Zonas Urbanas de Aire Protegido por emisiones de fuentes fijas -ZUAP- dentro de la jurisdicción del Valle de Aburrá*. Medellín, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (8 de Abril de 2020). *Informe de Operación Marzo 2020*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Resumenes-calidad-del-aire/Resumen-Calidad-del-Aire-Marzo2020.pdf>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; CORANTIOQUIA. (18 de Diciembre de 2018). *Informe Unificado de los Inventarios de Emisiones en Fuentes Fijas del Valle de Aburrá*. Medellín, Colombia.

Asamblea Nacional Constituyente. (20 de Julio de 1991). Constitución Política. Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de Julio de 2022, de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html

Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA). (2020). *Ordenamiento Territorial para la Defensa del Territorio*. Bogotá.

California Environmental Protection Agency. (s.f.). *California Air Resources Board*. Recuperado el 2 de Enero de 2022, de https://ww2.arb.ca.gov/glossary?keywords=air+basins#search_anchor

Congreso de Colombia. (31 de Julio de 2006). Ley 1083. Bogotá, Colombia.

CONPES 3943. (2018). *Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire*. Bogotá.

Consejo Territorial para la Gestión del Riesgo de Desastres de Envigado. (Noviembre de 2016). *Plan Municipal para la Gestión del Riesgo del Municipio de Envigado*. Envigado, Colombia.

Contreras Jaime, E. A., & Dávila Villamizar, R. (s.f.). Diccionario básico de ecología. Bogotá, Colombia: Latinoamericana EDILAM Ltda.

Corte Constitucional. (6 de Abril de 2011). Sentencia C-263. Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de Julio de 2022, de [https://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/2011/C-263-11.htm#:~:text=2.5.3.1%20Como%20se%20indic%C3%B3,o%20retirarse%3B%20\(iii\)%20la](https://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/2011/C-263-11.htm#:~:text=2.5.3.1%20Como%20se%20indic%C3%B3,o%20retirarse%3B%20(iii)%20la)

Corte Constitucional. (20 de Abril de 2017). Sentencia C-223. Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de Julio de 2022, de <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/C-223-17.htm>

Corte Constitucional. (30 de Mayo de 2017). Sentencia T-361. Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de Julio de 2022, de <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/t-361-17.htm>

Corte Constitucional de Colombia. (26 de Enero de 2000). C- 037. Bogotá, Colombia.

Corte Constitucional de Colombia. (6 de Octubre de 2011). C-748. Bogotá, Colombia.

Cusarúa-Avellaneda, A., Olarte-Camelo, D., Valbuena Chávez, N., Caetano, E., & López Bravo, C. (2020). Cuencas atmosféricas, una variable ambiental para la planificación territorial. Estudio de caso: Valle de Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Tlalli. Revista de Investigación Geográfica*, 68-96.

Decreto ley 2811. (18 de Diciembre de 1974).

- Faccioli, C. (2020). *Calidad del aire y ciudad inteligente (Smart City) La protección de la calidad del aire como motor para el desarrollo urbano sostenible*. Barcelona: Atelier.
- Galvis Gaitan, F. (2019). *Manual de Derecho Urbanístico*. Bogotá: Temis S.A.
- García Elorrio, M., & Sommer, C. G. (2016). El Rol del Estado en la Responsabilidad Internacional por Daño Transfronterizo Ambiental: Re-direccionando bases Normativas Preexistentes. En A. C. Moreira, & R. A. Sanjuán Prieto, *La Responsabilidad Internacional del Estado y el Medio Ambiente. Un debate urgente* (págs. 77-148). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; Biblioteca Jurídica Dike.
- IV Congreso de Arquitectura Moderna. (1942). Carta de Atenas. Atenas, Grecia.
- Jiménez Mejía, J. F. (Octubre de 2016). Altura de la Capa de Mezcla en un área urbana, montañosa y tropical. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Colombia). Medellín, Antioquia, Colombia.
- Jung, M. C., Park, J., & Kim, S. (2 de January de 2019). Spatial Relationships between Urban Structures and Air Pollution in Korea. *Sustainability*, 11(2).
doi:<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/2/476>
- Larraín González, A., & Madrid Garcés, P. J. (2017). Expresiones artísticas afroantioqueñas y multiculturalismo en Colombia. Transformaciones locales. *Estudios Políticos*(51), 240-262. doi:<http://dx.doi.org/10.17533/udea.espo.n51a12>
- Ley 99. (22 de Diciembre de 1993). *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y*

los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 41.146.

Ley General de Calidad del Aire y Protección a la Atmósfera. (13 de Diciembre de 2013).

Ciudad de México, México.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Recuperado el 6 de Agosto de

2019, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

http://www.minambiente.gov.co/images/OrdenamientoAmbientalyCoordinaciondelSIN/pdf/Orientaciones_para_la_definicion_y_actualiza_de_las__Det_Amb.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Bogotá, Colombia.

Naciones Unidas. (4 de Marzo de 2018). <https://www.cepal.org/es/>. Recuperado el 21 de Junio de 2022, de

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43595/1/S1800429_es.pdf

Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University.

Parra Cárdenas, A., & Ortiz Parra, M. A. (2018). *Ordenamiento Territorial y Ambiental.*

Instrumentos de gestión. Bogotá: Leyer.

Pine, N., Salazar, J. F., Posada, J. A., Rodríguez, M., Rendón, Á. M., & Qunitero, O. L. (2017).

:Potential urban pollution impacts on protected areas in Colombia through atmospheric teleconnections Tipo de producto:Demás trabajos - Demás trabajos. *Workshop on*

- Atmospheric Pollution and its impact on human health, agriculture and natural ecosystems: a mathematical modeling perspective*, (pág. 3). Medellín. Recuperado el 1 de Junio de 2021
- Polania Ayala, M. C., & Sarmiento Granados, S. P. (5 de Noviembre de 2019). Análisis preliminar de las cuencas atmosféricas como herramienta de ordenamiento territorial a partir de Puente Aranda, Bogotá, Colombia. Bogotá, Colombia.
- Presidente de la República de Colombia. (20 de Septiembre de 2006). Decreto 3600. *por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo*. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, G. A. (2021). *Yo participo, tú participas, otros deciden: la participación ambiental en Colombia*. Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Rojas, D. L. (2018). Sustentabilidad ambiental urbana, alternativas para una política pública ambiental. *Bitácora Urbano Territorial*, 141-149.
doi:<http://mr.crossref.org/iPage?doi=10.15446%2Fbitacora.v28n1.52029>
- Romero Aravena, H., Salgado V., M., & Fuentes, C. (2009). Dimensiones ambientales y territoriales de la desigualdad y exclusión social en Santiago de Chile. (En prensa). *Repositorio Académico Universidad de Chile*. Recuperado el 2 de Enero de 2022, de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118092>

- Romero, H., Irarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M., & Smith, P. (Diciembre de 2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 36(109), 35-62. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000300002>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). <https://www.gob.mx/>. Recuperado el 5 de Enero de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/418381/13_ProAire_Jalisco.pdf
- Sierra Márquez, D. (2014). Una historia social y ambiental de la contaminación atmosférica en la ciudad de Medellín durante los años setenta. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Spash L., C. (2020). *Fundamentos para una economía ecológica y social*. Madrid: Catarata.
- Suarez Roldán, M. (2017). Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. *Estudio de bioaerosoles fúngicos captados de filtros PM10 de tres estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente.
- Tenera Barrios, F., & Mantilla Espinosa, F. (Junio de 2006). El concepto de derechos reales. *Revista de Derecho Privado*, 117-139. Recuperado el 4 de Julio de 2022, de https://derechoprivado.uniandes.edu.co/components/com_revista/archivos/derechoprivado/pri152.pdf

Ubajoa Osso, J. D. (2021). *Las bases del régimen jurídico del aire en Colombia*. Bogotá:

Universidad Externado de Colombia.

United Nations. (2006). *Reports of International Arbitral Awards*.

WHO. (2006). *World Health Organization. Guías de calidad del aire de la OMS relativas a material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno, y el dióxido de azufre*.

Recuperado el 6 de Agosto de 2019, de

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=F2E87169D9F748448347818E8D085C9A?sequence=1

Zhang, Y., Huang, W., Zhang, M., Tian, Y., Wang, G., & Deyu, Z. (27 de Noviembre de 2020).

Atmospheric Basins: Identification of Quasi-Independent Spatial Patterns in the Global Atmospheric Hydrological Cycle Via a Complex Network Approach. *JGR Atmospheres*, 125.

Zhou, C., Li, S., & Wang, S. (2018). Examining the Impacts of Urban Form on Air Pollution in

Developing Countries: A Case Study of China's Megacities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8).

doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph15081565>