

DISEÑO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE AIRE PARA LA CIUDAD DE
YOPAL

WILDER CAMILO BARÓN ARCHILA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2018

DISEÑO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE AIRE PARA LA CIUDAD DE
YOPAL

WILDER CAMILO BARÓN ARCHILA

Trabajo presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil

Director: Dora Marcela Benítez Ramírez
Magister en Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2018

Nota de aceptación

Firma de jurado 1

Firma jurado 2

DEDICATORIA

A mi familia, principalmente a esos tres ángeles que, con su ejemplo de aliento y perseverancia, irradian admiración; mis padres que con su gran sabiduría no han desfallecido ni se han equivocado a la hora de imponer rumbos a su familia; y mi hermana Yaneth que me acogió y brindó su apoyo desde el primer instante, cuando decidí tomar esta senda.

A mis hermanos y mis amigos, hermanos de otra madre, que con sus consejos y acompañamiento en momentos difíciles, evidencian su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi alma mater la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, que por sus senderos cavilé para la toma de una decisión fundamental en mi vida, e influenciado por la facultad de ingeniería decidí el rumbo en la Ingeniería Civil.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería por su acompañamiento académico y sus enseñanzas de vida, especialmente a la Ingeniera Dora Marcela Benítez Ramírez cuyo apoyo y dirección en este trabajo de grado fue fundamental.

CONTENIDO

Pág

INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS.....	17
1. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AIRE EN EL MUNICIPIO DE YOPAL	16
1.1 CONTAMINANTES CRITERIO.....	18
1.1.1 Material Particulado PST – PM10 – PM.	18
1.1.2 Monóxido de Carbono	20
1.1.3 Dióxido de Nitrógeno.....	21
1.1.4 Dióxido de Azufre	21
1.1.5 Ozono (O ₃).	22
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE YOPAL	24
1.2.1 Demografía	26
1.2.2 Economía de Yopal Casanare	27
1.3 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRANSITO DEL MUNICIPIO DE YOPAL (Una perspectiva desde la Secretaria de Tránsito y Transporte del municipio)	29
1.3.1 Entrevista con el secretario de transito de Yopal Casanare referente a la población vehicula.....	30
1.4 ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL MUNICIPIO DE YOPAL.....	32
1.4.1 Efectos de la contaminación en el aire según los pobladores de Yopal	32
1.4.2 Efectos de la contaminación según la secretaria de salud.....	42
2. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES (MÓVILES Y FIJAS) QUE AUMENTAN LA CONTAMINACIÓN DE AIRE EN EL MUNICIPIO DE YOPAL.....	44
2.1 RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN FUENTES MÓVILES Y FIJAS DE CONTAMINACIÓN	45
2.1.1 Inventario de emisiones en Yopal.	45
3. ESTRATEGIAS DE DESCONTAMINACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE YOPAL.....	63
3.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	63
3.2 BASES NORMATIVAS	64
3.3 OBJETIVOS Y ACCIONES O MEDIDAS ESTRATÉGICAS A INCLUIR EN PROGRAMA DE REDUCCION DE LA CONTAMINACION DEL AIRE	67
3.3.1 Objetivos y acciones estratégicas	72
3.4 ARTICULACIÓN ENTRE OBJETIVOS, ACCIONES Y METAS.....	74
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5. BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS.....	85

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Fundamento Teórico de Material Particulado	20
Tabla 2. Fundamento Teórico de Monóxido de Carbono	20
Tabla 3. Fundamento Teórico de Dióxido de Nitrógeno.....	21
Tabla 4. Fundamento Teórico de Dióxido de Azufre.....	22
Tabla 5. Fundamento Teórico de Ozono	23
Tabla 6. Conocimiento de la contaminación ambiental.....	32
Tabla 7. Conciencia sobre la contaminación atmosférica.	33
Tabla 8. Tiempo que lleva la contaminación del aire en Yopal	34
Tabla 9. Tipo de transporte utilizado por los pobladores de Yopal	36
Tabla 10. Factores de contaminación del aire en Yopal Casanare.....	37
Tabla 11. Producción de enfermedades a causa de la contaminación del aire	38
Tabla 12. Sufrimiento de enfermedades por causa de la contaminación del aire ..	39
Tabla 13. Conocimiento de programas de mitigación de impacto de la contaminación del aire	40
Tabla 14. Programas o proyectos que se deben implementar para mitigar la contaminación ambiental.	41
Tabla 15. Registro histórico de casos de IRA en Yopal 2014-2018.....	42
Tabla 16. Inventario de emisiones en Yopal	45
Tabla 17. Registro de datos de niveles de contaminación, estación Bomberos, 2015.....	47
Tabla 18. Identificación de la clase con mayor frecuencia de datos.	49
Tabla 19. Puntos de Corte del ICA.	50
Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM 10 en el municipio de Yopal, año 2015.....	51
Tabla 21. Índice de Calidad del Aire para PM 2,5 en el municipio de Yopal, año 2015.....	52
Tabla 22. Periodo de tiempo de toma de muestras	53
Tabla 23. Emisiones de partículas PM10 año 2017.....	54
Tabla 24. Identificación de la clase con mayor frecuencia de datos.	55
Tabla 25. Síntesis para la determinación del ICA de las micropartículas cuyo diámetro este entre 10 y 2.5 micrómetros.....	56
Tabla 26. Síntesis para la determinación del ICA de las micropartículas cuyo diámetro sea menor o igual a 2.5 micrómetros.	56
Tabla 27. Síntesis para la determinación del ICA de Dióxido de azufre.	57
Tabla 28. Síntesis para la determinación del ICA de Monóxido de carbono.....	58
Tabla 29. Síntesis para la determinación del ICA de Ozono.....	59
Tabla 30. Comparación de emisiones en los años 2014, 2015 y 2017 en la ciudad de Yopal.....	60

Tabla 31. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire	67
Tabla 32. Valoración de variables de calificación de estrategias ambientales base	69
Tabla 33. Valoración de estrategias ambientales según país	69
Tabla 34. Estrategias o proyectos propuestos	73
Tabla 35. Articulación de objetivos acciones y metas	74

LISTA DE GRAFICAS

Pág

Gráfica 1. Estructura de la población por grupo y por edad.....	26
Gráfica 2. Crecimiento de la población de Yopal Casanare de 2005 al 2018.....	26
Gráfica 3. Proporción de aporte de actividades económicas al PIB 2015.....	27
Gráfica 4. Calificación del grado de incidencia de la actividad petrolera en ventas.....	28
Gráfica 5. Grado de influencia de la actividad petrolera según actividad económica.....	29
Gráfica 6. Conocimiento del nivel de contaminación ambiental.....	33
Gráfica 7. Conciencia sobre la contaminación atmosférica.....	33
Gráfica 8. Tiempo que lleva la contaminación del aire en Yopal.....	34
Gráfica 9. Tipo de transporte utilizado por los pobladores de Yopal.....	36
Gráfica 10. Factores de contaminación del aire en Yopal Casanare.....	37
Gráfica 11. Producción de enfermedades a causa de la contaminación del aire...38	
Gráfica 12. Sufrimiento de enfermedades por causa de la contaminación del aire39	
Gráfica 13. Conocimiento de programas de mitigación de impacto de la contaminación del aire.....	40
Gráfica 14. Programas o proyectos que se deben implementar para mitigar la contaminación ambiental.....	41
Gráfica 15. Canal epidemiológico de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), Yopal Casanare, 2018.....	43
Gráfica 16. Emisiones de material particulado.....	46
Gráfica 17. Emisiones de gases contaminantes.....	46
Gráfica 18. Índice de Calidad del aire de material particulado menor a 10 micrómetros.....	52
Gráfica 19. Índice de calidad del aire de material particulado menor a 12,5 micrómetros.....	53
Gráfica 20. Descripción del ICA para las cinco campañas de PM10.....	56
Gráfica 21. Descripción del ICA para las cinco campañas de PM2.5.....	57
Gráfica 22. Descripción del ICA para las cinco campañas de SO2.....	58
Gráfica 23. Descripción del ICA para las cinco campañas de CO.....	59
Gráfica 24. Descripción del ICA para las cinco campañas de O3.....	60
Gráfica 25. Inventario de emisiones de material particulado.....	61
Gráfica 26. Inventario de emisiones gaseosas.....	61

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Ubicación geográfica de Yopal Casanare.....	25
Figura 2. Estructura normativa del cuidado del aire en Colombia.....	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Estructura de la entrevista realizada al secretario de tránsito y transporte de Yopal.....	88
Anexo B. Estructura de la encuesta realizada a la población de Yopal	94
Anexo C. ponderación de las estrategias de descontaminación atmosférica en otros países	94
Anexo D. ponderación de las estrategias de descontaminación atmosférica en otros países	94

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como finalidad el diseño del plan de descontaminación del aire para el municipio de Yopal, capital del departamento de Casanare. De manera específica se proyecta realizar el diagnóstico de las condiciones de calidad del aire en el municipio e identificar las fuentes problema de la contaminación atmosférica, y finalmente plantear las estrategias de descontaminación. La metodología utilizada consistió en el uso de encuestas y entrevistas para identificar los problemas de acuerdo a la percepción de los entes involucrados dentro de esta problemática; además se realizó una revisión documental, para determinar los principales contaminantes emitidos y la identificación de las estrategias más eficientes en la reducción de las emisiones en Yopal; se concluye que la principal fuente de contaminación son las fuentes móviles, que el material particulado es la principal fuente de contaminación del aire y el planteamiento de cinco proyectos estratégicos fundamentados en las necesidades atmosféricas de la población.

Palabras clave. Atmósfera, estrategias, emisiones, contaminación y descontaminación

INTRODUCCIÓN

Este estudio que tiene como tema principal la descontaminación del aire para la ciudad de Yopal; el objetivo principal es diseñar un plan de descontaminación del aire para el municipio de Yopal Casanare de acuerdo a la normativa vigente, de forma específica se busca realizar el diagnóstico de las condiciones de calidad de aire en el municipio de Yopal e identificar las fuentes (móviles y fijas) que aumentan la contaminación de aire en el municipio para finalmente plantear estrategias de descontaminación.

Yopal, ciudad y capital del departamento colombiano de Casanare, ubicada cerca del río Cravo Sur, en el piedemonte de la cordillera Oriental, por su topografía el municipio presenta tres pisos térmicos cuyas áreas son: cálido 1.906 Km², Medio 106Km² y Frio 25Km². Tiene una temperatura de 26°C una extensión total de 2.771 km² de los cuales 10,2 km² son urbanos y 2.760,53 rurales; dista de la ciudad de Bogotá en 387 km. Su actividad económica gira en torno a la extracción de petróleo, la agricultura y la ganadería.¹

En lo que respecta a la problemática ambiental relacionada con la contaminación atmosférica en el año 2015 Corporinoquia realizó una campaña de medición en Yopal y Arauca, encontrándose niveles alarmantes de material particulado en las dos ciudades, algunas concentraciones excedieron la norma diaria (100 µg/m³).²

Los problemas ambientales actuales obedecen al hecho de que el departamento de Casanare y entre este su capital Yopal, se convirtió a partir de 1990 en productor petrolero tras el descubrimiento de los campos Cusiana y Cupiagua. Luego de vivir esa bonanza petrolera, se produjo un cambio en la cultura campesina, agrícola y ganadera de los habitantes. Esa nueva dinámica económica generó migración hacia las zonas petroleras de Yopal, Tauramena, Aguazul y Maní.; así en 1985 el departamento tenía una población de 170.238 habitantes y para el 2015 se había incrementado en un 109,7%.³ En concordancia con el crecimiento poblacional

¹ Alcaldía de Yopal. Nuestro municipio. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado de http://www.yopal-casanare.gov.co/informacion_general.shtml#ecologia

² Agencia de Noticias UN. Bogotá D. C., 24 de noviembre de 2015. Contaminación del aire en la Orinoquia, similar a la de algunas zonas de Bogotá. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/advertencia-sobre-calidad-de-aire-en-la-orinoquia.html>

³ Colombia Informa, Editor general. La crisis que deja el petróleo en Casanare. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado de <http://www.colombiainforma.info/la-crisis-que-deja-el-petroleo-en-casanare/>

registrado en la ciudad Yopal, se genera un crecimiento vehicular, según el ministerio de transporte, a nivel Colombia esta ciudad tiene la mayor presencia de motos en el país.

En resumen, las causas que originan la contaminación en Yopal son varias, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas; pero los vehículos constituyen una de las principales fuentes de contaminación del aire.⁴

Acorde con la problemática es relevante la proposición de un plan de mitigación ambiental enfocado a la descontaminación del aire en el municipio de Yopal, de tal manera que se logre identificar, prevenir corregir y controlar los efectos negativos que tienen las actividades económicas y sociales del municipio en la calidad del aire.

Así mismo, se considera pertinente la realización de este estudio en la medida que el municipio de Yopal cuenta con altos índices de contaminación atmosférica, producto de las actividades económicas y del crecimiento poblacional que consecuentemente ha traído consigo el aumento vehicular y con ello la emisión de gases y partículas que afectan la calidad del aire.

De igual forma, con este estudio se beneficia principalmente la población de la ciudad de Yopal quienes contarán con un aire de mejor calidad que qué minimizar a los problemas de salud producto de la contaminación atmosférica; pero el beneficio también se extiende a la administración municipal, que contará con un plan para mitigar los impactos y prevenir el incremento de la problemática lo que en consecuencia permitirá la disminución de costos. Referente a la academia el estudio es una contribución directa del sector educativo al sector productivo ya que se utilizan los conocimientos teóricos en pro del desarrollo de una región.

Desde una perspectiva metodológica se tiene que según el propósito o finalidad que persigue esta investigación será aplicada pues se combinaban conocimientos básicos y aplicados relacionados con el aire, de tal manera que puedan estructurarse profesionalmente para llevar a cabo los fines propuestos. En tanto que por el nivel de conocimientos que se adquieren, esta investigación es descriptiva, pues se “tiene como objetivo primordial la descripción de la realidad, siendo sus principales métodos de recogida de información a través de la observación y el

⁴ BOHÓRQUEZ, Fabián. Evaluación del impacto ambiental en Yopal Casanare. 7 de Abril de 2017

análisis de documentos”⁵ de igual forma “este tipo de investigación trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta”⁶ para el caso se hace referencia a la descripción de nivel de contaminación del aire e identificación de factores que permitirán contar con la información suficiente para llevar a cabo el diseño del plan.

De otro lado, por las características de los medios utilizados para obtener los datos, esta investigación es documental y de campo, pues para la realización del diagnóstico de las condiciones de calidad de aire en el municipio se recurre a estudios previos contratados por corporinoquia, mientras que para identificar las fuentes (móviles y fijas) que aumentan la contaminación de aire de la ciudad se precisa la visita al lugar. Así, acorde con el método utilizado es una investigación mixta porque combina cualitativa y cuantitativa, pues “los estudios cualitativos tienden a comprender la realidad social como fruto de un proceso histórico de construcción, visto a partir de múltiples lógicas presentes en los diversos y heterogéneos actores sociales”⁷ mientras que la cuantitativa cuantifica dichas cualidades a través de estadísticas o sistemas de medición. Contextualizando para el caso es preciso conocer los hechos sociales y económicos que generan la problemática de contaminación atmosférica, para combinar con los datos y así tener certeza sobre las acciones estratégicas a elegir.

El estudio se limita al cumplimiento de los fines, es decir, simplemente se procede al diseño del plan de descontaminación del aire para el municipio de Yopal, de esta forma se parte del diagnóstico de la calidad del aire, para luego identificar aquellas fuentes que originan dicha contaminación y así proceder a establecer objetivos y acciones estratégicas que estructuradas coherentemente permitirán minimizar la problemática. De esta forma, las limitaciones en el proceso investigativo se pueden generar en el momento de la recolección de la información, específicamente en lo concerniente a la certeza y objetividad de las mediciones y la identificación exacta de las fuentes; estas dos acciones son la base del plan y de ellas depende la efectividad de los objetivos y acciones estratégicas propuestas.

⁵ MAS, R. Temas de investigación comercial (6ª edición). Alicante España: Editorial Club Universitario. 2012. P.91

⁶ TAMAYO y TAMAYO. El proceso de la investigación científica. Bogotá D.C: Editorial Limusa. 2004. p. 56

⁷ GALEANO, M. Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. Medellín Colombia: Universidad EAFI. 2004

OBEJTIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un plan de descontaminación del aire para el municipio de Yopal Casanare de acuerdo a la normativa vigente

ESPECÍFICOS:

- Diagnosticar las condiciones de calidad de aire en el municipio de Yopal
- Identificar las fuentes (móviles y fijas) que aumentan la contaminación de aire en el municipio de Yopal
- Plantear estrategias de descontaminación para el municipio de Yopal

1. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AIRE EN EL MUNICIPIO DE YOPAL

La contaminación atmosférica es el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que causan molestias o daños para la salud de las personas y otros seres vivos, así como diversos materiales. Por su parte, el concepto de calidad del aire se refiere al estado de contaminación atmosférica, dicho en otras palabras, es un indicador de qué tan contaminado se encuentra el aire y, por lo tanto, qué tan apto es para ser respirado.⁸

Los primeros indicios de contaminación atmosférica en el planeta se presentaron hace millones de años a partir de procesos naturales como soluciones volcánicas incendios forestales y descomposición de materias orgánicas en el suelo y en los océanos; más adelante la combustión y el desarrollo de las comunidades agrarias permanentes con mayor número de individuos se incrementó el uso de la madera para la generación de energía, aumentando los niveles de contaminación producidas por la quema de combustibles vegetales.⁹

La creciente preocupación mundial por el deterioro de la calidad del aire ha hecho que a través del tiempo se hayan generado leyes, protocolos, acuerdos multilaterales, programas y estudios del tema, entre otros, con miras a buscar soluciones en la que participen todos los países y se creen compromisos para mitigar el deterioro del medio ambiente; dentro de estos acuerdos se encuentra el protocolo de Montreal suscrito en 1987 y modificado sustancialmente en 1990, 1992, 1997, 1999, donde se establecen metas de reducción de la producción y el consumo de sustancias que agotan la capa de ozono en la atmósfera (CFCS haluros tetracloruro de carbono y metilcloroformo). En 1992 se llevó a cabo la Cumbre de la tierra en Río de Janeiro, con el objeto de renovar los compromisos políticos asumidos por los diferentes países para la ejecución de programas a corto plazo encaminados al desarrollo sostenible, que logre mejorar la calidad de vida de las personas y revertir la continua degradación del medio ambiente. El principal logro de la conferencia fue el acuerdo para la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, que más tarde llevaría el protocolo de Kioto 1997 sobre el cambio climático, el cual busco establecer cuotas de reducción de las emisiones

⁸ IDEAM. Informe del estado de la calidad del aire en Colombia (2007-2010). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2007. P. 27 [citado el 28 de febrero de 2018] en internet: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/68521396/5.+Informe+del+estado+de+la+calidad+del+aire+2007-2010.pdf/52d841b0-afd0-4b8e-83e5-444c3d17ed29?version=1.0>

⁹ *Ibíd.*, P. 27

de 6 gases precursores del calentamiento global: dióxido de carbono, gas metano y óxido nítrico, además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre.¹⁰

Colombia no es ajena a esta preocupación por los problemas ambientales Y en especial en la contaminación del aire; en 1967 el Ministerio de salud llevó a cabo un monitoreo de la calidad del aire a través de Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), con la colaboración de la organización Panamericana de la Salud (OPS) quienes acordaron establecer una red de estaciones de medición de la contaminación del aire ubicadas en Brasil, Chile, México, Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Perú, Venezuela, Bolivia, Guatemala, Nicaragua y Uruguay, denominada red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire.¹¹

En el estudio de la Unión Temporal Aires, enfocado al monitoreo de calidad del aire Yopal – Casanare septiembre / octubre / noviembre / diciembre 2017 se realiza la medición de ocho (8) parámetros que hacen parte de la clasificación de contaminantes de la Resolución 610 de 2010, PST – PM – SO₂ – NO₂ – O₃ – CO siendo éstos denominados como contaminantes criterio y COV – HCT como contaminantes no convencionales, a continuación se realiza una referencia de cada uno de los parámetros medidos.

1.1 CONTAMINANTES CRITERIO

1.1.1 Material Particulado PST – PM₁₀ – PM_{2.5}. El material particulado se presenta de diversas formas, tamaño y propiedades, pueden ser desde pequeñas gotas de líquido a partículas microscópicas de polvo. Las partículas también dependen del tipo de fuentes, entre los cuales se encuentran las fuentes industriales (construcción, combustión, minería) y las fuentes naturales (incendios forestales y volcanes).

La magnitud de las partículas atmosféricas cubre órdenes desde decenas de angstroms (Å) hasta varios cientos de micrómetros. Las partículas de menos de 2,5 µm en diámetro (PM_{2.5}) generalmente se refieren como “partículas finas” y las mayores a 2,5 µm como “partículas gruesas”. Los modos de partículas gruesas y finas, en general, se originan separadamente, se transforman separadamente, son

¹⁰ *Ibíd.*, p. 30

¹¹ KORCK. Monitoreo de la calidad del aire en América Latina. Lima: CEPIS división de salud y ambiente OPS Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional OMS. 1999

removidas de la atmósfera por diferentes mecanismos, requieren diferentes técnicas para su remoción de las fuentes, tienen diferente composición química y diferentes propiedades ópticas.

El material particulado se define como cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada, según lo consignado por el código federal de regulaciones de los Estados Unidos, título 40 parte 53; a este grupo de contaminantes pertenecen una variada gama de neblinas, humos, emanaciones y polvos distribuidos en el aire. Las neblinas están compuestas por gotas en suspensión, los humos usualmente consisten en partículas de hollín producidas por fuentes fijas tales como hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores, tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales, entre otros; las fuentes móviles que son las fuentes de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza, estas emisiones de vehículos automotores están compuestas por un gran número de contaminantes que provienen de emisiones por el tubo de Escape y emisiones evaporativas. Por último algunas partículas provienen de fuentes naturales tales como partículas de polen, polvo y partículas provenientes de erupciones volcánicas y procesos geotérmicos, así como de materiales arrastrados por los vientos derivados de la erosión del suelo.

El material particulado de acuerdo con el tamaño de partículas se puede clasificar como:

- ✓ PST: Todas las partículas de aerosoles suspendidas en el aire ambiente (algunas veces, incluso mayores a tamaños de 100 μm).
- ✓ PM10: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 μm .
- ✓ PM2.5: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2,5 μm .
- ✓ PM1: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 1 μm .
- ✓ Partículas ultra finas: Son partículas con diámetro aerodinámico inferior a 0,1 μm

Tabla 1. Fundamento Teórico de Material Particulado

Definición	Cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada, según medición por los métodos federales de referencia (40 CFR 53)
Fuentes:	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales, entre otros.
Efectos:	Efectos en la respiración y el sistema respiratorio, agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.
Legislación	Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Varios:	Ejemplos: Polvo, humo, gotitas de petróleo, berilio asbesto

Fuente: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_diseno.pdf

1.1.2 Monóxido de Carbono. El CO se produce por la combustión incompleta de materiales combustibles como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera. Las chimeneas de hornos e incineradores industriales, las calderas para generación de vapor, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivados del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de queroseno, también pueden producir CO si no están funcionando bien.

Tanto los automóviles en movimiento como los automóviles parados con el motor encendido (en ralentí) emiten CO. El monóxido de carbono tiene una afinidad mucho más alta que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre, por lo que forma carboxi-hemoglobina que impide a la hemoglobina transportar el oxígeno a las células, y por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir.

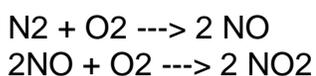
Tabla 2. Fundamento Teórico de Monóxido de Carbono

Definición	Gas incoloro, inodoro, venenoso, más ligero que el aire, producido por la combustión incompleta del carbón presente en los combustibles.
Fuentes:	Fuentes estacionarias y móviles que queman combustibles (motores de combustión interna, principalmente motores a gasolina). Es producido en cantidades mucho menores en fuentes domésticas, gases volcánicos, gases emanados de los pantanos, minas de carbón, las tormentas eléctricas, la foto disociación del CO ₂ en la atmósfera superior, incendios y animales acuáticos y terrestres, entre otras.
Efectos:	Pueden ser mortales en corto tiempo en áreas cerradas. Reacciona con la hemoglobina de la sangre, evitando la transferencia de oxígeno.
Legislación	Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Varios:	Se encuentra en la atmósfera en concentraciones promedio de 0,1 ppm

Fuente: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_diseno.pdf

1.1.3 Dióxido de Nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida.

El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire ambiente. La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas. El oxígeno y el nitrógeno del aire reaccionan para formar NO, oxidándose posteriormente a NO₂.



La mayor parte de los NOX emitidos a la atmósfera lo son en forma de NO.

Tabla 3. Fundamento Teórico de Dióxido de Nitrógeno

Definición	Se identifican seis tipos de óxidos de nitrógeno: NO, NO ₂ , N ₂ O, N ₂ O ₃ , N ₂ O ₄ , N ₂ O ₅ . A Nivel de contaminación del aire se hace referencia solo a NO y NO ₂ (Gases incoloros) y se expresan típicamente como NO _x .
Fuentes:	Producidos al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del nitrógeno del aire. También son producidos a partir de nitrógeno del carbón y los aceites pesados: grandes generadores de energía eléctrica, grandes calderas industriales, motores de combustión interna, plantas de ácido nítrico.
Efectos:	Visibilidad reducida, irritación de la nariz y los ojos, edema pulmonar, bronquitis y neumonía; reaccionan con los VOC's bajo la influencia de la luz para formar Ozono. Los óxidos de Nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutrofización en las zonas costeras.
Legislación	Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Varios:	Concentraciones excesivas de NO y NO ₂ en la baja atmósfera ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en la franja azul-verde del espectro.

Fuente: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_diseno.pdf

1.1.4 Dióxido de Azufre. De los óxidos de azufre, el dióxido SO₂ es el que se lanza a la atmósfera en mayores cantidades, generalmente acompañado de una pequeña proporción (1-2%) de trióxido SO₃. Cuando no se puede o no se necesita discriminarlos, se hace referencia a la mezcla de ambos como SO_x. El SO₂ es

incolore, no inflamable y su máxima concentración tolerable se cifra en 10 ppm; concentraciones de 400 a 500 ppm pueden ser letales, mientras que una concentración de 0,1 ppm puede ser dañina para un individuo sometido a largas exposiciones. El gas tiene olor acre y es irritante, por lo que su presencia se detecta fácilmente. Su principal fuente de emisión directa es la combustión de carbón (todos contienen azufre en proporciones que varían del 0,2 al 7%) y, en menor proporción, la de carburantes líquidos y el tratamiento de minerales sulfurados. Sin embargo, la fuente más importante de SO₂ es la oxidación del H₂S, que aporta un 57%. La concentración de fondo del SO₂ es de 0,0002 ppm, aunque en las ciudades, en periodos desfavorables, pero no excepcionales, se puede llegar a 1 o 1,5 ppm.¹²

Tabla 4. Fundamento Teórico de Dióxido de Azufre

Definición	Acre, corrosivo, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre.
Fuentes:	Artículos eléctricos, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinerías de petróleo, fuentes de automóviles, calentadores residenciales y comerciales.
Efectos:	Dificultad para respirar cuando se disuelven en la nariz y en las vías superiores; tos crónica y secreción en las mucosas. Contribuye a la lluvia ácida y a fenómenos de visibilidad disminuida (de acuerdo con su concentración).
Legislación	Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Varios:	El SO ₂ pertenece a la familia de los óxidos de azufre (SO _x), que generalmente se forman por la combustión de sustancias que contienen azufre (carbón y aceite), durante ciertos procesos industriales y particularmente durante la fabricación del acero. Es percibido por el olfato en concentraciones desde 3 ppm (0,003%) a 5 ppm (0,005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso sanguíneo.

Fuente: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_diseno.pdf

1.1.5 Ozono (O₃). Se sabe que el ozono desnaturaliza las proteínas y por tanto las enzimas, para que ocurra acciones bioquímicas de cierta consideración se necesitan elevadas concentraciones de gas, ya que el ozono muy reactivo puede descomponerse sobre muchas superficies antes de ser absorbido por los líquidos corporales. La contaminación de ozono en la capa de ozono puede alcanzar valores de 10 mg kg⁻¹, mientras que en las zonas no contaminadas y a nivel del mar suele ser tan bajas como de 0,01 mg kg⁻¹.¹³

La mayor parte del ozono atmosférico se produce en la atmósfera y desciende lentamente a la troposfera, donde se encuentra en concentraciones muy pequeñas. El ozono contaminante produce casi exclusivamente las reacciones de niebla

¹² PUIGSERVER ZANÓN Manuel y CARRASCAL TRIOLA M. Dolors. Medio atmosférico, El. Meteorología y contaminación. Barcelona España: Edicions Universitat Barcelona, 2008. P.34

¹³ D. J. Spedding. Contaminación atmosférica. Reverte, 1981. P.32

fotoquímica y a menudo se forma en suficiente cantidad para perjudicar la vegetación, neumáticos de vehículos de motor y asfalto; en los humanos en algunas ocasiones puede causar irritación del tracto respiratorio. Los efectos del ozono en el medio ambiente quizás se hayan de considerar mejor qué aislados, en relación con los producidos por otros componentes de niebla fotoquímica.¹⁴

Es muy poco probable que el ozono de origen natural se produzca en cantidad suficiente para dañar el medio ambiente, pero si las concentraciones de ozono contaminante son altas pueden provocar tales perjuicios. Muchas plantas resultan lesionadas por concentraciones de ozono tan pequeñas como 0,1 mg kg⁻¹. Se conoce la fisiología del trastorno provocado, hasta el extremo que se pueden utilizar plantas como indicadores de la contaminación por ozono.¹⁵

Tabla 5. Fundamento Teórico de Ozono

Definición	Gas incoloro, inodoro, reactivo, compuesto de tres átomos de oxígeno.
Fuentes:	El ozono se encuentra de modo natural en la estratosfera terrestre, donde absorbe la radiación UV dañina para la vida en la tierra; también se encuentra cerca de la superficie terrestre, donde ciertos contaminantes reaccionan en presencia de luz solar para dar origen a este. Los principales contaminantes involucrados en estas reacciones son los óxidos de nitrógeno (NOX) y los compuestos orgánicos volátiles (VOC's). El monóxido de carbono (CO) también participa en las reacciones para formar ozono. Los días soleados con vientos de relativa calma favorecen la formación de ozono.
Efectos:	Efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos, jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos extensos; efectos en la salud de los niños. Los grupos más expuestos son los niños y adultos con actividad fuerte al aire libre, al igual que personas con asma u otras enfermedades de las vías respiratorias.
Legislación	Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Varios:	Las medidas para controlar los niveles de ozono troposférico se concentran en las emisiones de gases precursores, pero es probable que también controlen los niveles y los efectos de varios de esos otros contaminantes.

Fuente: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_diseno.pdf

¹⁴ Ibíd. P. 33

¹⁵ Ibíd. P. 33

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE YOPAL

Yopal, ciudad y capital del departamento colombiano de Casanare, ubicada cerca del río Cravo Sur, en el piedemonte de la cordillera Oriental, por su topografía el municipio presenta tres pisos térmicos cuyas áreas son: Calido 1.906 Km², Medio 106 Km² y Frio 25 Km².¹⁶

Sus límites territoriales se definieron según el Decreto 870 del 13 de Mayo de 1974, así:¹⁷

Con el Municipio de Nunchía: Partiendo del puente “Vega de Paya”, sobre el Río Payero, donde concurren los territorios de Yopal y Nunchía en el limite con el Departamento de Boyacá, en las coordenadas N= 1.100.000 y E= 1.195.150, se sigue el Río Payero, hasta su desembocadura en el Río Tocaría, se continúa por el Río Tocaría aguas abajo, hasta la desembocadura del caño Sirivana, donde concurren los territorios de Yopal, Nunchía y San Luis de Palenque, en las coordenadas N= 1.084.600 y E= 1.218.55. El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 57.35 Kilómetros.

Con el Municipio San Luis de Palenque: Partiendo de la desembocadura del Caño Sirivana en el Río Tocaría, donde concurren los territorios de Yopal, Nunchía y San Luis de Palenque, en las coordenadas N= 1.084.600 y E= 1.218.550 se sigue el Río Tocaría, hasta su desembocadura en el Río Cravo Sur; se continúa por el Río Cravo Sur, aguas abajo, hasta la desembocadura del Caño Seco, donde concurren los territorios de Yopal, San Luis de Palenque y Orocué, en las coordenadas N= 1.070.050 y E= 1.233.000. El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 57.6 Kilómetros.

Con el Municipio de Orocué: Partiendo de la desembocadura del Caño Seco en el Río Cravo Sur (sitio denominado Quebrada Seca), donde concurren los territorios de Yopal, San Luis de Palenque y Orocué, se sigue por el camino Real, hasta encontrar el antiguo camino ganadero que de El Algarrobo conduce a Maní y Villavicencio en las coordenadas N= 1.070.050 y E= 1.233.000; continúa por el camino ganadero citado y en una dirección general Suroeste (SW) hasta el sitio denominado Paso Real, sobre el Caño Guariamena, donde concurren los territorios

¹⁶ Alcaldía de Yopal. Nuestro municipio. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: http://www.yopal-casanare.gov.co/informacion_general.shtml

¹⁷ Ibíd.,

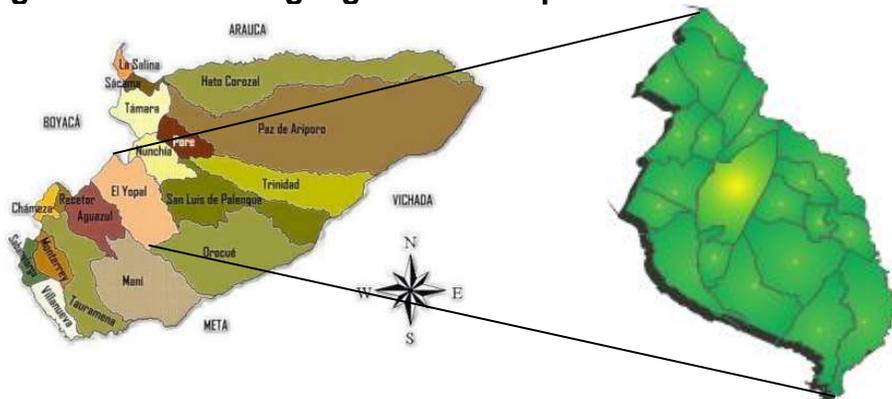
de Yopal, Orocué y Maní en las coordenadas N= 1.034.200 y E= 1.212.900. El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 35.3 Kilómetros.

Con el Municipio de Maní: Partiendo del sitio Paso Real, sobre el Caño Guariamena, donde concurren los territorios de Yopal, Orocué y Maní, (antiguo camino ganadero que de El Algarrobo conduce a Maní) se sigue el Caño Guariamena, aguas arriba, hasta el cruce del carreteable que del Hato “ La Lucha” conduce a las “Sabanas de Corozal” en las coordenadas N= 1.034.200 y E= 112.900; continúa por el referido carreteable (borde norte) hasta el Río Charte y por éste, aguas arriba, al cruce del carreteable que del sitio El Nogal conduce a la Escuela Salítrico, donde concurren los territorios de Yopal, Maní y Aguazul en las coordenadas N= 1.053.300 y E= 1.191.40 El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 51.75 Kilómetros.

Con el Municipio de Aguazul: Partiendo del cruce del carreteable que del sitio El Nogal conduce a la Escuela Salítrico con el Río Charte, donde concurren los territorios de Yopal, Maní y Aguazul, en las coordenadas N= 1.053.300 y E= 1.191.400 se sigue el Río Charte, aguas arriba, hasta su intersección con la cuchilla Guaimará, donde concurren los territorios de Yopal y Aguazul en límite con el Departamento de Boyacá. El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 56.0 Kilómetros.

Con el Departamento de Boyacá. El lindero anteriormente descrito corresponde a una longitud de 44.5 Kilómetros.

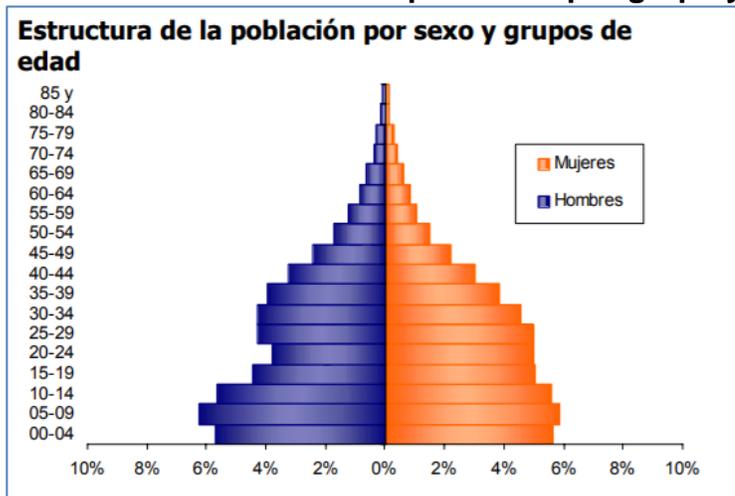
Figura 1. Ubicación geográfica de Yopal Casanare



Fuente: <https://espanol.mapsofworld.com/continentes/mapa-de-sur-america/colombia/casanare> y <https://www.emaze.com/@AORQOFZWO>.
Modificado por Autor.

1.2.1 Demografía. Según el censo del DANE del año 2005 el municipio de Yopal contaba con 106.762 habitantes de este total el 49,2% son hombres y el 50,8% mujeres. Así mismo, esta población conforma 28.102 hogares integrados por 3.6 personas en promedio. ¹⁸

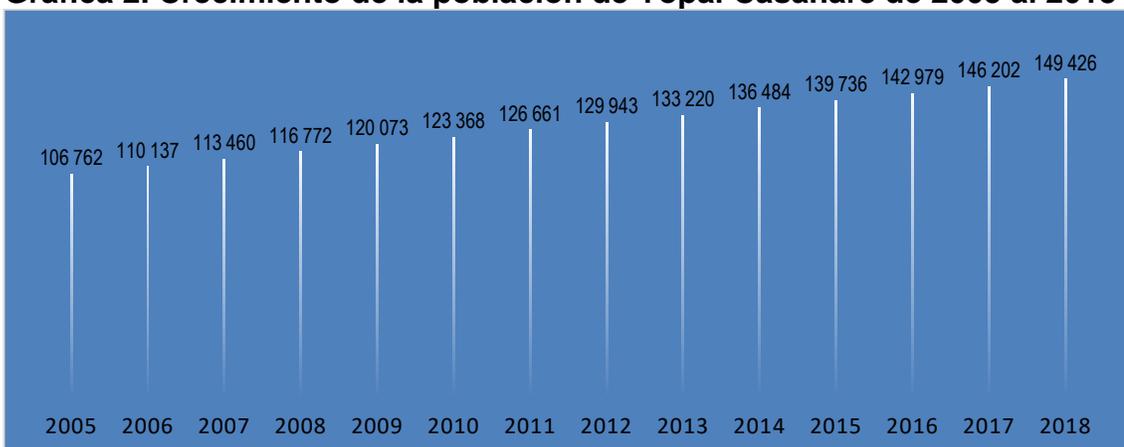
Gráfica 1. Estructura de la población por grupo y por edad



Fuente: DANE

Según registros del DANE la población de Yopal pasó de 106.762 en el 2005 a 149.426 en el 2018, lo cual estima un crecimiento total del 40% de la población. Tal como se muestra en la siguiente figura

Gráfica 2. Crecimiento de la población de Yopal Casanare de 2005 al 2018



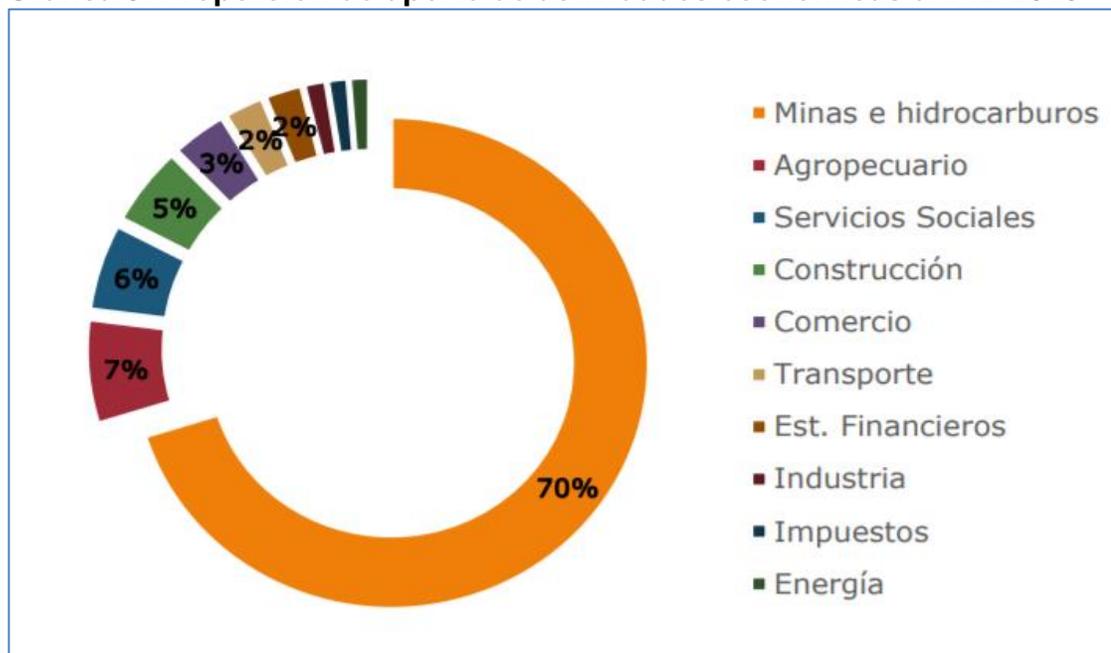
Fuente: autor datos tomados del DANE

¹⁸ DANE. BOLETÍN Censo General 2005: Perfil Yopal – Casanare. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/casanare/yopal.pdf>

1.2.2 Economía de Yopal Casanare. Según los datos provisionales publicados por el DANE, el Producto Interno Bruto (PIB) de Casanare en 2014 creció 6,2% anual, cifra que además de representar un mayor ritmo de avance, se ubicó por encima del registro nacional (4,4%) y se identificó como el tercer mejor resultado de la última década. El renglón de mayor incidencia en este desempeño fue el de extracción de petróleo y gas natural, que aumentó en forma moderada y contribuyó con un poco menos de las dos terceras partes de la producción del departamento. Entre las demás actividades se destacó el ascenso y representatividad del valor agregado de la construcción, y por su peso, los avances en servicios sociales, comunales y personales, y comercio, reparación, restaurantes y hoteles.¹⁹

Casanare ocupa la NOVENA POSICIÓN en el Índice de Competitividad Departamental (CPCUR, 2015) y la POSICIÓN 16 en el Escalafón de Competitividad Departamental (CEPAL, 2015)²⁰. Tal como se observa en la gráfica de un total de \$15.970 Miles de millones registrado en el PIB de Casanare en el año 2014 el 70% lo aporta la explotación de hidrocarburos.

Gráfica 3. Proporción de aporte de actividades económicas al PIB 2015



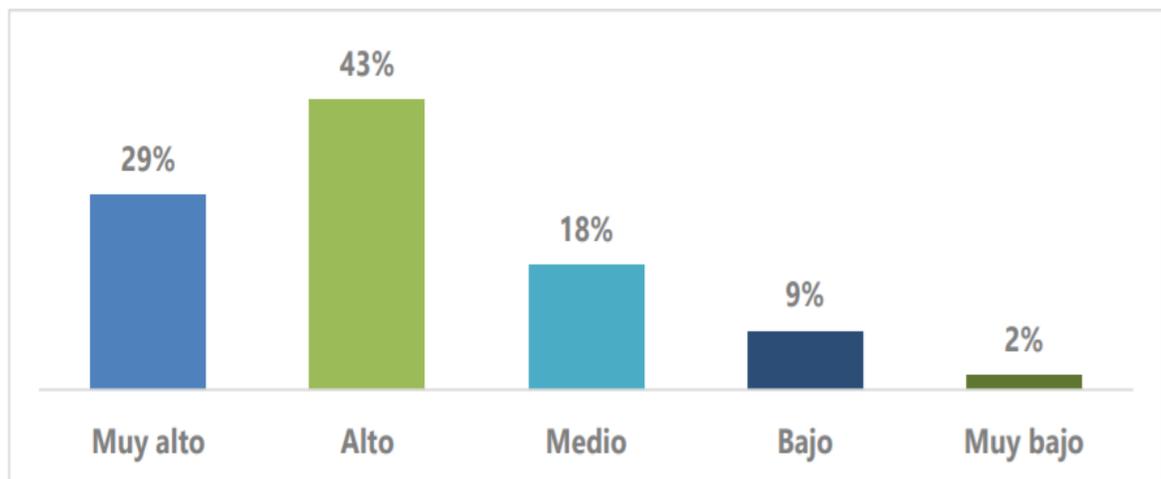
Fuente: Cámara de Comercio de Casanare

¹⁹ DANE. Informe de coyuntura económica regional: Departamento de Casanare. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Casanare_2015.pdf

²⁰ Cámara de Comercio de Casanare. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: <http://cccasanare.co/wp-content/uploads/2017/02/S%C3%ADntesis-Yopal-2015.pdf>

La economía del departamento de Casanare y en particular de Yopal se ve influenciada por la actividad minera específicamente explotación de hidrocarburos, de esta forma según encuesta de percepción económica de Yopal 2016-2017 el 72% de los encuestados consideran que la actividad petrolera tiene un alto o muy alto grado de incidencia en su volumen de ventas. De forma específica, en las distintas actividades económicas, el impacto de la actividad petrolera en las ventas tiene diversas consideraciones, la venta de combustibles, lubricantes y aditivos para vehículos le conceden un 89% entre grado alto y muy alto, en el caso del comercio realizado por tiendas, supermercados, cacharrerías, talabarterías y el de equipos de informática y comunicaciones lo ponderan con el 75% (alto y muy alto) cada uno, el de frutas y verduras, lácteos, carnes, licoreras, bebidas, salsamentarías y las ventas de papelerías, librerías, música, entretenimiento, deportes con el 74% (alto y muy alto) cada uno.²¹ Estas apreciaciones se visibilizan en las siguientes figuras:

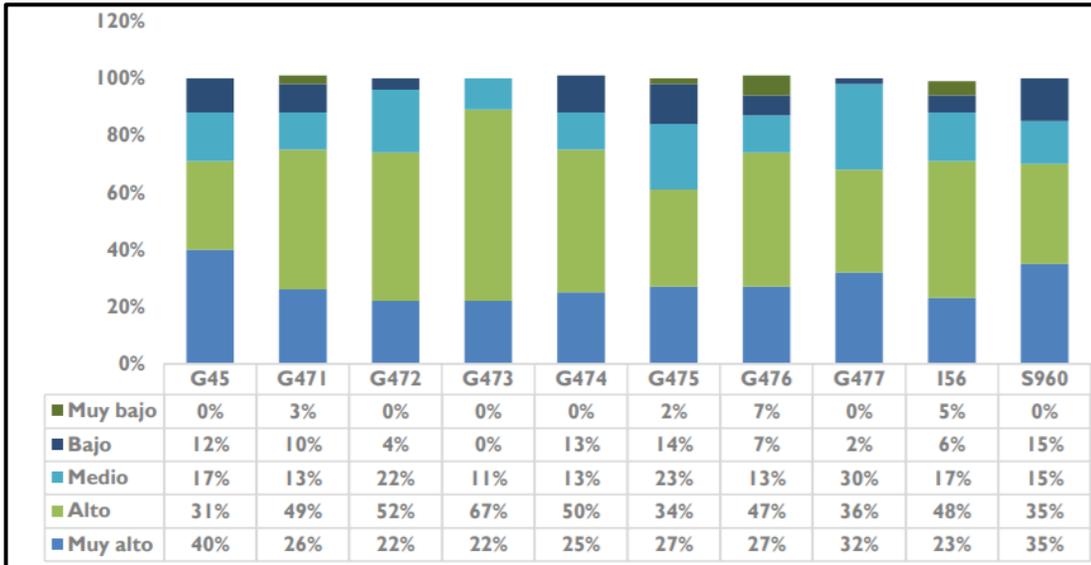
Gráfica 4. Calificación del grado de incidencia de la actividad petrolera en ventas



Fuente: Cámara de Comercio de Casanare

²¹ Cámara de comercio de Casanare. Encuesta de percepción económica de Yopal 2016-2017. citado el 07 de febrero de 2018] en internet: <http://cccasanare.co/wp-content/uploads/2017/06/No.-145-A-ENCUESTA-DE-PERCEPCION-ECONOMICA-2016-2017.pdf>

Gráfica 5. Grado de influencia de la actividad petrolera según actividad económica



G45	ventas de motos y carros, repuestos, partes, piezas y accesorios
G471	Tiendas, supermercados, cacharrerías, talabarterías.
G472	Fruver, lácteos, carnes, licoreras, bebidas, salsamentarías.
G473	Combustible, lubricantes y aditivos para vehículos.
G474	Equipos de informática y comunicaciones
G475	Textiles, ferreterías, vidrierías, tapices, alfombras, electrodomésticos, utensilios de uso doméstico.
G476	Papelerías, librerías, música, entretenimiento, deportes.
G477	Ropas, zapatos, droguerías, sombreros, belleza, compraventa
I56	Cafeterías, restaurantes, comidas rápidas, catering.
S960	Lavado, limpieza, peluquería, servicios fúnebres.

Fuente: cámara de comercio. Tomada de: encuesta de percepción económica de Yopal 2016-2017.

1.3 ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE TRANSITO DEL MUNICIPIO DE YOPAL (Una perspectiva desde la Secretaría de Tránsito y Transporte del municipio)

El tráfico de Yopal se caracteriza por ser congestionado en horas pico, aunque en Casanare no se tiene una estadística exacta del número de motos que transitan por la jurisdicción, según la Secretaría de Transporte del Departamento en Casanare hay alrededor de 20 mil motocicletas, de las cuales 12 mil circulan por las calles de Yopal, el número de motos supera ampliamente los vehículos automotores se estima que dicha superación es de un 288% aproximadamente para el año 2014.

1.3.1 Entrevista con el secretario de tránsito de Yopal Casanare referente a la población vehicular. Con el fin de conocer más a fondo la población vehicular y el impacto de esta en la contaminación del aire, se realizó una entrevista (ver anexo) al ingeniero Jeremías Andrés Viviescas Valdivieso; en dicha entrevista se trató temas relacionados con el registro del parque automotor, con el diagnóstico de nivel contaminación vehicular, la existencia del plan de tránsito y Transporte urbano vigente, el diseño implementación de proyectos con el fin de mejorar la movilidad y la fluidez vehicular, la consideración de la existencia de problemas de contaminación atmosférica producidas por el parque automotor y la puesta en marcha de estrategias como el día sin carro con el fin de minimizar el impacto ambiental que genera la contaminación vehicular. Los resultados de esta entrevista evidenciaron que:

1) municipio de Yopal no cuenta con un diagnóstico del nivel de contaminación emitida por el parque automotor del municipio.

2) No se tiene un reporte exacto de la evolución del parque automotor del municipio, sin embargo, según lo asienta el entrevistado esta ciudad cuenta con 150.000 habitantes aproximadamente, pero cuando está en producción petrolera estos ascienden a 360 000 habitantes promedio, lo cual hace que se ostente una población flotante bastante significativa que hace poco factible realizar un proceso que determine cuántos vehículos en total se encuentran transitando en la ciudad duramente. Sin embargo, en el caso de los vehículos de transporte público si existe un control cuantificable de unidades y condiciones; dicho control lo realizan cada una de las empresas prestadoras del servicio de forma anual o bimensual dependiendo los requerimientos legales. De esta forma, se puede concluir que en materia de registro de evolución del parque automotor éste se encuentra parcializado al enfoque del transporte público y existe una ausencia total en lo que concierne a datos estadísticos que haga referencia al transporte de vehículos particulares.

3) Yopal es una ciudad que por sus características de explotación de hidrocarburos y turismo cuenta con una variedad vehículos que entran y salen de la localidad, esto implica la entrada y salida de vehículos particulares, tracto-mulas, carga extra-dimensionada, tráfico aéreo, entre otros, lo cual no permiten realizar una medición exacta en lo que concierne a los transportes privados ya sea de carácter personal, empresarial o industrial.

4) El municipio de Yopal cuenta con un Plan Integral de Tránsito y Transporte Urbano denominado PIMUR o Plan Integrado de Movilidad Urbana y Rural, este plan ya está diseñado, aunque se encuentra pendiente para la liquidación respectiva

y se le están haciendo algunos ajustes y actualizaciones estadísticas, con el fin de hacerlo más asertivo en materia estratégica.

5) En materia de movilidad del municipio se enfoca principalmente en los peatones o las personas que se movilizan a pie por la ciudad, por esta razón el PIMUR precisamente es para las personas, con ello se busca o se quiere dejar más espacios para que la gente se pueda movilizar fácilmente, con andenes apropiados y una propuesta de recuperación del espacio público que se ha perdido por el parque de motocicletas principalmente; de esta forma, las estrategias de mejora de la movilidad están enfocadas a la reorganización en el tema de parqueo de la ciudad, el diseño infraestructuras adecuadas, las campañas de sensibilización y la realización de encuestas a las personas para conocer sus necesidades en materia de movilidad; así mismo, se está realizando un proceso de reglamentación masivo a motocicletas, con el fin de minimizar la problemática que se tiene referente a la ausencia de los documentos reglamentarios. Para cumplir con estos fines estratégicos se vienen desarrollando no sólo las campañas, sino también se han hecho convenios con la Agencia Nacional de Seguridad Vial, se está trabajando con la Gobernación de Casanare y demás entidades competentes que permitirán la eficiencia y eficacia del Plan Integrado de Movilidad Urbana y Rural PIMUR.

6) Aunque se consideran las ciclovías como uno de las estrategias relevantes que llevarían a minimizar los problemas de movilidad en la ciudad, el Secretario de Tránsito y Transporte considera que la inversión en infraestructura sería muy alta y poco accesible en el momento por cuestiones presupuestarias, por lo cual piensa que la solución es la adecuación de algunas vías con el fin de darle pasó a las bicicletas.

7) Se está desestimando en el municipio el uso de las motocicletas y los carros particulares, de esta manera se están aplicando estrategias que busquen promover y aumentar el uso del servicio público, con el fin no sólo de descongestionar la ciudad, sino también de obtener un beneficio ambiental minimizar la producción de gases emitidos por los vehículos.

8) El Secretario de Tránsito y Transportes asiente que definitivamente la contaminación que se vive en la ciudad es producto de la cantidad de vehículos que transitan por esto considera que el uso de los combustibles como ACPM y los gases emitidos por los vehículos generan un alto grado de contaminación que afecta la atmósfera, de esta forma como parte de la solución se está promoviendo el “día sin carro” pero por ahora no se ha reglamentado oficialmente aunque se han hecho algunos intentos que desafortunadamente no ha contado con la participación y el compromiso de todos los ciudadanos.

1.4 ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL MUNICIPIO DE YOPAL.

1.4.1 Efectos de la contaminación en el aire según los pobladores de Yopal.

Para saber los efectos de la contaminación ambiental se consideró pertinente hacer una encuesta directa que se aplicó a 350 hogares, los cuales opinaron acerca del nivel de contaminación, así como las causas y consecuencias que este fenómeno ambiental tiene para los pobladores y el desarrollo de la región.

- 1) ¿Conoce las consecuencias de la contaminación atmosférica en el municipio de Yopal? El 69% afirmó conocer las consecuencias que tiene la contaminación ambiental, no sólo para las personas, sino para el entorno natural propio del municipio; en tanto que el 31% asiente no tener conocimiento pleno sobre este fenómeno ambiental. Ver tabla y Gráfica

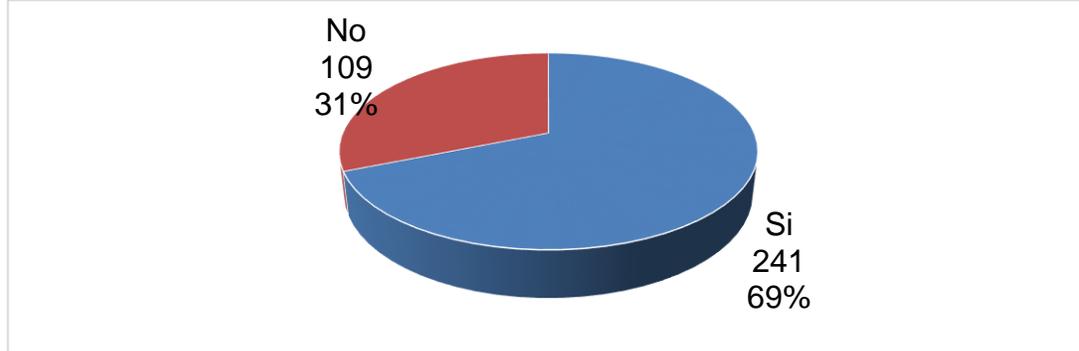
En cuanto a la identificación de consecuencias que tienen la contaminación ambiental específicamente la del aire, los pobladores asintieron que está es evidente en: el nivel de polución, la reducción de la visibilidad, las enfermedades pulmonares o respiratorias, las enfermedades en la piel, el calentamiento global, afecciones en el ecosistema, reducción de la calidad de vida, destrucción de la capa de ozono, reducción del caudal de los ríos, aumento de los rayos ultravioleta, muerte de seres vivos, deterioro del hábitat, cambios climáticos, reducción de la concentración de oxígeno en el ambiente, desvalorización del área contaminada, entre otros.

Tabla 6. Conocimiento de la contaminación ambiental

	No.	%
Si	241	69%
No	109	31%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 6. Conocimiento del nivel de contaminación ambiental



Fuente: encuesta aplicada por autor

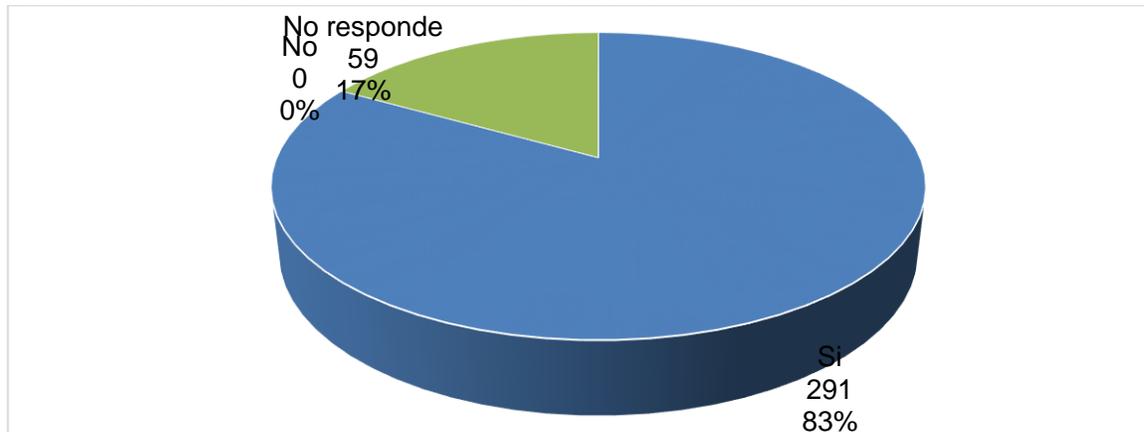
2) A la pregunta ¿considera que el aire del municipio se ha deteriorado en los últimos años? El 83% de los encuestados asintieron que efectivamente en el municipio de Yopal la atmósfera se ha venido deteriorando, es decir la gran mayoría de los pobladores son conscientes de la contaminación que se viene registrándose en el municipio en los últimos años, ver tabla y grafico

Tabla 7. Conciencia sobre la contaminación atmosférica.

	No.	%
Si	291	83%
No	0	0%
No responde	59	17%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 7. Conciencia sobre la contaminación atmosférica.



Fuente: encuesta aplicada por autor

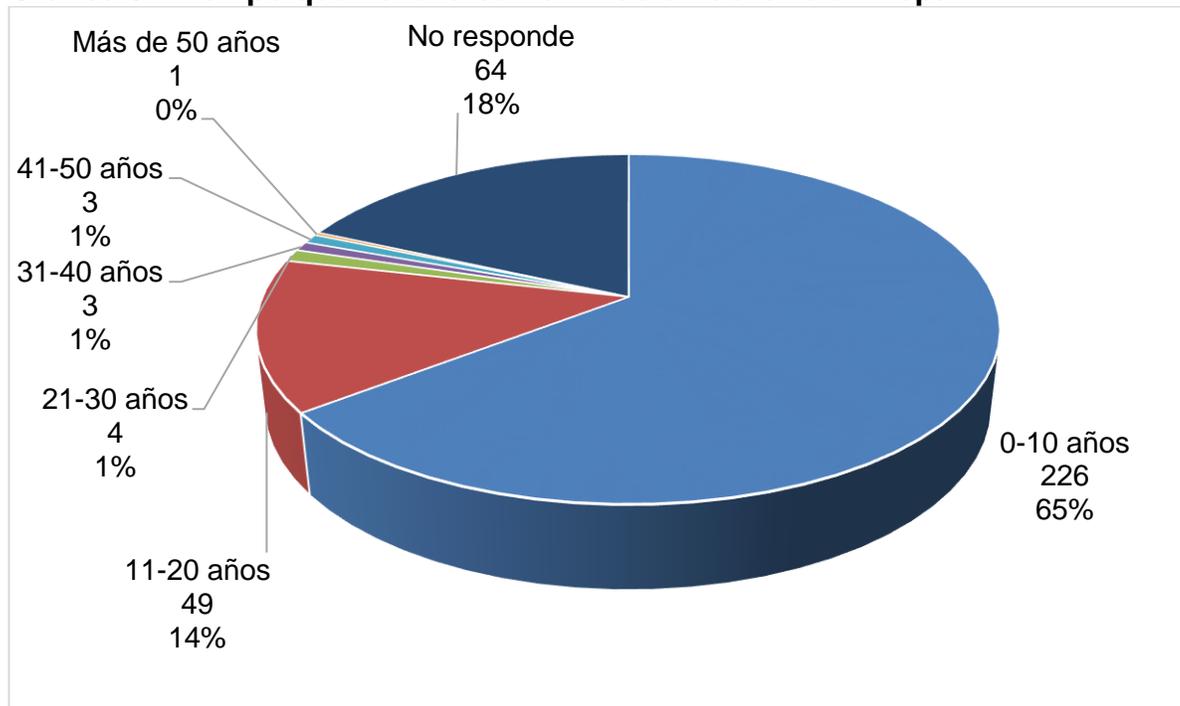
Los pobladores que consideran que el aire del municipio de Yopal se ha deteriorado en los últimos tiempos, asienten que este deterioro se ha visto en las postremas dos décadas, siendo más notoria esta problemática ambiental desde hace 10 años, tal como se muestra en la gráfica y tabla siguiente:

Tabla 8. Tiempo que lleva la contaminación del aire en Yopal

	No.	%
0-10 años	226	65%
11-20 años	49	14%
21-30 años	4	1%
31-40 años	3	1%
41-50 años	3	1%
Más de 50 años	1	0%
No responde	64	18%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 8. Tiempo que lleva la contaminación del aire en Yopal



Fuente: encuesta aplicada por autor

Los habitantes sienten más la contaminación en el casco urbano, el caño seco, el centro urbano, el río, en la 29, en la zona industrial, en el morro, en la herradura, en el parque principal, en los alrededores de las fábricas, en las áreas comerciales, en la Virgen de Monaré, en la vía morichal, en la 30, en el depósito de basura, en los barrios 20 de julio y los helechos, en la 40, en las principales avenidas, en el terminal, en el aeropuerto, cerro el venado, en la cra 21, cerca al hospital, calle 30. Todos estos puntos geográficos evidencian una problemática de contaminación masiva, provocada por diversidad de factores ocasionados por el crecimiento económico y poblacional de la localidad.

3) ¿Cuáles considera que son las fuentes de contaminación del aire? La percepción de la población lleva a:

Cantidad de Vehículos en circulación y su falta de mantenimiento.

Las empresas e industrias.

La quema de basura.

El cigarrillo.

La explotación de hidrocarburos.

Las quemas forestales,

La industria ladrillera.

La quema de llantas.

La mala disposición de residuos.

La disposición de aguas negras sin ningún tratamiento en las fuentes hídricas.

La ganadería,

La emisión de metano.

La industria arroceras y en general agrícola.

La sobrepoblación del municipio.

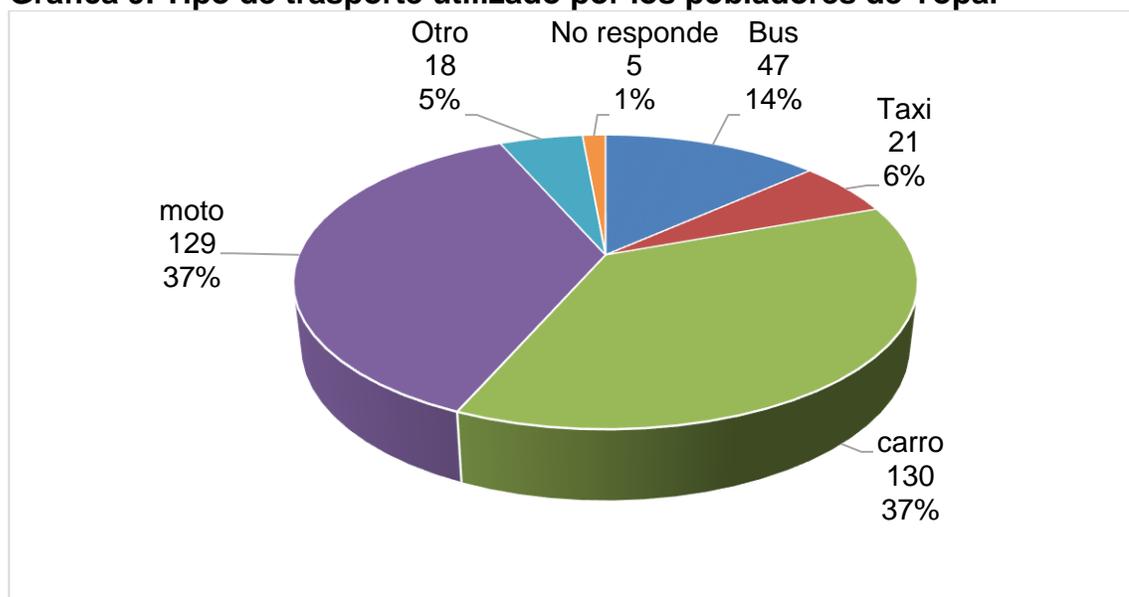
4) ¿Qué tipo de transporte utiliza? se encontró que el 74% se moviliza en carro o en moto, mientras que tan sólo un 14% utiliza el bus y un 6% los taxis; esto demuestra poco uso del transporte público, en contraste con un uso significativo de transporte particular, lo que en consecuencia puede generar una saturación no sólo de la movilidad, sino también de la atmósfera, debido al exceso de gases contaminantes que emiten los vehículos, sobre todo aquellos que no cuentan con las condiciones técnicas adecuadas para su circulación. Ver tabla y Gráfica

Tabla 9. Tipo de transporte utilizado por los pobladores de Yopal

	No.	%
Bus	47	13%
Taxi	21	6%
carro	130	37%
moto	129	37%
Otro	18	5%
No responde	5	1%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 9. Tipo de transporte utilizado por los pobladores de Yopal



Fuente: encuesta aplicada por autor

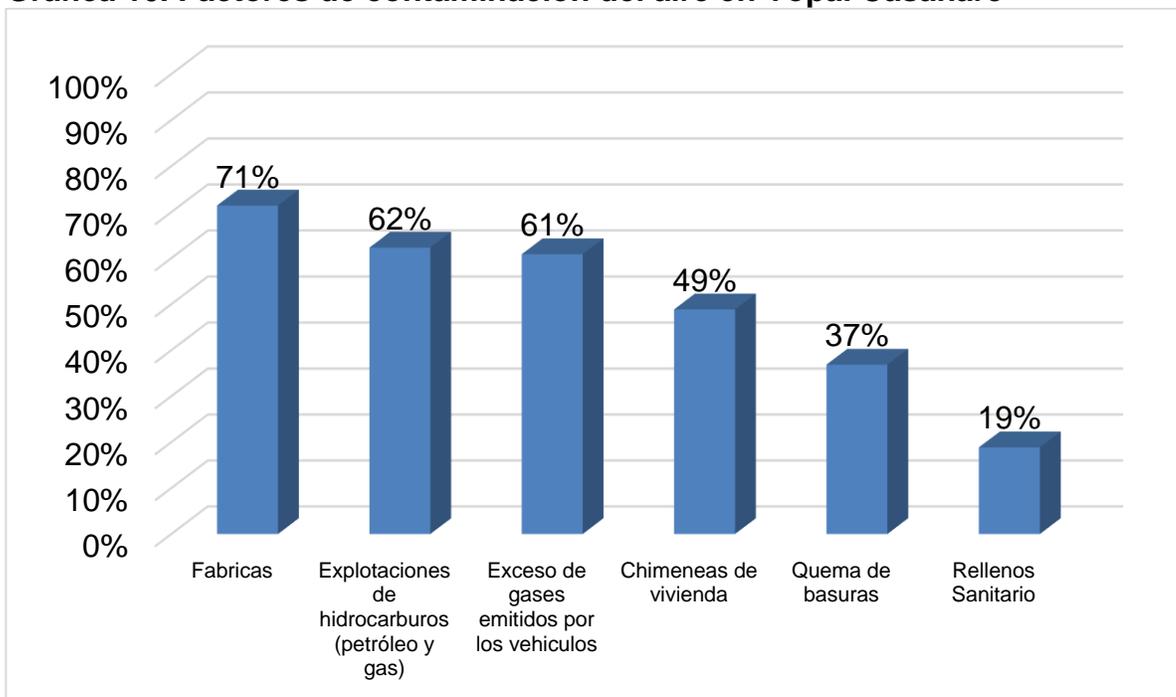
Según los pobladores del municipio de Yopal Casanare las fuentes principales de contaminación son las fábricas, seguido por la explotación de hidrocarburos (petróleo y gas) y exceso de gases emitidos por los vehículos, según respuesta del 71%, 62% y 61% correspondientemente. Aunque también se tiene las chimeneas, la quema de basura y los contaminantes emitidos por los rellenos sanitarios. Ver tabla y grafico

Tabla 10. Factores de contaminación del aire en Yopal Casanare

	No.	%
Fabricas	250	71%
Explotaciones de hidrocarburos (petróleo y gas)	218	62%
Exceso de gases emitidos por los vehículos	213	61%
Chimeneas de vivienda	171	49%
Quema de basuras	129	37%
Rellenos Sanitario	66	19%
Total	350	

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 10. Factores de contaminación del aire en Yopal Casanare



Fuente: encuesta aplicada por autor

5) ¿Considera que la calidad del aire es causa de enfermedades en los pobladores? el 83% de los habitantes de Yopal, consideran que efectivamente es una causa de múltiples enfermedades que los afectan, mientras que un 55% considera que no tiene ningún impacto y hay una omisión de respuesta del 1%, tal como se muestra en la tabla y el gráfico.

Los que asienten que es causa de enfermedad, relacionan la contaminación del aire con:

- Intoxicación por taponamiento en los pulmones.
- Afecciones respiratorias.
- Enfermedades cardio-respiratorias,

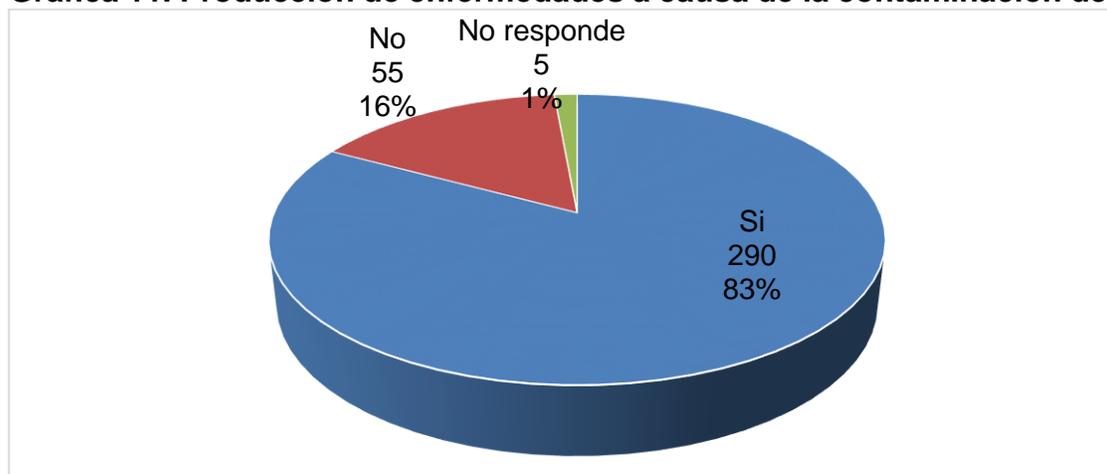
Dichas enfermedades se generan por el nivel y tiempo en el que las personas están expuestas a partículas que se transportan en el aire, las cuales poco a poco van afectando la salud debido a que algunas de éstas contienen peligrosos residuos de metales y carburos que al ingresar al sistema respiratorio afectan su funcionamiento.

Tabla 11. Producción de enfermedades a causa de la contaminación del aire

	No.	%
Si	290	83%
No	55	16%
No responde	5	1%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 11. Producción de enfermedades a causa de la contaminación del aire



Fuente: encuesta aplicada por autor

Refiriendo a las enfermedades que se generan producto de la contaminación del aire en el municipio de Yopal, se encontró que el 20% de los encuestados si han tenido que superar o sufrir alguna enfermedad como consecuencia de los altos niveles de contaminación del aire que presenta el municipio (ver tabla y gráfico)

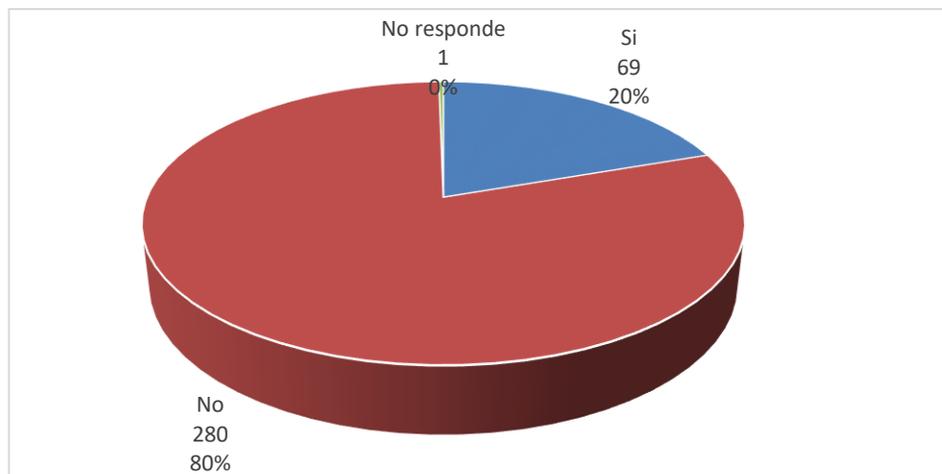
dentro estas enfermedades se cuentan, asma, afecciones respiratorias, gripa, cáncer de piel, neumonía, rinitis, pulmonía o bronquitis, problemas de amigdalitis, tos, entre otros.

Tabla 12. Sufrimiento de enfermedades por causa de la contaminación del aire

	No.	%
Si	69	20%
No	280	80%
No responde	1	0%
Total	350	100%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 12. Sufrimiento de enfermedades por causa de la contaminación del aire



Fuente: encuesta aplicada por autor

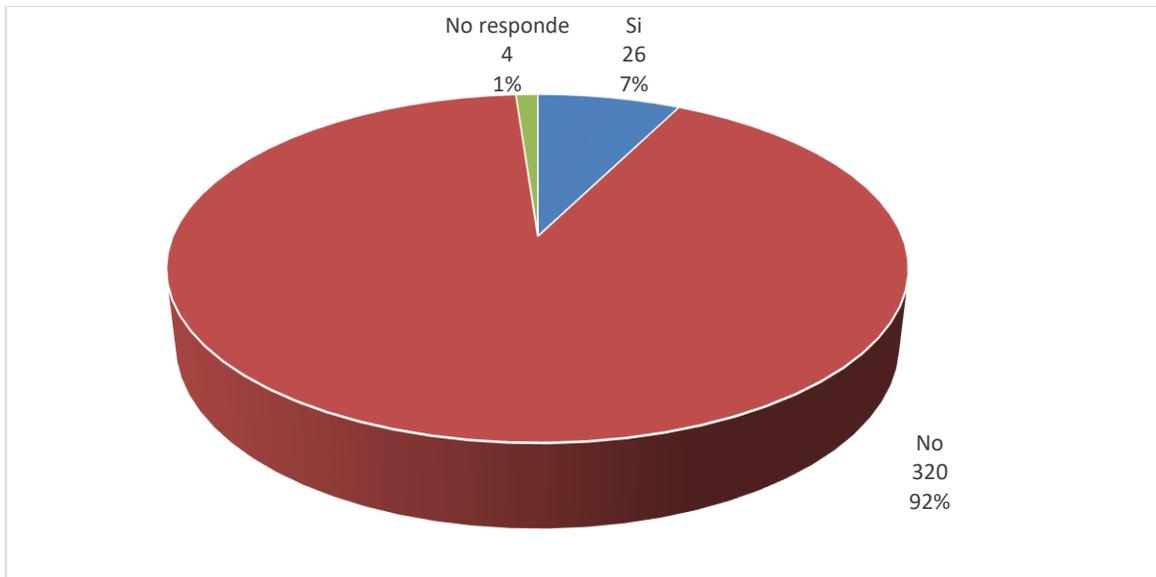
6) ¿Conoce algún programa o proyecto enfocado a mejorar la calidad del aire en el municipio? se evidenció un amplio desconocimiento relacionado con aquellas medidas o programas que se desarrollan con el fin de mitigar la contaminación atmosférica, en otras palabras tan sólo un 7% sabe de la existencia de programas enfocados a revertir el impacto ambiental, dentro de estos programas está la siembra de árboles, el reciclaje, los proyectos comunitarios para evitar la quema de residuos sólidos, el día sin carro y moto y los programas de concientización de cero Impacto. (Ver tabla y gráfico)

Tabla 13. Conocimiento de programas de mitigación de impacto de la contaminación del aire

	No.	%
Si	26	7%
No	320	91%
No responde	4	1%
Total	350	99%

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 13. Conocimiento de programas de mitigación de impacto de la contaminación del aire



Fuente: encuesta aplicada por autor

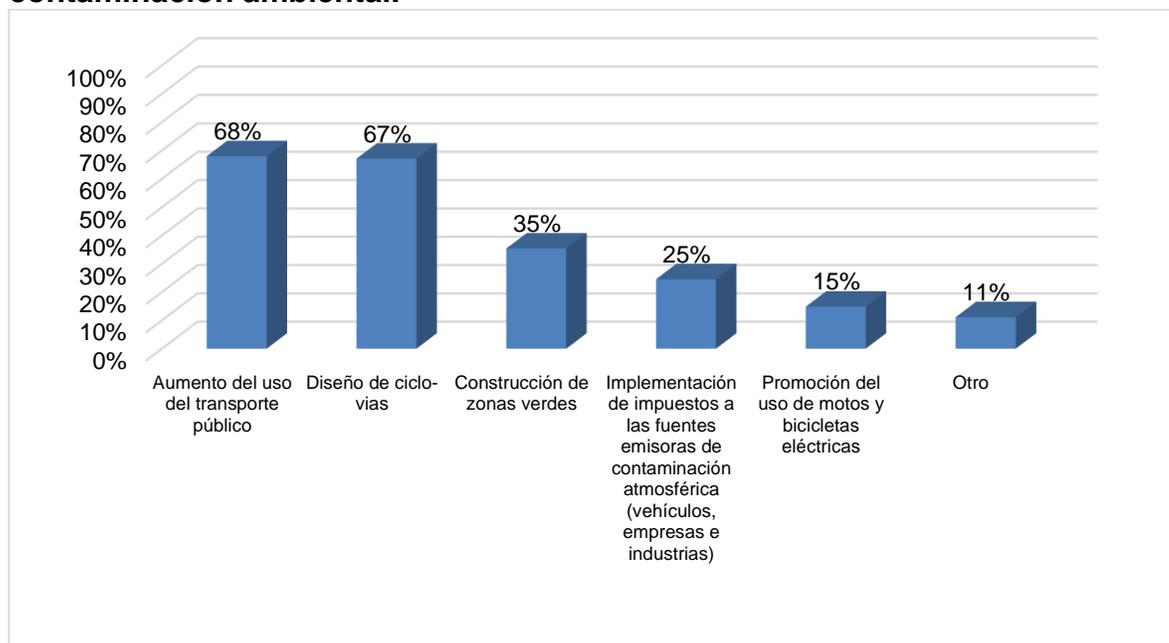
7) A la pregunta ¿Qué tipo de programas y/o proyectos está de acuerdo se implemente para reducir los niveles de contaminación atmosférica? Los habitantes de Yopal Casanare consideran que, para mitigar los problemas ambientales, específicamente aquellos relacionados con la contaminación del aire, es preciso, implementar programas que promuevan el uso del transporte público; asimismo consideran importante el diseño de una ciclo vía, la construcción de zonas verdes y la implementación de impuestos a las fuentes emisoras de contaminación atmosférica, según lo asiente el 68%, 67%, 35% y 25% de los encuestados respectivamente.

Tabla 14. Programas o proyectos que se deben implementar para mitigar la contaminación ambiental.

	No.	%
Aumento del uso del transporte público	238	68%
Diseño de ciclo-vías	235	67%
Construcción de zonas verdes	124	35%
Implementación de impuestos a las fuentes emisoras de contaminación atmosférica (vehículos, empresas e industrias)	86	25%
Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas	52	15%
Otro	39	11%
Total	150	

Fuente: encuesta aplicada por autor

Gráfica 14. Programas o proyectos que se deben implementar para mitigar la contaminación ambiental.



Fuente: encuesta aplicada por autor

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud del hombre, animales y plantas son bien conocidos por los habitantes de las aglomeraciones industriales, áreas urbanas y pueblos; aquí tan solo recordar que muchos problemas médicos del árbol traqueo bronquial, enfermedades de la mucosa de la nariz, garganta y ojos son debidos a la contaminación ambiental; las plantas pueden padecer, entre otras, enfermedades derivadas de la contaminación atmosférica, tales como, por citar

algunas, la necrosis foliar, el manchado, el abrigantado o argentado, la clorosis y la detención del crecimiento. Hay que señalar que las plantas se comportan como silenciosos y sensibles instrumentos capaces de detectar y evaluar los diversos fitotóxicos atmosféricos en concentraciones muy bajas.²²

1.4.2 Efectos de la contaminación según la secretaria de salud. La contaminación del aire en el centro urbano, se abordó a través del análisis de estadísticas emitidas por la secretaria de salud, así como una encuesta aplicada a los pobladores quienes padecen día a día los efectos de las emisiones contaminantes provenientes de fuentes fijas y móviles.

Para ratificar y dar mayor validez a la información suministrada por los pobladores en relación al impacto que ha tenido la contaminación atmosférica en la salud, para el caso se recurrió a las estadísticas de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire, realizando un seguimiento a las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) publicadas en el Boletín Epidemiológico de Casanare, con el fin de definir un canal endémico, del año 2014 al 2018 tal como se muestra en la siguiente tabla 15:

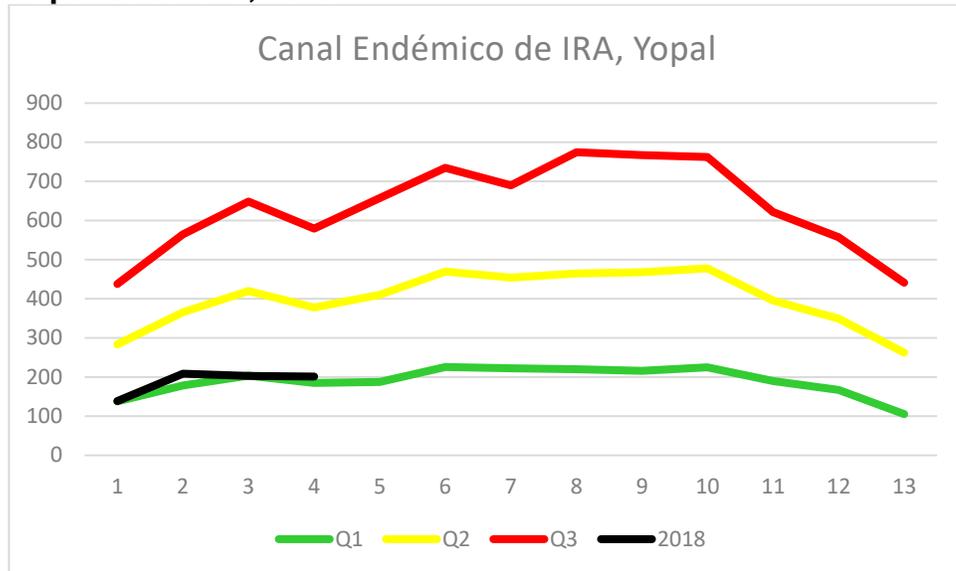
Tabla 15. Registro histórico de casos de IRA en Yopal 2014-2018

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2014	124	166	198	186	207	230	243	215	216	225	191	163	140
2015	143	217	234	214	240	259	229	266	288	281	244	243	174,5
2016	148	182	227	183	129	211	202	222	215	224	185	168	191
2017	176	193	206	198	270	283	234	441	332	296	221	197	0
2018	139	208	203	201									
Q1	138	178	204	185	187	225	222	220	216	224	190	167	105
Q2	145	187	216	192	223	244	232	244	252	253	206	182	157,25
Q3	155	199	229	202	247	265	236	310	299	285	226	209	178,63
2018	139	208	203	201									

Fuente: autor

²²AMESTOY ALONSO, José. El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones. Alicante España: Editorial Club Universitario, 2013. P. 74

Gráfica 15. Canal epidemiológico de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), Yopal Casanare, 2018



Fuente: autor

Como se observa en la gráfica 15, las infecciones respiratorias agudas, registradas en el municipio durante las primeras 16 semanas del año 2018, representadas en la curva de color negro, está sobre la zona de seguridad lo cual indica que el riesgo, para la comunidad de Yopal, de contraer este tipo de infecciones es mínimo.

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES (MÓVILES Y FIJAS) QUE AUMENTAN LA CONTAMINACIÓN DE AIRE EN EL MUNICIPIO DE YOPAL

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala como principales fuentes de contaminación del aire los compuestos orgánicos, el dióxido de carbono, ácidos, hidrocarburos, disolventes, sulfuros, fluoruros, monóxido de carbono, nitratos, etc., procedentes de la combustión, de los motores de los automóviles, de refinerías de petróleo, industrias químicas, fundición de metales y electrometalurgia, fábricas de ácido sulfúrico, explosivos y preparación de productos alimenticios para el hombre y el ganado. Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y las antropogénicas; las emisiones primarias originadas por los focos naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos. Los principales focos antropogénicos de emisiones primarias se pueden clasificar en: focos fijos, procedentes de procesos industriales e instalaciones fijas de combustión y de la instalación de calefacción doméstica; focos móviles, procedentes de vehículos automóviles, aeronaves y buques; y focos compuestos, procedentes de las aglomeraciones industriales y de las áreas urbanas.²³

En este caso se tomará en cuenta las antropogénicas, descritas por la Unión Temporal Aires, en el Informe Final Yopal del Monitoreo de calidad del aire Yopal – Casanare septiembre / octubre / noviembre / diciembre 2017, que para el caso de Yopal Casanare identifican tres clases de focos contaminantes:²⁴

- 1) Las fuentes fijas provenientes de procesos de combustión tanto interna como externa y por emisión, las cuales no se centran en lugar específico de la ciudad.
- 2) Las fuentes móviles comprendidas por todo el parte automotor que transita por las vías principales y secundarias de la zona de estudio.
- 3) Las emisiones fugitivas generadas por la re-suspensión del material particulado causado por el arrastre del viento.

²³AMESTOY ALONSO, José. El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones. Alicante España: Editorial Club Universitario, 2013. P. 74

²⁴Unión Temporal Aires 2017. Informe Final Yopal. Monitoreo de calidad del aire Yopal – Casanare septiembre / octubre / noviembre / diciembre 2017. p. 14

2.1 RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN FUENTES MÓVILES Y FIJAS DE CONTAMINACIÓN

2.1.1 Inventario de emisiones en Yopal.

En 2014: En Yopal, se realizó una actividad comparativa entre la cantidad de emisiones promedio obtenidas por el tránsito de vehículos los días 27, 28 y 29 de septiembre del 2014; y las emisiones base, registradas para el 30 de septiembre; día en el que se celebraba la jornada sin movilidad en este municipio. Lo anterior con el fin de hacer entrever a la comunidad yopaleña, la importancia del día de la movilidad limpia; según lo citó la página de Prensa libre de Casanare (2014).

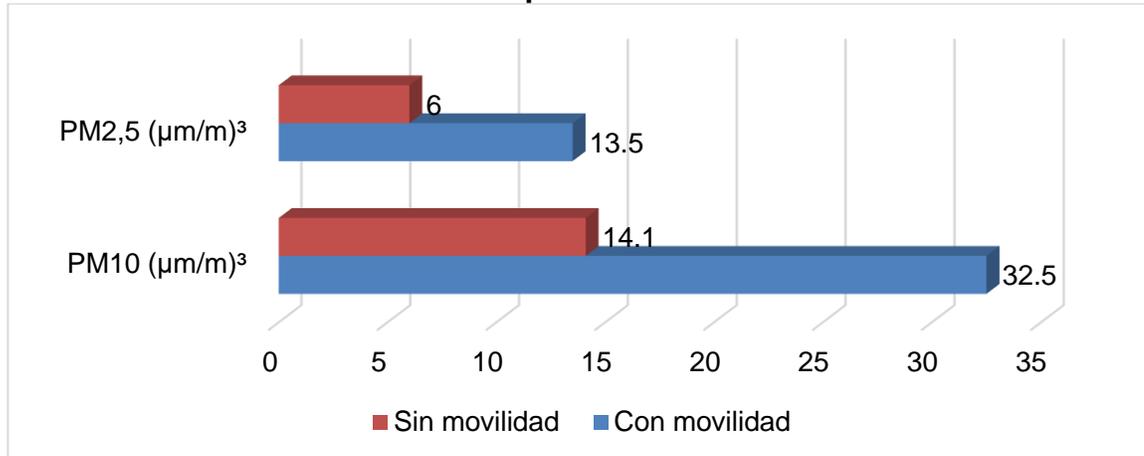
La siguiente tabla y gráficos presentan una síntesis que evidencia la significativa contaminación por combustión de hidrocarburos, a la cual está expuesta la población de Yopal.

Tabla 16. Inventario de emisiones en Yopal

Emisión	Con movilidad	Sin movilidad	(% reducción)
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32.5	14.1	57%
PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13.5	6	56%
NO2 (ppm)	0.0026	0.0015	42%
SO2 (ppm)	0.0145	0.0046	68%
CO (ppm)	1.95	0.75	62%
O3 (ppm)	0.0285	0.0174	39%

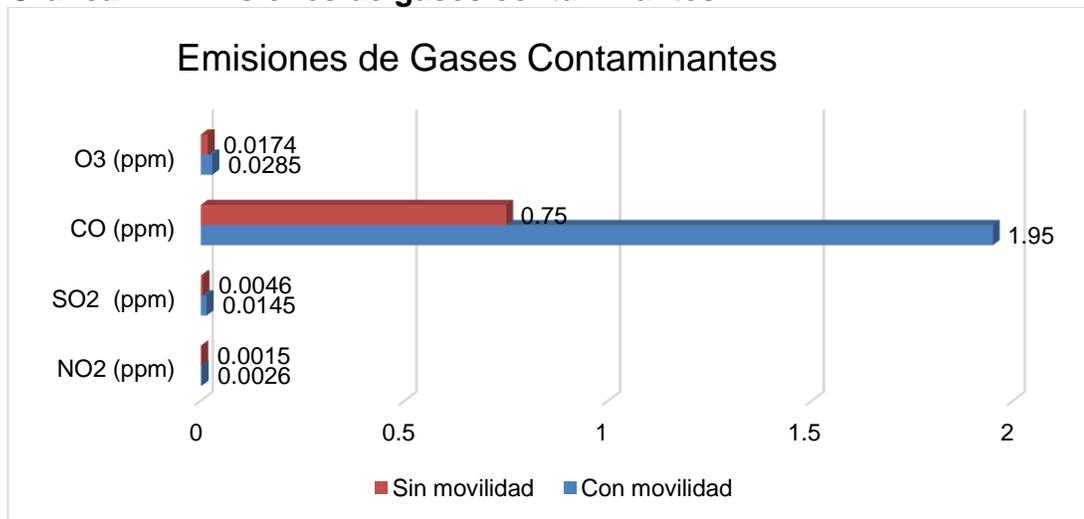
Fuente: <http://prensalibrecasanare.com/principal/13156-yopal-respiru-nuevo-oxigeno-durante-la-jornada-de-movilidad-limpia.html>

Gráfica 16. Emisiones de material particulado



Fuente autor: Con base en la tabla 16.

Gráfica 17. Emisiones de gases contaminantes



Fuente autor: Con base en la tabla 16.

Se observa reducciones significativas en las emisiones de todos los contaminantes criterio, principalmente en el material particulado y en el monóxido de carbono; en razón a que son los principales contaminantes emitidos por la combustión de hidrocarburos. El porcentaje de reducción en emisiones va desde el 42% hasta el 68%, lo cual conlleva a concluir que las reducciones en emisiones son proporcionales a la cantidad de vehículos sacados de circulación por ese día; que de acuerdo a Prensa libre de Casanare (2014) fueron 72000 motocicletas y más de 25000 carros.

En 2015. Por medio del contrato 200-14-4-14-300, cuyo objeto es “Elaborar la campaña de calidad del aire en el casco urbano de la ciudad de Yopal teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el Protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (Resolución 2154 de 2010) y los dispuestos en los procedimientos establecidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales IDEAM”; se obtiene una sinopsis de información referente a la contaminación atmosférica a la que se expuso la población de Yopal durante el año 2015.

Las estaciones para la toma de datos, fueron distribuidas en seis puntos estratégicos sobre el casco urbano municipal, así: La estación de Bomberos, colegio Itey, colegio Braulio, corporación Corporinoquia, hotel Armonía y finalmente el hotel Manantial. El tiempo de la toma de datos es de dos meses, con inicio desde el 28 de marzo hasta el 28 de mayo del año 2015.

Para analizar los niveles de contaminación respecto a material particulado entre 10 y 2,5 micrómetros; se cuenta con 30 datos por estación, por ejemplo para la estación Bomberos:

Tabla 17. Registro de datos de niveles de contaminación, estación Bomberos, 2015.

N° día	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
30/03/2015	73
01/04/2015	75
03/04/2015	27
05/04/2015	51
07/04/2015	80
09/04/2015	112
11/04/2015	41
13/04/2015	42
15/04/2015	71
17/04/2015	69
19/04/2015	44
21/04/2015	101
23/04/2015	105
25/04/2015	32
27/04/2015	34
29/04/2015	54
01/05/2015	85
03/05/2015	122

N° día	PM10 (µg/m³)
05/05/2015	112
07/05/2015	66
09/05/2015	91
11/05/2015	68
13/05/2015	53
15/05/2015	24
17/05/2015	24
19/05/2015	36
21/05/2015	25
23/05/2015	42
25/05/2015	64
27/05/2015	65

Fuente: Elaborada con base en el Informe Campaña de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Casco Urbano del Municipio de Yopal. Año 2015 K2 INGENIERIA

Con el fin de tomar un dato representativo de la muestra, se efectúa un análisis estadístico; organizando los anteriores datos de menor a mayor, para determinar el rango de dispersión de la muestra:

$$R = (122 - 24)\mu\text{g}/\text{m}^3 = 98 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Luego se determina el número de clases, en este informe se calcula de acuerdo a la fórmula de Sturges:

$$k = 1 + 3.322 * \log(n) \quad \text{donde } n \text{ es el número de datos a clasificar}$$

$$k = 1 + 3.322 * \log(30) = 5,9 \quad 6 \text{ clases}$$

Se distribuye la muestra entre seis clases, las cuales deben tener una amplitud de:

$$A = \frac{\text{Rango}}{\text{número de Clases}} = \frac{98}{6} = 16,3$$

Con las anteriores variables se puede organizar la muestra de la siguiente forma:

Tabla 18. Identificación de la clase con mayor frecuencia de datos.

Clase		N° de datos dentro de la clase	Porcentaje de datos dentro de la clase
Inicio	Final		
24.0	40.3	7	23%
40.3	56.7	7	23%
56.7	73.0	6	20%
73.0	89.3	4	13%
89.3	105.7	3	10%

Fuente Autor

La conclusión es que los datos no presentan una tendencia a cierta clase, sino que se distribuye uniformemente en toda la muestra; por consiguiente, el dato representativo de la muestra se encontraría en los primeros 20 datos ya que simbolizan más del 60% de la muestra. Por lo tanto, se toma como dato representativo 71 µg/m³.

Para obtener la valoración del índice de calidad del aire ICA, se debe tener en cuenta el procedimiento realizado por la EPA, de acuerdo a la ecuación:

$$ICA = \frac{I(hi) - I(lo)}{BP(hi) - BP(lo)} * (Ci - BP(lo)) + I(lo) \quad \text{Dónde:}$$

ICA: Índice de calidad del aire

I(lo): Valor del índice en el límite inferior de la categoría del ICA

I(hi): valor de índice en el límite superior de la categoría del ICA

BP(lo): punto de quiebre de la concentración en el límite inferior de la categoría del ICA

BP(hi): punto de quiebre de la concentración en el límite superior de la categoría del ICA

Ci: concentración del contaminante

Tabla 19. Puntos de Corte del ICA.

Puntos de corte							Valor del AQI	Calidad del aire	Color
PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	O ₃ (ppm)		NO ₂ (ppm)			
				8h	1h*				
0	0.0	0.000	0.0	0.000	-	**	0	Buena	Verde
54	15.4	0.034	4.4	0.064			50		
55	15.5	0.035	4.5	0.065	-	**	51	Regular	Amarillo
154	40.4	0.144	9.4	0.084			100		
155	40.5	0.145	9.5	0.085	0.125	**	101	No saludable para grupos sensibles	Naranja
254	65.4	0.224	12.4	0.104	0.164		150		
255	65.6	0.225	12.5	0.105	0.165	**	151	Poco saludable	Rojo
354	150.4	0.304	15.4	0.124	0.204		200		
355	150.5	0.305	15.5	0.125	0.205	0.65	201	Muy poco saludable	Púrpura
424	250.4	0.604	30.4	0.374	0.404	1.24	300		
425	250.5	0.605	30.5	***	0.405	1.25	301	Peligrosa	Marrón
504	350.4	0.804	40.4		0.504	1.64	400		
505	350.5	0.805	40.5	***	0.505	1.65	401	Peligrosa	Marrón
604	500.4	1.004	50.4		0.604	2.04	500		

Fuente: Anexo 12 Evaluación de los criterios que actualmente utiliza el DAMA para la elaboración del índice de calidad del aire de Bogotá IBOCA. Disponible en internet: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005604/Auditoria/Anexo_12.doc

De la tabla anterior se debe sustraer las variables como I(lo), I(hi), BP(lo) y BP(hi); entrando por la primera fila, se busca el contaminante a evaluar su ICA, luego se busca en la misma columna del contaminante, el rango que contenga el valor de la concentración (Ci); los valores encontrados en esta columna son los puntos de quiebre de la concentración (BP); Seguidamente ubicamos horizontalmente en la columna 8 los índices de las categorías (I).

Así para el contaminante PM10 en la primera campaña con un Ci= 71 µg/m³, de acuerdo a la tabla se obtiene:

En la columna 1 se ubica el contaminante PM10, se desciende hasta la segunda fila donde BP(lo)=55 y un BP(hi)=154, en este rango se encuentra el “Ci”; luego

continuamos por la segunda fila hasta la columna ocho, determinando I(lo)=51 y la última variable de la ecuación I(hi)=100, reemplazando:

$$ICA = \frac{100 - 51}{154 - 55} * (71 - 55) + 51 = 58,92$$

En conclusión, se puede determinar que el índice de la calidad del aire en la estación de Bomberos, para el contaminante PM10 micrómetros; es moderado, sensible para un pequeño grupo de personas sensibles a ciertos contaminantes ambientales.

El anterior procedimiento se realiza en la determinación del índice de calidad del aire en cada una de las estaciones, la sinopsis de los resultados se tabula a continuación:

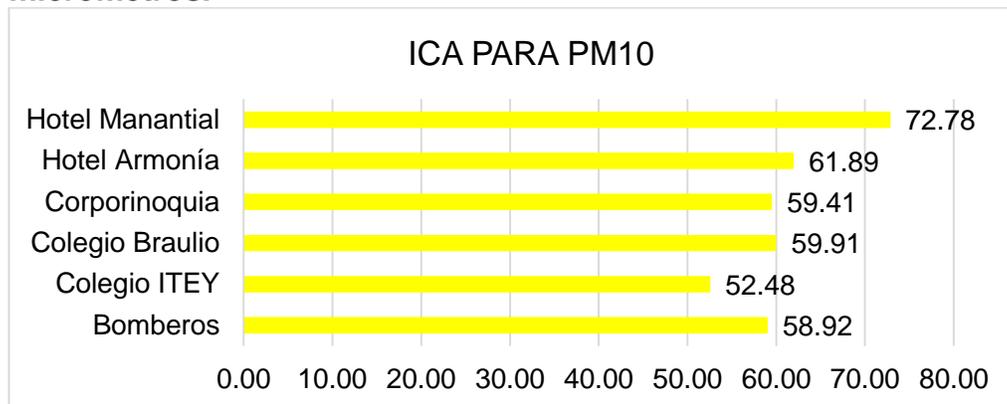
Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM10 en el municipio de Yopal, año 2015.

PARTÍCULAS PM10						
	Bomberos	Colegio ITEY	Colegio Braulio	Corporinoquia	Hotel Armonía	Hotel Manantial
ICA	58.92	52.48	59.91	59.41	61.89	72.78
I(hi)	100	100	100	100	100	100
I(lo)	51	51	51	51	51	51
BP(hi)	154	154	154	154	154	154
BP(lo)	55	55	55	55	55	55
Ci (µg/m³)	71	58	73	72	77	99

Fuete: Autor

En la siguiente Gráfica se resume el índice de calidad del aire para el contaminante PM10 en el área urbana del municipio de Yopal, el color de las barras va de acuerdo a la clasificación cualitativa que tiene el cuadro del procedimiento realizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA):

Gráfica 18. Índice de Calidad del aire de material particulado menor a 10 micrómetros.



Fuente: autor

Material particulado menor a 2,15 micrómetros: de acuerdo al informe base realizado por K2 ingeniería, reportaron algunas incongruencias en los datos tomados, debido a cortes de energía registrados en las estaciones. Para encontrar el índice de calidad del aire en este contaminante, se realiza el mismo procedimiento estadístico en cada estación de medición, obteniéndose como resultado:

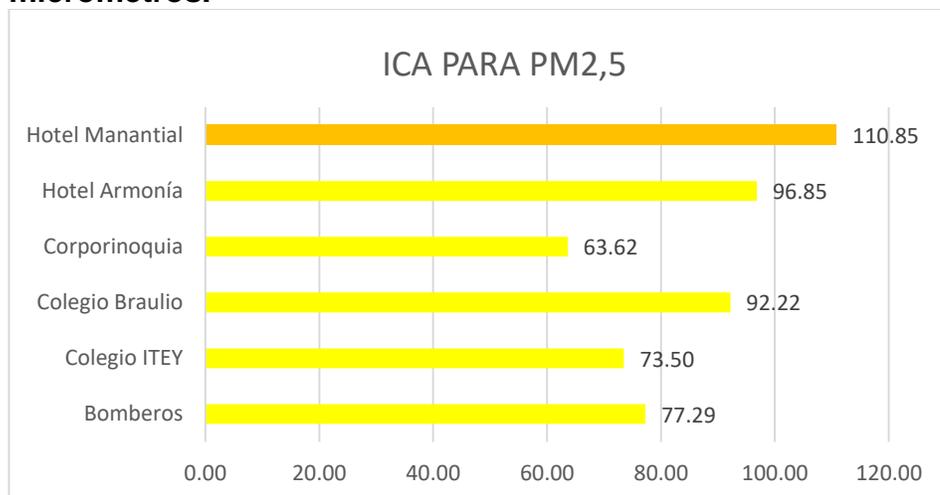
Tabla 21. Índice de Calidad del Aire para PM2,5 en el municipio de Yopal, año 2015.

PARTÍCULAS PM2.5						
	Bomberos	Colegio ITEY	Colegio Braulio	Corporinoquia	Hotel Armonía	Hotel Manantial
ICA	77.29	73.50	92.22	63.62	96.85	110.85
I(hi)	100	100	100	100	100	150
I(lo)	51	51	51	51	51	101
BP(hi)	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	55.4
BP(lo)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	35.5
Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24.6	22.8	31.7	18.1	33.9	39.5

Fuete: autor

En referencia a los datos anteriores, se puede realizar la siguiente gráfica que nos permite concluir que en la estación de bomberos se encuentran concentraciones cuyo índice de calidad del aire se clasifica como dañina para grupos sensibles principalmente a las personas con enfermedades cardiacas o respiratorias, niños y personas mayores de 60 años:

Gráfica 19. Índice de calidad del aire de material particulado menor a 12,5 micrómetros.



Fuente: autor

En 2017: Teniendo en cuenta los resultados arrojados por la consultoría 100-14-4-17-334 cuyo objeto es Realizar Monitoreo de Calidad del Aire del Casco Urbano de los municipios de Yopal Departamento de Casanare y Arauca departamento de Arauca. El cual consta del monitoreo de emisiones de contaminantes criterio como son: microparticulas menores a 10 micrómetros, bióxido de nitrógeno “NO₂”, monóxido de carbono “CO”, ozono “O₃” y bióxido de azufre “SO₂”.

Teniendo como base la metodología utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), se puede obtener una calificación cualitativa de la calidad del aire, que permita realizar planes de mitigación y prevención sobre la salud de las personas expuestas a estos niveles de emisiones.

En este trabajo se toma como base los datos obtenidos entre los meses de septiembre a diciembre, distribuidos en cinco campañas, así:

Tabla 22. Periodo de tiempo de toma de muestras

CAMPAÑA	TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS	
	Inicio	Termina
1	11/09/2017	28/09/2017
2	01/10/2017	18/10/2017
3	21/10/2017	07/11/2017
4	11/11/2017	29/11/2017
5	01/12/2017	18/12/2017

Fuente autor

Emisiones de partículas PM10: los datos diarios obtenidos en las mediciones de cada campaña, se organizan de la siguiente manera:

Tabla 23. Emisiones de partículas PM10 año 2017

CAMPAÑA 1	
Día	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
11/09/2017	46.6
12/09/2017	52.2
13/09/2017	50.5
14/09/2017	51.3
15/09/2017	47.3
16/09/2017	46.1
17/09/2017	48.4
18/09/2017	52.2
19/09/2017	46.9
20/09/2017	49.7
21/09/2017	54.7
22/09/2017	53
23/09/2017	53.5
24/09/2017	49.8
25/09/2017	48.4
26/09/2017	50.8
27/09/2017	53.8
28/09/2017	26.8

Fuente: Realizada con base en los datos del informe final Yopal 2017. Unión Temporal Aires 2017.

Para encontrar los valores de emisiones representativos en cada campaña se realiza el mismo proceso estadístico que se utilizó en la estación de bomberos en el año 2015.

$$R = (54.7 - 26.8)\mu\text{g}/\text{m}^3 = 27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$$
$$k = 1 + 3.322 * \log(n) \quad \text{donde } n \text{ es el número de datos a clasificar}$$
$$k = 1 + 3.322 * \log(18) = 5,2 \text{ clases}$$

$$A = \frac{27.9}{5} = 5.6$$

Tabla 24. Identificación de la clase con mayor frecuencia de datos.

Clase		N° de datos dentro de la clase	Porcentaje de datos dentro de la clase
Inicio	Final		
26.8	32.38	1	6%
32.38	37.96	0	0%
37.96	43.54	0	0%
43.54	49.12	6	33%
49.12	54.7	11	61%

Fuente Autor.

La clase con mayor frecuencia de datos es la comprendida entre 49.12 y 54.7, de lo cual se puede concluir que el dato más representativo se encuentra en esta clase. De acuerdo a los datos, se propone tomar como el más representativo, para esta campaña el de 53.8 µg/m³.

En la determinación el índice de calidad del aire para cada una de las campañas, se realiza el mismo procedimiento ejecutado, anteriormente, para el año 2015:

Luego, para el contaminante PM10 en la primera campaña con un $C_i = 53.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de acuerdo a la tabla de puntos de corte del ICA:

En la columna 1 se ubica el contaminante PM10, se desciende hasta la segunda fila donde $BP(\text{lo})=0$ y un $BP(\text{hi})=54$, en este rango se encuentra el “ C_i ”; luego continuamos por la segunda fila hasta la columna ocho, determinando $I(\text{lo})=0$ y la última variable de la ecuación $I(\text{hi})=50$, se reemplaza:

$$ICA = \frac{50 - 0}{54 - 0} * (53.8 - 0) + 0 = 49.81$$

En conclusión, se determina que las emisiones del contaminante en la primera campaña no son perjudiciales para la salud, ya que se encuentra inmerso dentro del rango que clasifica la calidad del aire como “Buena”.

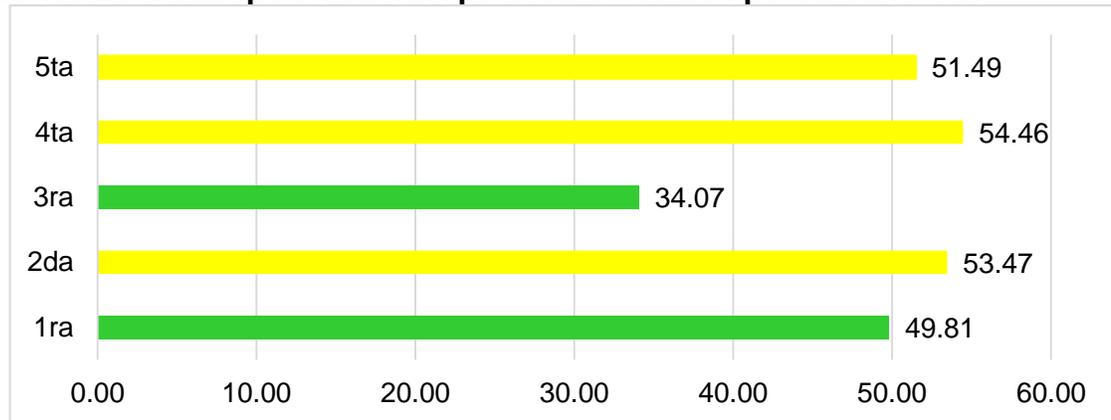
Para determinar los índices de calidad del aire de las demás campañas, se realiza el mismo procedimiento; la síntesis de los resultados se tabula a continuación:

Tabla 25. Síntesis para la determinación del ICA de las micropartículas cuyo diámetro este entre 10 y 2.5 micrómetros.

PARTÍCULAS PM10					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
ICA	49.81	53.47	34.07	54.46	51.49
I(hi)	50	100	50	100	100
I(lo)	0	51	0	51	51
BP(hi)	54	154	54	154	154
BP(lo)	0	55	0	55	55
Ci (µg/m³)	53.8	60	36.8	62	56

Fuente autor

Gráfica 20. Descripción del ICA para las cinco campañas de PM10.



Fuente autor

Emisiones de PM2.5 micrómetros: la síntesis de los resultados se obtiene con el mismo procedimiento anteriormente realizado para PM10, entonces:

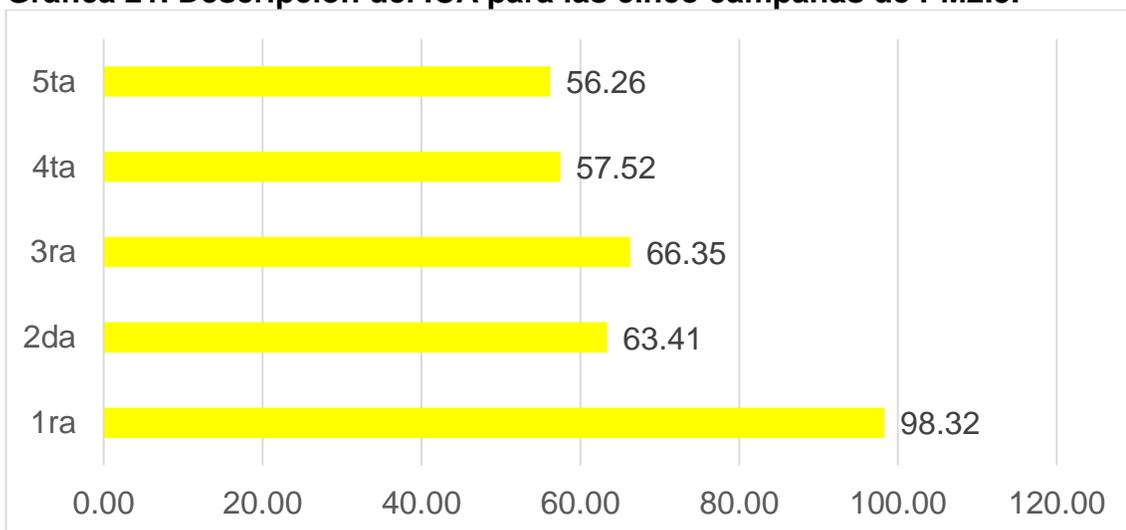
Tabla 26. Síntesis para la determinación del ICA de las micropartículas cuyo diámetro sea menor o igual a 2.5 micrómetros.

PARTÍCULAS PM2.5					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
ICA	98.32	63.41	66.35	57.52	56.26
I(hi)	100	100	100	100	100
I(lo)	51	51	51	51	51
BP(hi)	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
BP(lo)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

PARTÍCULAS PM2.5					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34.6	18	19.4	15.2	14.6

Fuente autor

Gráfica 21. Descripción del ICA para las cinco campañas de PM2.5.



Fuente autor

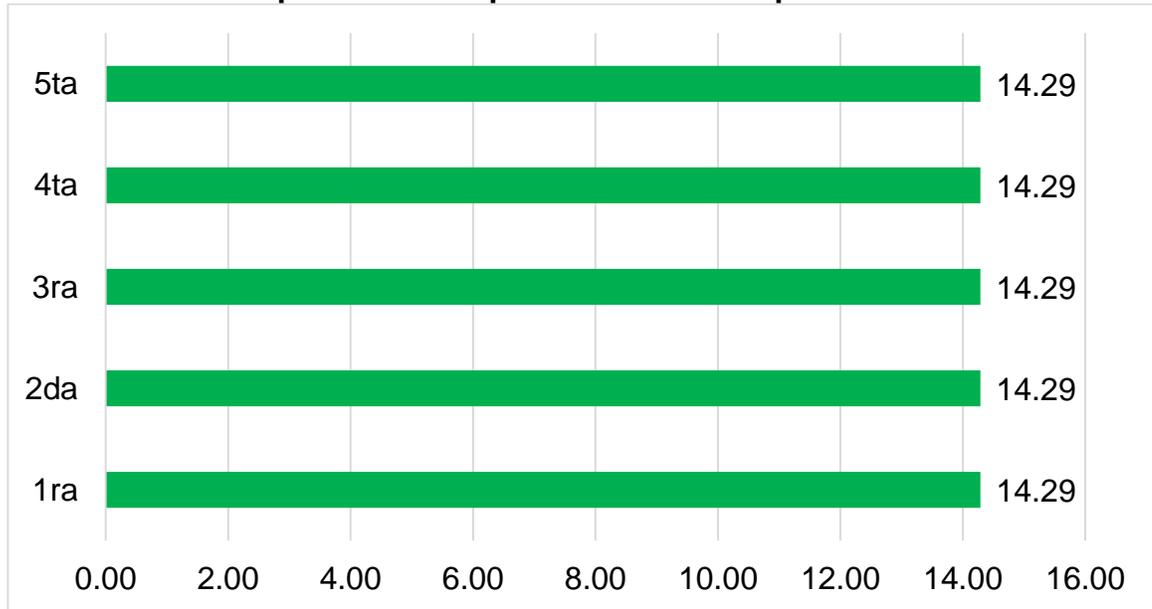
Emisiones de dióxido de azufre (SO_2): de acuerdo a los datos suministrados en el informe se considera que los más estables se pueden asumir con la media calculada en las tablas, debido a que las concentraciones se tomaron con microgramos por metro cubico, se deben convertir a partes por millón para lograr ubicarlas dentro de la tabla, así: para la primer campaña se obtiene una media de $19.7 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$, a una temperatura de 25°C , una presión de 1013 mbar y una masa molar de $64,066\text{g}/\text{mol}$; se obtiene una concentración de contaminante de 0.01 ppm.

Tabla 27. Síntesis para la determinación del ICA de Dióxido de azufre.

BIÓXIDO DE AZUFRE SO_2					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
ICA	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29
I(hi)	50	50	50	50	50
I(lo)	0	0	0	0	0
BP(hi)	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
BP(lo)	0	0	0	0	0
Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19.7	19.41	19.02	22.54	23.57
Ci (ppm)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Fuente autor

Gráfica 22. Descripción del ICA para las cinco campañas de SO2.



Fuente autor

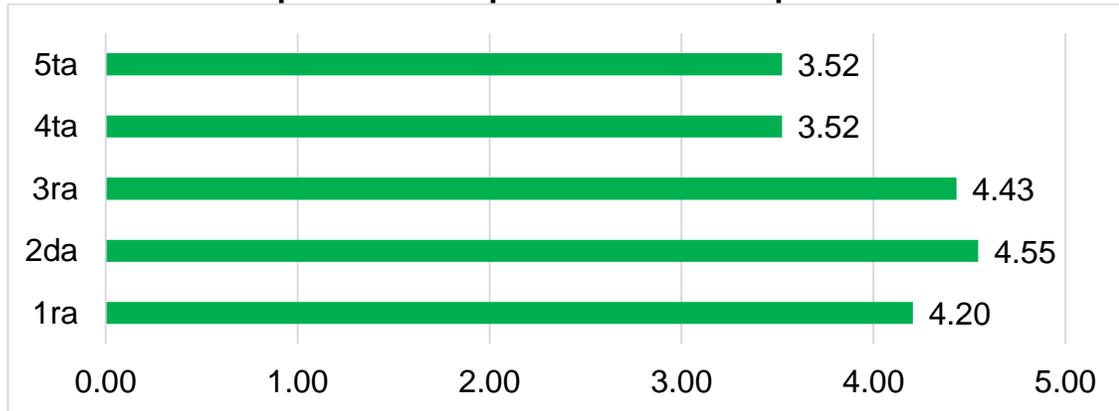
Emisiones de monóxido de carbono (CO): se debe convertir las emisiones a ppm, igual que el contaminante anterior: con un peso molar de 28.01g/mol, temperatura de 25°C, presión de 1013 mbar y una concentración de 428.22 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); se obtiene un 0.37 ppm.

Tabla 28. Síntesis para la determinación del ICA de Monóxido de carbono.

MONÓXIDO DE CARBONO CO 1h					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
ICA	4.20	4.55	4.43	3.52	3.52
I(hi)	50	50	50	50	50
I(lo)	0	0	0	0	0
BP(hi)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
BP(lo)	0	0	0	0	0
Ci ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)	428.22	454.44	447.02	353.47	350.01
Ci (ppm)	0.37	0.4	0.39	0.31	0.31

Fuente autor

Gráfica 23. Descripción del ICA para las cinco campañas de CO.



Fuente: autor

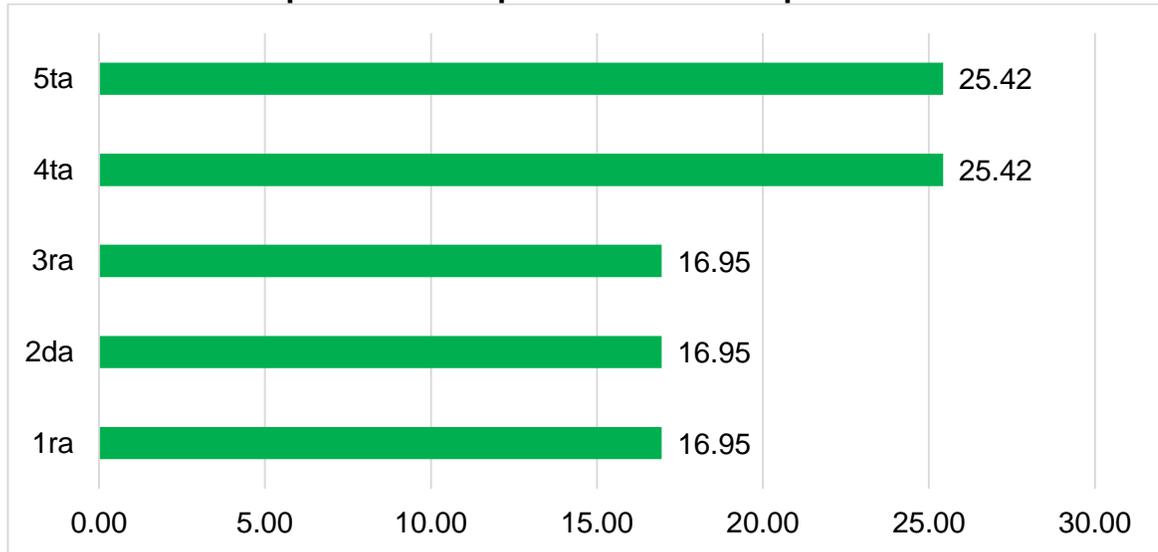
Emisiones de Ozono (O₃): siguiendo el mismo procedimiento que los anteriores contaminantes: masa molar 47.998 g/mol, temperatura de 25°C, presión de 1013 mbar, concentración de 48,51 (µg/m³); se obtiene una emisión de 0.02 ppm:

Tabla 29. Síntesis para la determinación del ICA de Ozono.

OZONO O ₃ 8h					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
ICA	16.95	16.95	16.95	25.42	25.42
I(hi)	50	50	50	50	50
I(lo)	0	0	0	0	0
BP(hi)	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059
BP(lo)	0	0	0	0	0
Ci (µg/m³)	48.51	40.01	40.3	49.87	51.75
Ci (ppm)	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

Fuente autor

Gráfica 24. Descripción del ICA para las cinco campañas de O3.



Fuente autor

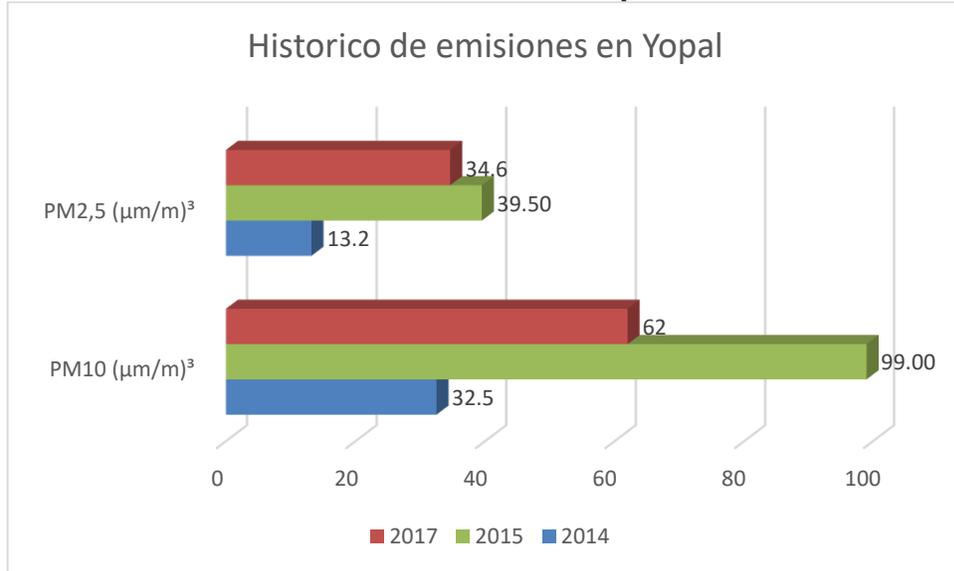
Comparación entre contaminantes criterio como son: micropartículas menores a 10 micrómetros, monóxido de carbono, dióxido de azufre y ozono; entre las concentraciones tomadas en el año 2014, 2015 y 2017, el valor representativo en cada año se tomará como el promedio entre campañas. En la siguiente tabla se resume las emisiones registradas:

Tabla 30. Comparación de emisiones en los años 2014, 2015 y 2017 en la ciudad de Yopal.

Emisión	2014	2015	2017
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32.5	99.00	62
PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13.2	39.50	34.6
SO2 (ppm)	0.0145		0.01
CO (ppm)	1.95		0.4
O3 (ppm)	0.0285		0.03

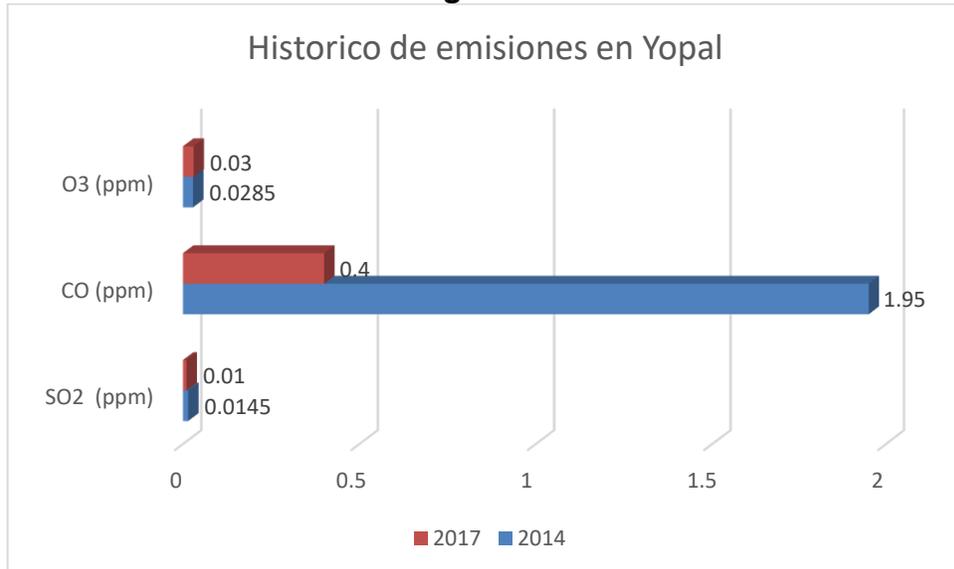
Fuente: autor.

Gráfica 25. Inventario de emisiones de material particulado.



Fuente: autor.

Gráfica 26. Inventario de emisiones gaseosas.



Fuente: autor.

A pesar de observar un aumento de emisiones en material particulado durante los tres años, que podría representar el comportamiento normal de una ciudad cuyas condiciones económicas y comerciales se ven favorecidas por un aumento de población; no es verídico realizar este tipo de afirmación, debido a que las metodologías utilizadas no son representativas ni confrontables entre sí; ya que el número y la distribución de las estaciones de medición utilizadas dentro del área de estudio no tienen relación alguna, el número de muestras representativas es diferente en los tres años y no se analizan todos los contaminantes criterio en cada año.

3. ESTRATEGIAS DE DESCONTAMINACIÓN DEL AIRE PARA EL MUNICIPIO DE YOPAL.

3.1 ANTECEDENTES GENERALES

La gestión preventiva, estándares progresivos y fortalecimiento de la medición de la calidad del aire, son algunos de los aspectos primordiales que establece la Norma Nacional de Calidad del Aire. Al respecto el viceministro Botero, quien ha venido liderando las mesas para la Gestión integral de Calidad del Aire en el país, señaló que “conmemorar el día del aire implica realizar acciones concretas frente al desafío que representa afrontar la contaminación del aire en Colombia, donde según datos de Departamento Nacional de Planeación (DNP), la contaminación del aire urbano aportó el 75%, con \$15,4 billones de pesos (1,93% del PIB de 2015) asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades, de ahí la importancia de actualizar los equipos de monitoreo con el objetivo de determinar a mejor escala espacio-temporal el estado de la calidad del aire y contribuir a optimizar las medidas necesarias a favor de la reducción de concentraciones”²⁵.

En resumen, según encuesta aplicada a los pobladores del municipio de Yopal se encontró que efectivamente en el municipio el aire se ha venido deteriorando sobre todo en los últimos 10 años, siendo la zona urbana la más afectada, debido a que las fuentes principales de contaminación son: la cantidad de Vehículos en circulación y su falta de mantenimiento, las empresas e industrias, la quema de basura, la explotación de hidrocarburos, las quemaduras forestales, la quema de llantas, la mala disposición de residuos, la disposición de aguas negras sin ningún tratamiento en las fuentes hídricas, entre otros factores que son producto principalmente del crecimiento industrial y la sobrepoblación del municipio.

Según los pobladores del municipio de Yopal Casanare las fuentes principales de contaminación son las fábricas, seguido por la explotación de hidrocarburos (petróleo y gas) y exceso de gases emitidos por los vehículos. En el caso del parque vehicular excesivo que circula por el municipio, no solo se puede generar una saturación en la movilidad, sino también de la atmósfera, debido al exceso de gases contaminantes que emiten los vehículos.

²⁵ MINAMBIENTE. Colombia endurecerá norma de calidad del aire. [Citado el 30 de mayo de 2018] en internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3125-colombia-endurecera-norma-de-calidad-del-aire>

La contaminación ambiental impacta no sólo para las personas, sino al entorno natural propio del municipio, de forma específica sus efectos se ven en nivel de polución, la reducción de la visibilidad, las enfermedades pulmonares o respiratorias, las enfermedades en la piel, el calentamiento global, afecciones en el ecosistema, reducción de la calidad de vida, destrucción de la capa de ozono, entre otros.

Con fundamento en el diagnóstico del problema ostentado en el desarrollo de este documento, para el caso de Yopal Casanare se recomienda avanzar en el control de emisiones atmosféricas en los sectores más relevantes como lo es la industria y transporte. Mediante el Plan de minimización de impacto fundamentado en la concientización; de esta forma es preciso establecer objetivos, estrategias y metas de calidad del aire, plazos de cumplimiento, costos de implementación y mecanismos de seguimiento.

3.2 BASES NORMATIVAS

El fundamento normativo referente al cuidado y protección del aire parte de la Constitución Política de Colombia de 1991 en sus artículos 79 y 80; los cuales refieren expresamente:

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Bajo los preceptos constitucionales se emanan unas normas enfocadas a la protección del medio ambiente, entre este el aire, tomando en cuenta que la contaminación atmosférica presente un gran impacto en el entorno y la salud de las personas.

Figura 2. Estructura normativa del cuidado del aire en Colombia



Fuente: Ministerio de Medio ambiente y DPN. En: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presentaci%C3%B3n%20Calidad%20del%20Aire%2015_02_2018.pdf

En el año de 1974 se emite el Decreto 2811 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente; este decreto hace alusión a la contaminación del aire en su artículo 8º, determina que “se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros: ..a.- La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.

Más adelante en el año de 1982 se emite el decreto presidencia 02 Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas, el cual fue derogado por el Decreto 948 de 1995 (por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire) dicho decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.

De acuerdo con la Ley 99 de 1993, compete al MAVDT promulgar, con base en información técnica provista por el IDEAM, las regulaciones nacionales para el control de la contaminación del aire. A las Corporaciones Autónomas Regionales, CAR y autoridades ambientales de los centros urbanos les compete ejercer el control policivo de las fuentes de contaminación, exigir el cumplimiento de las regulaciones y efectuar el monitoreo de la calidad del aire. Esas autoridades pueden adoptar las regulaciones nacionales o hacerlas más estrictas, de acuerdo con las realidades ambientales, demográficas, económicas y tecnológicas de las distintas regiones.

El Decreto 948 de 1995 tiene por objeto definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire; y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire; a fin de mejorar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio del Desarrollo Sostenible.

En el 2005 se le da categoría de política pública a la prevención y control de contaminación del aire a través del CONPES 3344. Este documento presenta a consideración del Consejo Nacional de Política Económica y Social, Conpes, los lineamientos para la formulación de políticas y estrategias intersectoriales para la prevención y el control de la contaminación del aire en las ciudades y zonas industriales de Colombia

En el 2006 se promulga la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia) esta resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire.

Con el propósito de modificar la resolución 601 de 2006, el 24 de marzo del 2010 entra en vigencia la resolución 610. Elaborada de conformidad con el concepto técnico de octubre del 2009 y la información recolectada por la dirección de Desarrollo Sostenible del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

La norma más reciente en materia de calidad del aire es la Resolución 2254 de 2017 (por la cual se adopta la norma de calidad del aire y se dictan otras disposiciones), esta resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera.

Esta resolución especifica los niveles máximos permisibles de contaminación en condiciones de referencia para contaminantes, criterio que se registra a partir del primero de enero del 2018 los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire

Contaminante	Nivel máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2,5	25	Anual
	50	24 horas
SO2	50	24 horas
	100	1 hora
NO2	60	Anual
	200	1 hora
O3	100	8 horas
CO	5000	8 horas
	35000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

*Nota: la normatividad en el párrafo 1 del artículo 2, indica que los límites máximos de emisiones para material particulado, en un tiempo de exposición de 24h, se reducen a partir del primero de Julio así: para **PM10** $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ y **PM2,5** $37\mu\text{g}/\text{m}^3$.*

3.3 OBJETIVOS Y ACCIONES O MEDIDAS ESTRATÉGICAS A INCLUIR EN PROGRAMA DE REDUCCION DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

Para definir los objetivos, acciones o medidas estratégicas mediante las cuales se va a mitigar el problema de la contaminación atmosférica en el municipio de Yopal Casanare, no sólo fue preciso tener en cuenta el diagnóstico previo realizado a través de la encuesta aplicada a la población y la entrevista realizada al Secretario de Tránsito; sino que también se tuvo en cuenta estudios previos realizados en el año 2017, 2015 y 2014 las cuales analizaron las emisiones contaminantes del aire en los componentes: material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃).

Teniendo como base la resolución 2254 del 01 de noviembre del 2017, en el artículo 15 describe un compendio de diecinueve medidas que deben tener en cuenta las entidades ambientales al momento de construir un programa de reducción de

contaminación, las cuales podrían ser la base del plan objetivo de este trabajo; pero a pesar de incluir estrategias integrales para reducir la contaminación, no específica información acerca de su efectividad, costo y ni las condiciones para su implementación; Por lo tanto no se tuvo en cuenta estas acciones.

De igual forma se consideró estrategias expuestas en planes ambientales enfocados a la descontaminación atmosférica realizados en otros países como: Panamá Suecia, Atenas, Paris, Barcelona, España, Madrid, Japón, India, China, Gran Bretaña, Brasil y México, los cuales tuvieron resultados favorables que aportaron significativamente al proceso de descontaminación del aire, tal como se muestra en el anexo, con base en las propuestas y resultados obtenidos en estos planes ambientales analizados se procedió a hacer una elección de estrategias base en los siguientes factores o variables de selección:

- 1) **Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal:** Es decir, que las estrategias tengan una coherencia y sean aplicables acuerdo a las necesidades ambientales y los problemas identificados en el municipio de Yopal. En otras palabras, que su aplicabilidad pueda solucionar un problema ambiental real.

- 2) **Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal:** Se consideró pertinente el análisis de las condiciones sociales y culturales de Yopal, en la medida que la disposición de los individuos de acuerdo con sus creencias, valores y educación es un factor relevante al momento de implementar cualquier tipo de política o proyectos enfocados al medio ambiente, es decir, de la disposición de los individuos también depende el resultado que se tenga encada estrategia prevista.

- 3) **Relación con la política pública y ambiental de Yopal:** La política ambiental entendida como el conjunto de elementos integrados estratégicamente que buscan conservar las bases naturales dentro de un contexto de desarrollo sostenible, está fundamentada en un diagnóstico previo de la región a la cual es aplicable; bajo este enfoque y para el caso, se consideró pertinente que las estrategias identificadas tuvieran coherencia con las políticas públicas y ambientales del país, en la medida que esto les permite no sólo tener vía libre para su adopción, sino contar con recursos económicos, humanos y técnicos para su implementación, provenientes de las entidades públicas competentes.

- 4) **Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal:** Aunque las estrategias sean coherentes con las necesidades ambientales, las condiciones sociales y culturales y la política ambiental, es pertinente tener en cuenta la viabilidad económica y financiera que éstas pueden tener en el contexto del

municipio en Yopal. En otras palabras, se precisa determinar si su materialización o costos de ejecución pueden ser sufragados por las entidades encargadas de su implementación.

5) **Nivel de éxito en países aplicados:** Finalmente se tiene en cuenta el nivel de éxito en los países, pues esto sienta un precedente o da una base para definir qué tan viable puede ser la estrategia, si ciertamente tiene aceptabilidad en la comunidad y si efectivamente minimiza una problemática ambiental por la cual fue creada o definida.

Las cinco variables analizadas fueron valoradas conforme al nivel de impacto tal como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Valoración de variables de calificación de estrategias ambientales base

Variable	Ponderación %
V1: Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal.	30%
V2: Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	20%
V3: Relación con la política pública y ambiental de Yopal	15%
V4: Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	25%
V5: Nivel de éxito en países aplicados	10%

Fuente: autor

Con base en esta valoración se identificaron 39 estrategias o proyectos base los cuales obtuvieron una calificación igual o superior al 3,5 tal como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Valoración de estrategias ambientales según país

#	PAIS	PROYECTO O ACCION ESTRATEGICA	V1	V2	V3	V4	V5	PROMEDIO
			30%	20%	15%	25%	10%	100%
1	Panamá	Modernizar la legislación forestal. ²⁶	4	4	4	4	4	4,0
2	Panamá	Elaborar un registro de las reforestaciones realizadas y mantener un monitoreo. ²⁷	4	4	4	4	4	4,0

²⁶ Agencia EFE. El Canal de Panamá se Encamina a Ser una Empresa Neutra en la Emisión de Carbono. [en línea] 29 enero de 2018, [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.efe.com/efe/america/sociedad/el-canal-de-panama-se-encamina-a-ser-una-empresa-neutra-en-la-emision-carbono/20000013-3507861>

²⁷ Ibid., p.

#	PAIS	PROYECTO O ACCION ESTRATEGICA	V1	V2	V3	V4	V5	PROMEDIO
			30%	20%	15%	25%	10%	100%
3	India	Utilización de filtros diésel en camiones en áreas rurales. ²⁸	4	4	4	4	4	4,0
4	Brasil	Prohibir la deforestación ilegal. ²⁹	4	4	4	4	4	4,0
5	España	Reordenación de los diversos usos de la vía pública. ³⁰	4	4	4	4	4	4,0
6	España	Fomentos de medio de transporte no motorizado. ³¹	4	4	4	4	4	4,0
7	Francia	Limitar el tránsito en la avenida de los campos un domingo al mes. ³²	4	4	4	4	4	4,0
8	España	Plan del verde y la biodiversidad. ³³	4	4	4	4	3	3,9
9	India	Reducción de emisiones de vehículos mediante la implantación de normas más estrictas. ³⁴	4	4	3	4	4	3,9
10	India	Cambio de combustible o de sistemas de potencia menos contaminantes en los buses de servicio Público. ³⁵	4	4	3	4	4	3,9
11	Brasil	Restaurar y reforestar 12 millones de hectáreas de bosques. ³⁶	4	4	3	4	4	3,9
12	Brasil	Reducción de la demanda de energía. ³⁷	4	4	3	4	4	3,9
13	España	Campañas de control de humos procedentes de vehículos diésel. ³⁸	4	4	3	4	4	3,9
14	España	Mensajes ambientales en las pantallas de información variable. ³⁹	4	4	3	4	4	3,9
15	España	Reducción de la contaminación en zonas escolares. ⁴⁰	4	4	3	4	4	3,9
16	Francia	Imponer la circulación alterna. ⁴¹	4	4	3	4	4	3,9
17	Francia	El uso de vehículos impulsados con energías limpias como la eléctrica, los híbridos y gas; los vehículos que aseguran el comercio dentro de la ciudad, funerarias, mudanzas; tienen privilegios de circulación en la ciudad. ⁴²	4	4	3	4	4	3,9
18	China	Restricción de movilidad de vehículos en zonas estratégicas. ⁴³	4	4	3	4	4	3,9

²⁸ Troposfera, Portal Temático de Contaminación Atmosférica. [en línea] 2 de mayo de 2018, [revisado 13 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.troposfera.org/news/14926/39/La-OMS-lanza-una-seria-advertencia-sobre-la-contaminacion-del-aire-en-el-mundo-y-sus-efectos-en-la-salud/>

²⁹ The World Bank. Changing Commuters' Choices Helps São Paulo Reduce Traffic Congestion. [en línea] 01 mayo de 2014, [revisado el 12 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2014/05/01/changing-commuter-choices-helps-sao-paulo-reduce-traffic-congestion>

³⁰ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Barcelona 2015-2018. [en línea] Abril de 2015, [revisado 5 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/sites/default/files/pdfs/PMQAB_ES_2014.pdf

³¹ Ibid., p.

³² Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Changement climatique - transition écologique, énergétique. [en línea], 10 de enero de 2017, [revisado 10 de Abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/deplacements>

³³ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Op. cit., p.

³⁴ Tropósfera. Op. cit., p.

³⁵ Ibid., p.

³⁶ The World Bank. Op. cit., p.

³⁷ Ibid., p.

³⁸ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Op. cit., p.

³⁹ Ibid., p.

⁴⁰ Ibid., p.

⁴¹ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Op. cid., p.

⁴² Ibid., p.

⁴³ Mun Ho and Chris Nielsen. Resources For the Future. ISSUE 195. [en línea], 2017, [revisado 10 de abril de 2018]. Tomado de: <http://www.rff.org/research/publications/challenges-reducing-air-pollution-china-amid-economic-slowdown>

#	PAIS	PROYECTO O ACCION ESTRATEGICA	V1	V2	V3	V4	V5	PROMEDIO
			30%	20%	15%	25%	10%	100%
19	México	Se aplican normas a favor de vehículos menos contaminantes (prohíben los vehículos que utilicen diésel y controlan el hollín en las emisiones de los buses de transporte público) para el 2025 ⁴⁴	4	3	4	4	4	3,8
20	México	Actualización continua al programa Hoy no circula. ⁴⁵	4	3	4	4	4	3,8
21	México	Establecer un área mínima de zonas verdes en el casco urbano. ⁴⁶	4	3	4	4	4	3,8
22	México	Reducción de la deforestación y degradación forestal. ⁴⁷	4	3	4	4	4	3,8
23	Finlandia	Priorizar a los ciclistas y peatones en la planeación de la ciudad. ⁴⁸	4	3	4	4	4	3,8
24	Sudáfrica	Remodelación de las estaciones de transporte no motorizado ⁴⁹	4	4	4	3	3	3,7
25	España	Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas urbanas. ⁵⁰	4	2	4	4	4	3,6
26	Francia	Control de productos cuyo contenido tienen gases clorados, fluorados y bromados que destruyen la capa de ozono. ⁵¹	4	4	3	3	4	3,6
27	China	Se prohíbe la tala comercial de árboles. ⁵²	4	2	4	4	4	3,6
28	Noruega	Cero tolerancia a la deforestación ⁵³	4	2	4	4	4	3,6
29	España	Impuesto a las emisiones de gases fluorados emitidos por las industrias. ⁵⁴	4	4	1	4	4	3,6
30	España	Operaciones de mantenimiento y mejora de la red vial. ⁵⁵	4	3	4	3	4	3,6
31	España	Zonas urbanas de atmosfera protegida. ⁵⁶	4	3	4	3	4	3,6
32	Dinamarca	Construcción de infraestructura para bicicletas. ⁵⁷	4	3	4	3	4	3,6
33	España	Regulación de la climatización en comercios y servicios municipales. ⁵⁸	4	3	2	4	4	3,5

⁴⁴ International Transport Forum. Estrategias para Mitigar la Contaminación del Aire en la Ciudad de México. [en línea] 2 junio de 2017, [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.itf-oecd.org/estrategias-para-mitigar-la-contaminacion-del-aire-en-la-ciudad-de-mexico>

⁴⁵ Ibid., p.

⁴⁶ International Transport Forum. Op. cit., p.

⁴⁷ Ibid., p.

⁴⁸ Ministry of the Environment, Helsinki 2017. Government Report on Medium-term Climate Change Policy Plan for 2030. [en línea] 2017, [revisado 18 de abril de 2018] Disponible en internet: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80769/YMre_21en_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

⁴⁹ Brett Eloff. World Health Organization. [en línea], [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.who.int/sustainable-development/transport/case-studies/en/>

⁵⁰ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Op. cit., p.

⁵¹ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Op. cit., p.

⁵² Mun Ho and Chris Nielsen. Op. cit., p.

⁵³ Ambientum.com. Noruega cumple los objetivos para conseguir un planeta más verde. [en línea] 15 de febrero de 2017, [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.ambientum.com/boletino/noticias/Noruega-cumple-los-objetivos-para-conseguir-un-planeta-mas-verde1.asp>

⁵⁴ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Op. cit., p.

⁵⁵ Ibid., p.

⁵⁶ Ibid., p.

⁵⁷ Danish Ministry of Energy, Utilities and Climate. Denmark's Second Biennial Report - under the United Nations Framework Convention on Climate Change. [en línea] 2016, [revisado 18 de abril de 2018]. Disponible en internet:

https://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_iaar/submitted_biennial_reports/application/pdf/dnk-br2-january2016.pdf

⁵⁸ Gerencia adjunta de Medio Ambiente y Servicios Urbanos. Op. cit., p.

#	PAIS	PROYECTO O ACCION ESTRATEGICA	V1	V2	V3	V4	V5	PROMEDIO
			30%	20%	15%	25%	10%	100%
34	Australia	Reforestación y revegetación de tierras marginales. ⁵⁹	4	3	4	3	3	3,5
35	China	Promoción del ahorro de energía en las instituciones como son: fabricación, transporte, construcción, comercio, agricultura e instituciones públicas. ⁶⁰	4	2	3	4	4	3,5
36	Alemania	Baja movilidad de emisiones y transporte ⁶¹	4	2	3	4	4	3,5
37	Alemania	Ciudades e infraestructura de eficiencia energética ⁶²	4	2	3	4	4	3,5
38	Alemania	Residuos sostenibles y economía circular ⁶³	4	2	3	4	4	3,5
39	Finlandia	Planes de concienciación a la población para reducir las emisiones de carbono. ⁶⁴	4	2	3	4	4	3,5

Fuente: autor

De la tabla 33 se evidencia que el país cuyas estrategias influyen con mayor frecuencia dentro de la problemática de contaminación ambiental en el municipio de Yopal, es España con una participación del 23% y México, en segundo lugar, con un 10% aproximadamente.

3.3.1 Objetivos y acciones estratégicas. Con fundamento en el diagnóstico y la situación actual del municipio de Yopal en materia de contaminación atmosférica, así como el estudio de planes ambientales de diversos países se precisa la definición de dos objetivos enfocados a minimizar el impacto que genera el parque automotor considerado uno de las principales fuentes de contaminación del aire.

- 1) Optimizar la movilidad e integrar los distintos tipos de transporte con el fin de disminuir las emisiones contaminantes (material particulado monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono).
- 2) Minimizar el nivel de contaminación presente en el aire, a través de acciones tendientes a reducir los niveles actuales de material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃).

Para lograr los objetivos propuestos se consolidaron las estrategias seleccionadas en cinco proyectos, los cuales, son los lineamientos del plan de descontaminación:

⁵⁹ Department of the environment Australian Government. Reducing Australia's Emissions. [en línea] 24 de Octubre de 2014, [revisado el 12 de abril de 2014]. Disponible en internet: <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/5acdffb8-8ced-4c54-a61a-c06cb31d1e88/files/reducing-australias-emissions.pdf>

⁶⁰ Mun Ho and Chris Nielsen. Op. cit., p.

⁶¹ Environmental protection. Exportinitiative Umwelttechnologie. [en línea] 2016, [revisado 14 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.nde-germany.de/profile/bmub-exportinitiative-umwelttechnologien/>

⁶² Ibid., p.

⁶³ Ibid., p.

⁶⁴ Ministry of the Environment. Op. cit., p.

Tabla 34. Estrategias o proyectos propuestos

ESTRATEGIAS BASE	ACCIONES (PROYECTOS)
Reducción de emisiones de vehículos mediante la implantación de normas más estrictas.	Implementar estrategias para reducir emisiones por combustión de hidrocarburos principalmente el diésel.
Cambio de combustible o de sistemas de potencia menos contaminantes en los buses de servicio Público	
Utilización de filtros diésel en camiones en áreas rurales	
Se aplican normas a favor de vehículos menos contaminantes (prohíben los vehículos que utilicen diésel y controlan el hollín en las emisiones de los buses de transporte público) para el 2025	
Actualización continua al programa Hoy no circula.	
Campañas de control de humos procedentes de vehículos diésel.	
Limitar el tránsito en la avenida de los campos un domingo al mes	
El uso de vehículos impulsados con energías limpias como la eléctrica, los híbridos y gas; los vehículos que aseguran el comercio dentro de la ciudad, funerarias, mudanzas; tienen privilegios de circulación en la ciudad.	
Restricción de movilidad de vehículos en zonas estratégicas.	
Baja movilidad de emisiones y transporte	
Remodelación de las estaciones de transporte no motorizado	
Fomentos de medio de transporte no motorizado.	
Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas urbanas.	
Imponer la circulación alterna	
Construcción de infraestructura para bicicletas.	
Priorizar a los ciclistas y peatones en la planeación de la ciudad.	Inversión para la pavimentación y el mantenimiento de la red de vías urbanas del municipio de Yopal.
Reordenación de los diversos usos de la vía pública.	
Operaciones de mantenimiento y mejora de la red vial.	Implementar proyectos para el aumento, la protección y seguimiento de la huella verde dentro del municipio de Yopal; complementados con proyectos de recreación y zonas verdes.
Reducción de la contaminación en zonas escolares.	
Modernizar la legislación forestal.	
Elaborar un registro de las reforestaciones realizadas y mantener un monitoreo.	
Establecer un área mínima de zonas verdes en el casco urbano.	
Reducción de la deforestación y degradación forestal.	
Restaurar y reforestar 12 millones de hectáreas de bosques	
Prohibir la deforestación ilegal.	
Plan del verde y la biodiversidad.	
Zonas urbanas de atmosfera protegida.	
Se prohíbe la tala comercial de árboles.	Planes de concientización para: la importancia en el consumo responsable de energía eléctrica, los problemas de salud que
Reforestación y revegetación de tierras marginales.	
Cero tolerancia a la deforestación	
Reducción de la demanda de energía.	
Promoción del ahorro de energía en las instituciones como son: fabricación, transporte, construcción, comercio, agricultura e instituciones públicas.	
Ciudades e infraestructura de eficiencia energética	

Impuesto a las emisiones de gases fluorados emitidos por las industrias.	conlleve el uso innecesario de productos que emitan gases fluorados, clorados y bromados; y finalmente Implementación de cátedras para separación en la fuente y recolección selectiva de los residuos sólidos orgánicos.
Regulación de la climatización en comercios y servicios municipales.	
Control de productos cuyo contenido tienen gases clorados, fluorados y bromados que destruyen la capa de ozono.	
Mensajes ambientales en las pantallas de información variable.	
Residuos sostenibles y economía circular	
Planes de concienciación a la población para reducir las emisiones de carbono.	

Fuente: autor

3.4 ARTICULACIÓN ENTRE OBJETIVOS, ACCIONES Y METAS

Una vez definidos los objetivos los cuales buscan en términos generales minimizar la contaminación a través de la optimización del proceso de circulación vehicular y la aplicación de acciones tendientes a reducir los niveles actuales de contaminantes en el aire, se procede a integrar dichos objetivos con las acciones o proyectos definidos o determinados a través del análisis de los diferentes planes ambientales propuestos en países como Panamá, Brasil, España, Francia, China, México, Finlandia, Noruega, Alemania, Australia, entre otros; Dicha integración se puede visualizar en la tabla 35.

Tabla 35. Articulación de objetivos acciones y metas

OBJETIVO	ACCIONES (PROYECTOS)	TIEMPO EN PLAZOS			RESPONSABLES
		Corto	Mediano	Largo	
Optimizar la movilidad e integrar los distintos tipos de transporte con el fin de disminuir las emisiones contaminantes (material particulado monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono).	Implementar estrategias para reducir emisiones por combustión de hidrocarburos principalmente el diésel.		X		Secretaría de transporte
	Diseño y construcción de infraestructura para ciclo vías.		X		Secretaría de planeación e infraestructura
	Inversión para la pavimentación y el mantenimiento de la red de vías urbanas del municipio de Yopal.			X	Secretaría de planeación e infraestructura

<p>Minimizar el nivel de contaminación presente en el aire, a través de acciones tendientes a reducir los niveles actuales de material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2) y ozono (O3).</p>	<p>Implementar proyectos para el aumento, la protección y seguimiento de la huella verde dentro del municipio de Yopal; complementados con proyectos de recreación y zonas verdes.</p>	X			<p>Secretaria de medio ambiente Corporinoquia</p>
	<p>Planes de concientización ambiental enfocados a: la importancia en el consumo responsable de energía eléctrica, los problemas de salud que conlleva el uso innecesario de productos que emitan gases fluorados, clorados y bromados; y finalmente Implementación de cátedras para separación en la fuente y recolección selectiva de los residuos sólidos orgánicos.</p>	X			<p>Secretaria de salud Secretaria de medio ambiente y Corporinoquia</p>

Fuente: autor con base en planes ambientales analizados

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Según entrevista realizada al Secretario de Tránsito y Transporte del municipio de Yopal en esta localidad se cuenta con una gran cantidad de motocicletas y vehículos que no sólo hacen parte del flujo vehicular permanente de la ciudad, sino que también visitan las población con fines turísticos y empresariales, es de anotar que según este funcionario no se tiene datos exactos de la evolución del parque automotor del municipio, pero sí es evidente que la ciudad dada sus características de explotación de hidrocarburos y turismo cuenta con una variedad de vehículos que entran y salen de la localidad (particulares, tracto-mulas de carga extradimensionada, tráfico aéreo, entre otros).

El municipio de Yopal cuenta con un Plan Integral de Tránsito y Transporte Urbano denominado PIMUR, este plan, aunque se encuentra diseñado todavía no está en ejecución por razones burocráticas. El enfoque principal del plan en materia de movilidad son los peatones, por esta razón se busca dejar espacios para que la gente pueda movilizarse fácilmente, con andenes apropiados y una apuesta a la recuperación del espacio público que actualmente se encuentra ocupado por parque automotor, principalmente motocicletas.

Refiriendo a los efectos de la contaminación del aire según los pobladores, esta no sólo afecta el medio natural, sino que también impacta directamente en las personas generando principalmente enfermedades respiratorias, lo que en consecuencia reduce la calidad de vida de los habitantes.

Se considera que las principales causas de la contaminación atmosférica son la explotación de hidrocarburos, la industria ladrillera, la sobrepoblación del municipio, la combustión de hidrocarburos, la quema de residuos sólidos, entre otras prácticas poco amigables que han venido sobrecargando la atmósfera.

A pesar de contar con un historial de emisiones, realizados principalmente por autoridades ambientales, en los años 2014, 2015 y 2017; no es posible efectuar una comparación cuantitativa, sino simplemente descriptiva entre las metodologías llevadas a cabo para analizar los niveles de contaminación en cada año.

España fue el país que hizo mayores aportes de estrategias: campañas de control de humos procedentes de vehículos, mensajes ambientales de concientización, minimización de la contaminación en zonas escolares, promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas, mayor rigurosidad en las normas en materia ambiental y mantenimiento y mejora de la red Vial.

Después del análisis a nivel local e internacional se procedió a establecer los objetivos del plan para el caso enfocados a: 1) Optimizar la movilidad e integrar los distintos tipos de transporte con el fin de disminuir las emisiones contaminantes (material particulado monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono).y 2) minimizar el nivel de contaminación presente en el aire, a través de acciones tendientes a reducir las emisiones actuales.

Los proyectos que integraron el plan de descontaminación del aire en Yopal para el caso fueron cinco a saber: 1) implementar estrategias para reducir emisiones por combustión de hidrocarburos principalmente el diésel; 2) diseño y construcción de infraestructura para ciclo vías; 3) inversión para la pavimentación y el mantenimiento de la red de vías urbanas del municipio de Yopal; 4) implementar proyectos para el aumento, la protección y seguimiento de la huella verde dentro del municipio de Yopal; complementados con proyectos de recreación y zonas verdes y 5) planes de concientización ambiental enfocados a: la importancia en el consumo responsable de energía eléctrica, los problemas de salud que conlleva el uso innecesario de productos que emitan gases fluorados, clorados y bromados; y finalmente Implementación de cátedras para separación en la fuente y recolección selectiva de los residuos sólidos.

4.2 RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los problemas y necesidades ambientales con los que cuenta el municipio de Yopal Casanare para el caso relacionados con la contaminación atmosférica producida por el parque automotor y la industria, y acorde con la información obtenida a través de la investigación, se considera pertinente tener en cuenta y hacer efectiva la implementación de las estrategias propuestas debido a que estas son consistentes con un diagnóstico previo, además de estar fundamentadas en estudios realizados en otros países donde los resultados fueron muy favorables.

En cuanto al tiempo es bueno que se tenga en cuenta como primera medida la implementación de aquellas estrategias que requieren menos utilización de

recursos o una menor gestión y planeación, de esta forma no se retrasará el proceso de descontaminación que es una necesidad latente del municipio.

5. BIBLIOGRAFIA

Agencia de Noticias UN. Bogotá D. C., 24 de noviembre de 2015. Contaminación del aire en la Orinoquia, similar a la de algunas zonas de Bogotá. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/advertencia-sobre-calidad-de-aire-en-la-orinoquia.html>

Alcaldía de Yopal. Nuestro municipio. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: http://www.yopal-casanare.gov.co/informacion_general.shtml
Alcaldía de Yopal. Nuestro municipio. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado de http://www.yopal-casanare.gov.co/informacion_general.shtml#ecologia

AMESTOY ALONSO, José. El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones. Alicante España: Editorial Club Universitario, 2013. P. 74

AMESTOY ALONSO, José. El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones. Alicante España: Editorial Club Universitario, 2013. P. 74

BOHÓRQUEZ, Fabián. Evaluación del impacto ambiental en Yopal Casanare. 7 de Abril de 2017

Cámara de Comercio de Casanare. citado el 06 de febrero de 2018] en internet: <http://cccasanare.co/wp-content/uploads/2017/02/S%C3%ADntesis-Yopal-2015.pdf>

Cámara de comercio de Casanare. Encuesta de percepción económica de Yopal 2016-2017. citado el 07 de febrero de 2018] en internet: <http://cccasanare.co/wp-content/uploads/2017/06/No.-145-A-ENCUESTA-DE-PERCEPCION-ECONOMICA-2016-2017.pdf>

Colombia Informa, Editor general. La crisis que deja el petróleo en Casanare. [citado el 18 de noviembre de 2017]. Recuperado de <http://www.colombiainforma.info/la-crisis-que-deja-el-petroleo-en-casanare/>

D. J. Spedding. Contaminación atmosférica. Reverte, 1981. P.32

DANE. BOLETÍN Censo General 2005: Perfil Yopal – Casanare. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/casanare/yopal.pdf>

DANE. Informe de coyuntura económica regional: Departamento de Casanare. [citado el 06 de febrero de 2018] en internet: https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Casanare_2015.pdf

GALEANO, M. Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. Medellín Colombia: Universidad EAFI. 2004

IDEAM. Informe del estado de la calidad del aire en Colombia (2007-2010). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2007. P. 27 [citado el 28 de febrero de 2018] en internet: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/68521396/5.+Informe+del+estado+de+la+calidad+del+aire+2007-2010.pdf/52d841b0-afd0-4b8e-83e5-444c3d17ed29?version=1.0>

KORCK. Monitoreo de la calidad del aire en América Latina. Lima: CEPIS división de salud y ambiente OPS Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional OMS. 1999

MAS, R. Temas de investigación comercial (6ª edición). Alicante España: Editorial Club Universitario. 2012. P.91

MINAMBIENTE. Colombia endurecerá norma de calidad del aire. [Citado el 30 de mayo de 2018] en internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3125-colombia-endurecera-norma-de-calidad-del-aire>

PUIGSERVER ZANÓN Manuel y CARRASCAL TRIOLA M. Dolors. Medio atmosférico, El. Meteorología y contaminación. Barcelona España: Edicions Universitat Barcelona, 2008. P.34

TAMAYO y TAMAYO. El proceso de la investigación científica. Bogotá D.C: Editorial Limusa. 2004. p. 56

Unión Temporal Aires 2017. Informe Final Yopal. Monitoreo de calidad del aire Yopal – Casanare septiembre / octubre / noviembre / diciembre 2017. p. 14

LEO Prieto. World Health Organization. [en línea], [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.who.int/sustainable-development/transport/case-studies/en/>

BRETT Eloff. World Health Organization. [en línea], [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.who.int/sustainable-development/transport/case-studies/en/>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Implementación del Transporte Público Sostenible en Sudáfrica. [en línea], 05 de diciembre de 2011, [revisado 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/presscenter/articles/2011/12/05/setting-sustainable-public-transport-in-motion-in-south-africa.html>

AGENCIA EFE. El Canal de Panama se Encamina a Ser una Empresa Neutra en la Emisión de Carbono. [en línea] 29 enero de 2018, [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.efe.com/efe/america/sociedad/el-canal-de-panama-se-encamina-a-ser-una-empresa-neutra-en-la-emision-carbono/20000013-3507861>

TROPOSFERA, Portal Temático de Contaminación Atmosférica. [en línea] 2 de mayo de 2018, [revisado 13 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.troposfera.org/news/14926/39/La-OMS-lanza-una-seria-advertencia-sobre-la-contaminacion-del-aire-en-el-mundo-y-sus-efectos-en-la-salud/>

MARK, Edwards HARD, Rain. World Health Organization. [en línea], [revisado 15 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.who.int/sustainable-development/transport/case-studies/en/>

TROPOSFERA, Portal Temático de Contaminación Atmosférica. [en línea] 2 de mayo de 2018, [revisado el 11 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.troposfera.org/news/14926/39/La-OMS-lanza-una-seria-advertencia-sobre-la-contaminacion-del-aire-en-el-mundo-y-sus-efectos-en-la-salud/>

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM. Estrategias para Mitigar la Contaminación del Aire en la Ciudad de México. [en línea] 2 junio de 2017, [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.itf-oecd.org/estrategias-para-mitigar-la-contaminaci%C3%B3n-del-aire-en-la-ciudad-de-m%C3%A9xico>

LACASAÑA, Marina; Aguilar, Clemente; Romieu, Isabelle. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. Redalyc.org. Salud Pública de México. [En línea], 3 de mayo de 1999, [revisado 4 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/38437/Evoluci%C3%B3n%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20e%20impacto%20de%20los%20programas%20de%20control%20en%20tres%20megaciudades%20de%20Am%C3%A9rica%20Latina.pdf?sequence=1>

THE WORLD BANK. Changing Commuters' Choices Helps São Paulo Reduce Traffic Congestion. [en línea] 01 mayo de 2014, [revisado el 12 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2014/05/01/changing-commuter-choices-helps-sao-paulo-reduce-traffic-congestion>

JOURNAL NACIONAL. Brasil bate recorde de emissão de gases do efeito estufa. [en línea] 18 de noviembre de 2017, [revisado el 13 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2017/11/brasil-bate-recorde-de-emissao-de-gases-do-efeito-estufa.html>

AGENCIA EFE. Emisiones de gases contaminantes de Brasil en 2016 fueron mayores en 9 años, [en línea] 25 de octubre de 2017 [revisado 4 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.efe.com/efe/america/sociedad/emisiones-de-gases-contaminantes-brasil-en-2016-fueron-mayores-9-anos/20000013-3419226>

GERENCIA ADJUNTA DE MEDIO AMBIENTE Y SERVICIOS URBANOS. Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Barcelona 2015-2018. [en línea] Abril de 2015, [revisado 5 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/sites/default/files/pdfs/PMQAB_ES_2014.pdf

VILLA, Lucia. España Reduce sus Emisiones de CO2 un 3,1% por el Menor Uso del Carbón. [en línea] 23 de febrero de 2017, [revisado 8 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.publico.es/sociedad/emisiones-co2-espana-reduce-emisiones.html>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, Alimentación y Medio Ambiente. Inventario de Emisiones de España Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. [en línea], marzo del 2017 [revisado el 5 de Abril de 2018]. Disponible en Internet: http://canvclimatic.gencat.cat/web/.content/home/politiques/inventaris_demissions/inventaris_demissions_a_espanya/Resumen-Informe-Inventario-1990_2015-v2017.pdf

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE. Changement climatique - transition écologique, énergétique. [en línea], 10 de enero de 2017, [revisado 10 de Abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/deplacements>

EL FINANCIERO. Esto hace París para luchar contra la contaminación. [en línea], 20 de junio de 2016, [revisado 10 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/paris-libra-renida-batalla-por-un-aire-mas-limpio>

HO, Mun and NIELSEN, Chris. Resources For the Future. ISSUE 195. [en línea], 2017, [revisado 10 de abril de 2018]. Tomado de: <http://www.rff.org/research/publications/challenges-reducing-air-pollution-china-amid-economic-slowdown>

ENERGIZA. China y su política de energías renovables. [en línea], [revisado 10 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.energiza.org/eolica/117-especial-energias-renovables-en-el-mundo/336-china-y-su-politica-de-energias-renovables>

HM GOVERNMENT. The Clean Growth Strategy. [en línea] Octubre del 2017, [revisado 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf

EC BRANDS. Los coches más eficientes llegan desde Japón (contaminan cada vez menos). El confidencial. [en línea] 23 de marzo de 2018, [revisado 12 de abril de 2018] Disponible en internet: https://www.elconfidencial.com/motor/2018-03-26/coches-eficientes-japon-mazda-contaminan-bra_1535051/

H. GREBE FLORENCIA. La estrategia neozelandesa para reducir las emisiones agrícolas. Economía y negocios. [en línea] 19 de marzo del 2018, [revisado 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=451583>

New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: Mejores prácticas y opciones emergentes. Pg(8). [en línea] 2013, [revisado 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2016/09/LRG-SAI-Mitigacion.pdf>

ENVIRONMENTAL PROTECTION. EXPORTINITIATIVE UMWELTTECHNOLOGIE. [en línea] 2016, [revisado 14 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.nde-germany.de/profile/bmub-exportinitiative-umwelttechnologien/>

ALEMANIA APRUEBA PLAN DE ACCIÓN PARA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂. España. [en línea] 15 de febrero de 2016, [revisado 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://www.lainformacion.com/medio-ambiente/calentamiento-global/alemania-aprueba-plan-de-accion-para-reduccion-de-emisiones-de-co2_51AWavOckMKAjQoGCrPyu1/

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AUSTRALIAN GOVERNMENT. Reducing Australia's Emissions. [en línea] 24 de Octubre de 2014, [revisado el 12 de abril de 2014]. Disponible en internet: <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/5acdfbf8-8ced-4c54-a61a-c06cb31d1e88/files/reducing-australias-emissions.pdf>

BELOT. H. Australia's greenhouse gas emissions increase for third consecutive year. News ABC. [en línea] 19 de diciembre de 2017, [revisado el 12 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.abc.net.au/news/2017-12-19/greenhouse-gas-emissions-increase-third-consecutive-year/9271176>

AMBIENTUM.COM. Noruega cumple los objetivos para conseguir un planeta más verde. [en línea] 15 de febrero de 2017, [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.ambientum.com/boletino/noticias/Noruega-cumple-los-objetivos-para-conseguir-un-planeta-m%C3%A1s-verde1.asp>

MCCARTHY, Joe. This Is How Norway Is Trying to Bring Carbon Emissions to Zero. Global Citizen. [en línea] 01 de febrero de 2017. [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.globalcitizen.org/en/content/norway-zero-carbon-emissions/>

STATISTISK SENTRALBYRA, Statistics Norway. Emissions of greenhouse gases. [en línea] 14 de diciembre de 2017, [revisado 18 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://www.ssb.no/en/klimagassn>

DANISH MINISTRY OF ENERGY, Utilities and Climate. Denmark's Second Biennial Report - under the United Nations Framework Convention on Climate Change. [en línea] 2016, [revisado 18 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_iar/submitted_biennial_reports/application/pdf/dnk-br2-january2016.pdf

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, HELSINKI 2017. Government Report on Medium-term Climate Change Policy Plan for 2030. [en línea] 2017, [revisado 18 de abril de 2018] Disponible en internet: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80769/YMre_21en_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FINDICATOR. Greenhouse Gas Emissions in Finland. [en línea] 27 de marzo de 2018, [revisado el 17 de abril de 2018]. Disponible en internet: https://findikaattori.fi/en/87#_ga=2.1527601.1002388947.1526067590-1038231679.1526067590

SWEDEN TACKLES CLIMATE CHANGE. [en línea] 4 de abril de 2018, [revisado el 18 de abril de 2018]. Disponible en internet: <https://sweden.se/nature/sweden-tackles-climate-change/>

STEINBACH, Nancy. Statistics Sweden, Environmental accounts and Environment. [en línea] 31 de enero de 2018, [revisado 18 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.scb.se/en/finding-statistics/statistics-by-subject-area/environment/environmental-accounts-and-sustainable-development/system-of-environmental-and-economic-accounts/pong/statistical-news/namnlos/>

ANEXOS

Anexo A. Estructura de la entrevista realizada al secretario de tránsito y transporte de Yopal

ENTREVISTA A ENTIDADES COMPETENTES EN MATERIA MEDIO AMBIENTAL

Enfocada: secretaria de transportes

Objetivo: Diagnosticar las condiciones de calidad de aire en el municipio de Yopal e identificar las fuentes (móviles y fijas) que aumentan este tipo de contaminación

- 1) ¿Cuentan con un diagnóstico del nivel de contaminación emitida por el parque automotor del municipio?
- 2) ¿Existe un registro de evolución del parque automotor en el municipio?
- 3) Existe un plan integral de tránsito y transporte urbano.
- 4) Qué tipo de proyectos se están implementando con el fin de mejorar la movilidad y fluidez vehicular.
- 5) ¿Considera que uno de los principales problemas de contaminación atmosféricas es el parque automotor?

Anexo B. Estructura de la encuesta realizada a la población de Yopal.

ENCUESTA ESTUDIO CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN YOPAL CASANARE

Enfocada a pobladores del municipio de Yopal Casanare

Objetivo: Diagnosticar las condiciones de calidad de aire en el municipio de Yopal e identificar las fuentes (móviles y fijas) que aumentan este tipo de contaminación

1) ¿Conoce las consecuencias de la contaminación atmosférica en el municipio de Yopal?

Si___

No___

¿Cuáles?_____

2) ¿Considera que el aire del municipio se ha deteriorado en los últimos años?

Si___

¿Hace cuánto tiempo? _____años

¿En qué lugares distinguidos se siente más la contaminación? _____

No___

3. ¿Cuáles considera que son las fuentes de contaminación del aire?

4. ¿Qué tipo de transporte utiliza?

Transporte público (bus___ taxi___ moto-taxi___)

Transporte particular (carro___ moto___)

Otro_____

5. Considera usted que el exceso de contaminación en el aire es producto de:

Fabricas___

Explotaciones de hidrocarburos (petróleo y gas) ___

Exceso de gases emitidos por los vehículos___

Chimeneas de vivienda____
Quema de basuras____
Rellenos Sanitarios____
Otro_____

6. ¿Considera que la calidad del aire es causa de enfermedades en los pobladores?

Si____

No____

¿Por qué?_____

7. ¿Dentro de su familia alguno ha presentado problemas de salud por contaminación del aire?

Si____

No____

¿Cuáles?_____

8. ¿Conoce algún programa o proyecto enfocado a mejorar la calidad del aire en el municipio?

Si____

No____

¿Cuál ?_____

9. ¿Qué tipo de programas y/o proyectos está de acuerdo se implemente para reducir los niveles de contaminación atmosférica?

Aumento del uso de transporte publico____

Diseño de ciclo-vías____

Construcción de zonas verdes____

Implementación de impuestos a las fuentes emisoras de contaminación atmosférica (vehículos, empresas e industrias)____

Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas____

Otro_____

Anexo C. Identificación de estrategias de descontaminación atmosférica en diversos países

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
Perú	<ul style="list-style-type: none"> Inclusión dentro del transporte el Sistema de BRT (Bus Rapid Transit) en un corredor de 23 Km que atraviesa el centro de la ciudad, junto con la construcción de infraestructura para bicicletas 	2000-2009	Un aumento de 3,6 % en el uso de bicicletas	20
Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> Inclusión dentro del transporte el bus BRT (Bus Rapid Transit), el cual consta de su propia infraestructura vial. Remodelación y construcción de infraestructura para sistemas de transporte no motorizado no motorizado 	2011	Reducción de emisiones en 42300 toneladas de CO2 anuales.	21,22
Panamá	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar combustibles con menor contenido de carbono. Modernizar la legislación forestal. Elaborar un registro de las reforestaciones realizadas y mantener un monitoreo. 	2013	Emisiones de carbono, compensadas	23
India	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto Pradhan Mantri Ujjwala Yojana (conexión gratuita a GPL a 37 millones de mujeres), con el fin de cambiar el método de cocción de alimentos. Reducción de emisiones de vehículos mediante la implantación de normas más estrictas. Programas para sacar de circulación a los vehículos que tengan más de 15 años de uso. Cambio de combustible o de sistemas de potencia menos contaminantes en los buses de servicio Público Reubicación de las industrias que están excediendo en su contaminación. Utilización de filtros diésel en camiones en áreas rurales 	2003	Monóxido de Carbono -6,86% Dióxido de azufre -5,43%	24
México	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación de diésel y combustóleo con bajo contenido de Azufre (0,1 y 0,8%) Mejoramiento de la recuperación de azufre en la refinera. Cambio de combustóleo por gas natural en las industrias. Control de emisiones y reubicación de fundidoras. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimiento de servicios Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido en azufre 	1991-1997	Reducción de Bióxido de azufre en un 40%	25,26,27,28

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
	<ul style="list-style-type: none"> • Suspensión invernal en la operación de unidades de generación. • Cierre de una refinería • Se aplican normas a favor de vehículos menos contaminantes (prohíben los vehículos que utilicen diésel y controlan el hollín en las emisiones de los buses de transporte público) para el 2025 • En Aguascalientes, se ejecutara un proyecto de vivienda para más de 40.000 familias de bajos ingresos; el cual dentro de sus diseños induce al uso de transporte no motorizado con el fin de crear comunidades saludables. • Incluir dentro del diagnóstico automotor la prueba OBD (On-Board Diagnostic). • Adoptar normas de emisiones de última generación para vehículos pesados. • Actualización continua al programa Hoy no circula. • Reducir las velocidades en vías primarias y vías de acceso controlado • Establecer un área mínima de zonas verdes en el casco urbano. • Reducción de la deforestación y degradación forestal. 			
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de movilidad corporativa voluntaria • Cambiar el estacionamiento gratuito por una remuneración en efectivo. • Restaurar y reforestar 12 millones de hectáreas de bosques • Prohibir la deforestación ilegal. • Reducción de la demanda de energía. • Producción de energía con fuentes renovables 	2016	Reducción de 7,6% de dióxido de carbono	29,30,31
España	<ul style="list-style-type: none"> • Impuesto a las emisiones de gases fluorados emitidos por las industrias. • Limpieza de las vías con agua para evitar la resuspensión de partículas. • Herramienta de modelización de la calidad del aire. • Plan del verde y la biodiversidad. • Campañas de control de humos procedentes de vehículos diésel. • Web de calidad del aire de Barcelona. • Reordenación de los diversos usos de la vía pública. • Fomentos de medio de transporte no motorizado. • Distintivo de garantía de calidad ambiental de flota de vehículos respetuosa con el medio ambiente. • Compra o concesión verde de vehículos que operan para los ayuntamientos. 	2014-2015	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce en un 41,5% el consumo de gases fluorados • Reducción de 3,1% de CO2 	32,33,34

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento del coche multiusuario. • Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas urbanas. • Operaciones de mantenimiento y mejora de la red vial. • Evolución de la movilidad municipal. • Regulación de los horarios de distribución de mercancías. • Descontaminación del aire mediante materiales fotocatalíticos • Zonas urbanas de atmosfera protegida. • Regulación semafórica, con priorización del transporte público. • Incremento del número de paradas de taxi y promoción de las TIC. • Promoción del cambio de combustible en la flota del taxi. • Incremento de los puntos de recarga eléctrica de vehículos y motos. • Inspección de emisiones en obras públicas. • Regulación de la climatización en comercios y servicios municipales. • Mensajes ambientales en las pantallas de información variable. • Limitación de la instalación de nuevas calderas de gasóleo, carbón y biomasa. • Reducción de la contaminación en zonas escolares. 			
Francia	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza monitoreo de la calidad del aire en todo el país. • Control de productos cuyo contenido tienen gases clorados, fluorados y bromados que destruyen la capa de ozono. • Implementación de estrategias bajas en carbono • Metodología de la viñeta ecológica, la cual otorga beneficios de estacionamiento y acceso a los vehículos menos contaminantes. • Bonificación ecológica para coches que reduzcan su emisión de CO2. • Intercambio de automóviles, combinación de modos de transporte. <p>Paris:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitar el tránsito en la avenida de los campos un domingo al mes • Imponer la circulación alterna • Implementar la estrategia de gratuidad en los servicios públicos. • El uso de vehículos impulsados con energías limpias como la eléctrica, los híbridos y gas; los vehículos que aseguran el comercio dentro de la ciudad, funerarias, mudanzas; tienen privilegios de circulación en la ciudad. • Implementa un sistema de clasificación de vehículos entre seis grupos, siendo el tipo uno el que menores emisiones contaminantes y seis el 	2016	En Paris se redujeron: NO2 - 30%	35,36

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
	que mayor contaminación arroja a la atmosfera. Con esta medida las restricciones para la circulación de vehículos serán más sencillas de proyectar.			
China	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de aprovechamiento de los residuos sólidos, producto de las cosechas. • Apoyo económico a las empresas que prestan el servicio de energías limpias. • Implementación de programas para cambio de uso de energías limpias en cambio del carbón. • Restricción de movilidad de vehículos en zonas estratégicas. • Inducir eficiencia en la utilización del carbón. • Implementación de proyectos de aprovechamiento de energía eólica. • Aprovechamiento de energía solar. • Eliminación progresiva de centrales eléctricas que tienen baja producción. • Promoción del ahorro de energía en las instituciones como son: fabricación, transporte, construcción, comercio, agricultura e instituciones públicas. • Rigidizar las normas de emisión para fuentes móviles. • Se implementara el reciclaje para reducir los desperdicios de energía. • Se prohíbe la tala comercial de árboles. • Sistema de protección de humedales • Construcción de un purificador gigante. 	2107	<ul style="list-style-type: none"> • (2013-2016) las PM 2.5 se redujeron un 18% • Consumo de energía -5% • (2006-2014) SO2 se redujeron un 24% • (2011-2014) NO2 se redujeron 13,3% 	37,38
Gran Bretaña	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un inventario de emisiones • Inversión en infraestructura para vehículos eléctricos. • Inducir otras fuentes de energía como el hidrogeno y la bioenergía. • Reducir el costo de construcción de viviendas y mejorar su diseño para la reducción de emisiones de carbono. • Inducción de energías limpias en el sistema de transporte • Mejorar la disposición de residuos sólidos y reducir el impacto ambiental de sus subproductos. • Implementar nueva tecnología en la agricultura para mejorar las condiciones del suelo y sus productos. 	2016	Reducción del uso del carbón en un 6%	39
Japón	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios considerables en los vehículos, su aerodinámica, potencializando el combustible, aumentando la tracción con mayores 	2016	Una mejora en consumo de 17% por cada 100 kilómetros rodados. Y	40

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
	engranajes, reducción de resistencia a la rodadura de los neumáticos, reducción de peso.		redujeron las emisiones en un 19,2% g/Km.	
Nueva Zelanda	<ul style="list-style-type: none"> • Invierten en la investigación para mejorar el sistema digestivo de los 35 millones de ovejas y 8 millones de vacas, para reducir la cantidad de gas metano que se emite por estos rumiantes. 	2012	Reducción en emisiones de metano en un 30%	41,42
Alemania	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de energía de baja emisión. • Baja movilidad de emisiones y transporte • Industrias intensivas en energía y recursos • Ciudades e infraestructura de eficiencia energética • Agricultura y silvicultura amigables con el clima • Residuos sostenibles y economía circular • Tecnologías transversales intersectoriales para la reducción de emisiones. 	2016	Reducción en emisiones entre de 23,8 de CO2, entre 1990 y 2013.	43,44
Australia	<p>El fondo de emisiones- una perspectiva de negocio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones industriales y de la vivienda. • Reducir las emisiones del generador de electricidad. • Capturar el gas de vertedero. • Reducir el gas residual de la mina de carbón • Reforestación y revegetación de tierras marginales. • Mejorar los suelos agrícolas de Australia • Actualizar vehículos y mejorar la logística del transporte • Manejo de incendios en pastizales de sabana 	2017	La falta de cooperación de entidades gubernamentales hace que los índices de contaminación hayan crecido entre 2016-2017 un 0,7%	45,46
Noruega	<ul style="list-style-type: none"> • Sacar del mercado a las industrias de combustibles y gases, para reducir las emisiones de dióxido de carbono. • Cero tolerancia a la deforestación • El 99% de la energía eléctrica se produce en hidroeléctricas. • Proyectos para comercializar únicamente vehículos eléctricos y para sacar de circulación a los vehículos impulsados con hidrocarburos. • Proyecto para construcción de seis parques eólicos (producción de 1000 megavatios. • Capturas de carbono en las plantas incineradoras de residuos. 	2015-2016	Reporta una reducción de 1,1% de GEI	47,48,49
Dinamarca	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de combustible en las centrales eléctricas, de carbón a gas y energías renovables. • Reemplazo de farolas a luz led, para reducir el consumo de electricidad. 	1990-2013	Se redujo las emisiones CO2 en un 27%	50

PAÍS	ESTRATEGIA	AÑO	RED	FUENTE
	<ul style="list-style-type: none"> • Control del número de vehículos impulsados a gas. • Construcción de infraestructura para bicicletas. • Eficiencia energética en el sistema de calefacción urbana. 		<p>Se redujo las emisiones de CH4 en un 12%</p> <p>Se redujo las emisiones de SO2 en un 35%</p>	
Finlandia	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar a los ciclistas y peatones en la planeación de la ciudad. • Inducción de prima de desguace para vehículos con altas emisiones. • Subsidiar vehículos limpios y combustibles. • Planes de concienciación a la población para reducir las emisiones de carbono. 	2013-2016	Las emisiones de GEI se redujeron en un 6,8%	51,52
Suecia	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en investigación y desarrollo para la innovación de tecnologías amigables con el medio ambiente. • Reducción del consumo de energía, por medio de la concientización de la población y las industrias con mayor consumo. • Incentivos desde el gobierno a proyectos liderados por el sector público o privado, tendientes a cambios para energías más limpias. • Implementación de impuesto para el uso del carbono. 	2016-2017	Las emisiones de GEI subieron un 1,8%	53,54

Anexo D. ponderación de las estrategias de descontaminación atmosférica en otros países

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
			30%	20%	15%	25%	10%	100%
1	Panamá	Modernizar la legislación forestal.	4	4	4	4	4	4,0
2	Panamá	Elaborar un registro de las reforestaciones realizadas y mantener un monitoreo.	4	4	4	4	4	4,0
3	India	Utilización de filtros diésel en camiones en áreas rurales	4	4	4	4	4	4,0
4	Brasil	Prohibir la deforestación ilegal.	4	4	4	4	4	4,0
5	España	Reordenación de los diversos usos de la vía pública.	4	4	4	4	4	4,0
6	España	Fomentos de medio de transporte no motorizado.	4	4	4	4	4	4,0
7	Francia	Limitar el tránsito en la avenida de los campos un domingo al mes	4	4	4	4	4	4,0
8	España	Plan del verde y la biodiversidad.	4	4	4	4	3	3,9
9	India	Reducción de emisiones de vehículos mediante la implantación de normas más estrictas.	4	4	3	4	4	3,9
10	India	Cambio de combustible o de sistemas de potencia menos contaminantes en los buses de servicio Público	4	4	3	4	4	3,9
11	Brasil	Restaurar y reforestar 12 millones de hectáreas de bosques	4	4	3	4	4	3,9
12	Brasil	Reducción de la demanda de energía.	4	4	3	4	4	3,9
13	España	Campañas de control de humos procedentes de vehículos diésel.	4	4	3	4	4	3,9
14	España	Mensajes ambientales en las pantallas de información variable.	4	4	3	4	4	3,9
15	España	Reducción de la contaminación en zonas escolares.	4	4	3	4	4	3,9
16	Francia	Imponer la circulación alterna	4	4	3	4	4	3,9

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
17	Francia	El uso de vehículos impulsados con energías limpias como la eléctrica, los híbridos y gas; los vehículos que aseguran el comercio dentro de la ciudad, funerarias, mudanzas; tienen privilegios de circulación en la ciudad.	4	4	3	4	4	3,9
18	China	Restricción de movilidad de vehículos en zonas estratégicas.	4	4	3	4	4	3,9
19	México	Se aplican normas a favor de vehículos menos contaminantes (prohíben los vehículos que utilicen diésel y controlan el hollín en las emisiones de los buses de transporte público) para el 2025	4	3	4	4	4	3,8
20	México	Actualización continua al programa Hoy no circula.	4	3	4	4	4	3,8
21	México	Establecer un área mínima de zonas verdes en el casco urbano.	4	3	4	4	4	3,8
22	México	Reducción de la deforestación y degradación forestal.	4	3	4	4	4	3,8
23	Finlandia	Priorizar a los ciclistas y peatones en la planeación de la ciudad.	4	3	4	4	4	3,8
24	Sudáfrica	Remodelación de las estaciones de transporte no motorizado	4	4	4	3	3	3,7
25	España	Promoción del uso de motos y bicicletas eléctricas urbanas.	4	2	4	4	4	3,6
26	Francia	Control de productos cuyo contenido tienen gases clorados, fluorados y bromados que destruyen la capa de ozono.	4	4	3	3	4	3,6
27	China	Se prohíbe la tala comercial de árboles.	4	2	4	4	4	3,6
28	Noruega	Cero tolerancia a la deforestación	4	2	4	4	4	3,6
29	España	Impuesto a las emisiones de gases fluorados emitidos por las industrias.	4	4	1	4	4	3,6
30	España	Operaciones de mantenimiento y mejora de la red vial.	4	3	4	3	4	3,6

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
31	España	Zonas urbanas de atmosfera protegida.	4	3	4	3	4	3,6
32	Dinamarca	Construcción de infraestructura para bicicletas.	4	3	4	3	4	3,6
33	España	Regulación de la climatización en comercios y servicios municipales.	4	3	2	4	4	3,5
34	Australia	Reforestación y revegetación de tierras marginales.	4	3	4	3	3	3,5
35	China	Promoción del ahorro de energía en las instituciones como son: fabricación, transporte, construcción, comercio, agricultura e instituciones públicas.	4	2	3	4	4	3,5
36	Alemania	Baja movilidad de emisiones y transporte	4	2	3	4	4	3,5
37	Alemania	Ciudades e infraestructura de eficiencia energética	4	2	3	4	4	3,5
38	Alemania	Residuos sostenibles y economía circular	4	2	3	4	4	3,5
39	Finlandia	Planes de concienciación a la población para reducir las emisiones de carbono.	4	2	3	4	4	3,5
40	Perú	Inclusión dentro del transporte el Sistema de BRT (Bus Rapid Transit) en un corredor de 23 Km que atraviesa el centro de la ciudad, junto con la construcción de infraestructura para bicicletas	2	4	4	4	4	3,4
41	India	Programas para sacar de circulación a los vehículos que tengan más de 15 años de uso.	4	3	3	3	4	3,4
42	Gran Bretaña	Realizar un inventario de emisiones	4	3	3	3	4	3,4
43	Gran Bretaña	Inducción de energías limpias en el sistema de transporte	4	3	3	3	4	3,4
44	Gran Bretaña	Mejorar la disposición de residuos sólidos y reducir el impacto ambiental de sus subproductos.	4	3	3	3	4	3,4
45	Gran Bretaña	Implementar nueva tecnología en la agricultura para mejorar las condiciones del suelo y sus productos.	4	3	3	3	4	3,4
46	Dinamarca	Reemplazo de farolas a luz led, para reducir el consumo de electricidad.	4	3	3	3	4	3,4

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
47	Dinamarca	Control del número de vehículos impulsados a gas.	4	3	3	3	4	3,4
48	México	Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimiento de servicios	3	3	3	4	4	3,4
49	España	Promoción del cambio de combustible en la flota del taxi.	4	4	3	2	4	3,4
50	España	Incremento de los puntos de recarga eléctrica de vehículos y motos.	4	4	3	2	4	3,4
51	España	Inspección de emisiones en obras públicas.	3	3	3	4	4	3,4
52	China	Rigidizar las normas de emisión para fuentes móviles.	4	2	4	3	4	3,4
53	China	Se implementara el reciclaje para reducir los desperdicios de energía.	4	2	4	3	4	3,4
54	Suecia	Reducción del consumo de energía, por medio de la concientización de la población y las industrias con mayor consumo.	4	2	3	4	3	3,4
55	Australia	Capturar el gas de vertedero.	4	3	3	3	3	3,3
56	Australia	Mejorar los suelos agrícolas de Australia	4	3	3	3	3	3,3
57	México	Adoptar normas de emisiones de última generación para vehículos pesados.	3	3	4	3	4	3,3
58	Australia	Manejo de incendios en pastizales de sabana	4	2	4	3	3	3,3
59	España	Distintivo de garantía de calidad ambiental de flota de vehículos respetuosa con el medio ambiente.	4	2	3	3	4	3,2
60	Francia	Implementación de estrategias bajas en carbono	4	4	2	2	4	3,2
61	Francia	Bonificación ecológica para coches que reduzcan su emisión de CO2.	4	4	2	2	4	3,2
62	Francia	Intercambio de automóviles, combinación de modos de transporte.	4	2	3	3	4	3,2

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
63	Francia	Implementar la estrategia de gratuidad en los servicios públicos.	4	2	3	3	4	3,2
64	Finlandia	Subsidiar vehículos limpios y combustibles.	4	2	3	3	4	3,2
65	Francia	Metodología de la viñeta ecológica, la cual otorga beneficios de estacionamiento y acceso a los vehículos menos contaminantes.	4	3	3	2	4	3,2
66	China	Métodos de aprovechamiento de los residuos sólidos, producto de las cosechas.	4	3	3	2	4	3,2
67	Gran Bretaña	Inversión en infraestructura para vehículos eléctricos.	4	3	3	2	4	3,2
68	Gran Bretaña	Inducir otras fuentes de energía como el hidrogeno y la bioenergía.	4	3	3	2	4	3,2
69	México	Incluir dentro del diagnóstico automotor la prueba OBD (On-Board Diagnostic).	3	3	3	3	4	3,1
70	España	Fomento del coche multiusuario.	4	1	2	4	4	3,1
71	Australia	Actualizar vehículos y mejorar la logística del transporte	4	2	3	3	3	3,1
72	Alemania	Tecnologías transversales intersectoriales para la reducción de emisiones.	4	2	2	3	4	3,1
73	Australia	Reducir las emisiones del generador de electricidad.	3	2	3	4	3	3,1
74	Suecia	Implementación de impuesto para el uso del carbono.	3	2	3	4	3	3,1
75	Francia	Se realiza monitoreo de la calidad del aire en todo el país.	4	3	2	2	4	3,0
76	Alemania	Suministro de energía de baja emisión.	3	2	2	4	4	3,0
77	Dinamarca	Cambio de combustible en las centrales eléctricas, de carbón a gas y energías renovables.	3	2	2	4	4	3,0
78	Suecia	Incentivos desde el gobierno a proyectos liderados por el sector público o privado, tendientes a cambios para energías más limpias.	3	2	4	3	3	3,0

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
79	Francia	Implementa un sistema de clasificación de vehículos entre seis grupos, siendo el tipo uno el que menores emisiones contaminantes y seis el que mayor contaminación arroja a la atmosfera. Con esta medida las restricciones para la circulación de vehículos serán más sencillas de proyectar.	4	2	3	2	4	3,0
80	Gran Bretaña	Reducir el costo de construcción de viviendas y mejorar su diseño para la reducción de emisiones de carbono.	3	3	2	3	4	3,0
81	Finlandia	Inducción de prima de desguace para vehículos con altas emisiones.	4	2	3	2	4	3,0
82	España	Regulación de los horarios de distribución de mercancías.	2	2	4	4	3	2,9
83	China	Sistema de protección de humedales	3	3	4	2	3	2,9
84	España	Evolución de la movilidad municipal.	4	2	4	1	4	2,9
85	España	Compra o concesión verde de vehículos que operan para los ayuntamientos.	4	2	2	2	4	2,8
86	España	Regulación semafórica, con priorización del transporte público.	3	2	3	3	3	2,8
87	Suecia	Inversión en investigación y desarrollo para la innovación de tecnologías amigables con el medio ambiente.	3	2	3	3	3	2,8
88	Brasil	Cambiar el estacionamiento gratuito por una remuneración en efectivo.	2	4	3	2	4	2,8
89	China	Implementación de programas para cambio de uso de energías limpias en cambio del carbón.	3	2	2	3	4	2,8
90	China	Inducir eficiencia en la utilización del carbón.	3	2	2	3	4	2,8
91	China	Aprovechamiento de energía solar.	3	3	2	2	4	2,7

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
92	Japón	Cambios considerables en los vehículos, su aerodinámica, potencializando el combustible, aumentando la tracción con mayores engranajes, reducción de resistencia a la rodadura de los neumáticos, reducción de peso.	4	2	3	1	4	2,7
93	Alemania	Agricultura y silvicultura amigables con el clima	2	2	2	4	4	2,7
94	China	Apoyo económico a las empresas que prestan el servicio de energías limpias.	3	2	3	2	4	2,7
95	Australia	Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones industriales y de la vivienda.	3	2	2	3	3	2,7
96	Panamá	Utilizar combustibles con menor contenido de carbono.	2	3	3	2	4	2,6
97	México	Fabricación de diésel y combustóleo con bajo contenido de Azufre (0,1 y 0,8%)	2	3	3	2	4	2,6
98	España	Incremento del número de paradas de taxi y promoción de las TIC.	2	3	2	3	3	2,6
99	Noruega	Proyectos para comercializar únicamente vehículos eléctricos y para sacar de circulación a los vehículos impulsados con hidrocarburos.	3	2	3	2	3	2,6
100	China	Implementación de proyectos de aprovechamiento de energía eólica.	3	2	2	2	4	2,5
101	Noruega	Sacar del mercado a las industrias de combustibles y gases, para reducir las emisiones de dióxido de carbono.	4	2	2	1	3	2,5
102	España	Herramienta de modelización de la calidad del aire.	2	2	2	3	4	2,5
103	Alemania	Industrias intensivas en energía y recursos	2	2	2	3	4	2,5
104	México	Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido en azufre	2	3	2	2	4	2,4

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
105	México	Suspensión invernal en la operación de unidades de generación.	2	3	2	2	4	2,4
106	México	Reducir las velocidades en vías primarias y vías de acceso controlado	2	3	2	2	4	2,4
107	Brasil	Programa de movilidad corporativa voluntaria	2	3	2	2	4	2,4
108	Sudáfrica	Inclusión dentro del transporte el bus BRT (Bus Rapid Transit), el cual consta de su propia infraestructura vial.	2	2	2	3	3	2,4
109	España	Web de calidad del aire de Barcelona.	1	4	2	2	4	2,3
110	México	Mejoramiento de la recuperación de azufre en la refinería.	2	2	2	2	4	2,2
111	China	Eliminación progresiva de centrales eléctricas que tienen baja producción.	2	2	2	2	4	2,2
112	Nueva Zelanda	Invierten en la investigación para mejorar el sistema digestivo de los 35 millones de ovejas y 8 millones de vacas, para reducir la cantidad de gas metano que se emite por estos rumiantes.	2	2	2	2	4	2,2
113	España	Descontaminación del aire mediante materiales fotocatalíticos	2	3	2	1	4	2,2
114	México	Cierre de una refinería	1	3	2	2	4	2,1
115	México	En Aguascalientes, se ejecutara un proyecto de vivienda para más de 40.000 familias de bajos ingresos; el cual dentro de sus diseños induce al uso de transporte no motorizado con el fin de crear comunidades saludables.	1	3	2	2	4	2,1
116	India	Reubicación de las industrias que están excediendo en su contaminación.	2	2	1	2	4	2,1
117	México	Cambio de combustóleo por gas natural en las industrias.	2	2	1	2	4	2,1

			Coherencia con la problemática y necesidades ambientales de Yopal	Congruencia con las condiciones sociales y culturales de Yopal	Relación con la política pública y ambiental de Yopal	Viabilidad económica y financiera de aplicación en Yopal	Nivel de éxito en países aplicados	PROMEDIO
118	Dinamarca	Eficiencia energética en el sistema de calefacción urbana.	2	2	1	2	4	2,1
119	Brasil	Producción de energía con fuentes renovables	2	1	2	2	4	2,0
120	Noruega	El 99% de la energía eléctrica se produce en hidroeléctricas.	2	2	2	1	4	2,0
121	Noruega	Proyecto para construcción de seis parques eólicos (producción de 1000 megavatios.	2	2	2	1	4	2,0
122	Noruega	Capturas de carbono en las plantas incineradoras de residuos.	2	2	2	1	4	2,0
123	España	Limitación de la instalación de nuevas calderas de gasóleo, carbón y biomasa.	1	2	2	2	4	1,9
124	China	Construcción de un purificador gigante.	2	2	1	1	4	1,8
125	España	Limpieza de las vías con agua para evitar la resuspensión de partículas.	2	2	1	1	3	1,7
126	Australia	Reducir el gas residual de la mina de carbón	1	2	1	2	3	1,7
127	México	Control de emisiones y reubicación de fundidoras.	2	1	1	1	4	1,6
128	India	Proyecto Pradhan Mantri Ujjwala Yojana (conexión gratuita a GPL a 37 millones de mujeres), con el fin de cambiar el método de cocción de alimentos.	1	1	1	2	4	1,6

