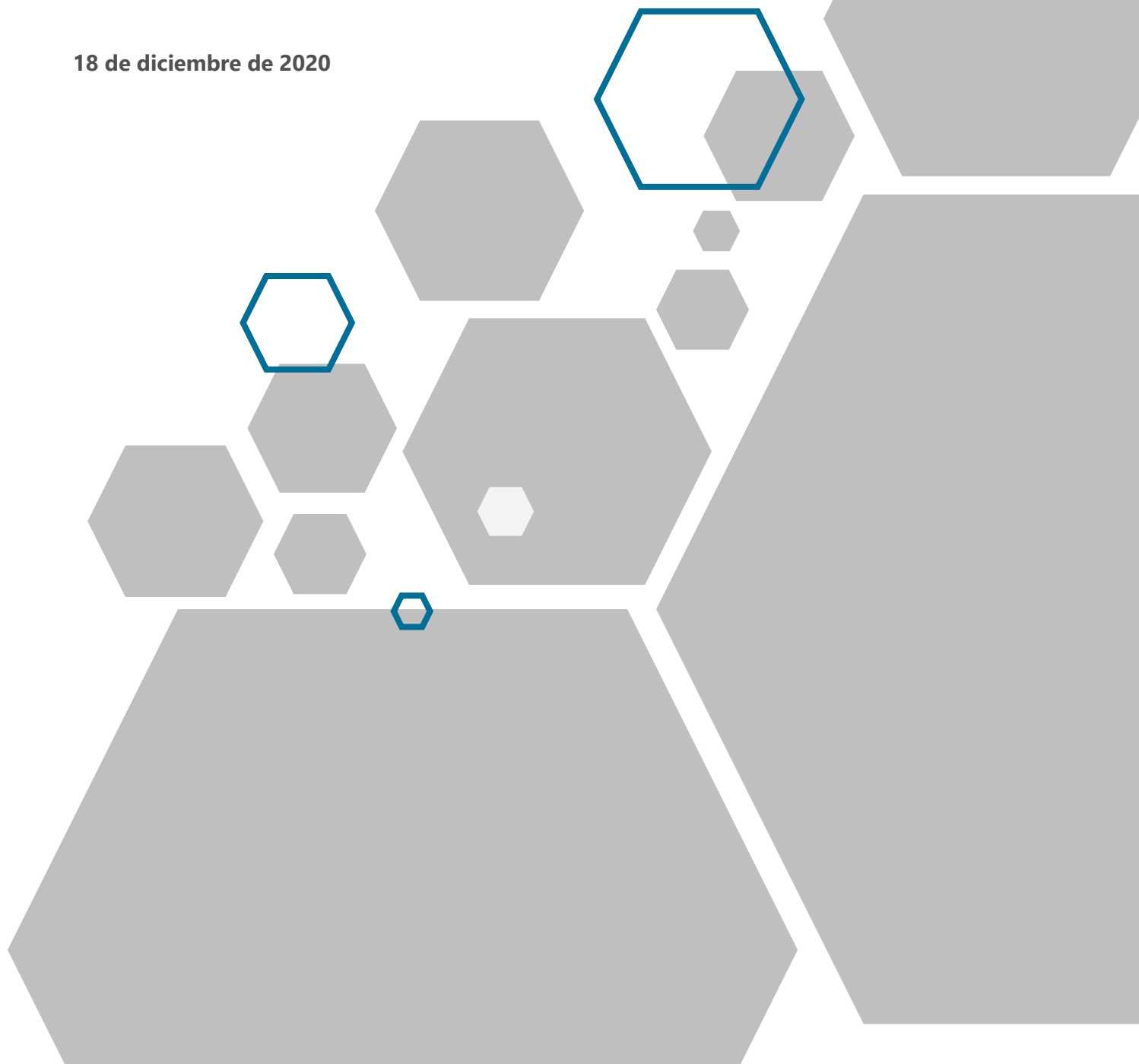


CONTRATO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA N° 835 DE 2020 ENTRE AMVA Y UPB



INFORME UNIFICADO DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES EN FUENTES FIJAS DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (AMVA) Y CORANTIOQUIA AÑO BASE 2018

18 de diciembre de 2020



**CONTRATO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA N° 835 DE 2020 ENTRE
UPB Y AMVA**

**UN PROYECTO DE:
ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ**

Juan David Palacio Cardona

Director

Ana María Roldan Ortiz

Subdirectora Ambiental

María Helena Gómez Gallo

Líder Programa Gestión Ambiental

EJECUTA:

Universidad Pontificia Bolivariana
Grupo de Investigaciones Ambientales

María Victoria Toro Gómez	Directora Científica.
Eliana Molina Vásquez I.S	Coordinadora de proyecto.
Alejandro Marín Sánchez	Profesional Mesas Gobernanza.
Liseth Galeano Ruiz	Profesional Indicadores.
Alexis Orrego Villegas	Profesional Programación MODEAM
María Isabel González Ospino	Profesional CAMx.
María Luisa Jaramillo Jaramillo	Profesional LEAP.
Paola Andrea Gómez Arias	Profesional POECA.
Sebastián Ruiz Gómez	Profesional Evaluación PM2.5.
Pablo García Rivera	Profesional Metodología US EPA.
Paola Cataño Barrientos	Profesional POECA.
Mariana Jiménez Alzate	Profesional Estrategia Talleres.

SUPERVISIÓN

Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Gloria Estela Ramírez Casas

Profesional Universitaria

Natalia Andrea Restrepo Vélez

Cristian Fernando Palacio Gómez

Apoyo a la supervisión

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
1. METODOLOGÍA	7
2. DATOS DE ENTRADA	7
3. RESULTADOS	8
3.1. SUBSECTORES Y DENSIFICACIÓN INDUSTRIALES.....	8
3.2. EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO	12
3.3. DEMANDA ENERGÉTICA	17
4. CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22

Lista de Figuras

Figura 1. Emisión de contaminantes criterio por tipo de fuente en zonas urbanas y rurales.....	6
Figura 2 Distribución densidad de empresas y fuentes industriales, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018.....	9
Figura 3 Densidad de empresas y fuentes industriales por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018.....	11
Figura 4 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018.....	14
Figura 5 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018.....	16
Figura 6. Emisión de contaminantes criterio discriminado por zonas urbanas y rurales del Valle de Aburra, año base 2018.	16
Figura 7 Distribución de la demanda energética por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018.....	17
Figura 8 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018.....	20
Figura 9 Consumo de combustible por sector económico, en zonas rurales y urbanas,.....	21

Lista de Tablas

Tabla 1 Resumen descriptivo metodología inventario fuentes fijas año base 2018.....	7
Tabla 2 Distribución de la densidad de empresas y fuentes industriales, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018	9
Tabla 3 Densidad de empresas y fuentes industriales por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018	10
Tabla 4 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018	13
Tabla 5 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018.....	15
Tabla 6 Demanda energética por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018	17
Tabla 7 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018	19

INTRODUCCIÓN

El Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Valle de Aburrá 2017-2030 – PIGECA- es el instrumento de gestión que identifica las necesidades de la región metropolitana del Valle de Aburrá y establece las estrategias y medidas requeridas para que los habitantes del territorio cuenten con una mejor calidad del aire al año 2030. El PIGECA fue adoptado mediante el Acuerdo Metropolitano N°16 del 06 de diciembre de 2017 y tiene como objetivo cuidar, proteger y mantener la calidad del aire del territorio para salvaguardar la salud pública, elevar el bienestar social y propiciar un desarrollo metropolitano sostenible, en una región con tendencia a ser baja en emisiones de carbono y en emisiones contaminantes.

Para el logro de sus objetivos, el PIGECA estableció estrategias y metas de disminución de la contaminación a corto, mediano y largo plazo en cada uno de los actores involucrados en el problema de la contaminación, con el fin de contribuir colectivamente al mejoramiento de las condiciones de calidad del aire en la región metropolitana.

Con el propósito de brindar soporte técnico en la implementación del PIGECA, se firmó el Contrato de Ciencia y Tecnología N°835 de 2020 entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana, el cual tiene entre sus alcances generar la apropiación del conocimiento científico del Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de Aburrá 2017-2030 (PIGECA) por parte de los sectores y las autoridades locales e impulsar su implementación, a partir de la optimización y aplicación del Sistema de Modelización Atmosférica (SMA), herramienta tecnológica que permite la evaluación permanente de la calidad del aire; la revisión y aplicación de los indicadores del Plan, a partir de la generación de un software para la evaluación y seguimiento al plan; el apoyo en la formulación de normas y el soporte en la ejecución del Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica (POECA), con el fin de fortalecer las capacidades del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como autoridad ambiental urbana y de transporte masivo y metropolitano.

Se presenta en este documento los resultados de la integración de los inventarios de emisiones atmosféricas con año base 2018, donde se articulan las emisiones de fuentes fijas de las zonas urbanas (jurisdicción AMVA) y rurales (jurisdicción CORANTIOQUIA) del Valle de Aburrá, asociado al alcance del contrato “Asesoría, transferencia de conocimientos científicos, complementación y seguimiento a las acciones asociadas a la gobernanza del PIGECA”.

RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, un inventario de emisiones atmosféricas es “una base de datos que enumera, por fuente, la cantidad de contaminantes atmosféricos liberados a la atmosfera durante un año u otro período de tiempo”. Esta herramienta permite dirigir las acciones regulatorias a las fuentes de mayor aporte de contaminantes además son un insumo para la ejecución de los modelos matemáticos usados para la estimación la calidad del aire futura. (United States Environmental Protection Agency, 2019). De esta forma es posible fijar límites, tomar medidas de prevención y crear estrategias de reducción de emisiones.

En vista de la importancia que tienen estos inventarios para la gestión de la calidad del aire, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha venido desarrollando desde el año 1998, junto con instituciones de educación superior de la región, el inventario de emisiones atmosféricas para el Valle de Aburrá. Desde entonces, el inventario se ha actualizado a través de diferentes convenios, aplicando la metodología Bottom-Up que consiste en la recolección detallada de los datos de las fuentes fijas, móviles y de área para la estimación de las emisiones de contaminantes criterio y gases efecto invernadero, y contaminantes no convencionales que en total suman 213 especies para el último estudio con año base 2018 en un dominio de 60 x 60 kilómetros.

La cuantificación de las emisiones provenientes del sector industrial se obtiene de los datos reportados sobre las mediciones o monitoreos isocinéticos de las fuentes fijas de las empresas que están registradas con expedientes metropolitanos. Para aquellos procesos o fuentes que no se tengan dichas mediciones, las emisiones se estiman aplicando los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA. AP-42) en algunos procesos se emplean los factores de emisión de la Agencia Ambiental Europea (EEA).

En el presente documento se realiza la integración de los inventarios de emisiones en fuentes fijas de las zonas urbanas (jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá) y las zonas rurales (jurisdicción de Corantioquia), para el año base 2018.

En el Valle de Aburrá se encontró un total de 2,339 fuentes asociadas a 773 empresas, para aquellos procesos con emisiones atmosféricas que cuentan con seguimiento por parte de cada autoridad ambiental, de las cuales en las zonas rurales se encuentran asentadas 75 empresas con 201 fuentes, mientras que en las zonas urbanas están presentes 698 empresas asociadas a 2138 fuentes.

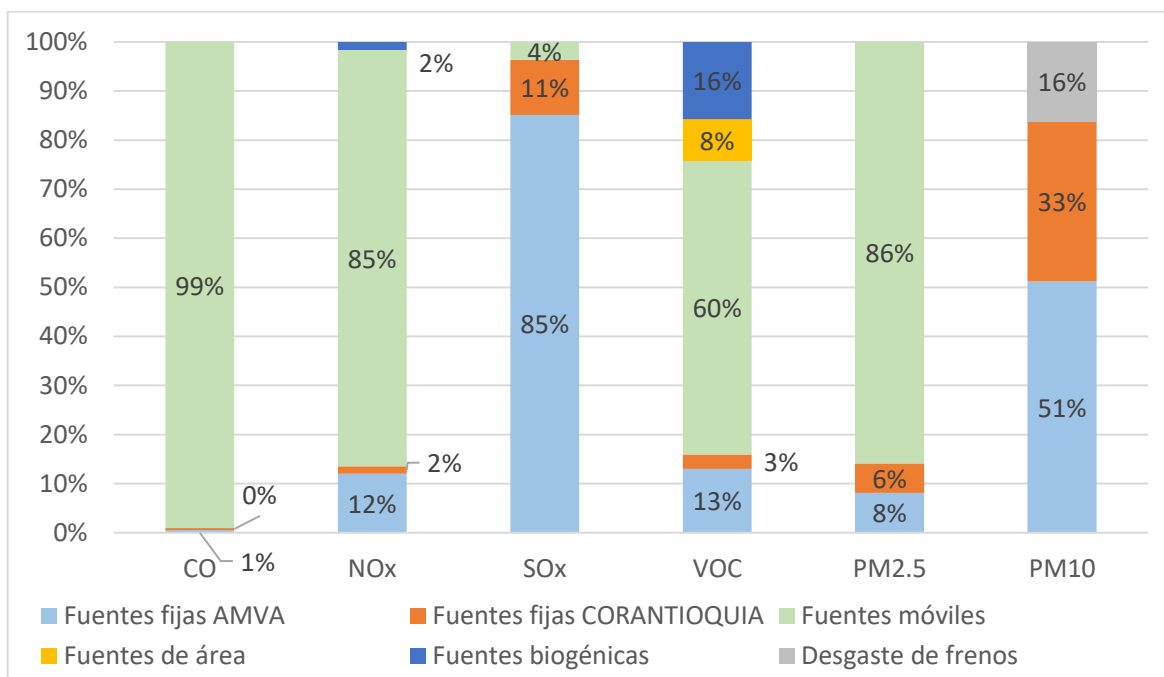
De acuerdo con los registros en los municipios de Medellín e Itagüí se encuentran asentadas el 70% de las empresas que liberan al aire contaminantes por procesos y ductos que representan el 62% de las fuentes totales de todo el Valle de Aburrá. Adicionalmente, los subsectores de textil (TXT), bebidas, alimentos y tabaco (BAT) y metalmecánico (MMC) son los que agrupan un poco más de la mitad de las empresas y fuentes totales.

Para el inventario integrado año base 2018, la emisión de contaminantes criterio por parte de las empresas del Valle de Aburrá fueron de 5,235 ton de monóxido de carbono(CO), 2,640 ton de óxidos de nitrógeno (NO_x), 3,821 ton de óxidos de azufre (SO_x), 8,705 ton de compuestos orgánicos volátiles (VOC), 1,873 ton de material particulado total (PM), 630 ton de material

particulado inferior a 10 mciras (PM10), 432 ton de material particulado inferior a 2.5 mciras (PM_{2.5}), 71 ton de material particulado inferior a 1 mcira (PM1), 5,650 ton de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOC). En materia de gases de efecto invernadero, se emitieron 1,780,816 ton de dióxido de carbono (CO₂), 110 ton de metano (CH₄) y 28 ton de óxido nitroso (N₂O).

En conjunto con las emisiones del inventario de fuentes móviles, fuentes de área, fuentes biogénicas y desgaste de frenos para el año base 2018, del informe final del Contrato de Ciencia y Tecnología N° 1179 de 2018, la distribución de emisiones de contaminantes criterio para el Valle de Aburrá se muestra en la Figura 1, donde las fuentes fijas poseen corresponden tanto a las zonas urbanas como a las zonas rurales.

Figura 1. Emisión de contaminantes criterio por tipo de fuente en zonas urbanas y rurales.



Fuente: Elaboración propia.

FUENTES FIJAS

La integración de los inventarios de emisiones entre las jurisdicciones de AMVA y CORANTIOQUIA, para fuentes fijas del sector industrial con año base 2018, se elabora con el fin de conocer el estado actual y completo de la emisión de contaminantes de las zonas rurales y urbanas del Valle de Aburrá, para dar soporte a la toma de decisiones relacionadas con escenarios de control y reducción de emisiones, asociado a las fuentes fijas.

1. METODOLOGÍA

La metodología utilizada emplea los datos obtenidos de las mediciones o monitoreos isocinéticos realizadas por las empresas, a las fuentes fijas. Para los casos que no se tengan las mediciones respectivas, se estiman aquellas emisiones con base en factores de emisión usados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA. AP-42). En la Tabla 1 se resumen las actividades desarrolladas y en el caso de requerir mayor detalle de los pasos abordados, remitirse al Informe Final del convenio de asociación CA-335 de 2016 entre AMVA-UPB, en el capítulo "Sistema de Modelización Atmosférica (SMA)".

Tabla 1 Resumen descriptivo metodología inventario fuentes fijas año base 2018

FUENTES FIJAS	
Grupo de Fuente	Fuentes fijas sector industrial
Sub Grupo	Fuentes fijas subsectores económicos (BAT, TXT, CVL, PAP, PCE, MMC, QMC, CUR, ASF, TER, MAD, OTR)
Categorías	Procesos o equipos generadores de emisiones atmosféricas (CAL, HOR, CAB, CAP, TMA, IMP, EXT, TYM, OTR).
Uso Final	Carbón, Gas Natural, Energía Eléctrica, biomasa, otros.
Metodología	Modelo IEFI (Inventario de Emisiones de Fuentes Industriales)
Factores de Emisión (FE)	Factores de emisión (FE) reportados en el AP-42 Compilation of Air Pollution Emission factores de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. De igual manera se emplean, para algunas actividades industriales, los FE de la Agencia Ambiental Europea (EEA) en conjunto con el Programa cooperativo para el monitoreo y la evaluación de contaminantes del aire de largo alcance de transmisión (EMEP). Se reportan principalmente los contaminantes MP, PM10, PM2.5, NOx, SO2, VOC, CO y como gases de efecto invernadero el CO2, CH4 y N2O. Es necesario destacar que en el modelo IEFI se estima la emisión de 179 especies o contaminantes.
Fuente de Información	Consulta de informes técnicos en el Sistema de Información Metropolitano (SIM), del grupo de Control y Vigilancia de la Subdirección Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y en el Sistema de Información de Recursos Naturales e-Sirena de CORANTIOQUIA. Revisión de monitoreos isocinéticos allegados por las empresas en los expedientes o códigos metropolitanos de ambas Entidades.

Fuente: elaboración propia

2. DATOS DE ENTRADA

Mediante la consulta de expedientes metropolitanos en la jurisdicción del AMVA y de los expedientes ambientales en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, se extrae y actualiza la información

técnica y operacional de las empresas, en función de sus procesos productivos, dando prioridad a datos como tipo de proceso o equipo, producción, consumo de combustible (si aplica), frecuencia de operación y las variables de medición en monitoreos isocinéticos como caudal, temperatura, presión y composición de los gases de salida. La base de datos actualizada se alimenta al aplicativo de fuentes fijas industriales, con el fin de realizar consultas y gestión de la información por parte de los grupos técnicos del AMVA, CORANTIOQUIA y UPB.

Se ha realizado la validación y actualización de información de aquellas empresas en el sector industrial que, han dado por terminada su operación, se trasladaron de domicilio o no requieren medición por su tipo de procesos al no generar emisiones de contaminantes atmosféricos.

Adicionalmente, se realizó la revisión detallada de la información de aquellas empresas categorizadas como mayores emisoras y con datos atípicos, permitiendo realizar ajustes a sus sistemas de control y demás datos operacionales.

3. RESULTADOS

Para el análisis de los datos correspondientes a las mediciones por monitoreos isocinéticos, se ha realizado la búsqueda y actualización de factores de emisión asociados a los diferentes procesos realizados en el Valle de Aburrá.

Como resultado de la revisión de expedientes, se generó la base de datos para la articulación del inventario de emisiones atmosféricas en fuentes fijas, en zonas rurales y urbanas, analizando y ajustando aquellos procesos con datos operacionales anómalos, asignando adicionalmente sus respectivos factores de emisión. Se adjunta en el archivo de Excel la base de datos actualizada, con los datos correspondientes a los registros alimentados por UPB.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la integración del inventario de fuentes fijas año base 2018 del Valle de Aburrá.

3.1. SUBSECTORES Y DENSIFICACIÓN INDUSTRIALES

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de empresas y fuentes discriminadas por municipio y por jurisdicción, asociado de igual manera el porcentaje de participación al sector industrial asentado en el Valle de Aburrá. Los resultados muestran que se encontraron 773 empresas que emiten contaminantes al aire responsables por un total de 2339 fuentes.

Se destaca que en los municipios de Medellín e Itagüí se concentran la mayor cantidad, tanto de empresas como de fuentes industriales, aportando entre ambos municipios el 70% de las empresas y el 62% de las fuentes, siendo Medellín el de mayor aporte con un 45% de asentamiento de empresas y del 38% de fuentes; para el municipio de Itagüí tiene presencia del 25% de las empresas y el 24% de las fuentes totales, seguidamente se encuentran los municipios de Sabaneta e Itagüí, que ambos aportan el 16% tanto de empresas y asentamiento de fuentes, destacando los resultados del municipio de Girardota, al tener el 2% de las empresas del Valle de Aburrá, asociado a 201 fuentes puntuales o chimeneas, que equivalen al 9% del parque industrial total del valle de Aburrá.

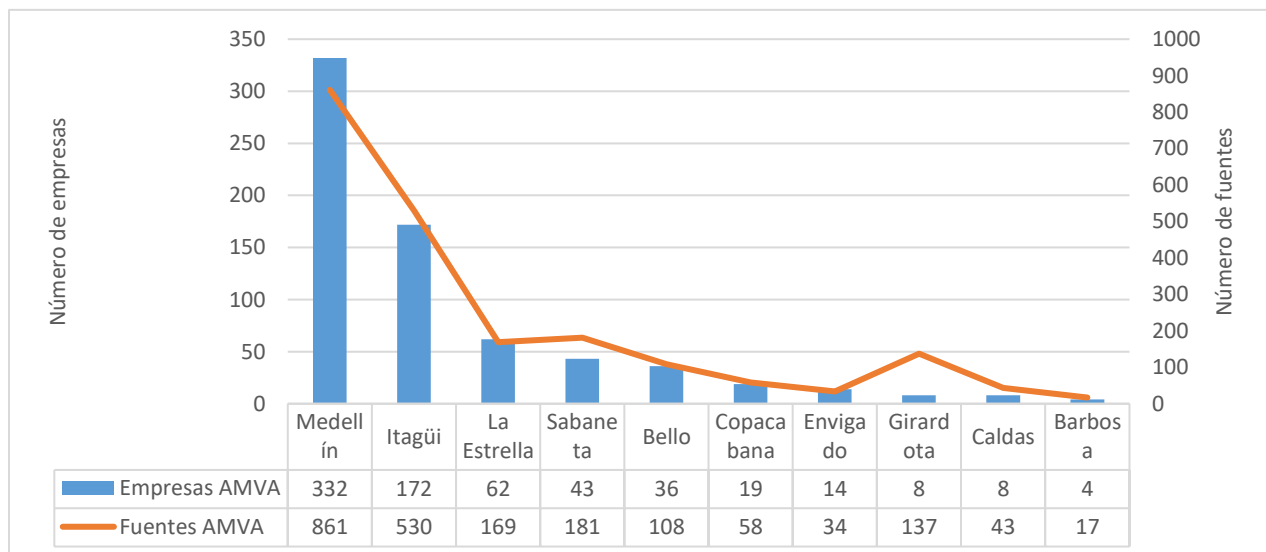
En la Figura 2 se observa el comportamiento del número de empresas y fuentes por municipio

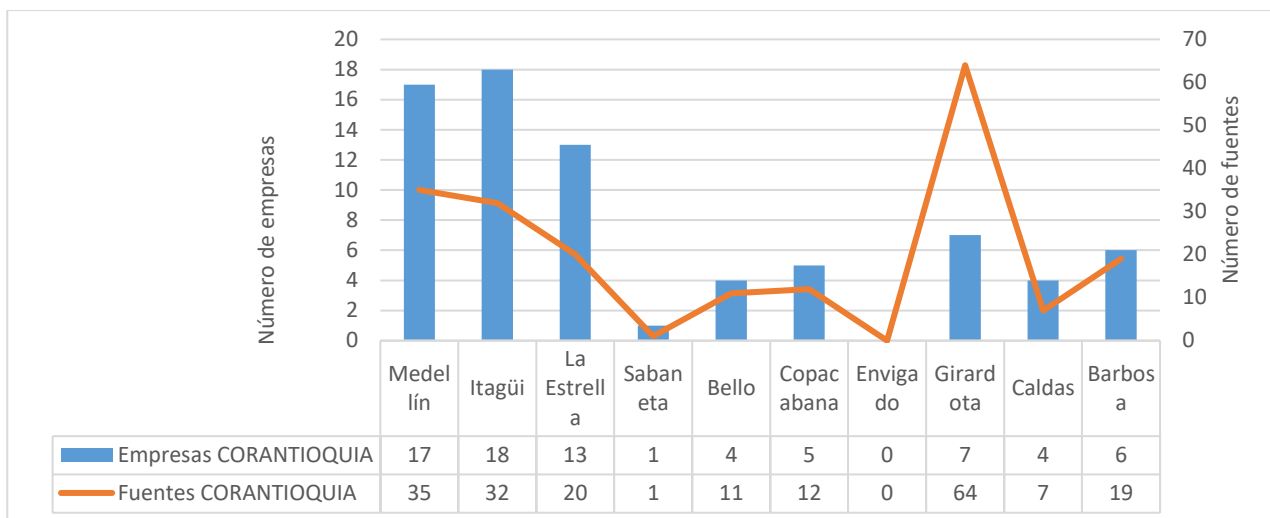
Tabla 2 Distribución de la densidad de empresas y fuentes industriales, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018

MUNICIPIO	Empresas			FUENTES		
	AMVA	Corantioquia	Participación	AMVA	Corantioquia	Participación
Barbosa	4	6	1%	17	19	2%
Bello	36	4	5%	108	11	5%
Caldas	8	4	2%	43	7	2%
Copacabana	19	5	3%	58	12	3%
Girardota	8	7	2%	137	64	9%
Itagüí	172	18	25%	530	32	24%
La Estrella	62	13	10%	169	20	8%
Medellín	332	17	45%	861	35	38%
Envigado	14	0	2%	34	0	1%
Sabaneta	43	1	6%	181	1	8%
TOTAL	773			2339		

Fuente: elaboración propia

Figura 2 Distribución densidad de empresas y fuentes industriales, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018





Fuente: elaboración propia

De igual manera, se realizó un análisis de densidad de empresas y fuentes por subsector industrial. En la Tabla 3 se muestran los resultados con el porcentaje de aporte de cada subsector, siendo la actividad productiva de los subsectores de bebidas, alimentos y tabaco (BAT), metalmeccánico (MMC), el textil (TXT) y otros (OTR) los de mayor presencia de empresas y fuentes, representando el aporte del 63% y 66% respectivamente.

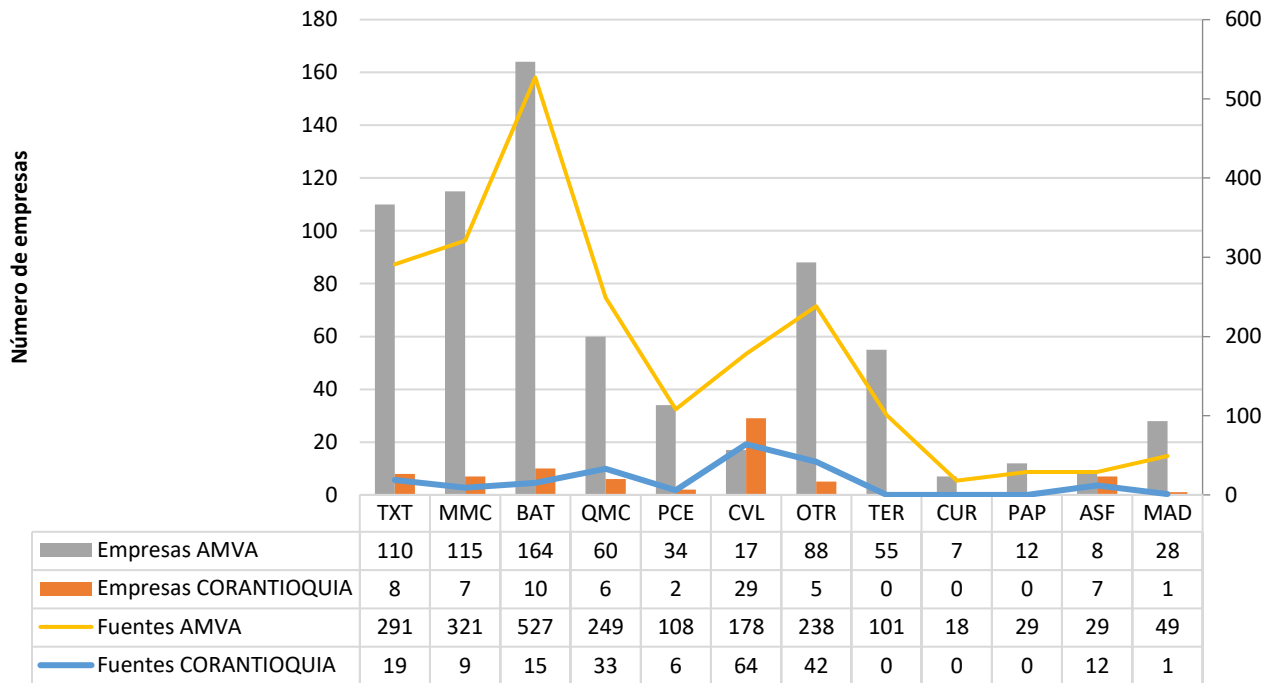
En la Figura 3 se muestra el comportamiento del número de empresas y fuentes por subsector industrial.

Tabla 3 Densidad de empresas y fuentes industriales por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018

MUNICIPIO	Empresas		FUENTES	
	AMVA	CORANTIOQUIA	AMVA	CORANTIOQUIA
Barbosa	4	6	17	19
Bello	36	4	108	11
Caldas	8	4	43	7
Copacabana	19	5	58	12
Girardota	8	7	137	64
Itagüí	172	18	530	32
La Estrella	62	13	169	20
Medellín	332	17	861	35
Envigado	14	0	34	0
Sabaneta	43	1	181	1
TOTAL	773		2339	

Fuente: elaboración propia. BAT: bebidas, alimentos y tabaco; TXT: textil y confección; CVL: cerámicos y vítreos; PAP: papel, cartón, pulpa e impresión; PCE: plásticos, cauchos y empaques; MMC: metalmeccánico; QMC: químico; CUR: cueros; ASF: derivados del petróleo; TER: terciario; MAD: aserrios, depósitos de maderas, e industrias que trabajan la madera; OTR: otras industrias.

Figura 3 Densidad de empresas y fuentes industriales por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018



Fuente: elaboración propia

3.2. EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO

Dentro del inventario de fuentes fijas, se tienen contemplados 179 contaminantes atmosféricos, que se agrupan en familias como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), compuestos orgánicos volátiles (VOC), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOC), material particulado total de diferentes tamaños (PM_x) y para los gases de efecto invernadero se analizan el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

Las emisiones en (ton/año) de los contaminantes atmosféricos evaluados se visualizan en la Tabla 4 y en la Figura 4 por subsector industrial, los cuales los de mayor aporte son los subsectores de Cerámicos, Vitreos y Ladrillos (CVL) y el textil (TXT), seguido por los subsectores de bebidas y alimentos (BAT) y el químico (QMC).

A partir de los resultados de las emisiones obtenidas para las diferentes industrias en el Valle de Aburrá, se observa al subsector Cerámico, Vitreos y Ladrillos como la principal actividad económica emisora de la mayoría de los contaminantes criterio evaluados, con excepción de los VOC y NMVOC que son liberados por el subsector Textil y Plásticos, Cauchos y Empaques, con un aporte del 79% y 81%, correspondiente a los procesos de termofijación e impresión flexográfica respectivamente.

El subsector Cerámico emite en promedio el 43% de las emisiones de material particulado total, menor a 10 micras y 2.5 micras (MP, PM₁₀ y PM_{2.5}), mientras que el subsector textil es responsable del 37% de las emisiones de material particulado inferior a 1 micra (PM₁).

Es necesario indicar que para el PM₁ es producto de la combustión del gas natural, por lo que los principales emisores son los subsectores de textil, el de bebidas, alimentos y tabaco y el terciario.

Para el SO_x, se observa que entre los subsectores Textil y Químico son responsables del 78% de sus emisiones, siendo el 49% aportado por el Textil.

Para el caso de los gases de efecto invernadero, el subsector Textil aporta aproximadamente el 35% de las emisiones de los 3 contaminantes descritos anteriormente (CO₂, CH₄ y N₂O).

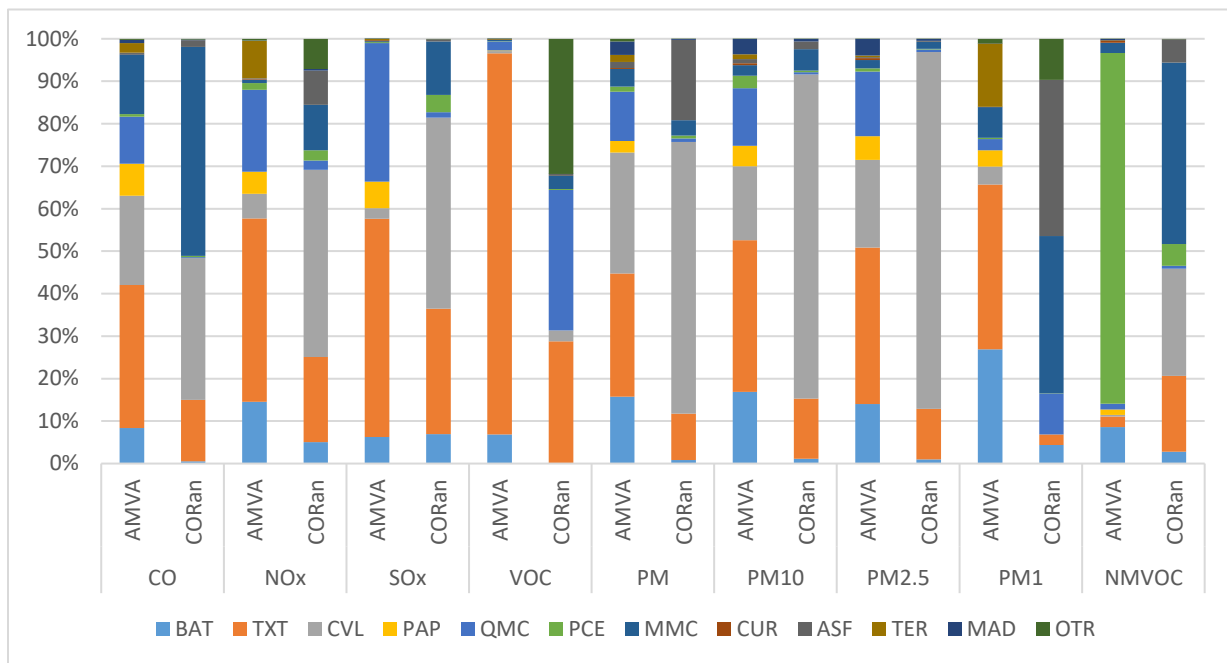
Al realizar el análisis de emisión por municipio como se muestra en la Tabla 5 y la Figura 5, aparecen los municipios de Medellín e Itagüí como los principales emisores de la mayoría de contaminantes evaluados, resaltando el aporte principalmente de Itagüí que presenta el 63% y 52% de la emisión de VOC y NMVOC respectivamente. Así mismo, también es importante en materia de emisión del SO_x, la responsabilidad tanto de Itagüí como de Girardota con el 29% cada uno seguido de Bello con el 20% de estas emisiones.

Tabla 4 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018

Sector	CO		NOx		SOx		VOC		PM		PM10		PM2.5		PM1		NMVOC	
	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR
BAT	269	11	341	15	212	31	490	0	196	5	65	3	35	2	18	0	480	269
TXT	1,088	289	1,013	59	1,733	131	6,378	459	361	68	138	35	92	22	27	0	136	1,088
CVL	679	670	136	130	85	200	37	41	354	403	67	187	51	154	3	0	23	679
PAP	243	0	122	0	212	0	11	0	34	0	18	0	14	0	3	0	71	243
QMC	358	5	453	6	1,100	6	150	528	145	5	52	1	38	1	2	0	75	358
PCE	19	6	37	7	8	18	1	4	15	4	11	1	2	0	0	0	4,599	19
MMC	456	988	20	31	9	56	27	49	51	22	10	12	5	3	5	1	135	456
CUR	2	0	3	0	6	0	0	0	3	0	2	0	1	0	0	0	29	2
ASF	8	32	4	24	1	2	2	7	17	119	4	5	0	0	0	1	1	8
TER	74	0	207	0	11	0	8	0	21	0	4	0	1	0	10	0	5	74
MAD	24	3	1	1	0	0	1	0	39	2	14	1	10	1	0	0	18	24
OTR	8	4	10	21	0	0	3	508	8	0	0	0	0	0	1	0	0	8
Total	3,228	2,007	2,346	294	3,376	445	7,109	1,596	1,243	629	385	245	248	183	69	3	5,573	3,228

BAT: bebidas, alimentos y tabaco; TXT: textil y confección; CVL: cerámicos y vítreos; PAP: papel, cartón, pulpa e impresión; PCE: plásticos, cauchos y empaques; MMC: metalmecánico; QMC: químico; CUR: cueros; ASF: derivados del petróleo; TER: terciario; MAD: aserríos, depósitos de maderas, e industrias que trabajan la madera; OTR: otras industrias.

Figura 4 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos por subsector industrial, en zonas rurales y urbanas, año base 2018



Fuente: elaboración propia

Para el caso de material particulado, las mayores emisiones del MP se presentan en los municipios de Itagüí, Medellín y Girardota, con un aporte del 26%, 24% y 17% respectivamente, para el PM10 y PM_{2.5} las emisiones principalmente se dan en los municipios de Medellín, Itagüí y Sabana-neta, siendo Medellín con el mayor aporte del 30% para el PM_{2.5}. Para el PM1 el 47% es emitido por Medellín, seguido por Itagüí con el 21%.

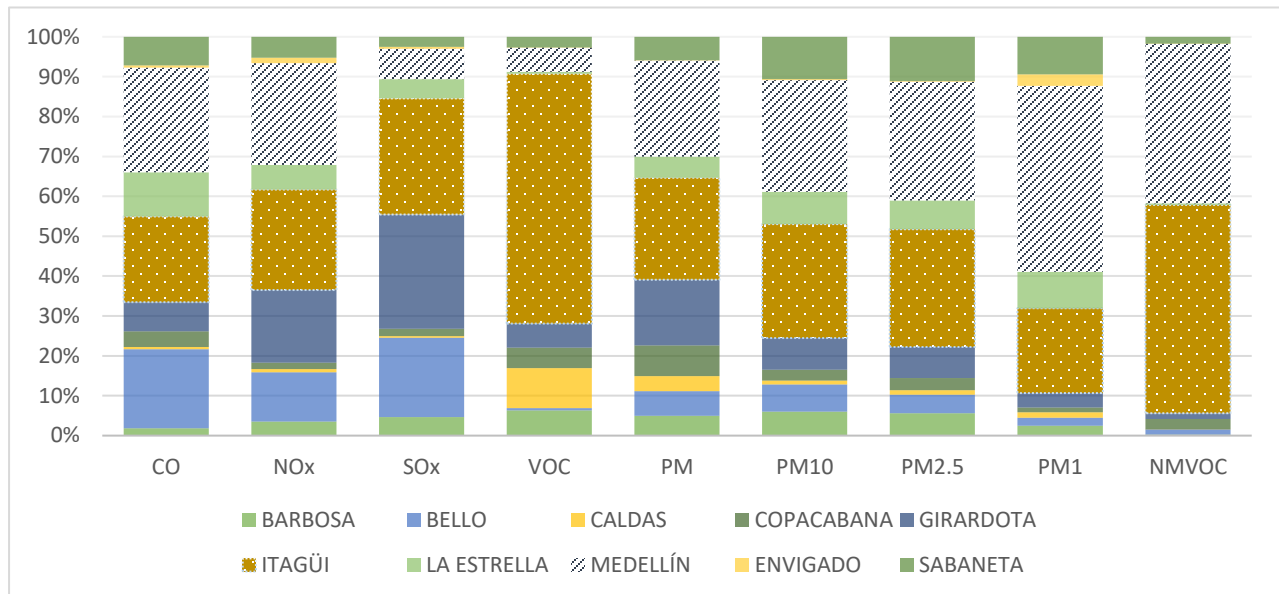
Para los gases de efecto invernadero, Medellín es el principal emisor de CO₂, CH₄ y N₂O con un aporte promedio del 36% seguido por Itagüí con un 23%, mostrando adicionalmente una emisión por parte de Girardota del 11%.

Tabla 5 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018

Municipio	CO		NOx		SOx		VOC		PM		PM10		PM2.5		PM1		NMVOC	
	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR
BARBOSA	80.2	17.5	74.0	19.2	138.0	39.0	2.5	551.3	63.1	29.4	26.0	12.0	18.0	6.1	1.6	0.2	9.9	1.9
BELLO	233.1	804.7	293.1	32.8	702.9	57.8	5.6	43.8	106.1	9.6	39.6	3.2	18.2	1.9	1.4	0.0	48.0	29.7
CALDAS	23.6	4.1	18.2	3.8	15.2	0.2	869.4	0.2	69.0	1.8	4.7	1.5	4.0	0.9	0.9	0.1	0.9	0.1
COPACABANA	182.8	23.4	12.4	28.9	17.0	55.1	29.2	421.0	16.0	128.2	6.8	10.4	5.9	7.6	0.3	0.6	139.0	6.6
GIRARDOTA	348.4	32.1	440.3	41.5	1,070.3	22.3	7.4	513.0	294.5	14.6	44.2	5.7	31.9	1.6	1.8	0.7	74.5	4.8
ITAGÜI	889.2	238.0	601.7	62.6	1,034.3	78.0	5,444.8	13.3	278.6	199.7	95.7	84.4	63.6	63.7	15.2	0.0	2,944.4	6.8
LA ESTRELLA	219.5	361.7	131.3	31.9	121.4	63.1	13.6	24.0	70.0	29.9	35.1	15.8	21.2	10.0	6.5	0.1	13.1	13.0
MEDELLÍN	847.1	525.6	600.5	73.4	163.9	129.1	501.2	29.3	233.8	216.1	64.7	111.7	36.8	91.6	32.1	1.1	2,246.3	13.8
ENVIGADO	28.9	0.0	34.9	0.0	17.8	0.0	1.6	0.0	2.7	0.0	1.6	0.0	0.8	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0
SABANETA	375.3	0.0	139.3	0.0	95.2	0.0	233.8	0.0	109.6	0.0	66.8	0.0	48.0	0.0	6.7	0.0	94.8	0.0
Total	3,228	2,007	2,346	294	3,376	445	7,109	1,596	1,243	629	385	245	248	183	69	3	5,573	77

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos, en zonas rurales y urbanas, por municipio año base 2018

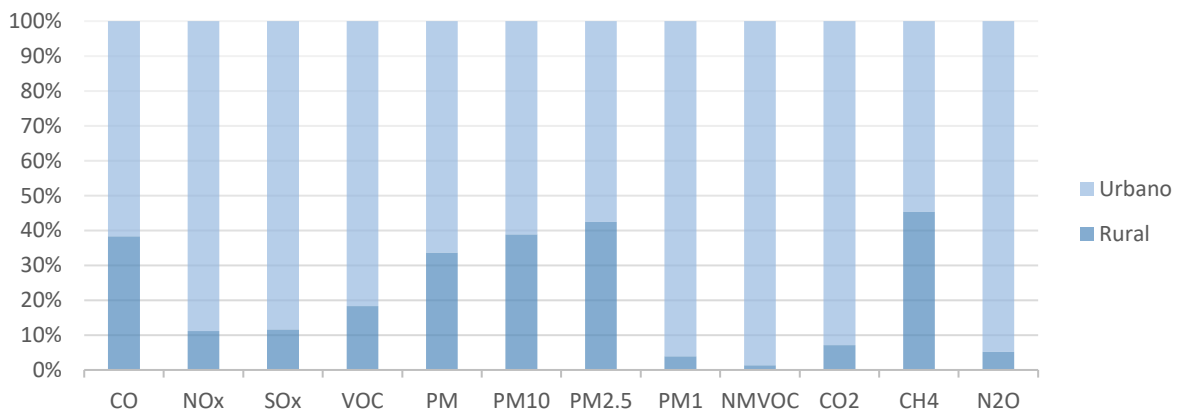


Fuente: elaboración propia

En la integración de los inventarios de emisiones de la jurisdicción de Corantioquia y AMVA, se tiene que para el contaminante criterio más relevante que es el $PM_{2.5}$, luego de realizar ajustes a las emisiones y factores de emisión en función del consumo y producción promedio, las zonas urbanas del Valle de Aburrá emiten 248 ton/año mientras que en las zonas rurales emiten 183 ton/año como se puede observar en la Tabla 4, dejando al subsector de Cerámicos, vitreos y ladrillos como el principal emisor de dicho contaminante, lo anterior debido a los procesos realizados por las ladrilleras y tejares, siendo la emisión total de $PM_{2.5}$ de 432 ton/año, donde el 58% es aportado por las zonas urbanas mientras que el 42% lo aportan las zonas rurales.

En la Figura 6 se muestra la proporción de las emisiones de contaminantes criterio por zonas urbanas y rurales en el Valle de Aburrá

Figura 6. Emisión de contaminantes criterio discriminado por zonas urbanas y rurales del Valle de Aburrá, año base 2018.



Fuente: elaboración propia

3.3. DEMANDA ENERGÉTICA

Para las empresas asentadas en el Valle de Aburrá, se cuantificó la demanda energética a partir de los datos de consumo de combustible.

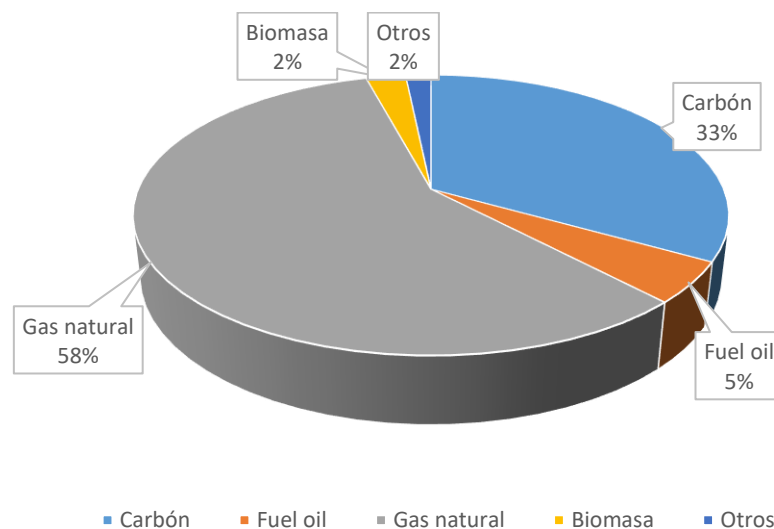
En la Tabla 6 se presentan los resultados generales y en la Figura 7 se visualiza la proporción del consumo de cada tipo de combustible. Se obtiene que, en el sector industrial la energía consumida, proviene principalmente del uso del gas natural con una representatividad del 58%, seguido por el carbón con un 33%, el fuel oil con un 5% y la biomasa y otros combustibles con un 2%.

Tabla 6 Demanda energética por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018

Demanda energética (Año 2018)						
Combustible		Consumo	Unidades	PCI	Unidad	TJ/año
Carbón	Carbón mineral	481,972	Mg/año	22.6	MJ/kg	10,873
	Carbón coque	1,486	Mg/año	28.5	MJ/kg	42
Fuel oil No 2	ACPM	41,797	1000 L/año	37,166.4	MJ/1000 L	1,553
Fuel oil No 6	Fuel oil No 6	0	1000 L/año	42,502.2	MJ/1000 L	0
	Aceite recuperado	13,571	1000 L/año	36,204.3	MJ/1000 L	491.33
Gas natural		536,834,041	m3/año	35.4	MJ/m3	19,004
GLP		180	1000 L/año	25,641.7	MJ/m3	4.62
Biomasa	Madera	22,391	Mg/año	19.0	MJ/kg	425
	Cisco	3,097	Mg/año	16.7	MJ/kg	52
	Borra de café	12,754	Mg/año	24.9	MJ/kg	318
	Cáscara de coco	469	Mg/año	16.7	MJ/kg	8
	Fique	2,216	Mg/año	16.7	MJ/kg	37
Total						32,809

*Poder Calorífico Inferior

Figura 7 Distribución de la demanda energética por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018



Fuente: elaboración propia

Con la distribución del consumo de los combustibles, se realiza la cuantificación de las emisiones de contaminantes criterio por subsector productivo, mostrando los resultados en la Tabla 7 y la Figura 8.

Se puede ver como el carbón es el combustible principal que realiza un aporte mayor al 50% de las emisiones de la mayoría de los contaminantes evaluados, con excepción de los VOC y el PM1 los cuales el 97% de sus emisiones se deben al gas natural. Para el material particulado inhalable ($PM_{2.5}$) que es el contaminante de interés en el Valle de Aburrá, es emitido en un 73% por la combustión del carbón, seguido por los procesos con la quema de biomasa que corresponden al 17%, mientras que por la combustión del gas natural el aporte es del 10% asociado a procesos tales como la fundición de metales o preparación de materiales de arcilla.

Tabla 7 Emisiones (t/año) de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018

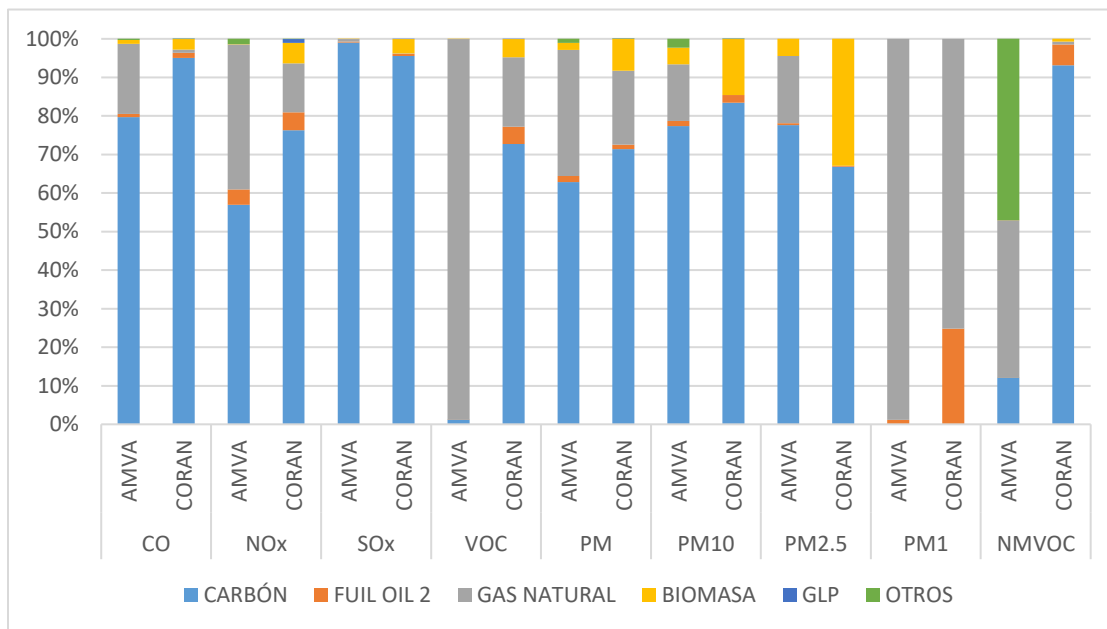
Combustible	CO		NOx		SOx		VOC		PM		PM10		PM2.5		PM1		NMVOC	
	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR	AMVA	COR
CARBÓN	2,127.6	1,825.2	1,314.4	224.1	3,326.9	425.0	80.3	102.3	626.4	424.9	279.9	196.7	185.3	122.4	0.0	0.0	250.7	68.9
FUIL OIL 2	22.9	26.4	91.7	13.8	7.7	2.4	1.1	6.4	15.5	7.0	5.0	4.7	1.1	0.4	0.8	0.4	0.9	4.0
GAS NATURAL	484.3	15.2	869.5	37.3	24.5	0.5	7,009.2	25.4	326.2	114.4	52.9	0.0	41.6	0.0	64.0	1.3	854.9	0.5
BIOMASA	26.38	53.84	1.83	15.47	0.21	16.53	1.32	6.66	17.85	48.97	15.69	34.38	10.55	60.42	0.00	0.00	0.14	0.54
GLP	0.0	0.1	0.0	3.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTROS	8.14	0.00	30.93	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.01	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	981.60	0.00
Total	2,669	1,921	2,308	294	3,359	445	7,092	141	997	595	362	236	239	183	65	2	2,088	74

Fuente: elaboración propia

En la Figura 9 se muestra la distribución de la demanda energética por actividad productiva (subsector) y por tipo de combustible, donde se evidencia que el subsector textil consume el 55% del carbón mineral y el 41% del gas natural de todo el Valle de Aburrá, mostrando el papel del subsector como principal responsable de la emisión de contaminantes criterio, basado en lo expuesto anteriormente.

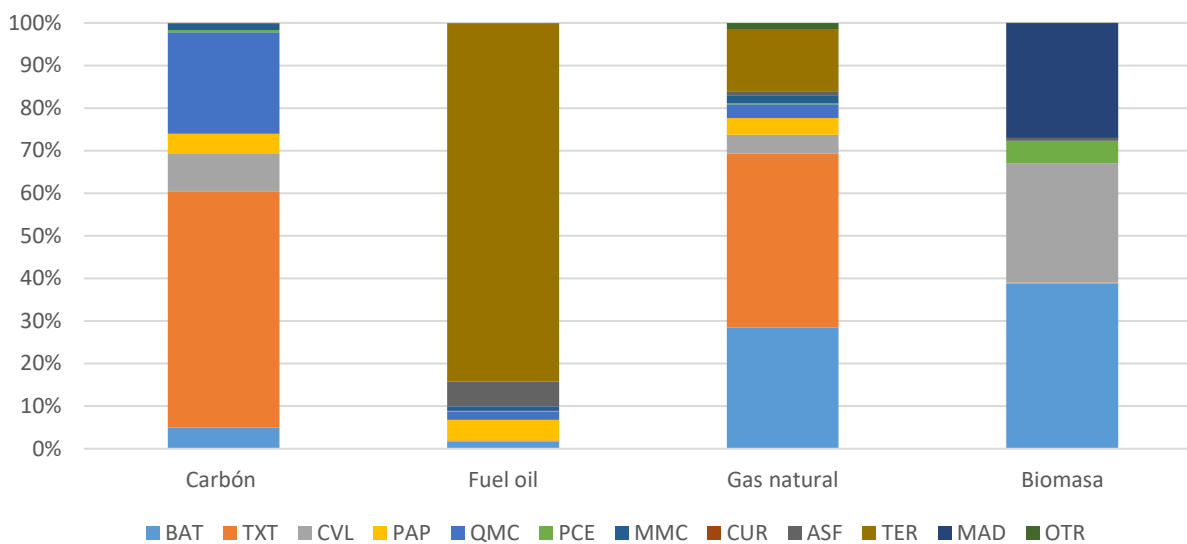
De la información de consumo de combustible, el subsector de Bebidas, Alimentos y Tabaco es el segundo de mayor consumo de gas natural, con una demanda del 28% en el Valle de Aburrá; con el que en conjunto con el subsector textil son los principales emisores del PM₁, corroborando la relación entre el flujo de PM₁ con las emisiones respectivas de cada subsector mostrado mencionada en el numeral 3.2.

Figura 8 Distribución de emisiones de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible, en zonas rurales y urbanas, año base 2018



Fuente: elaboración propia

Figura 9 Consumo de combustible por sector económico, en zonas rurales y urbanas.



Fuente: elaboración propia

Dentro de las modificaciones más relevantes a los factores de emisión, se adicionaron FE a aquellos procesos de termofijación y se actualizaron los de procesos de impresión, afectando en mayor medida al aumento de los VOC y NMVOC. Para el caso de cambios en procesos del sector industrial, los más relevantes son aquellos con cambios en sus equipos de control y parámetros operacionales, tanto en consumo como producción, esto principalmente en equipos de combustión externa con carbón como combustible.

4. CONCLUSIONES

Mediante estimación con factores de emisión y datos obtenidos de los monitoreos isocinéticos, se cuantificaron las emisiones de contaminantes atmosféricos del sector industrial asentado en las zonas rurales y urbanas del Valle de Aburrá, identificando que para la integración del inventario de fuentes fijas para el año base 2018 se tuvo un total de 2339 fuentes asociadas a 773 empresas.

Entre los municipios de Medellín e Itagüí se encuentran asentadas el 70% de las empresas correspondientes al 62% de las fuentes totales de todo el Valle de Aburrá.

Para el inventario año base 2018, la emisión de contaminantes criterio por parte de las empresas de las zonas rurales y urbanas del Valle de Aburrá fueron de 5,235 ton de CO, 2,640 ton de NO_x, 3,821 ton de SO_x, 8,705 ton de VOC, 1,873 ton de PM, 630 ton de PM₁₀, 432 ton de PM_{2.5}, 71 ton de PM₁, 5,650 ton de NMVOC. En materia de gases de efecto invernadero, se emitieron 1,780,816 ton de CO₂, 110 ton de CH₄ y 28 ton de N₂O.

El subsector Cerámico, Vitreos y Ladrillos aparece como el subsector productivo responsable de la emisión de la mayoría de los contaminantes criterio evaluados, sin embargo, el subsector textil es el responsable de aproximadamente el 35% en promedio de las emisiones totales, donde

su mayor incidencia es el 79% en las emisiones de VOC y cerca del 81% de las emisiones de NMVOC son aportados por el subsector de plásticos, cauchos y empaques, correspondiente a los procesos de termofijación e impresión flexográfica respectivamente.

El subsector Cerámico es responsable en promedio del 43% de las emisiones de material particulado total, menor a 10 micras y 2.5 micras (MP, PM₁₀ y PM_{2.5}), mientras que el subsector textil es responsable del 37% de las emisiones de material particulado inferior a 1 micra (PM₁), por lo que en materia de material particulado inhalable PM_{2.5}, el subsector cerámico deberá ser objeto de mayor control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental. Así mismo, se deberá prestar especial atención a los municipios de Medellín e Itagüí, en donde se emiten aproximadamente el 59% de las emisiones totales, tanto de contaminantes criterio como gases de efecto invernadero.

El gas natural es el combustible de mayor consumo en el Valle de Aburrá con una demanda del 58% del total, del cual es el principal emisor del material particulado PM₁, donde el subsector textil aporta el 37%, seguido por el subsector de Bebidas, alimentos y tabaco con el 26%.

Con una emisión de material particulado inhalable (PM_{2.5}) de 432 ton/año, las zonas urbanas son responsables del 58% mientras que el 42% corresponde a las zonas rurales.

BIBLIOGRAFÍA

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2012). Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2011. Convenio 243. Retrieved from <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/2011-Inventario-de-emisiones-atmosfericas.pdf>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2013). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá. Convenio 256 de 2013. In Convenio 256. Medellín, Colombia.

United States Environmental Protection Agency. (2019). Emissions Inventory. Retrieved from <https://www.epa.gov/air-quality-management-process/managing-air-quality-emissions-inventories>