Cálculo de la huella ecológica producto de la movilidad del Campus Robledo de la Institución Universitaria ITM

Jader Alexander Mesa Preciado

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín, Colombia

Cálculo de la huella ecológica producto de la movilidad del Campus Robledo de la Institución Universitaria ITM

Jader Alexander Mesa Preciado

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título en

Magister Desarrollo Sostenible

Director (a):

Magister; Diana Carolina Bedoya Ramírez

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín, Colombia

2018

Contenido

Lista de Tablas. I
Lista de Graficas. II
Lista de Figuras. II
Lista de Mapas. III
Resumen 1
Introducción 2
Capítulo 1. Sustento teórico 6
Aproximación a la contaminación ambiental 6
Causas de la contaminación del aire. 6
Efectos sobre la Sostenibilidad en su dimensión ambiental. 12
El sector trasporte su incidencia social-ambiental. 16
Gases de efecto invernadero y calentamiento global 17
Gases de efecto invernadero y el sector transporte 21
Hacia un modelo de trasporte vial sostenible. 23
Gestión del tráfico 23
Inaccesibilidad y exclusión social 24
Afectación al ambiente concepción integradora. 25
Efectos económicos, trasporte y sostenible, ... 26
Sostenibilidad del transporte y movilidad urbana. 27
Aproximación a la política pública sobre emisión gases de efecto invernadero 31
CONPES 3918 de 2018 33
CONPES 3934 de 2018. 35
Algunas acciones para la reducción de GEI en el Valle de Aburra. 35
Aproximación a los GEI en el Valle de Aburra, normas e instrumentos 36
Ley 164 de 1994 37
Política Nacional de Cambio Climático en el Valle de Aburra 38
Pacto por la Calidad del Aire del Valle de Aburra, 2007. 39
Capítulo 2. Metodología para el cálculo de huella de carbono del sector transporte en el Instituto Tecnológico Metropolitano 44
Introducción 44
Herramientas metodológicas para determinar la huella de carbono 45
Fase I. Diagnóstico. 45
Construcción de la Encuesta 47
Prueba Piloto 47
Encuesta oficial comunidad educativa sede Robledo 48

Medios de transporte más utilizados para el desplazamiento hacia y fuera del Campus Universitario Robledo. 49
Tiempos de desplazamiento de la comunidad educativa, hacia y desde el campus universitario. 50
Modalidades de transporte que a la comunidad educativa le gustaría poder usar en un futuro para llegar y/o salir del ITM sede Robledo. 51
Origen de los desplazamientos municipio de Medellín. 52
Destino de los desplazamientos municipio de Medellín. 53
Origen de los desplazamientos en otros municipios. 54
Destino de los desplazamientos en otros municipios. 55
Caracterización de los vehículos que ingresan al campus universitario 56
Fase 2.Cálculos 57
Estimación del promedio de CO_2 total generada por motivo de uso tecnología vehicular comunidad ITM Robledo 64
Pasos de la estimación 65
Formula General 65
Fórmula para hallar la media es: 65
Factores de emisión 66
Capítulo 3. Huella de carbono del sector transporte en el ITM y su traducción a hectáreas necesarias para captura de CO2 67
Resultados 68
Aporte del ITM sede Robledo a las emisiones en el territorio 69
Cálculo de la huella ecológica por movilidad en el ITM sede Robledo 72
Conclusiones 72
Recomendaciones 75
Anexo A. Encuesta de Movilidad ITM-Campus Robledo 77
BIBLIOGRAFÍA 80

Lista de Tablas.

Tabla 1 Principales gases contaminantes y sus efectos 7
Tabla 2 Gases de efecto invernadero en el Valle de Aburra durante el 2017 20
Tabla 3. Enfoque de transporte convencional y enfoque transporte sostenible. 30
Tabla 4. Metas de reducción de Emisión de GEI por categoría (Ton) en el Valle de Aburra 42
Tabla 5. Proporción de la muestra de cada estrato 46
Tabla 6. Aforo vehicular campus Robledo ITM 56
Tabla 7. Aforo vehicular campus Robledo ITM 57
Tabla 8. Factores de emisión para transporte.....57
Tabla 9. Comunidad ITM desagregada de acuerdo a origen y destino desde localidades municipales y uso de tecnología vehicular. 58
Tabla 10. Calculo distancias intermunicipal (promedio municipio a centro de Medellín más distancia centro de Medellín ITM 59
Tabla 11. CO_2 generado por el uso de tecnologías vehiculares desde municipios 60
Tabla 12 Comunidad ITM desagregada de acuerdo a origen y destino desde Comunas Medellín y uso de tecnología vehicular 61
Tabla 13. Calculo distancias Medellín (promedio Comuna al centro de Medellín más distancia centro de Medellín ITM) 62
Tabla 14. Emisiones de CO_2 por desplazamiento desde y hacia ITM Robledo. Tecnología vehicular Contexto Urbano. 63
Tabla 15. CO_2 total producido por grupos (comunas y municipios) 64
Tabla 16. Estimaciones de CO_2 por periodo de tiempo (de la totalidad de la población de la muestra).....68

Lista de Graficas.

Grafica 1. Índice comparativo MP2,5 del año 2014 a 2017 9
Grafica 2. Índice comparativo MP10 del año 2014 a 2017 10
Grafica 3. Emisiones y absorciones GEI sector transporte.....21
Grafica 4. Vínculo con la Institución Universitaria.....48
Grafica 5. Municipios de residencia de la comunidad educativa.....49
Grafica 6. Medios de transporte más usados para el desplazamiento hacia/desde el Campus Universitario Robledo.....50
Grafica 7. Razones por las cuales la comunidad educativa escoge su medio de transporte para desplazarse hacia/desde el ITM Campus Robledo. 51
Grafica 8. Modalidades de transporte que a la comunidad educativa le gustaría poder usar en un futuro para llegar y/o salir del ITM sede Robledo.....52
Grafica 9. Origen de los desplazamientos en Medellín. 53
Grafica 10. Destino de los desplazamientos en Medellín. 54
Grafica 11. Origen de los desplazamientos en otros municipios. 55
Grafica 12. Destino de los desplazamientos en otros municipios. 56
Grafica 13. Distribución porcentual CO_2 generado de acuerdo tecnología Vehicular rutas Municipios ITM. 61
Grafica 14. Distribución porcentual CO_2 generado de acuerdo tecnología Vehicular rutas Medellín ITM. 64
Grafica 15. Contaminación generada por CO_2 Desplazamiento desde y hacia ITM Robledo. 67
Grafica 16. Porcentajes uso de las distintas fuentes móviles de acuerdo a Localidad. 68
Grafica 17. Estimaciones de CO_2 por periodo de tiempo 69
Grafica 18. El trasporte vehicular en el 2015 principal causante de generación de CO_2, ...70
Grafica 19. Crecimiento del parque automotor y tasas de motorización.....70

Lista de Figuras.

Figura 1. Efectos salud humana de los principales contaminantes 11
Figura 2. Clico efecto invernadero 19
Figura 3. Emisiones por sector.....22
Figura 4. Sostenibilidad Urbana.....28
Figura 5. Componentes del análisis para la elaboración del PIGECA. 41

Lista de Mapas.

Mapa 1. Estaciones PM2,5 en el Valle de Aburra.....8
Mapa 2 Ubicación de los municipios de origen y destino de la comunidad (grafica ilustrativa). 58

Resumen

La presente tesis pretende determinar la huella ecológica producto de la movilidad de la comunidad educativa del Instituto Tecnológico Metropolitano, sede Robledo. Metodológicamente se realizó una minuciosa revisión bibliográfica para estructurar un cuerpo teórico y conceptual riguroso, claro y pertinente. Se realizó una encuesta cerrada a una población de 371 miembros de la institución, con los datos obtenidos se realizaron los cálculos necesarios para el levantamiento de la línea base para el cálculo dela huella ecológica, a partir de lo cual se presentan conclusiones y recomendaciones.

Abstract

This thesis pretends to determine the ecological footprint product of institutional mobility in the educational community of Instituto Tecnológico Metropolitano, Robledo headquarters; methodologically a meticulous bibliographic review was carried out to structure a rigorous, clear and pertinent theoretical and conceptual body. A closed survey was conducted to a population of 371 members of the institution, with the data obtained we developed the base line towards the definition of the ecological footprint caused by institutional mobility, from which conclusions and recommendations are established.

Introducción

La huella ecológica hace referencia a la imprenta que el ser humano deja en el planeta por el desarrollo de sus actividades, especialmente las del ámbito económico que requieren el empleo de recursos naturales para la creación de mercancías para el comercio. Esta herramienta es empleada para calcular el consumo de los recursos naturales y la capacidad de asimilar los desechos resultantes de la satisfacción de una necesidad de una población o economía, según las características del territorio que toma como línea base las hectáreas de suelo productivo para sustentar un modo de vida de determinada población (Reyes, 2015).

Este indicador fue creado a principios de los 90 por Mathis Wackernagel y William Rees, y desde sus inicios se ha relacionado con el desarrollo sostenible, sometiéndose hasta el día de hoy a estudios de detalle y de fundamentos teóricos del método de cálculo, objetivos y alcance, razón por la cual, como lo explica Carballo (2008) en su artículo, se ha generado un intenso debate, todavía abierto, con respecto del potencial del indicador y la interpretación que proporciona.

Pese a las diferentes aproximaciones que se han realizado, los estudios sobre la huella ecológica coinciden y ponen en evidencia la dependencia material de las personas con la naturaleza, tanto para satisfacer sus propias necesidades, como para crear productos y servicios a ser comercializados, es por esto que se hace necesario impulsar a las personas, comunidades, gobiernos y comunidad internacional a reflexionar sobre la necesidad de la preservación y reparación medioambiental ante el deterioro causado por el hombre.

En la actualidad, la división internacional del trabajo establece algunos países como proveedores de materias primas, y a otros donde estas son transformadas en mercancías para incursionar en el mercado, si bien es cierto en los dos casos hay una actividad humana que afecta al medio ambiente y por tanto hay una huella ecológica, en los países más industrializados la huella ecológica es superior, tanto por su actividad productiva, como por los niveles más altos de consumo de sus habitantes.

La generación de emisiones de gases contaminantes, incluyendo los de efecto invernadero, generados por el sector trasporte, es uno de los aspectos que inciden no solo sobre el medio ambiente si no también contribuyen al deterioro de la salud y la calidad de vida, de manera que resulta pertinente realizar una aproximación conceptual rigurosa sobre los elementos fundamentales acerca de la temática, para brindarle al lector suficientes

presupuestos teóricos y conceptuales que permitan dimensionar la problemática. Es por esto que este trabajo de tesis parte de una aproximación teórica y conceptual de elementos como contaminación por el sector trasporte, gases de efecto invernadero, y presenta los rasgos generales de la política pública de prevención de contaminación atmosférica debido al parque automotor nacional, así como algunos comentarios sobre la política implementada por la actual administración del municipio de Medellín.

Cabe anotar que además de la huella ecológica, existen otros indicadores de sostenibilidad que se pueden emplear con el fin de evaluar el impacto de las actividades humanas a diferentes escalas, y que gracias a la información que develan, las instituciones, corporaciones y demás organizaciones, pueden planear acciones tendientes a la disminución de su impacto sobre el medio ambiente. Este es el caso de la huella de carbono, que es un concepto más reciente y determina la totalidad de gases efecto invernadero emitidos por determinada actividad.

Ambos indicadores, huella ecológica y huella de carbono, pueden ser abordados a diferentes escalas, tal como lo menciona (Carballo, 2008) algunos estudios recomiendan realizar el análisis de huella ecológica limitándose al análisis de las emisiones directas producidas, mientras que otras recomiendan además tener en cuenta las emisiones generadas indirectamente, por lo que es necesario identificar claramente el objetivo del estudio al momento de dar inicio al cálculo de cualquiera de las dos. En cuanto a sus diferencias, se encuentra en la literatura que la diferencia fundamental entre la huella ecológica y la huella de carbono es que la primera hace un análisis comparativo del impacto de algún producto o servicio, con la biocapacidad para absorber dicho impacto o la capacidad de renovación de los recursos asociados al desarrollo de la actividad en específico, y se expresa en hectáreas; mientras que la huella de carbono mide la generación de gases efecto invernadero durante el desarrollo de algún producto o servicio, y se expresa en unidades de carbono equivalentes, CO_2 eq.

Con este estudio se pretende realizar el cálculo de la huella ecológica producto de la movilidad del campus Robledo, del ITM, como primer paso para posibles futuros análisis que contemplen las demás actividades que se realizan en esta institución, razón por la cual se realizó una revisión del sector automotriz en Colombia, encontrando que este representa , según datos de Proexport, un 4% del PIB industrial del país, y de cuyo producto (parque automotor) el 59.5% es importado, es un sector de alta complejidad por lo que el análisis de

ciclo de vida para esta industria representa un reto mayúsculo y requiere, además de un trabajo conjunto entre varios organismos, del acceso a información confidencial; Adicionalmente, al revisar la literatura se encontró que, como lo explica (Vivancos, Bastante, Gómez y Capuz, 2003), entre el 80% y 90% del impacto ambiental, durante el ciclo de vida completo de un vehículo, se produce durante su uso, y se demostró que el comportamiento durante la conducción afecta enormemente al consumo de combustible y a las emisiones; de aquí que la presente tesis se enfocara en el análisis de la huella ecológica por movilidad en la sede robledo del ITM, teniendo en cuenta el uso de parque automotor por parte de la comunidad educativa, sin abordar el resto del ciclo de vida de los diferentes tipos de vehículos utilizados.

Adicionalmente esta tesis pretende contribuir a la visibilización de la problemática ambiental relacionada con las emisiones de gases efecto invernadero de la ciudad de Medellín y su área metropolitana; presentar una breve y clara aproximación a las acciones implementadas por las autoridades nacionales con las políticas públicas, y soportar la selección de acciones emprendidas en el ITM para reducir su huella ecológica y de carbono, con la participación de la comunidad educativa, en concordancia con la política ambiental del ITM y su manual de sistema de gestión ambiental.

La huella de carbono a partir de combustibles fósiles es el componente ambiental que se encuentra en constante crecimiento aportando un alto impacto a la huella ecológica (Castillo, 2008), por tal motivo esta investigación está orientada al cálculo de la huella ecológica producto de la movilidad de la comunidad universitaria de la sede Robledo del ITM en sus desplazamientos, debido a la complejidad para medir las otras variables de la huella ecológica y que se asume como cero la biocapacidad de la institución ya que no tiene ecosistemas que absorban dichos impactos se dejan los resultados de esta investigación como punto de partida para futuras investigaciones .

Objetivo General

Determinar la Huella Ecológica generada por el parque automotor de la Institución Universitaria ITM Campus Robledo.

Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico de movilidad que permita conocer el aforo vehicular y su nivel de ocupación para el campus Robledo de la Institución Universitaria ITM.

Cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero a partir del aforo vehicular.

Identificar la magnitud que aporta la huella de carbono generada por la movilidad en el territorio (Área Metropolitana)

Realizar (Desarrollar) propuestas de mitigación y recomendaciones con el fin de generar conciencia dentro de la comunidad ITM en el Campus Robledo.

Capítulo 1. Sustento teórico

Aproximación a la contaminación ambiental

En la actualidad el medio ambiente es uno de los aspectos de mayor importancia para la sociedad puesto que la acción del ser humano ha causado daños directa o indirectamente que finalmente vienen a deteriorar la salud y el bienestar de las personas y otros organismos; para las instituciones resulta importante evitar los daños y remediar los ya causados en el aire, agua y suelo, comprendiendo tanto los factores y actores emisores como de los receptores de los contaminantes. El daño medioambiental está estrechamente relacionado con el desarrollo industrial, agropecuario, y el consumo de energías fósiles, siendo el sector transporte uno de los elementos comunes en las actividades de comercialización y traslado de elementos y personas que más aportan en la contaminación del medio ambiente (Editorial Revista Producion + Limpia, 2015).

El desarrollo económico y el acelerado crecimiento demográfico, aparecen como los principales responsables de la alteración del medio ambiente, de manera que pareciera que existe una dicotomía entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. Las actividades productivas que se expresan en índices de desarrollo económico comprenden actividades como las que realizan Frigoríficos, actividad minera y petrolera, curtiembres, envolturas y empaques, restos de jardinería pañales, envases y en especial por ser caso de nuestra competencia en la presente tesis, los gases provenientes de la combustión vehicular. La liberación de un contaminante de origen físico o geográfico ya sea aire, suelo o agua se entiende por fuente de emisión. El medio ambiente para su estudio se ha dividido en estos tres componentes: agua, aire y suelo; sin embargo esta división es solo conceptual ya que por lo general estos contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente.(Ballester, Tanias, & Perez, 1999).

Causas de la contaminación del aire.

Las más importantes causas de la contaminación del aire están asociadas al uso de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas. La combustión de estas materias primas se produce debido al funcionamiento de los sectores industrial y del transporte por carretera, principalmente. A continuación se presenta, de manera sintética, el listado de los principales gases contaminantes, su origen, y su efecto sobre la salud humana.

Tabla 1 Principales gases contaminantes y sus efectos

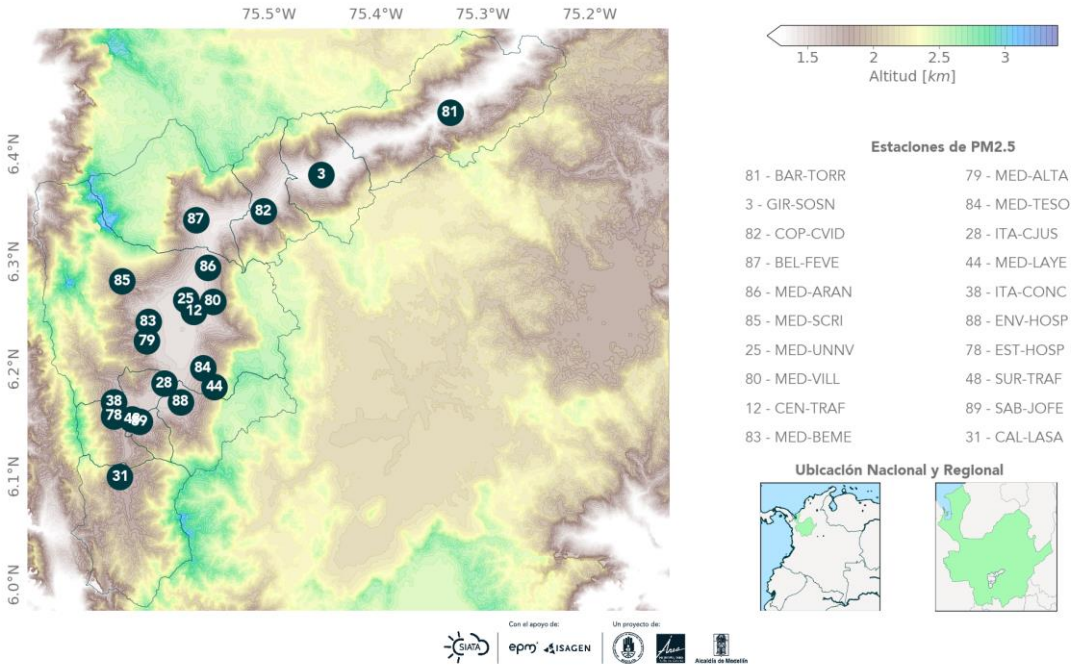
Contaminante	Origen	Efectos
Óxido de azufre	Autos, fabricas	Enfermedades pulmonares, espasmos bronquiales e irritación general.
Polvo	Compuestos orgánicos	Irritación, alergia bronquial y cáncer
Óxido de Nitrógeno	Centrales eléctricas	Infecciones virales, irritación pulmonar, bronquitis y neumonía
Plomo	Autos, fabricas	Afecta el sistema circulatorio, reproductivo y renal. Causa hiperactividad en niños que impide su aprendizaje.
Monóxido de carbono	Autos, fabricas	Crecimiento del feto y compromete el desarrollo de los órganos y músculos en los niños. Asfixia, trastornos sensoriales y respiratorios
Hidrocarburos	Autos, carburantes	Irrita los ojos, provoca cansancio, mareos e irritación bronquial
Ozono	Autos, industrias	Irrita el sistema respiratorio, agrava problemas cardiacos, asma, bronquitis y enfisema.

Fuente: *Construcción propia a partir de* (Ballester, Tanias, & Perez, 1999).

En el caso particular del Valle de Aburra, en el inventario de emisiones atmosféricas para el año 2017, se toma como criterio de evaluación el Índice de Calidad del Aire – ICA, que es una herramienta que pertenece al Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire – SVCA. Bajo esta metodología de monitoreo se estableció como principales contaminantes el Monóxido de Carbono (MO), Dióxido de Azufre (SO2), Dióxido de Nitrógeno (NO2), partículas menores a 10 micrómetros PM10 (material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales), PM2.5 (material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales y Ozono (O3) Troposférico (Gómez, 2017).

Dado que el material particulado menor a 2,5 micras (PM 2,5) es uno de los principales contaminantes en el aire de la zona metropolitana y con mayor potencial dañino para la salud; en aras de monitorear la calidad del aire, para el año 2017 se contaba con 20 estaciones de seguimiento PM2,5 presentadas en la siguiente figura:

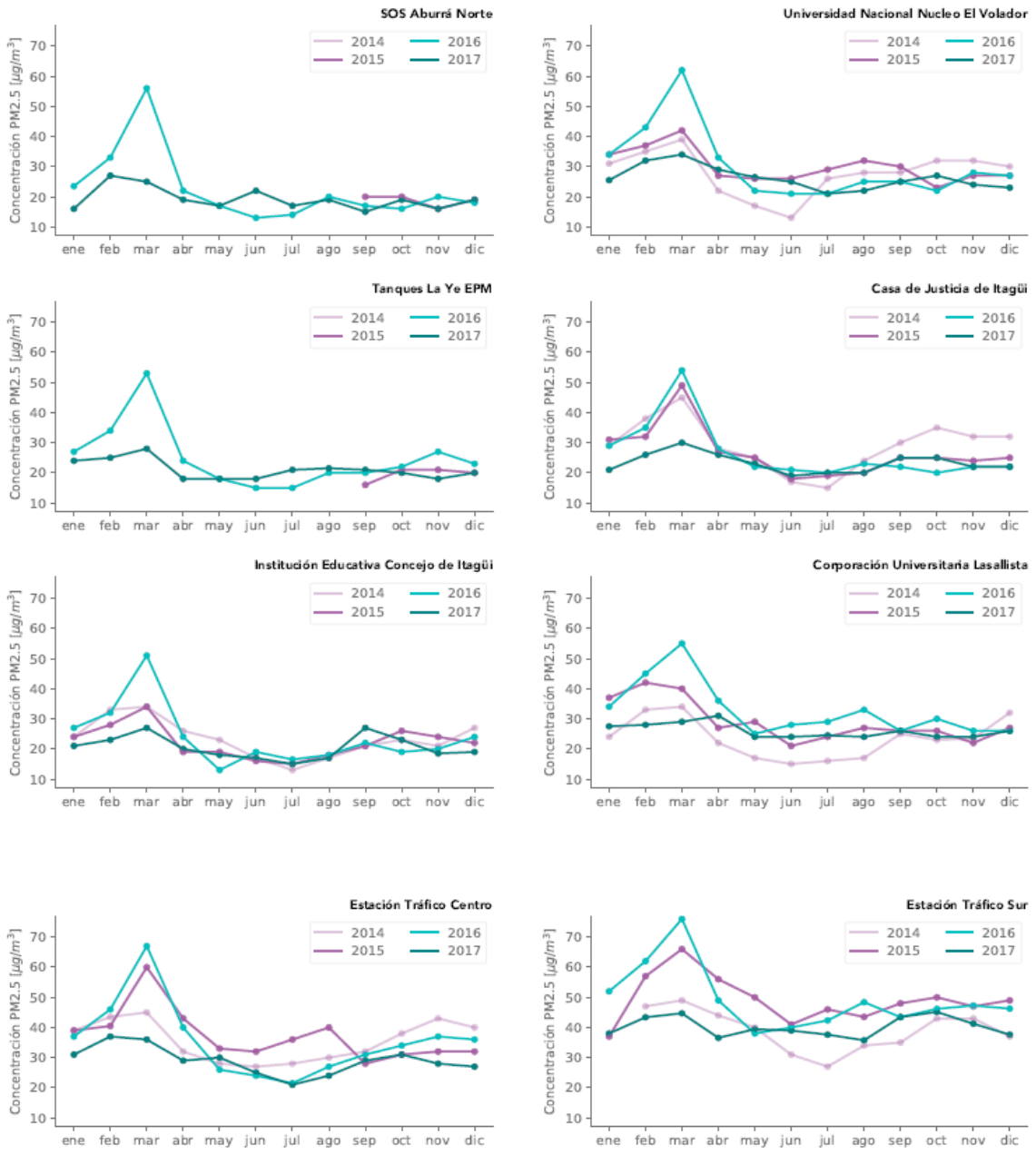
Mapa 1. Estaciones PM2,5 en el Valle de Aburra



Tomado de (Centro para la innovación, consultoria y empresarismo, 2017)

Los índices de MP 2,5 del año 2017 son superiores a los monitoreados en años anteriores, especialmente en el primer trimestre del año. En general se puede considerar que existen altas concentraciones de este material en el Valle de Aburra, pues así lo señalan los datos obtenidos en las principales estaciones de seguimiento como se presentan a continuación.

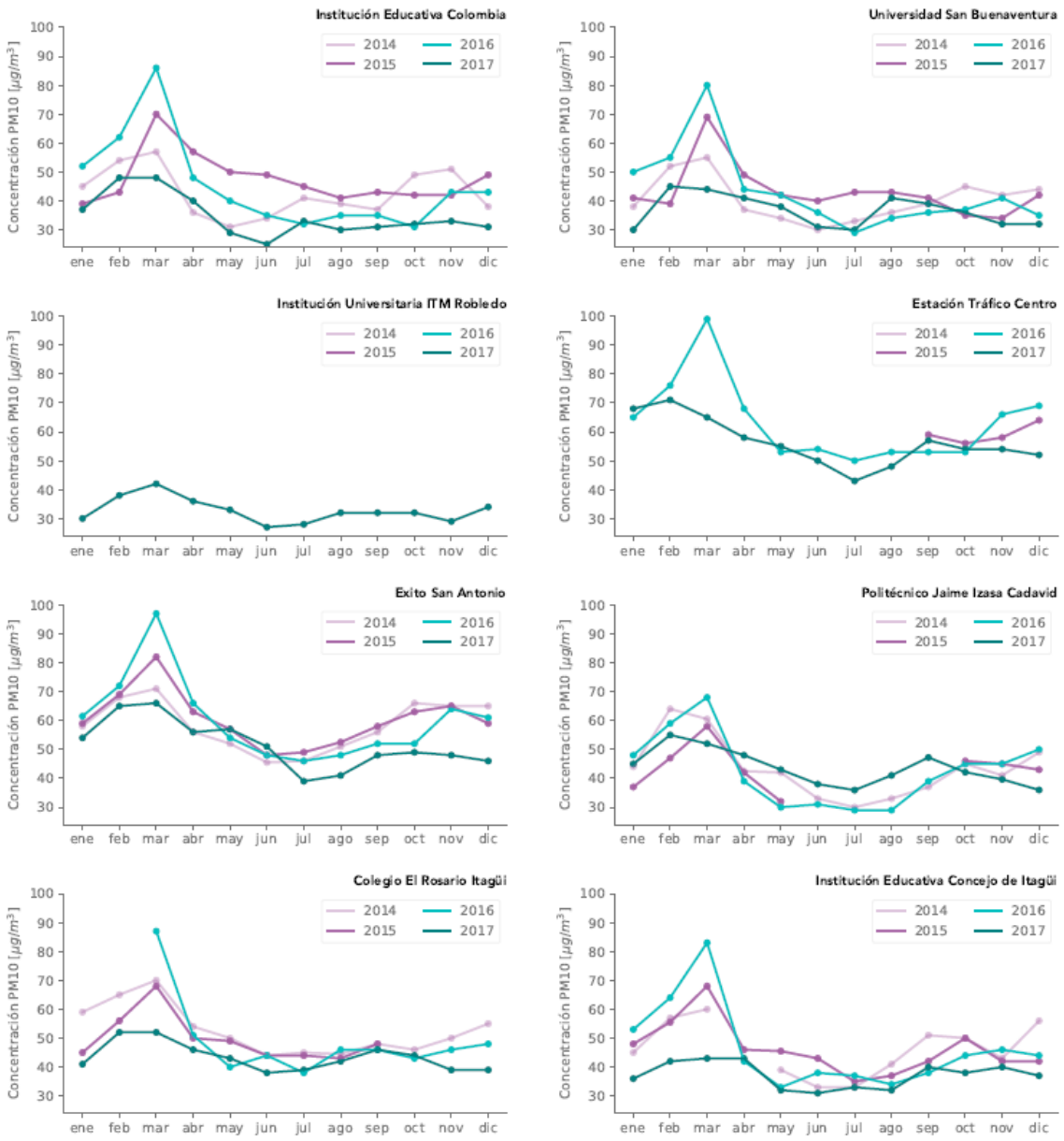
Grafica 1. Índice comparativo MP 2,5 del año 2014 a 2017



Fuente: tomado de (Centro para la innovación, consultoria y empresarismo, 2017)

En el caso del Material Particulado menor a 10 micras (PM10), el Valle de Aburra cuenta con 9 estaciones de monitoreo automático en 5 municipios, mientras estaciones de monitoreo manual cuenta con 10, en 7 municipios. Los datos anuales sobre PM10 obtenidos son los siguientes:

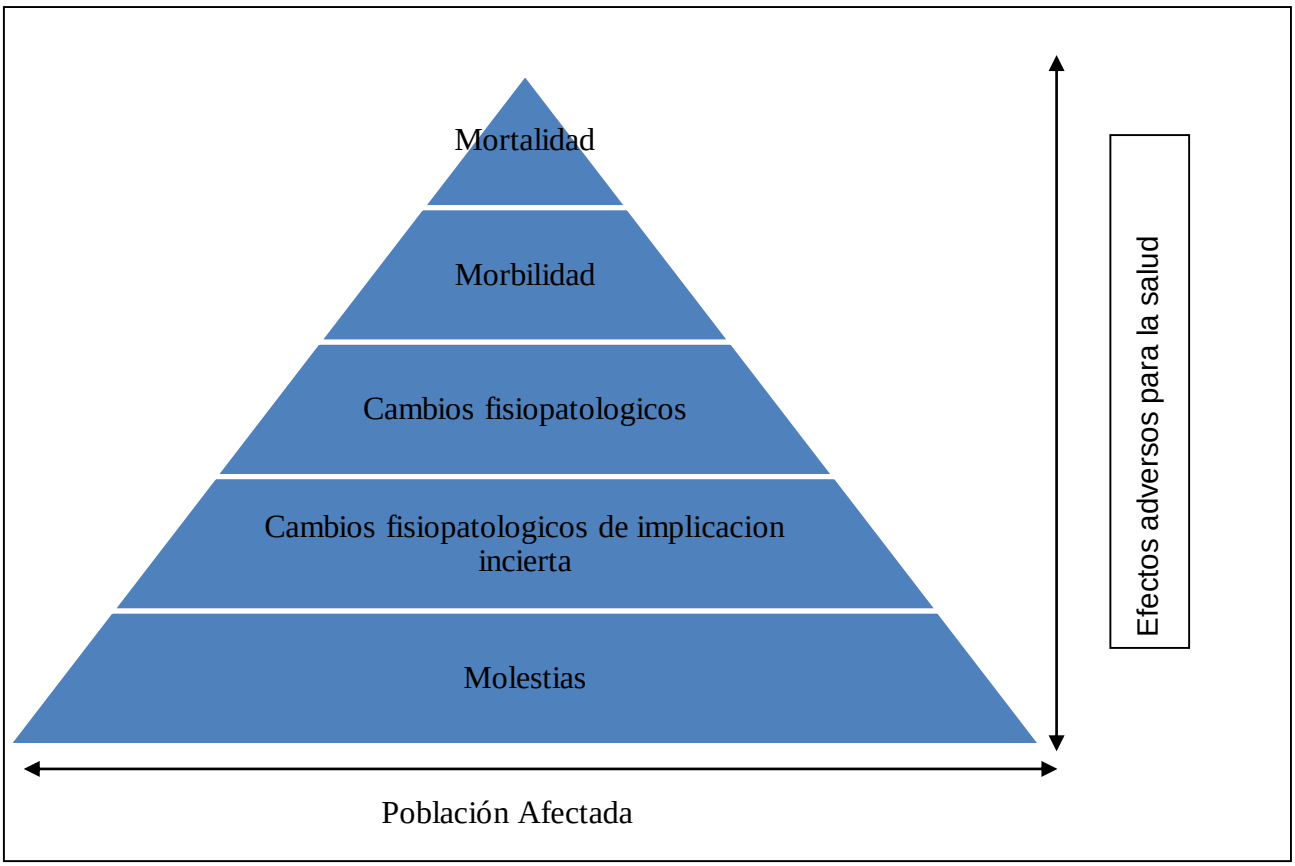
Grafica 2. Índice comparativo MP10 del año 2014 a 2017



Fuente: Tomado de (Centro para la innovación, consultoria y empresarismo, 2017)

El sector transporte representa uno de los mayores emisores de contaminantes que deterioran la salud humana, a tal grado que cerca del 80% de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades del mundo es producido por este sector; Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud son diversos, parten de las molestias inherentes a la problemática en mención, hasta la muerte por enfermedades mayoritariamente respiratorias (Tomassetti de Piacentini).

Figura 1. Efectos salud humana de los principales contaminantes



Fuente: Elaboración propia a partir de (Ballester, Tanias, & Perez, 1999).

Los efectos de la contaminación sobre la salud humana se presentan en diferente medida, siendo los adultos mayores y niños las poblaciones más vulnerables, además de los grupos poblacionales en situación de pobreza, pues se les hace más difícil acceder a los servicios de salud. Se estima que en el mundo mueren siete millones de personas al año a causa de la contaminación atmosférica urbana, en parte producida por los gases emitidos por el sector trasporte, además de afectar la salud, afectan la capa de ozono (organización mundial de la salud, 2014)

Los residentes de las ciudades donde hay niveles elevados de contaminación atmosférica, tienen mayor incidencia en enfermedades cardiacas, respiratorias y cáncer de pulmón, en comparación de quienes viven en zonas rurales o con sistemas de sostenibilidad ambiental, donde el aire es más limpio. Las emisiones provenientes del sector transporte deteriora tanto a corto como a mediano plazo la salud (organización mundial de la salud, 2014)

Efectos sobre la Sostenibilidad en su dimensión ambiental.

La sostenibilidad consiste en construir una sociedad en equilibrio con la naturaleza, concibiendo la humanidad como integrante de ella. Se trata de que la actividad humana no amenace las fuentes de recursos naturales y no comprometa los de las futuras generaciones. En general, la sostenibilidad es la capacidad de continuar indefinidamente un comportamiento determinado con la conservación y protección del medio ambiente de forma indefinida (Ávila, 2014).

Las tres dimensiones del concepto de sostenibilidad son: Dimensión económica que hace referencia a la equidad en la distribución de los recursos económicos a la sociedad supliendo las necesidades de las generaciones presentes y futuras. La dimensión social hace referencia a las relaciones humanas de dominación entre las personas y el medio ambiente, donde existe una relación constructiva en ambas direcciones, las personas transforman su entorno y el medio ambiente también construye las cosmovisiones de los individuos, además de esto, es en el componente social donde se plantea que los recursos naturales han de ser empleados en equilibrio con las necesidades de las futuras generaciones; la sostenibilidad en su dimensión social procura por la inclusión de todos los sectores de la sociedad, especialmente los menos favorecidos y en condición de vulnerabilidad; estos elementos también aplican para las relaciones entre Estados, los desarrollados pueden realizar actividades económicas en el marco de las relaciones de centro-periferia, sin desmedro de los países que son quienes poseen las materias primas en su medio ambiente. En cuanto a la sostenibilidad en la dimensión ecológica se propone que las actividades económicas y sociales que inciden sobre el medio ambiente, han de realizarse en términos de tiempo y espacio limitados, de manera que con posterioridad se restablezca el medio ambiente por intervención humana o ciclo natural (Artaraz, 2002).

En cuanto los efectos de la contaminación, se puede mencionar las implicaciones sobre la fauna siendo esta una de las más afectadas. Son muchas las especies que han sido catalogadas en condición de peligro de extinción, pues las actividades del hombre sobre los territorios alteran el medio ambiente de manera que no es habitable para los animales. Por ejemplo, la contaminación acústica en el mar ha venido afectando la salud de numerosas especies submarinas, sin mencionar los agentes químicos que son vertidos en las aguas, que terminan dañando los ecosistemas marinos. La contaminación atmosférica, por su parte, afecta al crecimiento de las plantas y también provoca la desaparición de especies. La

contaminación de agua junto con la misma contaminación atmosférica, trae como consecuencia la desertificación que afecta a toda la población mundial en general, y en particular a agricultores porque sus cultivos no llegan a tener cosechas significativas.

La contaminación del aire, es una de las causas más importantes de calentamiento global. El CO_2, es de los principales gases contaminantes emitidos por el sector trasporte, se teme que hará aumentar la temperatura del planeta en 4 o 6 grados para finales del siglo XXI, lo que no solo alienta pronósticos de clima extremo, sino que además se considera como explicación al aumento de inundaciones, huracanes, sequías y crecimiento del nivel del mar; También el aumento de la temperatura, ha permitido que proliferen enfermedades exclusivas de ambientes tropicales como dengue o paludismo (Elsom, 1990).

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite que el planeta mantenga una temperatura relativamente equilibrada, sin embargo las actividades humanas intensifican la emisión de gases que sobrepasan la capacidad del medio ambiente para procesarlos y en esa medida se incrementa potencialmente la temperatura del planeta; es por esto que las autoridades gubernamentales han de buscar la reducción de emisión de gases como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (García, 2005).

En el año 2014 el IPCC informa que a partir de mediados del siglo XX las actividades humanas han incrementado la emisión de gases de efecto invernadero hasta en un 43% para el año 2005, evidenciando los efectos en sequías, inundaciones, y demás problemáticas medioambientales, sociales y económicas.

> En la temperatura de la atmósfera se ha detectado una tendencia de calentamiento de 0.85ºC en promedio entre 1880-2012, y en los océanos se ha acumulado el 90% de la energía incrementada entre 1971 y 2010. De igual forma existe certeza que el nivel del mar se ha incrementado 1.7 mm entre 1900-2010, también se ha aumentado el carbono antropogénico y está disminuyendo la extensión de los mantos de hielo y los glaciares (Cuartas & Méndez, 2016).

Los cambios climáticos producto del calentamiento global han incrementado las olas de calor y las precipitaciones intensas en diferentes partes del mundo; en el caso de Suramérica han disminuido los días y noches fríos, de hecho el aumento de la temperatura ha sido significativo, esperándose que para los próximos años se intensifiquen estas variaciones climáticas tanto en el subcontinente americano, como en Europa, Asia y Oceanía; de hecho se

espera que la temperatura aumente entre un 0,3 y 0,7 °C entre el año 2016 a 2035 teniendo como base de referencia 1986 a 2005 (García, 2005).

El común denominador es el aumento en la temperatura con olas de calor, las precipitaciones se prevé que mantengan una medida media con una tendencia hacia eventos extremos en la medida que vaya aumentando la temperatura global. En el caso de Colombia se espera que para los próximos 80 años el incremento de la temperatura sea de 2,14 °C, con una modificación de la línea costera por el aumento del nivel del mar, la paulatina desaparición de los nevados y retracción de los páramos. En el caso de las precipitaciones, para Colombia habrá una reducción entre el 10 y 30% en la zona Amazónica, Orinoquia y costa atlántica, mientras que se incrementará los departamentos andinos (Cuartas & Méndez, 2016).

El fenómeno del calentamiento global intensificado por las actividades humanas es producido por la emisión de gases de efecto invernadero, estas variaciones climáticas deterioran el medio ambiente e irremisiblemente afectan la calidad de vida de las personas, sea en su salud, actividades económicas, sociales e incluso culturales en la medida que los las zonas geográficas se transforman y la identidad y cultura territorial sufre cambios, es posible considerar que el calentamiento global por emisión de gases de efectos invernadero incide en los diferentes ámbitos de la vida humana.

Ante esta situación las autoridades gubernamentales de los diferentes países han implementado diferentes planes apuntando hacia las sustentabilidad ambiental, entendiéndose esto como la internacionalización de las condiciones ecológicas para el desarrollo continuo de las actividades económicas, es decir el mantenimiento equilibrado del medio ambiente en el marco de las prácticas extractivas de materias primas y mercancías para la industria y el comercio (Leff, 2000).

La sustentabilidad ecológica bajo los criterios de la racionalidad ambiental transforma las condiciones de producción en la medida que las actividades que se realicen concuerdan con el potencial productivo del medio ambiente, los avances de la ciencia y la tecnificación, a la par han de concordar con los valores e identidades culturales de quienes habitan el territorio sobre el cual se interviene (Leff, 2000); de esta manera los procesos productivos conseguirán el equilibrio tanto con la capacidad de uso de la naturaleza y las cosmovisiones e identidades en el marco de las variedades culturales de los pueblos.

> Dicha sustentabilidad ecológica sustentada en una racionalidad ambiental trasciende los valores de mercado al enmarcarse en una política de la diversidad y diferencia, bajo la cual se reconoce y valoriza la naturaleza desde una pluralidad de racionalidades e identidades, es decir, desde diversos códigos culturales (Leff, 2008).

La racionalidad ambiental trasciende la concepción productivista hacia una idea de apropiación social del medio ambiente, acorde a los valores culturales, las necesidades y potenciales económicos y los recursos que ofrece la tecnología para la creación de bienes, servicios y materias primas que ofrece la naturaleza, permitiendo así un sistema productivo que permite la diversidad con base en la naturaleza y las personas (Leff, 2004). El factor de diversidad cultural corresponde con la pluralidad de los diferentes contextos de los pueblos en donde se desarrollan las actividades productivas, la relación que se establece entre personas y medio ambiente genera identidad y modos de conducta en la economía y relaciones humanas, a diferencia de las prácticas productivas del capital en donde se hace una brecha entre los individuos y el espacio que habitan, pues prima el interés de la acumulación (Gómez, 2014).

La sustentabilidad ambiental al cimentarse sobre las condiciones que establece el territorio y sus habitantes permite la diversificación en la actividad productiva, pues como resulta natural, tanto espacios geográficos como sus habitantes presentan diferentes características y en esta medida potenciales productivos. La cultura de los pueblos suele establecer las prácticas tradicionales para satisfacer sus necesidades, en el caso de nuestra competencia en relación con el medio ambiente, lo cual ha acompañado del saber científico y los recursos tecnológicos permite la apropiación del territorio, la satisfacción de necesidades y el desarrollo económico (Gómez, 2014).

De manera que el desarrollo económico y la sustentabilidad se basan en las condiciones del territorio por sus potenciales naturales y las características culturales de los pueblos que lo habitan. La sustentabilidad reclama unas prácticas agrícolas como la reparación de suelos y el mantenimiento de la fertilidad, prevención de la erosión, conservación genética y biológica de las especies, equilibrio entre los ambientes silvestres y cultivos, tecnificación de las prácticas productivas e investigación académica en la materia. De igual manera se hace necesario el en poder a ver de la sociedad, que ha de contar con la capacidad de incidir en las decisiones públicas y manifestar libremente sus concepciones sobre el territorio y el desarrollo.

El sector trasporte su incidencia social-ambiental.

El modelo de transporte afecta de diversas maneras, tanto por la congestión vehicular al aumentar el tiempo necesario para desplazarse; las afecciones directas a la salud, debido a la contaminación acústica y del aire, y también las afecciones indirectas, psicológica, por la ocupación y fragmentación del territorio, que limitan o imposibilitan los espacios públicos con destino al disfrute del tiempo libre y al entretenimiento. Y además de ello contribuyen en forma importante a la contaminación objeto principal de nuestro trabajo, la generación de GEI.

Las dificultades que experimentan algunas sociedades del mundo moderno en sus grandes ciudades con la congestión vehicular, no son solo de ineficiencia vial para las actividades productivas y comerciales, como pareciera deducirse del énfasis que dan a estos asuntos los medios de comunicación y políticos. Existen impactos ambientales y sociales que produce el transporte motorizado, que repercuten en forma importante sobre la calidad de vida. Todos en general tienen como consecuencia una pérdida de habitabilidad de las ciudades. Se llega así a la paradoja de una ciudad que atrae dadas sus ofertas de servicios en empleo, estudios, cultura y una ciudad de la que se intenta escapar, en la búsqueda de la calidad de vida perdida, tiempo libre, aire, naturaleza etc.

Los índices de contaminación tenderán a aumentar en las ciudades colombianas debido a que circulan una cantidad considerable de motocicletas ya que estas son asequibles económicamente y posibilitan su movilidad cuando hay congestión vehicular.

Durante el 2016, se fabricaron en el mundo casi 76 millones de vehículos, uno de cada siete fue una camioneta de alto consumo de combustible; En estados unidos y en Europa se vendieron cerca de 35 millones. En países como la China y la India que son muy poblados tendrán una alta demanda ciertos productos como vidrio, acero, plástico, diesel, gasolina hasta los biocombustibles (Dinero, 2017). Actualmente se está viendo los problemas de contaminación ambiental por el sector transporte lo cual tiende a empeorar si no se adoptan nuevos modelos de transporte sostenible.

Gases de efecto invernadero y calentamiento global

El efecto invernadero es un proceso en el que la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida, parte de esta radiación es devuelta hacia la superficie y la atmósfera inferior, lo que tiene como consecuencia, un incremento de la temperatura superficial media. Es decir, el sol emite diferentes longitudes de onda de las cuales algunas penetran sobre la atmósfera de la tierra con una intensidad de radiación correspondiente al nivel del mar, la gran mayoría de ondas son absorbidas por las moléculas del agua, en el caso de la tierra esta se dispersan sobre la atmósfera y se reflejan sobre las nubes y la superficie. La atmósfera no consigue evitar la radiación que procede del sol en su totalidad, por lo cual ésta llega hasta la superficie terrestre en donde es absorbida e incrementa la temperatura en un promedio de 15 °C (Corominas, 2014).

> Puesto que la superficie terrestre tiene una temperatura supremamente inferior a la superficie del sol, la reflectancia que esta emite es de infrarrojo de onda larga; la radiación generada por la tierra, sea suelo, océanos, vegetación, rocas, entre otros; es retenida en el planeta por los gases presentes en la atmósfera como el dióxido de carbono, vapor de agua, metano y óxido dinitrógeno; estos gases recogen la radiación de onda larga y la remiten en todas las direcciones, parte queda al interior de la atmósfera y otra sale hacia el vacío. Básicamente este es el mecanismo que actúa en el efecto invernadero, las ondas cortas emitidas por el sol que ingresan al planeta, son reflejadas como onda larga por la tierra y sus componentes y esta radiación no sale al exterior por los diferentes gases en la atmósfera, dando así un incremento en la temperatura del planeta (Corominas, 2014).

El efecto invernadero natural de la Tierra hace posible la vida como la conocemos, sin embargo, las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles, lo que incluye el producido en los motores de combustión interna usados en el parque automotor, y la deforestación han producido el calentamiento (Navalpotro, Pérez, & Becerra, 2011).

La vegetación asimila al CO_2 por medio de la fotosíntesis, siendo codependiente de la disponibilidad de agua y nutrientes en la superficie terrestre, que en condiciones ideales permite el crecimiento de raíces, troncos, ramas y hojas. La asimilación de carbono por parte de la vegetación corresponde a su respiración y descomposición de gases en su ciclo de vida, de manera semejante la vegetación transfiere carbono al suelo por medio de la hojarasca,

exudados y los diferentes organismos interrelacionados con la planta, especialmente en sus raíces.

> De los ecosistemas terrestres, los bosques representan importantes reservorios de carbono, ya que les corresponde 80 % del total contenido en los ecosistemas terrestres; dentro de ellos se identifica a la vegetación y a los suelos como los depósitos más significativos de dicho elemento químico. A partir del buen uso de los bosques se pueden obtener capturas constantes de carbono en la biomasa a lo largo del tiempo, y con la aplicación de una serie de prácticas de gestión de bosques, es posible no sólo evitar la pérdida de carbono orgánico del suelo, que frecuentemente tiene lugar en plantaciones forestales, sino que incluso se favorece e incrementa la acumulación de los stocks de carbono orgánico en los suelos (Romero, 2016).

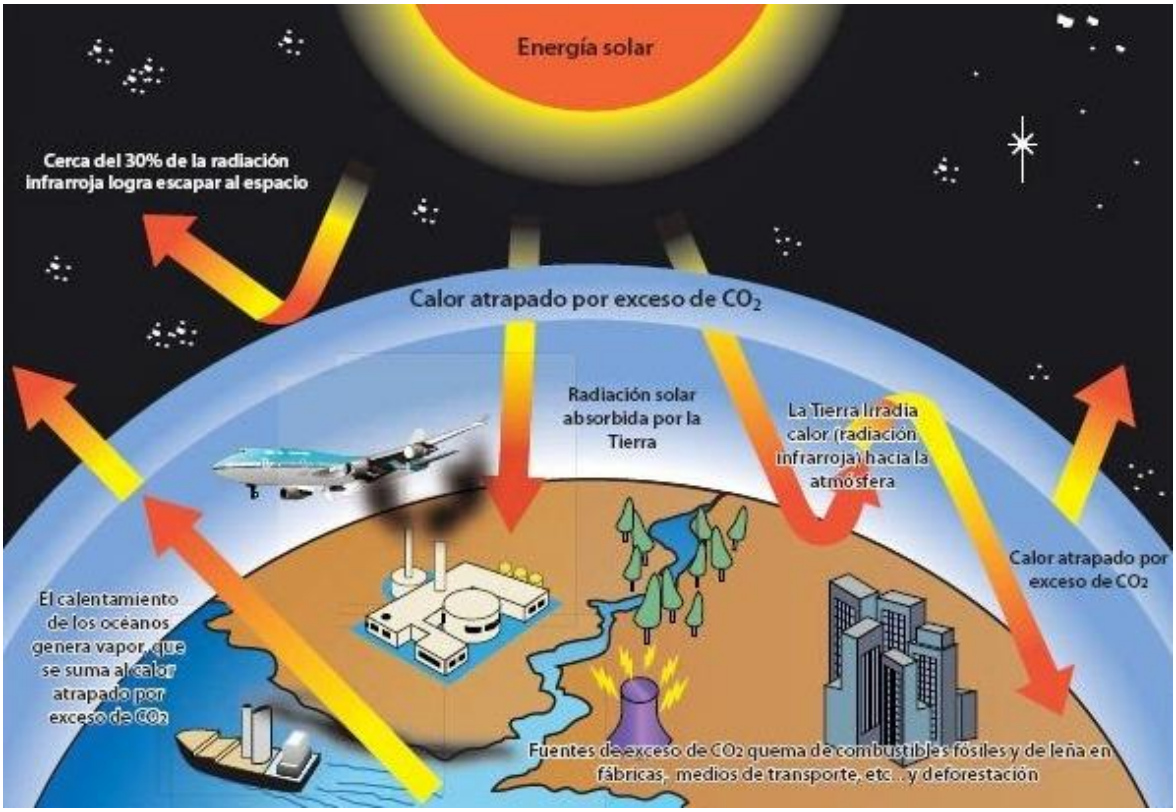
Las condiciones medioambientales posibilitan el surgimiento de ecosistemas que absorben diferentes gases, especialmente los de efecto invernadero, dependiendo esto de la especie, su producción primaria bruta, producción primaria neta, fragmentación, e intervenciones que pueda tener por la acción humana; es por ello de vital importancia el regulamiento de las prácticas productivas tanto por la emisión directa de gases de efecto invernadero, como por el uso de agroquímicos que inciden en el ciclo de vida de la vegetación, sean insecticidas, herbicidas, fertilizantes, entre otros, incluso la actividad agrícola en sí misma, especialmente por medio de monocultivos.

La actividad humana en relación al cambio climático afecta al medio ambiente de diferentes maneras, entre ellas el estrés hídrico, incremento de plagas y enfermedades, disminución en la polinización, improductividad, desplazamiento de especies, disminución de la soberanía alimentaria, y deterioro en la salud ambiental y de las personas; como hemos venido señalando los Estados implementan acuerdos internacionales y políticas públicas para la conservación y restauración medioambiental, especialmente en el sector forestal, que si bien es cierto es uno de los más afectados negativamente por la intervención humana, también radica en él el potencial transformador de la problemática (Romero, 2016).

Si no disminuye el dióxido de carbono, cuya principal fuente de emisión es la quema de combustibles fósiles incluido el que se da en el trasporte por carretera, cada vez tendremos más concentración de CO_2 en la atmósfera. La temperatura de la Tierra puede aumentar de tal

manera que se derritan los hielos de los polos. También, y paradójicamente, el aumento de temperatura global incrementará las zonas desérticas del planeta.

Figura 2. Ciclo efecto invernadero



Tomado de (El calentamiento Global, 2018).

Uno de los mayores responsables de la contaminación ambiental es el vehículo a motor debido a la generación de monóxido de carbono (CO) y de otros gases como el CO2 que es inerte pero cuando entra en contacto con algunos compuestos que se encuentran en el ambiente reaccionan formando la lluvia acida. Aproximadamente lo que sale por el escape del vehículo es un 25% de este gas.(Navalpotro, Pérez, & Becerra, 2011).

Algunos de los gases de efecto invernadero son los siguientes:

Tabla 2 Gases de efecto invernadero en el Valle de Aburra durante el 2017

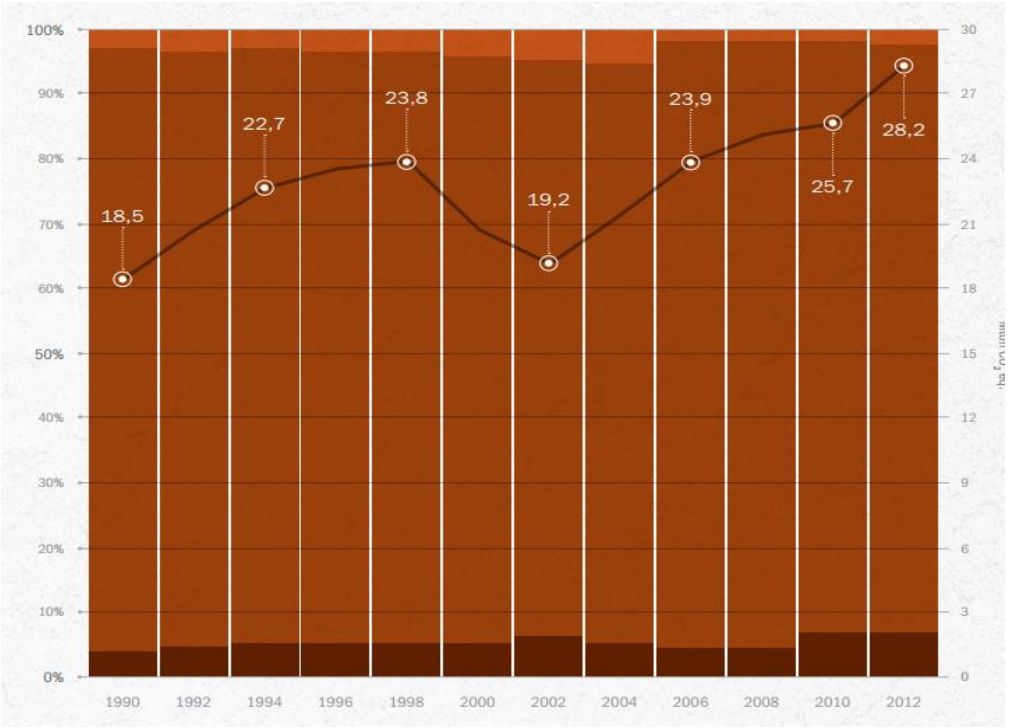
Gas	Vida media atmosférica (años)	Forzamiento radiactivo (W/m^2) 1970-2000	Potencial de calentamiento a 100 años
CO_2	-----	0.65	1
Metano	12	0.13	23
Óxido Nitroso	---	0.068	296
CFC-11	45	0.053	4600
CFC-12	100	0.137	10600
CFC-13	85	0.023	6000
HCFC-22	12	0.026	1700
HCFC-141b	9.3	0.0018	700
HCFC-142b	17.9	0.0024	2400
HCFC-23	270	0.0029	12000
HCFC-134ª	14	0.004	1300
HCFC-152ª	1.4	0.0002	140
PFC-14	50000	0.0061	5820
PFC-116	10000	0.0006	12010
PFC-218	2600	0.0001	8690
Pentano	0.010	-----	-----
Etano	0.214	-----	-----

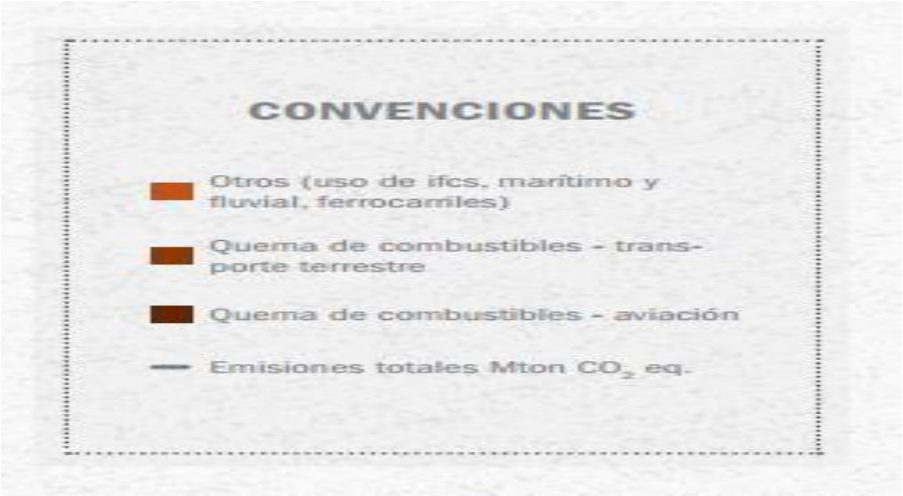
Fuente: Tomado de (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM , 2007)

Gases de efecto invernadero y el sector transporte

La participación de Colombia en las emisiones globales de CO_2 y otros gases de efecto invernadero ha ido en aumento en los últimos 20 años. El país ocupa el puesto 40 en el ranking mundial y el quinto en América latina. Ahora, la principal fuente de emisión de gases en Colombia ha sido por el sector transporte, particularmente por vehículos livianos y de carga por su consumo de combustibles fósiles, esto se ve reflejado en los índices de emisión como se presenta a continuación (Instituto de hidrologia, metereologia y estudios ambientales, 2017).

Grafica 3. Emisiones y absorciones GEI sector transporte

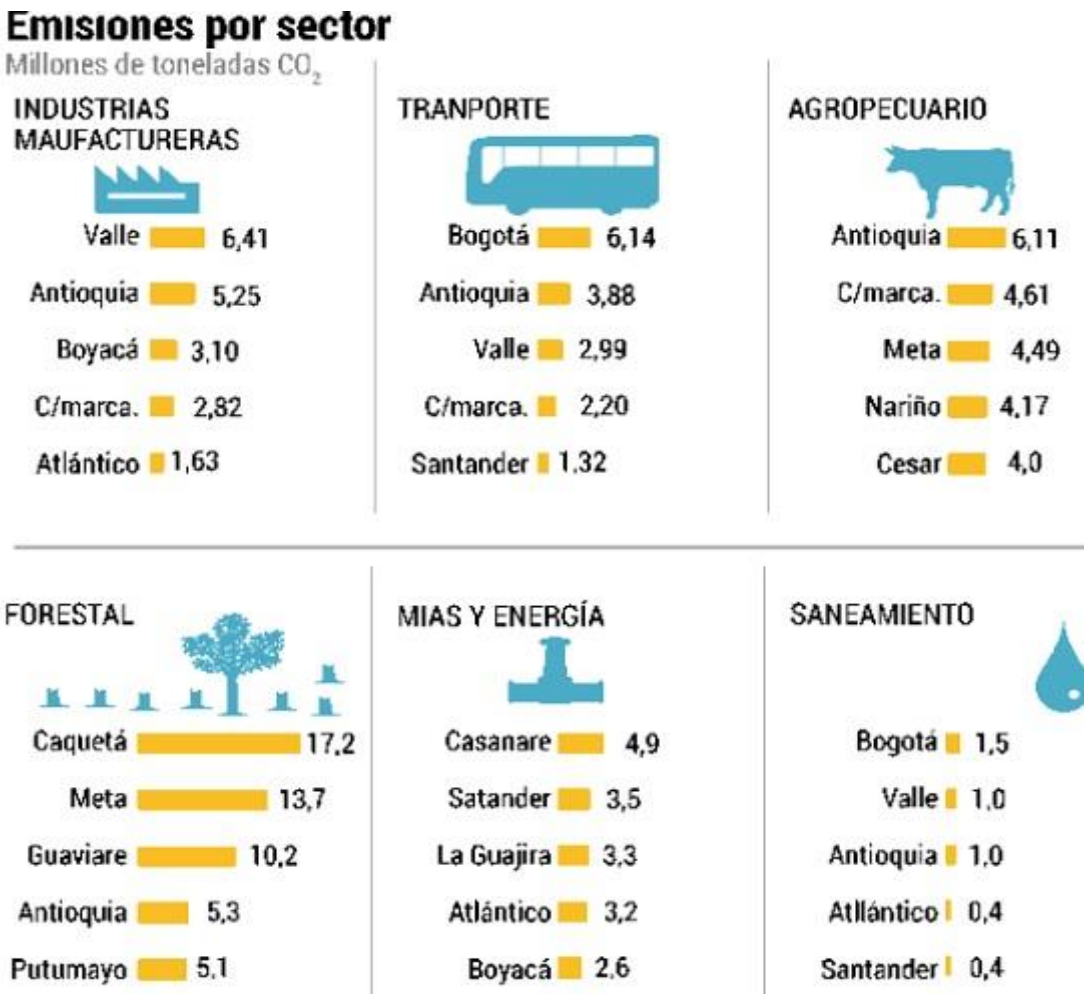




Fuente: Tomado y modificado con base a (IDEAM ; PNUD, 2016)

Mientras que el 41% del total de las emisiones se genera en ocho departamentos, Antioquia, Meta, Caquetá, Valle del Cauca, Santander, Cundinamarca, Casanare y Boyacá son los departamentos que más aportan emisiones, el documento Conpes 3344 de 2005, confirma que la contaminación del aire en el país, se debe particularmente a la emisión de gases por el sector trasporte y la industria por el uso de combustibles fósiles, ahora, para el año 2016 los gases de efecto invernadero fueron mayoritariamente producidos por el sector forestal con un 36%, seguido del agropecuario con un 26% y finalmente un 32% entre el sector transporte, manufactura y minas y energía (IDEAM ; PNUD, 2016).

Figura 3. Emisiones por sector



Fuente: Tomado de (Correa, 2016)

De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del año 2016, en 20 años las emisiones del país aumentaron en un 15%, donde el sector transporte es un gestor importante en la emisión de gases de efecto invernadero. Sobre el particular en el departamento de Antioquia, el sector transporte genera el 16,92% de las emisiones, y de este porcentaje el 74% corresponde al transporte de terrestre por movimiento de cargas y/o mercancías.

Hacia un modelo de trasporte vial sostenible.

El transporte es un elemento fundamental para el crecimiento económico de un país, no sólo por movilizar los bienes producidos o el tránsito de las personas desde y hacia los lugares en donde desarrollan sus actividades, sean laborales, sociales, entre otras; En Colombia la población se concentra en las principales ciudades capitales, tales como Bogotá, Medellín, Cali, entre otras, lo que implica una gran demanda de trasporte por parte de la población, ante lo cual las autoridades han tratado de satisfacer la demanda bajo los criterios de tráfico vehicular, más no de sostenibilidad, conllevando a la constitución de un gran parque automotor en las ciudades, que finalmente emiten gases de efecto invernadero que repercuten negativamente al medioambiente y la calidad de vida de las personas (Salgado, 2016).

Gestión del tráfico

La gestión de tráfico como elemento aislado de un contexto político, económico y social puede presentar aparentes índices de eficiencia durante la inmediatez del establecimiento de la norma rectora, más al transcurrir de poco tiempo se reestructuran las problemáticas iniciales acordes al nuevo contexto; es decir, la puesta en práctica de medidas coercitivas como por ejemplo la restricción vehicular, en un primer momento puede presentar un impacto positivo en la reducción de la congestión vehicular, la accidentabilidad y contaminación ambiental. Sin embargo al poco tiempo la problemática reaparece, e incluso en mayor proporción a la inicial puesto que la restricción suele estar delimitada en unos espacios de la ciudad, lo que promueve indirectamente el volumen de tránsito en la periferia de ese sitio y termina expandiendo la problemática (Quintero, 2016).

En caso que la gestión de tráfico se desarrolle de manera aislada al contexto político social y económico es de esperarse nuevas formas de manifestarse la problemática, en países como Colombia, donde la importación de vehículos ha sido promovida con tratados económicos internacionales, el contexto será propicio para que el volumen de motocicletas

este en aumento, puesto que para estas usualmente no aplican las medidas restrictivas como la anteriormente señalada. Así pues una gestión de tránsito aislado del contexto de la problemática simplemente presentará de diferente forma, o peor aún empeorará la problemática inicial.

Los usuarios del sistema de transporte buscan satisfacer su necesidad de desplazamiento según sus posibilidades y conocimientos que tengan sobre la problemática del transporte y sus efectos ambientales y en la salud humana. Hay quienes ante las medidas restrictivas de movilidad opta por adquirir un segundo automóvil o motocicleta; otros prefieren hacer uso de transporte público e incluso hay casos de falsificación de la identidad vehicular (Cantillo & Ortuzar, 2009)

El caso más claro de esta situación es el de algunas ciudades de Latinoamérica, las cuales han implementado dentro de sus políticas de movilidad urbana, medidas de restricción vehicular. Ciudades como Sao Paulo, Ciudad de México y Santiago de Chile en Chile lo han hecho, con el objeto de atenuar la problemática de contaminación ambiental en sus áreas urbanas; otras, como Bogotá, han buscado mitigar los problemas de congestión (Bocarejo, 2008; Cantillo y Ortuzar, 2009). En los dos casos, esta medida ha consistido en la restricción del desplazamiento de vehículos a partir de sus números de placa de matrícula, práctica que se ha extendido a otras ciudades como Quito, Medellín y Cali. En el caso de Colombia, en ciudades con poblaciones inferiores al millón de habitantes como Bucaramanga y Armenia (Cantillo y Ortuzar, 2009), además de ciudades con poblaciones inferiores a quinientos mil habitantes, como es el caso de Tunja (Quintero, 2016).

La implementación de medidas para gestionar el tránsito en contextos urbanos ha de ser el resultado de diferentes estudios sociales, económicos y políticos, que permitan comprender el comportamiento de los usuarios del sistema de tránsito a partir de sus necesidades, de manera que se pueda dar una respuesta efectiva e integral sus demandas de manera amigable con el medio ambiente y la propia salud (Escobar, 2014).

Inaccesibilidad y exclusión social

El sistema de transporte urbano tradicionalmente ha propendido por satisfacer la demanda de flujo vehicular en lugar de las necesidades de los transeúntes, y al no presentarse un equilibrio entre estas partes se da lugar tanto a la congestión vehicular como la inaccesibilidad y exclusión social. Sobre este particular no es únicamente el sistema de

transporte que ha sido excluyente de sectores poblacionales con capacidades diferentes, sino la estructura en sí misma de la ciudad e incluso la sociedad. La inaccesibilidad comúnmente es excluyente de personas con capacidades diferentes, adultos mayores y niños; pero en contextos como el colombiano en donde las principales ciudades capitales son receptoras de extranjeros que no necesariamente hablan español, además de las personas provenientes de zonas rurales como campesinos, indígenas y afro descendientes las condiciones de exclusión son aún mayores, pues no hay medios efectivos para acceder al servicio de transporte mucho menos de interacción con el mismo.

La planeación física en la ciudad no tomó en consideración los fenómenos sociales como las ventas ambulantes, la apropiación de espacios públicos y en sí las necesidades para el desplazamiento del transeúnte, lo que obliga a este a invadir las calles generando congestión vehicular e inseguridad. En cuanto a las condiciones de transporte para los grupos sociales vulnerables es usual que no existan mecanismos para el acceso a los servicios, desconocimiento absoluto de las condiciones diferenciales de esta población por su condición de vulnerabilidad y en alguna medida cierta indiferencia a la problemática que además de los efectos ya mencionados potencializa los casos de robo y conductas inapropiadas (Burbano, 2014).

Afectación al ambiente concepción integradora.

La suprema importancia otorgada al tráfico vehicular ha tenido un vacío en cuanto a las consecuencias ambientales, no solamente por el creciente número de vehículos y la emisión de gases de efecto invernadero que éstos producen, sino también el deterioro del medio ambiente por la infraestructura para el transporte. Concebir aisladamente los elementos que articulan el sistema de transporte potencializa las repercusiones negativas tanto en movilidad, medio ambiente y sociedad; es decir, la falta de planeación integral ha dado lugar que en las ciudades se construyan vías para la fluidez vehicular por encima de las relaciones sociales que tienen lugar en los territorios por las que se transita, además de anular los efectos que estas generan sobre el recurso suelo, agua y aire (Quintero, 2016).

> ……(Las faltas de planificación)…ha ocasionado impactos relacionados con la contaminación del aire, la contaminación por ruido, el deterioro del paisaje urbano y el detrimento en la libre movilización de las personas, lo cual afecta directamente la calidad de vida de sus habitantes, no solo en el área urbana, sino también en zonas periféricas y áreas rurales (Uribe, 2009).

Esta problemática está presente en ciudades como Medellín, Colombia; en donde prima el tráfico vehicular por encima del peatón, las relaciones sociales del territorio y el medio ambiente. Un ejemplo de ello lo vemos en la avenida oriental con la construcción de unas pirámides de cemento y baldosín que obligan al peatón a tomar una ruta de tránsito inducidamente, impidiendo su libre tránsito y movilidad; para la construcción de estos separadores se dejó una abertura en aras que los árboles pudieran brotar y en tanto no afectar medioambientalmente la ciudad, sin embargo esto no sucedió, con el paso de los años efectivamente el flujo vehicular por esa avenida se incrementó a 900 carros por hora, mientras que la calidad del aire fue en detrimento, hasta que en el año 2017 se planifica la sustitución de tales separadores piramidales por árboles que aporten al mejoramiento de la calidad del aire y la movilidad vehicular y del transeúnte (Redaccion El Tiempo, 2007). Así pues, la problemática radica en la separación del tránsito ante las necesidades sociales, económicas y ambientales de las ciudades (Vasconcellos, 2010).

Efectos económicos, y trasporte sostenible.

Las implicaciones económicas de la implementación de un sistema de tránsito en donde prima la movilidad parten del momento en que se hace la convocatoria pública para la construcción de la infraestructura, hasta los costos de reparación por los daños colaterales producto de una planificación insostenible social y ambientalmente. Como se ha señalado anteriormente es importante que el sistema de tránsito y transporte contenga en su análisis los diferentes contextos en que se va a intervenir, lo que permite una sostenibilidad en el proyecto en diferentes ámbitos entre ellos el económico. Haciendo uso racional de los recursos bajo el criterio del costo-beneficio es posible concluir que una propuesta de transporte sostenible para permitir la libre movilidad de las personas y la conservación del medio ambiente, lo que reduce los costos económicos en ámbitos como la salud pública, impulsar la industria y el comercio y resignifica el valor social y cultural de la ciudad nacional e internacionalmente, lo que incide sobre las tasas de turismo y construcción que finalmente significan mayor fluidez económica (Quintero, 2016).

Así pues el diseño del sistema de tránsito y transporte urbano ha buscado satisfacer las necesidades técnicas de movilidad, más no dar respuesta integral a las demandas sociales que son de su competencia como la estética urbana, conservación medioambiental, libertad de locomoción, eficiencia y sostenibilidad. Este vacío en la planificación del tránsito y transporte urbano, se puede evidenciar en las propuestas de ampliación de vías, incremento de parque

automotor, medidas restrictivas de movilidad, motorización creciente en la ciudad, que finalmente ampliaran la problemática con el fraccionamiento de la ciudad, desarticulación social, pérdidas económicas, mala prestación de los servicios, en fin, el deterioro de la calidad de vida de las personas (Gibsone, Jolly, Vilches, & Parra, 2011).

Ante tal panorama un sistema de transporte sostenible podría satisfacer las necesidades de movilidad urbana, uso racional de los recursos disponibles, equilibrio medioambiental y armonía con el contexto en donde se va a implementar el sistema. La infraestructura para el transporte y la operatividad por medio del tránsito han de buscar la eficacia en la prestación de los servicios de movilidad, peatones y medio ambiente.

Sostenibilidad del transporte y movilidad urbana.

La sostenibilidad del transporte busca un equilibrio medioambiental para una mejor calidad de vida individual y colectiva, en donde las personas puedan ejercer su derecho a la libre movilidad, el derecho la ciudad y el mejoramiento y preservación de su salud, el enfoque principal es el bienestar integral en la condición de persona por encima del transporte en el sentido técnico de la palabra.

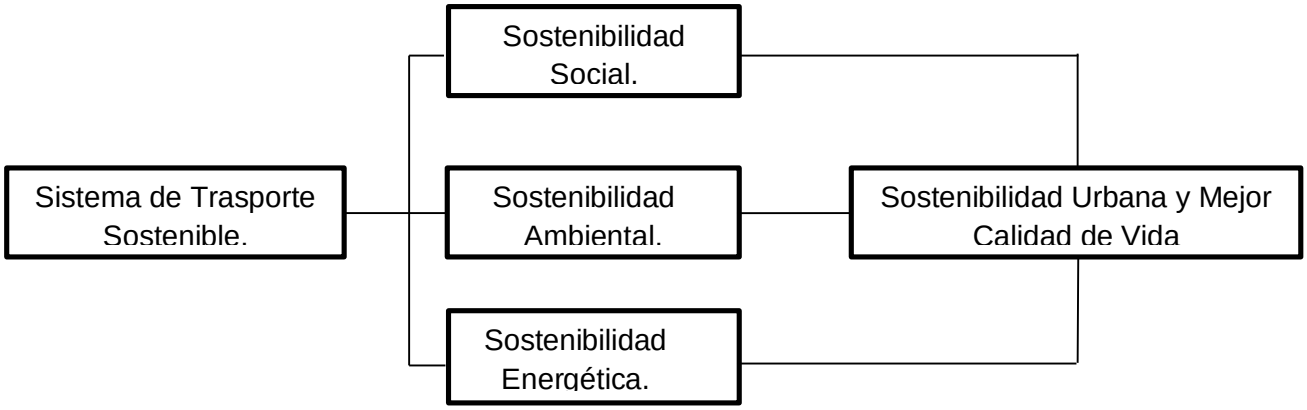
El enfoque de la movilidad sostenible requiere acciones para reducir la necesidad de viajar (menos viajes), fomentar el cambio modal, reducir las distancias de viaje y propiciar una mayor eficiencia en el sistema de transporte (Banister, 2008). A diferencia de la precisión en la definición del concepto de sostenibilidad del transporte, en el caso de la movilidad urbana sostenible, más allá de una definición formal, se debe considerar el conjunto de acciones que se constituyen en un marco de lineamientos que propendan por su adecuado desarrollo (Quintero, 2016).

El concepto de transporte y movilidad sostenible es el resultado de la concepción crítica del estado de los combustibles fósiles y el impacto medioambiental producto de su uso en la emisión de gases de efecto invernadero por parte de los vehículos de transporte terrestre, y entre estos el transporte urbano. A pesar que en la actualidad se reconoce la problemática medioambiental y por tanto de la calidad de vida de las personas por la carente planeación del sistema de transporte, se sigue la tendencia de consumo indiscriminado de vehículos que emiten gases de efecto invernadero, pues en parte la administración pública no ha aplicado los principios básicos de sostenibilidad, y como lo señalamos anteriormente sus medidas restrictivas han resultado fortaleciendo la problemática (Valencia, 2016).

No sólo recae en las instituciones la responsabilidad del daño ambiental producido por el sector transporte, sino también el contexto social y económico que propenden por el consumo desenfrenado de mercancías que en el imaginario social dan prestigio y comodidad, especialmente en el caso de los carros; hay que tenerse en cuenta como el mercado interno de países como Colombia aumentan ,con la firma de tratados internacionales de libre comercio, el ingreso de grandes volúmenes de vehículos, sin prestar atención a las implicaciones que esto traerá (Herce, 2009).

Un sistema de transporte sostenible incide sobre el ámbito energético, ambiental y social; en el ámbito de la sostenibilidad energética brinda algunas alternativas de movilidad a menor consumo de energía, en cuanto a la sostenibilidad medioambiental su principal aporte es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en cuanto a la sostenibilidad social permite mayor acceso a la movilidad sin romper las relaciones sociales que se establecen en los territorios. Así pues podemos considerar que un sistema de transporte sostenible incluye los tres elementos anteriormente mencionados, donde prima la sostenibilidad social y se articula a lo energético y ambiental en igualdad de condiciones. Teniendo necesariamente un efecto positivo sobre la generación de GEI. Esta premisa fundamental se presenta en la siguiente figura.

Figura 4. Sostenibilidad Urbana



Fuente: Elaboración propia con base (Valencia, 2016).

La movilidad sostenible satisface las necesidades de la población en la actualidad sin comprometer el bienestar y los recursos naturales de las futuras generaciones, cuidando el planeta y su sostenibilidad en problemas tan acuciantes como la generación de GEI. La construcción de un sistema de transporte sostenible permite el goce del derecho a la ciudad,

las relaciones sociales y nuevos hábitos de vida saludables, como por ejemplo los desplazamientos caminando y las ciclo rutas, se propende por el empleo de vehículos de transporte público porque moviliza mayor población de usuarios a diferencia de los vehículos privados que prestan un servicio individual o a lo sumo familiar, pero afectan grandemente el tránsito y el medio ambiente (Ferreyra., 2017).

Por los componentes fundamentales del sistema de transporte sostenible se hace necesario el uso de combustibles limpios y nuevas tecnologías de transporte; la construcción de redes de comunicación para peatones según sus particularidades; la promoción de medios de trasporte como bicicletas en sus correspondientes rutas; y perfeccionamiento y masificación del servicio de trasporte público. Para el buen funcionamiento del sistema de transporte sostenible se requiere más que la estructura física, sino también la constitución de una cultura ciudadana que preserve el medio ambiente y haga uso la movilidad sostenible, por lo cual las instituciones públicas y privadas han de emplear los mecanismos de socialización que consideren pertinentes para la aceptación social del nuevo sistema, los cuales pueden incluir estudios como el aquí desarrollado con el fin de visibilizar los efectos medioambientales del sector transporte ante la sociedad.

La formulación de un sistema de transporte sostenible ha de ser resultado de la formulación de políticas públicas por parte de las diferentes entidades territoriales, acorde a los principios normativos internacionales y las propuestas de la academia. Según (Quintero, 2016) el modelo de trasporte sostenible se fundamenta en los siguientes principios.

- El acceso seguro y amigable con la salud y el ecosistema, al sistema de transporte sin prejuicio de las futuras generaciones.
- Ser incluyente de las personas con movilidad reducida, y demás características físicas y sociales diferenciales, bajo los estándares de eficiencia y calidad en todos los modos de transporte.
- Reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducir el consumo de energías fósiles y de recursos no renovables según las posibilidades del rendimiento sostenible, propendiendo por la reutilización y el reciclaje.
- Reducir al mínimo las diferentes formas de contaminación.

A continuación se presenta brevemente el enfoque convencional del sistema de transporte y el enfoque de transporte sostenible.

Tabla 3. Enfoque de transporte convencional y enfoque transporte sostenible.

Enfoque convencional: planificación del transporte bajo criterios de tránsito	Un enfoque de trasporte sostenible
Dimensiones físicas	Dimensiones sociales
Movilidad	Accesibilidad
Enfoque del tráfico sobre todo en el vehículo	Enfoque en las personas, ya sea en un vehículo o a pie
De gran escala	De escala local
La calle como una vía	La calle como un espacio de construcción social
Transporte motorizado	Todos los modos de transporte, en una jerarquía en la cual los peatones y los bici-usuarios se encuentran en la parte superior y los usuarios de vehículos motorizados la parte inferior
Pronóstico del tráfico	Visión sobre las ciudades
Enfoques de modelización	Desarrollo de escenarios y modelización
Evaluación económica	Análisis multicriterio para tomar en cuenta las preocupaciones ambientales y sociales
Viajar como una demanda derivada	Viajar como una actividad valorada, así como una demanda derivada
Basado en la demanda	Basado en la gestión
Tráfico acelerado	Desaceleración del movimiento
Reducción del tiempo de viaje	Tiempos de viaje razonables y confiables

Segregación de las personas y el tráfico	Integración de las personas y el tráfico

Fuente: adaptado de (Quintero, 2016)

Aproximación a la política pública sobre emisión gases de efecto invernadero

La problemática del calentamiento global producto de la emisión y acumulación de los gases de efecto invernadero se centra en el aumento de la temperatura mundial, el incremento de las sequías, las inundaciones, el deshielo en los casquetes polares, migraciones de la flora y fauna, el aumento de enfermedades de tipo infectocontagiosas y la transformación de ciclos naturales en diferentes latitudes del planeta; así pues, los efectos negativos de los GEI competen a toda la comunidad internacional, tanto a los que son los principales generadores como los países desarrollados e industrializados, como los países subdesarrollados y en vía de desarrollo, que si bien es cierto generan GEI en menor cantidad, las consecuencias si recaen sobre ellos en gran medida (Garcia, 2005).

El calentamiento global se ha acelerado precipitosamente desde la década de los 80, correspondiendo con el incremento de la emisión y concentración de GEI, razón por la cual la comunidad internacional delibero y aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en 1992, esta tiene como finalidad estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera, de manera que progresivamente se vaya restableciendo el sistema climático, y con ello la calidad de vida de las personas (Garcia, 2005).

El fenómeno creciente de la emisión y concentración de GEI se debe en gran medida al sector energético, comprendiendo este los elementos presentes en los patrones de producción y consumo de energía para actividades productivas por el uso de combustibles fósiles como el carbón mineral, el petróleo y el gas natural, siendo el sector transporte uno de los elementos más relevantes. Los combustibles fósiles aportan aproximadamente el 70% de las emisiones de CO_2 en las ciudades, que es el principal agente generador del efecto invernadero (Sotelo, Sotelo & Tolón, 2011).

Los fenómenos de tipo político, económico y social inciden sobre la emisión de GEI en la medida que estos elementos establecen condiciones para la actividad industrial, los costos de los combustibles, las políticas medioambientales, la innovación tecnológica que propende hacia el uso racional de los recursos, las energías renovables, entre otros aspectos que finalmente afecta en la emisión y concentración de GEI. Se proyecta que para el año 2030 la población mundial crezca 3700 millones

de habitantes, población que demandará su participación en las actividades productivas, medios de trasporte, recursos energéticos, entre otros, que en la mayor parte de los casos es satisfecha con el uso de combustibles fósiles, lo que irremediablemente se significa un potencial aumento en la emisión de GEI, razón por la cual se deberá de promover las propuestas de desarrollo socio económico sostenible (Garcia, 2005).

Una de las medidas implementadas para reducir la emisión de CO2 ha sido la imposición de impuestos para los principales generadores, ante lo cual el sector industrial y empresarial reclama una condición de vulnerabilidad ante las ventajas que podrían tener las empresas de otros países, colocándolos en desventaja a la hora de participar en el mercado internacional; en el caso de los países subdesarrollados y en vía de desarrollo se han aplicado medidas semejantes, especialmente en el sector de hidrocarburos, estas empresas reclaman que se encuentran en unas condiciones apenas estables que de ser gravadas con impuestos de repercutiría negativamente, por lo cual señalan la improcedencia de esta medida y que de ser necesario se ha implementar impuestos a las empresas extranjeras que desarrollan la actividad en estos países (Garcia, 2005).

La Constitución Política de 1991 estableció una serie de derechos y obligaciones relacionados con el medio ambiente. En el Capítulo 3, los artículos 79 y 80 se dice que "*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*" y "*Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados*". Con base a la Constitución, se expidió la Ley 99 de 1993, dando origen al Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Se reordena el sector público quien es el principal garante de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, además se crea el Sistema Nacional Ambiental. Al sistema nacional ambiental, se le delega las funciones ambientales de la evaluación, control y seguimiento de recursos como el agua, suelo, aire, entre otros, debiendo de efectuar investigaciones periódicas para el diagnóstico de dichos recursos naturales, formular e implementar las acciones que resulten pertinentes para la conservación y eventual goce efectivo de las personas en condiciones de sostenibilidad (Ley 99, 1993).

EL conpes 3344 es el documento que aprobó el consejo Nacional de Política y Social para la formulación de la política pública de prevención y control de la contaminación del aire. El cual permitiría el desarrollo centralizado de prevención y control de la contaminación del aire. Para implementar con éxito las políticas de calidad del aire era necesario el fortalecimiento de las autoridades ambientales ya que existían grandes diferencias entre las capacidades institucionales.(Conpes 3344, 2005).

El Consejo Nacional Ambiental, compuesto por diversos y numerosos actores, no había sido eficiente para asegurar la coordinación intersectorial, a la hora de implementar políticas. Uno de los motivos es que se traslapan competencias con otros ministerios cuando se establece la discusión de políticas sectoriales. Además el Conpes 3344 de 2005 también critico que con las acciones emprendidas en materia de auditoría, la contaminación del aire no era objeto de evaluación, resaltando las debilidades técnicas e institucionales a nivel nacional y regional del Sistema Nacional Ambiental.

CONPES 3918 de 2018

En el año 2000 en la asamblea general de las Naciones Unidas se realizó la "Declaración del Milenio", en donde se formulaban una serie de objetivos de desarrollo sostenible, al mismo se adhirieron 189 países, entre ellos Colombia. Casi dos décadas después, el Estado colombiano inicia la formulación y ejecución de estrategias para cumplir los objetivos previamente acordados, esto se realiza por medio del documento Conpes 3918 de marzo del 2018. Los objetivos propuestos a inicio del milenio fueron evaluados en el año 2012 en la conferencia Rio+20; en esta se reconoció el desarrollo de planes y programas que implementaron algunos países para la consecución de los objetivos, pero también se replantearon nuevas metas en aras de mejorar la calidad de vida de las personas y la conservación y recuperación del medio ambiente.

En concordancia con el nuevo Contexto, se elaboró la agenda 2030 para desarrollo sostenible de la cual Colombia es parte, en ella se proponen 17 metas las cuales son:

> Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo; Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible; Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades; Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos; Lograr la igualdad de género

> y empoderar a todas las mujeres y las niñas; Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; Garantizar el acceso a una energía asequible, fable, sostenible y moderna para todos; Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos; Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación; Reducir la desigualdad en los países y entre ellos; Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos; Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible; Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad; Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas y finalmente, Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible (CEPAL, 2018, pp 15-75).

El Estado colombiano ve la necesidad de trabajar mancomunadamente entre las diferentes instituciones de gobierno de las diferentes entidades territoriales, por lo cual procede a elaborar el documento Conpes 3918 de 2018, el cual tiene como objetivo definir la estrategia de implementación de los ODS, especialmente en lo concerniente a seguimiento, rendición de cuentas, implementación territorial e interlocución con actores no gubernamentales. La adopción de los ODS se propone a largo plazo, de manera que exista sostenibilidad y tiempo prudente para la formulación, implementación y evaluación de medidas publicas correspondiente a los ODS; se apuesta por el trabajo intersectorial, lo que también confiere responsabilidades al sector privado y demás actores sociales, el Estado del primer garante por mandato constitucional, pero no el único. Así pues se renuevan metas con base a indicadores de los objetivos del milenio, lo cual será implementado en por las diferentes entidades territoriales y sectores de la sociedad (Conpes 3918, 2018).

CONPES 3934 de 2018.

La política de crecimiento verde plantea que es necesario diversificar la economía para superar la condición de pobreza, desigualdad e inequidad social; por lo cual plantea la necesidad de desarrollar diferentes sectores de la economía sosteniblemente haciendo uso del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima. El anterior objetivo se propone para el año 2030, cuando ha de tener el país mayor productividad y competitividad internacional haciendo uso sostenible de los recursos naturales y la inclusión social; los ejes estratégicos de la política de crecimiento verde son:

- Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural.
- Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y el consumo.
- Desarrollar lineamientos para construir el capital humano para un crecimiento verde.
- Fortalecer las capacidades en ciencia, tecnología e innovación para el crecimiento verde.
- Mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la Política de Crecimiento Verde a largo plazo (Conpes 3934, 2018).

En este, pues además de proponerse los objetivos se elabora el plan de acción y las líneas estratégicas a implementarse por cada meta propuesta, considerando en ello incluso el presupuesto a destinarse para cada sector que conducirá al desarrollo sostenible y a la reducción de la brecha social en el país.

Algunas acciones para la reducción de GEI en el Valle de Aburra.

En el Valle de Aburra se presentó una crisis ambiental desde finales del año 2016 hasta el año 2017, las razones fueron atribuidas a los cambios de fenómenos de El Niño y La Niña, el fenómeno de inversión técnica que ocurre en el valle y la contaminación vehicular, ante lo cual las principales autoridades de los diferentes municipios que conforman el valle del aburra coordinaran tomar decisiones de choque inmediatas para responder a la crisis. Los distintos puntos de monitoreo del aire registraron 160 microgramos de material particulado de contaminación, superando tres veces la media nacional (50 microgramos) y seis veces la media

internacional recomendada por la Organización Mundial de la Salud (25 microgramos) (Hernández, 2016).

Las estrategias de la administración de la ciudad, y de algunas otras autoridades públicas fue la de reducir las emisiones en concordancia con lo propuesto en el plan de desarrollo municipal y departamental; por su parte, 8 universidades realizaron un día sin carro ni moto; también el ministro de ambiente, Luis Gilberto Murillo anunció durante aquel mismo mes, la creación de una mesa de gobierno para controlar las emisiones vehiculares y establecer un sistema de vigilancia en salud, y propuso el despliegue masivo de vehículos de emisiones cero, en si una modernización tecnológica para mejorar la flota vehicular de transporte de carga, y del sistema de transporte público (Atehortúa, 2017).

Se comprometió a la implementación de modelos sostenibles de transporte que permitieran la reducción de un 74% las emisiones de gases contaminantes para 2030, para lo cual se hace necesario una nueva regulación que trasforme el sistema de trasporte, especialmente el de mercancías. De manera preventiva, las administraciones municipales están implementando planes de emergencia de reducción de tráfico en su gran mayoría, y unas cuantas acciones como la promoción del trasporte en bicicleta por rutas especialmente diseñadas para este medio de transporte (Redacción Nacional, 2017).

Resulta pertinente señalar, que las propuestas han buscado dar solución a una problemática de la inmediatez, y las soluciones coyunturales no son soluciones a largo plazo, refiriéndonos particularmente a las medidas restrictivas de movilidad, pues dan lugar a nuevas problemáticas. A partir del 2011 en Colombia se desbordó el parque automotor por lo que se presenta urgentemente la construcción de una política pública ambiental sostenible, que supere las falencias diagnosticadas en el pasado por el documento Conpes, que promueva la colaboración entre sectores y fortalezca al conjunto del aparato institucional en cuanto a la preservación del medio ambiente.

Aproximación a los GEI en el Valle de Aburra, normas e instrumentos

El mecanismo de reducción de emisiones concentración de GEI por medio de la elevación de los costos relacionados con el uso de combustibles fósiles y de los principales emisores de estos gases, puede aportar a la solución de la problemática, sin embargo no consigue dar solución completa de manera que los Estados han formulado un marco normativo y políticas públicas para atender la problemática. Resulta pertinente señalar que es el Estado

el primer responsable de garantizar el goce efectivo e integral de los habitantes del territorio nacional, y dado que los GEI ponen en riesgo la salud, el medio ambiente, derechos conexos a estos como el trabajo por deterioros en la salud, la locomoción por no transitar por zonas altamente contaminas, entre otras, el Estado ha firmado pactos internacionales y promulgado normas jurídicas como la ley 164 de 1994, "*Por medio de la cual se aprueba Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992*".

Ley 164 de 1994

La ley 164 de 1994 tiene como objetivo conseguir la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera hasta un nivel que no represente peligro al sistema climático, debiendo implementarse los mecanismos pertinentes para no perjudicar los ecosistemas, la producción de alimentos y el estancamiento del desarrollo económico, todo el proceso ha de sustentarse en la sostenibilidad (Ley 164, 1994).

Posteriormente se promulga la ley 629 del año 2000, esta tiene como objetivo aprobar el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997; en él se apuesta por el desarrollo sostenible, la eficiencia del empleo de la energía en las actividades productivas, el manejo de los gases de efecto invernadero, la promoción de la agricultura, la investigación e innovación de formas nuevas de energía renovable, la modificación del marco jurídico nacional en aras de armonizar según el bloque de constitucionalidad con los acuerdos internacionales firmados por Colombia concernientes al cambio climático, la promoción de políticas públicas sostenibles, las medidas para mitigar la emisión y concentración de GEI, entre otros (Ley 629, 2000).

En el año 2011 se promulga el Documento Conpes 3700 de 2011, Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Éste tiene como objetivo delimitar lo que serán las políticas públicas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, de manera que se desarrolle un trabajo mancomunado entre las diferentes entidades territoriales para el desarrollo social y económico transversalmente con las variables climáticas, es decir que las acciones a desarrollar por el Estado presten atención al cambio climático y en esta medida ayuden a la solución de la problemática global y propicien el buen vivir de los habitantes del territorio nacional. Se plantea que el cambio climático sea visto como un tema de desarrollo

económico y social por las comunidades y territorios y que estos a su vez puedan generar información valiosa y pertinente para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático. (Conpes 3700, 2011)

Política Nacional de Cambio Climático en el Valle de Aburra

Ya en el año 2017, se promulga la Política Nacional de Cambio Climático de Colombia. Esta tiene como objetivo incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas en aras de sobreponerse al deterioro de las condiciones climáticas y la alta producción de gases de efecto invernadero, su proyección es a largo plazo y pretende unos índices de carbono neutral en el país. Como objetivos específicos busca orientar a las entidades territoriales en la toma de decisiones relacionadas en el cambio climático, apuntando hacia la mitigación de GEI y el desarrollo integral; también se plantea la conservación de los ecosistemas y servicios ambientales sin detrimento de los derechos de las personas y sus actividades económicas; también propone crear las condiciones propicias para el ejercicio académico que permite el desarrollo resiliente al clima y baja en carbono; finalmente propone hacer las modificaciones pertinentes en el aparato institucional público de manera que sus políticas sean eficientes en la gestión del cambio climático.

.

En el 2009 y 2011 en el valle de aburra los sectores que más aportaron al inventario de emisiones fueron el sector transporte con un 68% de las emisiones totales con 3016 y 3060 g de CO_2 equivalentes respectivamente, siguiéndole el sector de las industrial como el de la construcción con un 22%

En cuanto al aporte de los distintos gases, las emisiones del sector energía están dominadas por el CO_2 que representa el 98% del total de emisiones (Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia, 2017).

En el Valle de Aburrá ha tenido un aumento en las actividades económicas que han conllevado indirectamente al aumento del uso de combustibles fósiles en aspectos como el transporte de materias primas en mercancías, la industria y el crecimiento poblacional, en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2010 incrementó en un 62% del parque automotor de vehículos particulares, y un 153% de motocicletas, lo que para el año 2020 se estima que

emita 770 millones de toneladas de CO_2, y para el año 2050 1413 millones de toneladas (Ríos, 2016).

Así pues, el Área Metropolitana del Valle de Aburra en concordancia con el los mandatos legales, los planes de desarrollo de los municipios que lo componen, y su función como autoridad ambiental, ha venido formulando políticas para contener la emisión y concentración de los gases de efecto invernadero en su territorio, entre ellas presentó las siguientes puesto que son de gran importancia para el desarrollo de mi tesis.

Pacto por la Calidad del Aire del Valle de Aburra, 2007.

Este pacto se firmó el 10 de octubre de 2007, en el los actores públicos y privados asumen la responsabilidad de implementar acciones contra la contaminación atmosférica del área metropolitana, su principal objetivo era reducir en un 10% la contaminación para el año 2012. En la consecución de estos objetivos trabajarían mancomunadamente las instituciones públicas y los privados en aras de controlar las fuentes de emisión de GEI, formular planes de ordenamiento territorial acorde a la vocación de uso del suelo de manera sostenible, entes de control ambiental, programas de autogestión, programas de educación y sensibilización y finalmente de investigación académica que aporten a la solución de la problemática (Acuerdo Metropolitano Numero 25, 2007). Este pacto fue reafirmado en el 2018 a partir de lo cual Ecopetrol se comprometió a mejorar la calidad del combustible a comercializar.

El Área Metropolitana del Valle de Aburra implementó un sistema de alertas temprana denominado SIATA, por medio del cual se hace seguimiento a las dinámicas atmosféricas del territorio, especialmente sobre el tipo de gases emitidos, las fuentes, cantidades y a partir de estos datos se procede a la implementación de acciones para la salvaguarda de las personas y el medio ambiente. Los resultados obtenidos del seguimiento constante a la dinámica climática en el Valle de Aburra, reclamaron la implementación del Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire del Valle de Aburra -PIGECA.

El área metropolitana del Valle de Aburra, consciente de la problemática medioambiental, especialmente la mala calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernaderos producto mayoritariamente de la actividad industrial y del sector transporte, asumen la tarea colectiva de implementar medidas pertinentes y eficaces para mejorar las condiciones medioambientales, particularmente la calidad del aire para salvaguardar la salud

pública, elevar el bienestar social y proyectarse hacia un desarrollo metropolitano sostenible (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018).

El PIGECA se plantea como objetivo general mejorar progresivamente la calidad del aire para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente, y simultáneamente brindar un bienestar social real y un desarrollo sostenible en la región. En este caso también se conserva la orientación del trabajo mancomunado entre las diferentes instituciones públicas, entidades territoriales, sector privado, organizaciones de la sociedad civil, la academia y la ciudadanía en general, de manera que la apropiación y en poder apoderamiento de los diferentes sectores permite a la implementación exitosa de las diferentes medidas a corto, mediano y largo plazo que se formulan. Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Fomentar el desarrollo y aprovechamiento del conocimiento científico.
- Fortalecer y articular los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial. Mejorar el sistema de movilidad urbana hacia modos sostenibles.
- Impulsar un desarrollo bajo en emisiones de la industria y los servicios.
- Elevar la efectividad y cobertura en el control y sanciones a agentes contaminantes. Proteger, recuperar y restituir el arbolado y cobertura vegetal urbana y rural.
- Atender de forma adecuada, oportuna y eficaz los episodios de contaminación del aire.
- Fomentar la circulación peatonal y en medios de transporte no contaminantes y establecer restricciones de circulación en las zonas centrales y más sensibles al alto tráfico.
- Sistema de instrumentos económicos y de persuasión.

El PIGECA sigue una ruta metodológica para la formulación, gestión e implementación de sus directrices, estas se presentan a continuación de una manera sintética y clara.

Figura 5. Componentes del análisis para la elaboración del PIGECA.

Estimación de emisiones	• Actualizar el inventario de emisiónes, com proyeccion al 2030.
Potencial de reducción	• Implementar criterios tecnicos para las metas de reduccion de emisiones con proyeccion al 2030
Medidas	• Portafolio de medidas bajo criterio de gradualidad
Evaluacion calidad del aire	• Modelo de calidad de aire segun metodologia Business as usual, con proyeccion al 2030
Analisis de resultados	• Valoracion de la salud y la economia por la implementacion de PIGECA

Fuente: Construcción propia a partir de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)

En cuanto a los ejes temáticos, resultan pertinentes para tratar las emisiones de GEI del sector transporte, el tercer eje que trata de la reducción del impacto ambiental de los viajes motorizados y busca promover un modelo de movilidad más eficiente. Las medidas contenidas en este eje son: 1. Mejorar la calidad de diesel y gasolina, 2. Estándares de emisiones más estrictos, 3 y 4. Expansión, fomento y modernización del transporte público, 5. Políticas para reducir el impacto ambiental por el parque automotor de motocicletas, 6. Políticas para reducir el impacto ambiental de transporte de carga y políticas, 7. Acciones pedagógicas de concientización para la reducción de emisiones de fuentes móviles, 8. Diseño e implementación de programa de incentivos para la renovación de la flota de automóviles y motocicletas, 9. Programa integral de inspección de emisiones y mantenimiento vehicular, 10. Programa masivo de capacitación en conducción ecoeficiente, 11. Acelerar la introducción de vehículos de ultra bajas emisiones y emisiones cero, 12. Instalación de filtros de partículas y tecnologías de prevención y tratamiento de emisiones, 13 obras de infraestructura de impacto positivo ambiental y de movilidad, 14. Implementación del pico y placa ambiental y restricciones POECA, 15. Política de gestión de demanda, 16. Gestión integral de la logística del transporte de carga y volteretas en el Valle de Aburra (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018).

En su cuarto eje temático de transformar el modelo de movilidad hacia la promoción y priorización de modos de transporte activo o de ultra bajas emisiones señala lo siguiente: 1.

Políticas y programas a favor de la caminabilidad del Valle de Aburrá, 2. Ampliación, conectividad e integración de las ciclorutas, 3. Equipar la ciudad para promover la movilidad activa, 4. Promover el uso de la bicicleta por medio del sistema integrado al SITVA, 5. Promoción de la educación y la cultura de la movilidad activa, 6. Promover la regulación del uso del vehículo particular (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)..

A partir de estas directrices se establecen las metas de reducción en emisión de gases de efecto invernadero por la categoría de transporte en los siguientes términos:

Tabla 4. Metas de reducción de Emisión de GEI por categoría (Ton) en el Valle de Aburra

Sector	Metas de reducción de Emisión por categoría (Ton)				
	2015	2019	2023	2027	2030
Autos	122	116	82	45	28
Taxis	33	39	37	31	29
Buses	146	213	167	88	79
Camiones	579	864	628	523	393
Motos 2T	17	6	2	0	0
Motos 4T	197	154	111	76	56
Metroplús	0	0	0	0	0
Tractocamiones	22	17	9	8	8
Volquetas	391	550	471	274	189
Total	1507	1959	1507	1045	782

Fuente: Construcción propia a partir de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)

Emisión de GEI en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín

Actualmente se desconocen los efectos de la emisión de gases efecto invernadero producto del uso de los vehículos utilizados por parte de la comunidad universitaria (docentes, estudiantes y administrativos) en el ITM Medellín sede Robledo.

De los vehículos utilizados por la comunidad del ITM, seccional Medellín, no se cuenta con datos específicos sobre el impacto en el medio ambiente, análisis de ciclo de vida o generación de CO_2. De manera semejante, se desconoce el promedio ponderado de la cantidad de emisiones generada por cada estudiante, de acuerdo al medio de trasporte utilizado para llegar al instituto y para salir a su domicilio. Es por esto que resulta importante determinar la huella ecológica y de carbono como medida del impacto que provoca el ser humano en el ambiente, y determinar la cantidad de emisiones de GEI, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente. Sobre este referente se pronuncia Reyes, (2015)de la siguiente manera.

A continuación se definen los tres conceptos básicos para la elaboración de la presente tesis

La huella de carbono es la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por la producción o consumo de los elementos que emplean los seres humanos para satisfacer sus necesidades, para determinar la cantidad de huella de carbono existen múltiples metodologías, algunas se centran en la emisión de CO_2, mientras que otras contemplan todo el ciclo de vida de una persona o empresa. Los datos resultantes de los cálculos se presentan o en kilogramos o toneladas, dependiendo si se analiza el caso de una persona, una familia, una universidad, una empresa, o un territorio como un país o incluso un continente (Reyes, 2015).

A su vez, la huella ecológica es un indicador de sostenibilidad de índice único, desarrollado por Rees y Wackernagel en 1996, que mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas o “naturaleza” (Carballo, 2008).

Análisis de Ciclo de Vida: Es una herramienta metodológica que trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales, recopilando y evaluando las entradas y salidas a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones para cada categoría de impacto, por ejemplo: calentamiento global, consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas, etc. (Viñoles, Collado, Bastante y Capuz, 2011)

Capítulo 2. Metodología para el cálculo de huella ecológica del sector transporte en el Instituto Tecnológico Metropolitano

Introducción

Fundamentalmente se busca calcular la huella ecológica producto de la movilidad de los miembros de la comunidad universitaria, para lo cual se conformó un equipo interdisciplinario de trabajo, compuesto por dos profesores y dos alumnos de la maestría en desarrollo sostenible del ITM, campus Robledo. Durante las sesiones de trabajo conjunto se determinó la metodología de trabajo según la aproximación de cada estudiante, y se diseñó la encuesta de diagnóstico realizada a los miembros de la institución con el fin de levantar la información necesaria relacionada con tiempos de recorrido, origen y destino de los recorridos, tipo de transporte y frecuencia de ingreso a la sede Robledo.

Una vez claro el alcance del análisis de huella ecológica del presente trabajo, se tomó una muestra aleatoria y representativa de miembros de la institución para el levantamiento de información. Como se explicó en párrafos anteriores, dada la complejidad de la industria automotriz en Colombia, y a que el mayor porcentaje de producción de automotores se realiza en otros países para luego ser exportados a Colombia, y que entre el 80 y 90 % del impacto ambiental de dicha industria ocurre durante la etapa de uso del vehículo, este trabajo se enfoca en el levantamiento de la línea base relacionada con la emisión de CO_2 producto de los viajes de la comunidad universitaria, teniendo en cuenta los tipos de vehículos, eficiencia de sus motores y distancias recorridas, y se proyecta como un insumo para futuras investigaciones que a través de una alianza universidad, estado, empresa, logren determinar la huella ecológica detallada para el sector automotriz y así poder visibilizar el impacto real de dicha industria en el territorio local y nacional.

Las emisiones de contaminantes de los vehículos tienen su origen principal en el tipo de combustión que utiliza, particularmente por el consumo de gasolina durante el itinerario de ruta que implica la generación gases de efecto invernadero que serán expedidos hacia el medio ambiente a través del tubo de escape, el carburador cuando se cuenta con él, el carter, el tanque de combustible dependiendo del mantenimiento del vehículo, la temperatura, filtraciones y demás aspectos propios del parte automotor; para los motores por ignición espontánea (a diesel) las mayores emisiones provienen del tubo de escape . Los compuestos emitidos y más estudiados son el Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2), Óxidos de

Nitrógeno (NO_X), Hidrocarburos (HC) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Plomo (Pb), Dióxido de Sulfuro (SO_2), Material Particulado (PM10). (29).

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de investigación consistió primero en el cálculo de la huella de carbono producto de la movilidad del parque automotor en la sede Robledo del ITM, a partir de lo cual se determinó la huella ecológica del mismo, con énfasis en el uso de parque automotor, lo que se explica a continuación:

Herramientas metodológicas para determinar la huella de carbono

Son muchas las metodologías existentes para determinar la huella de carbono, entre estas podemos hallar normas técnicas para emisión de gases ISO 14064, ISO 14064-1, ISO 14064-2 o ISO 14064-3; Software creados por consultores o por organizaciones ambientales que son puestas a disposición por diferentes medios para la sectores académicos, o la sociedad civil en general. Para el desarrollo del presente trabajo, se ha implementado el Inventario de atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2016; pues en estos se presentan referentes a seguir para determinar la huella de carbono y la estimación promedio de la producción de CO_2 por km de distintas fuentes móviles, que tras la adecuación a las condiciones que establece el caso de nuestra competencia, posibilita la consecución del objetivo propuesto (Área Metropolitana del valle de Aburrá - UPB 2017). Finalmente este dato se traduce en hectáreas necesarias para la captura de dichas emisiones, como un acercamiento preliminar a la huella ecológica producto de la movilidad del ITM.

Para tal propósito se procedió a levantar datos en campo y complementar con la información presentada por el Inventario de Emisiones del Valle de Aburrá. El desarrollo metodológico consistió en dos fases, la primera comprende el diagnostico, y la segunda parte comprende los cálculos base para determinar la huella de carbono y ecológica del sector transporte en el ITM.

Fase I. Diagnóstico.

Los datos acerca de los medios de trasporte que utiliza la comunidad universitaria fueron obtenidos mediante una encuesta que presentamos en el primer objetivo de la presente investigación. Los datos los usaremos para calcular la huella de carbono de la comunidad en lo concerniente a emisión de CO_2, para dicho calculo utilizaremos los datos del Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2016; y luego, la huella ecológica según las cantidades de GEI generadas en la institución.

Se identificaron los medios de transporte más usados para el desplazamiento hacia/desde el Campus Universitario Robledo, sin embargo para este análisis despreciamos la bicicleta y el trasporte a pie, pues no son generadores de gases de efecto invernadero bajo los parámetros que se aplican al sector transporte. Para los casos que el transeúnte afirma usar dos trasportes, bus y metro, lo consideramos en conjunto por la proximidad cuantitativa de CO_2 producido por pasajero; igual para el caso entre el sistema de transporte Uber y taxi.

La población evaluada es la comunidad educativa del Campus Robledo del ITM, para el primer semestre del año 2017, la cual se conforma por 9302 estudiantes de pregrado, 389 de posgrado, 564 docentes, 644 administrativos, para un total de 10.899, de los cuales se toma 371 miembros tras la implementación de la siguiente formula. Teniendo en cuenta estos cuatro subgrupos se decide utilizar el muestreo aleatorio estratificado, para obtener la parte proporcional de cada subgrupo y de esta manera garantizar una muestra aleatoria representativa de cada uno de estos actores (Kleeberg & Ramos, 2009), los cuales tienen un aporte diferente en las dinámicas de movilidad del Campus Universitario.

$$n_0 = \frac{P(1-P)Z^2_{\propto/2}}{\varepsilon^2}$$

$$n_0 = 384.16 \approx 384$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

$n = 370.96 \approx 371$Tamaño para un nivel de confianza del 95% = 371

Error máximo para un nivel de confianza del 95% = 5%

La técnica de recolección de datos es la encuesta digital por medio del correo institucional y encuesta cara a cara con aplicación de un cuestionario estructurado aplicado del 2 de mayo al 15 de junio de 2017.

Tabla 5. Proporción de la muestra de cada estrato

Estrato	**Identificación**	**Nº sujetos en el estrato**	**Proporción**	**Muestra del estrato**
1	Estudiantes de pregrado	9302	85,3%	317

2	Estudiantes de Posgrado	389	3,6%	13
3	Docentes	564	5,2%	19
4	Administrativos	644	5,9%	22

Fuente: Construcción a partir de la calculadora de muestras estratificadas aleatorias con afijación proporcional de la Universidad de Granada – España

Construcción de la Encuesta

Como herramienta para la toma de datos se plantea una encuesta estructurada inicial de 8 preguntas, basada en temas relacionados con la movilidad de la comunidad educativa, como el vínculo con la institución, número de días y veces que ingresa a la sede universitaria, origen y destino de los viajes, entre otras. Para la creación de las preguntas se generó un comité de movilidad conformado por estudiantes de maestría en desarrollo sostenible y docentes universitarios del ITM, además se tuvo una reunión preliminar con un funcionario del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) entidad encargada de regular los temas de movilidad de la ciudad de Medellín, en este espacio se compararon las preguntas de la encuesta de origen y destino del AMVA con respecto a la realizada por el comité del ITM, a través de este acercamiento se logra observar una gran similitud entre las dos encuestas y surgen algunos aportes interesantes para reforzar la encuesta institucional. Finalmente se estructura la encuesta final, con un total de nueve preguntas.

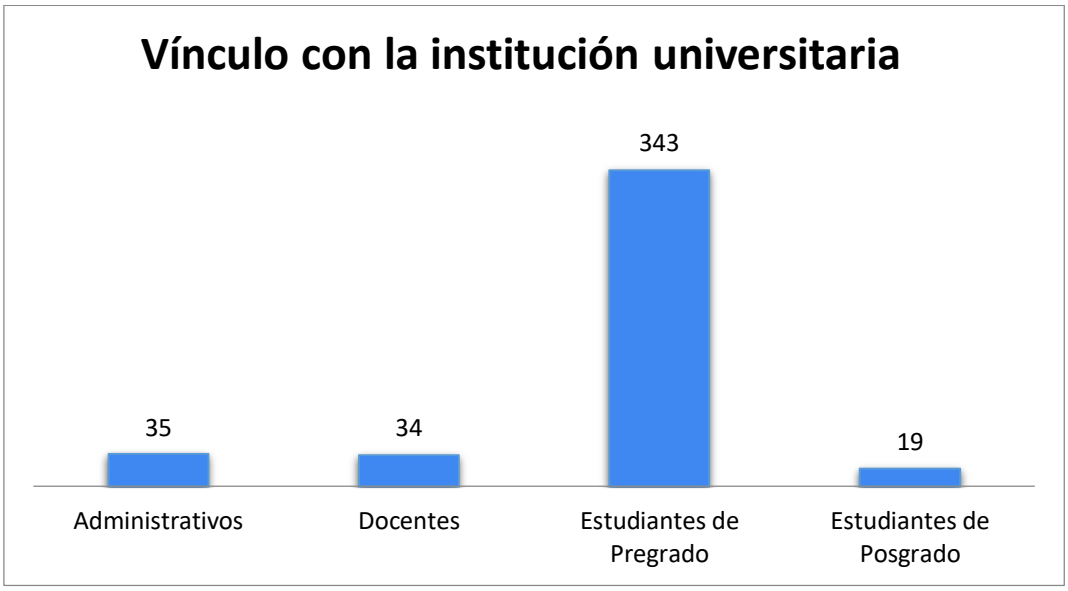
Prueba Piloto

Se decide realizar una prueba piloto para analizar el grado de comprensión de las preguntas, a través de los resultados arrojados por parte de los participantes, dicho piloto se realizó entre el 26 de febrero al 9 de marzo de 2017, la encuesta fue resuelta 26 veces por estudiantes de posgrado, administrativos y docentes de manera aleatoria. En dicho piloto se detectaron varias falencias con respecto a la forma como estaban organizadas algunas preguntas con respecto a su grado de importancia o jerarquía dentro de la encuesta, además se encontró que algunas respuestas no eran las esperadas, lo que llevó al replanteamiento de algunas preguntas, de esta manera se generaron nuevas correcciones y mejoras que brindaron mayor claridad a la comunidad educativa.

Encuesta oficial comunidad educativa sede Robledo

La encuesta oficial se llevó a cabo desde el 2 de mayo hasta el 15 de junio de 2017, siendo encuestadas 431 personas entre docentes, estudiantes de pregrado, posgrado y administrativos de los cuales el 65% representa el género masculino y el 35% al género femenino del campus Robledo del Instituto Tecnológico Metropolitano. A través de un formulario virtual en Google utilizando como medio de difusión el correo institucional y algunas entrevistas personales, para conocer el origen de sus viajes hacia el campus universitario y el destino de su desplazamiento después de salir de la Universidad.

Grafica 4. Vínculo con la Institución Universitaria

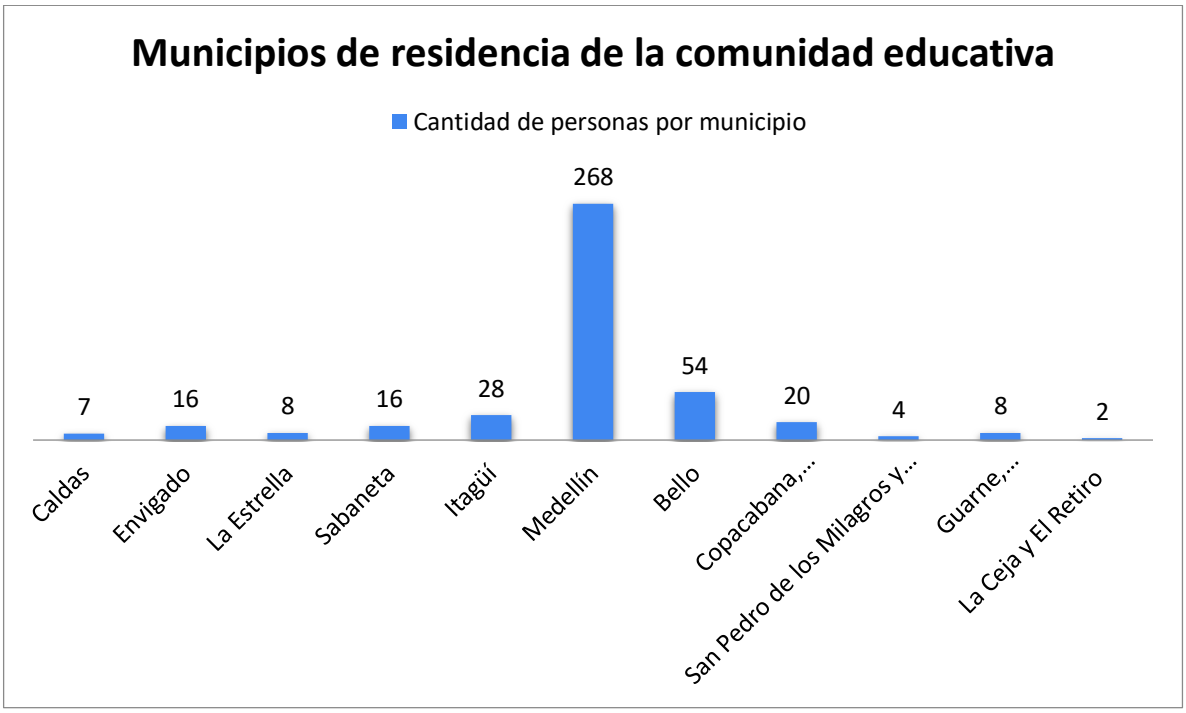


Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Según los datos arrojados por la encuesta, los días con mayor ingreso por parte de la comunidad educativa al campus universitario son los martes y miércoles con 304 y 307 ingresos respectivamente con una frecuencia de 1 ingreso al día.

En cuanto a los municipios donde residen la mayor cantidad de miembros de la comunidad educativa son: el municipio de Medellín, Bello e Itagüí

Grafica 5. Municipios de residencia de la comunidad educativa



Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo

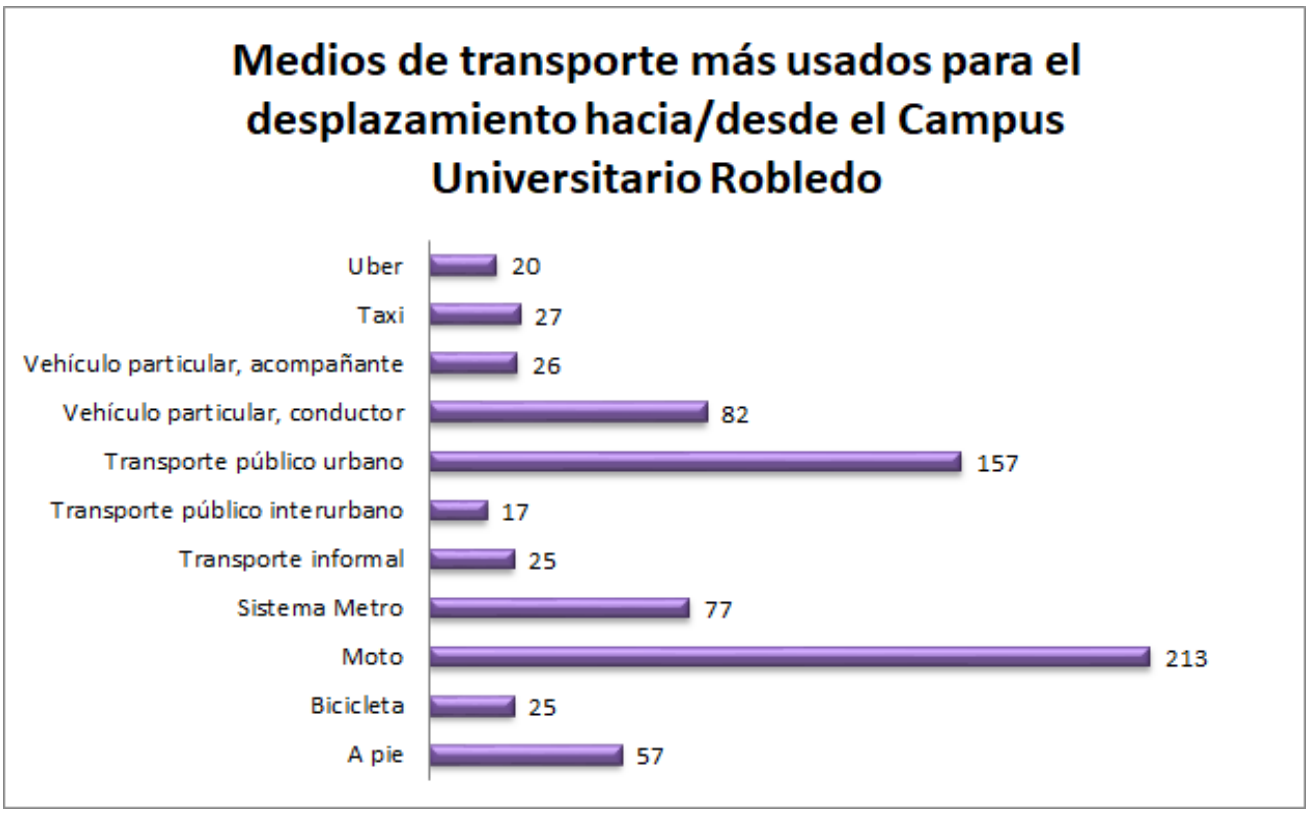
Medios de transporte más utilizados para el desplazamiento hacia y fuera del Campus Universitario Robledo.

En los resultados obtenidos se observa que el medio de transporte más utilizado por los encuestados para desplazarse hacia y fuera del Campus es la motocicleta, seguida por el transporte público urbano y el vehículo particular, conductor.

Por el contrario, se evidencia un menor uso de medios de transporte sostenible como la bicicleta, caminar y uso del sistema metro.

Por último, se resalta el uso de medios de transporte informal por parte de algunos miembros de la comunidad educativa, lo que puede revelar deficiencias en los servicios prestados por las rutas y medios de transporte público de la ciudad.

Grafica 6. Medios de transporte más usados para el desplazamiento hacia/desde el Campus Universitario Robledo.



Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Tiempos de desplazamiento de la comunidad educativa, hacia y desde el campus universitario.

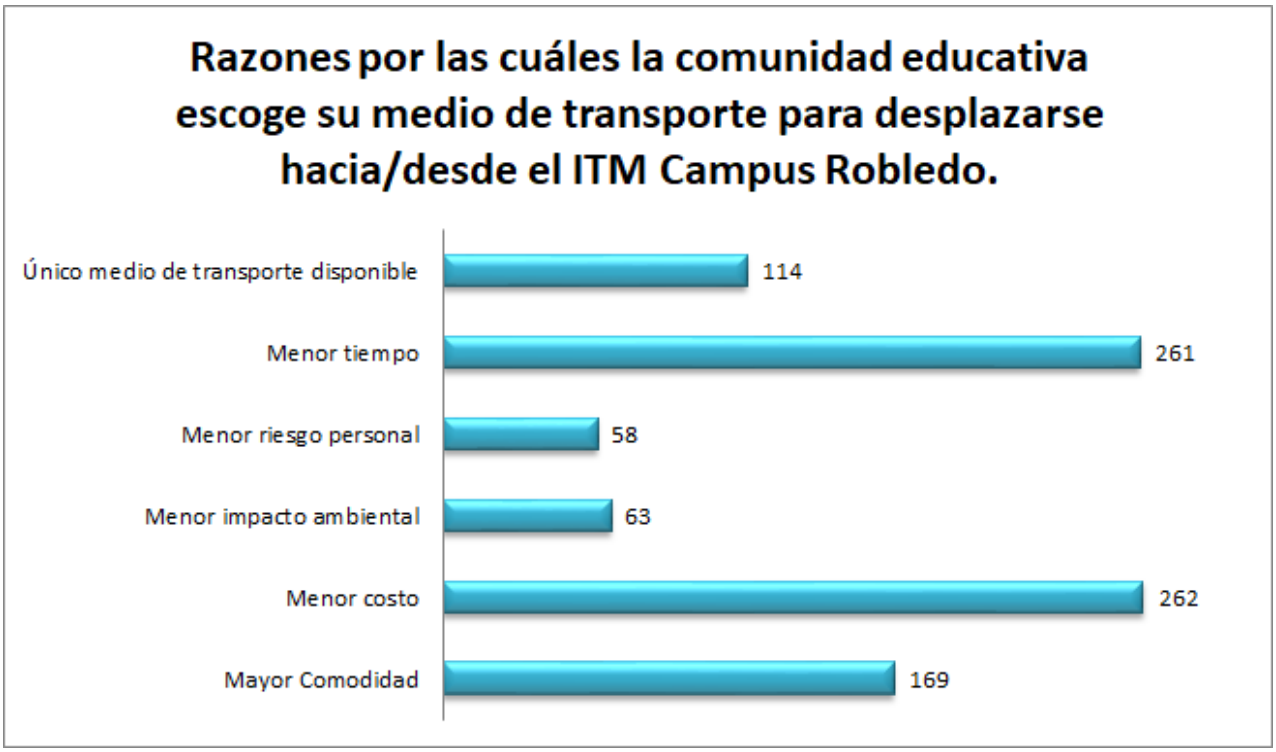
Según los datos obtenidos por la encuesta con respecto a los tiempos de desplazamiento de la comunidad educativa, el 33.4% del total de los encuestados se demora en promedio entre 21-40 minutos para desplazarse hacia el campus universitario, mientras que el 32% tarda entre 0-20 minutos para llegar a su lugar de destino desde el campus.

Razones por las cuáles la comunidad educativa escoge su medio de transporte para desplazarse hacia/desde el ITM Campus Robledo.

Menor costo y menor tiempo son las razones principales por las cuales la comunidad educativa selecciona su medio de transporte, seguido por mayor comodidad y único medio de transporte disponible.

En esta gráfica se aprecia como las dos razones con mayor número de respuestas apoyan el punto anterior, donde se ve claramente que el medio de transporte más utilizado por la comunidad educativa es la moto, transporte que cumple con las dos condiciones de menor costo y menor tiempo.

Grafica 7. Razones por las cuales la comunidad educativa escoge su medio de transporte para desplazarse hacia/desde el ITM Campus Robledo.



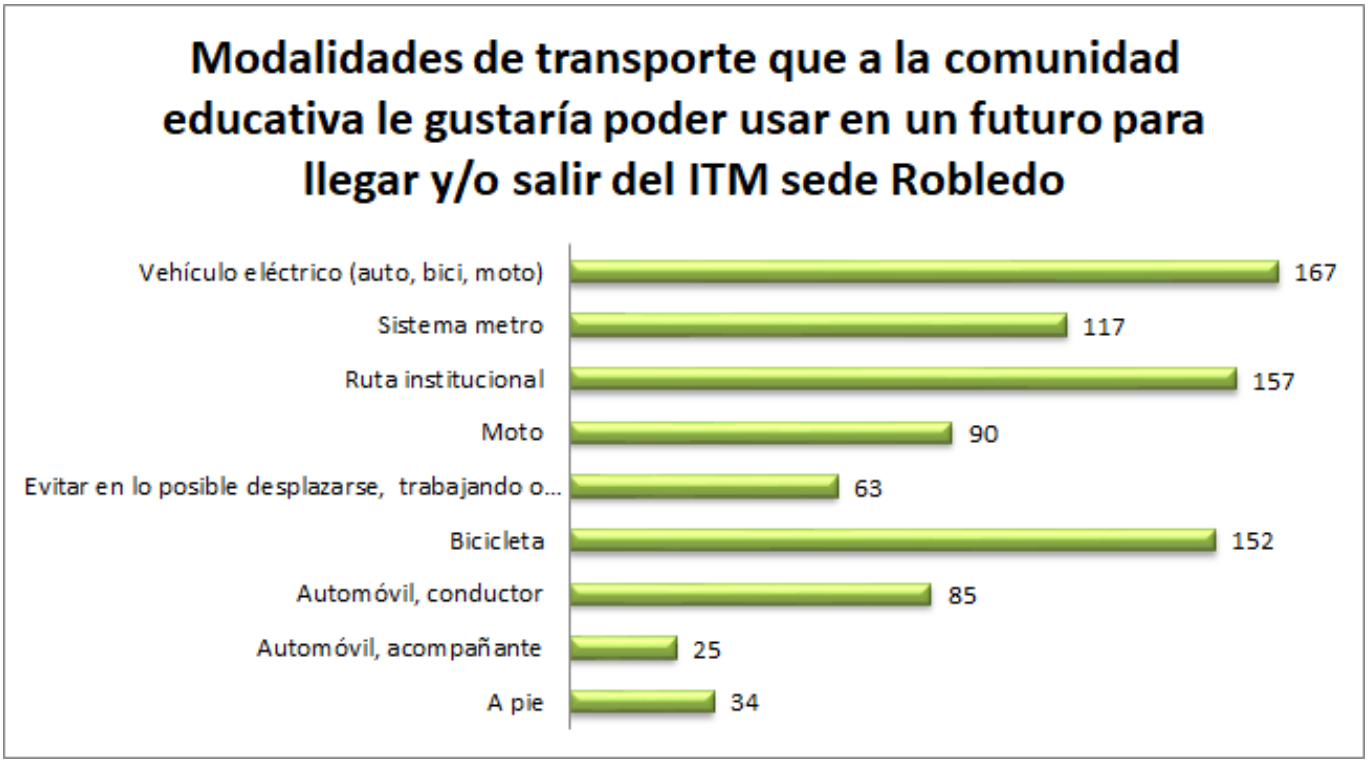
Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Modalidades de transporte que a la comunidad educativa le gustaría poder usar en un futuro para llegar y/o salir del ITM sede Robledo.

Según los resultados de la encuesta se ve claramente una preferencia de la comunidad educativa por el uso del vehículo eléctrico (auto, moto, bici), ruta institucional y bicicleta como medios de transporte a futuro para desplazarse hacia y fuera del campus universitario.

También se resalta la opción de teletrabajo y estudio para administrativos, docentes y estudiantes, la cual fue escogida 63 veces por el total de encuestados.

Grafica 8. Modalidades de transporte que a la comunidad educativa le gustaría poder usar en un futuro para llegar y/o salir del ITM sede Robledo.



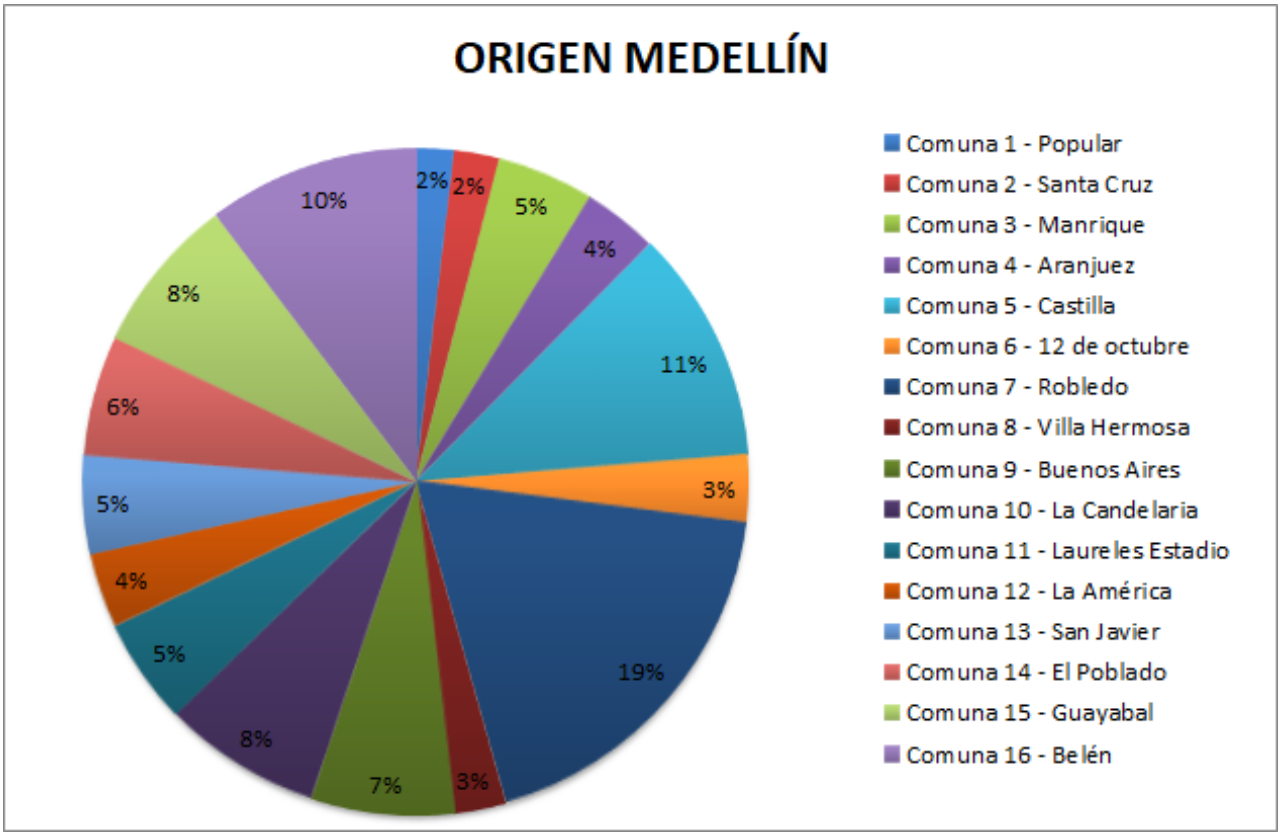
Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Origen de los desplazamientos municipio de Medellín.

El mayor número de desplazamientos hacia el campus universitario surge en la comuna 7 - Robledo con el 18,6 % de los orígenes dentro de Medellín, seguido de la comuna 5 - Castilla con el 11%, y la comuna 16 - Belén con el 10%.

Dicho resultado muestra que la mayor parte de los encuestados reside o trabaja en la comuna 7 de Medellín.

Grafica 9. Origen de los desplazamientos en Medellín.

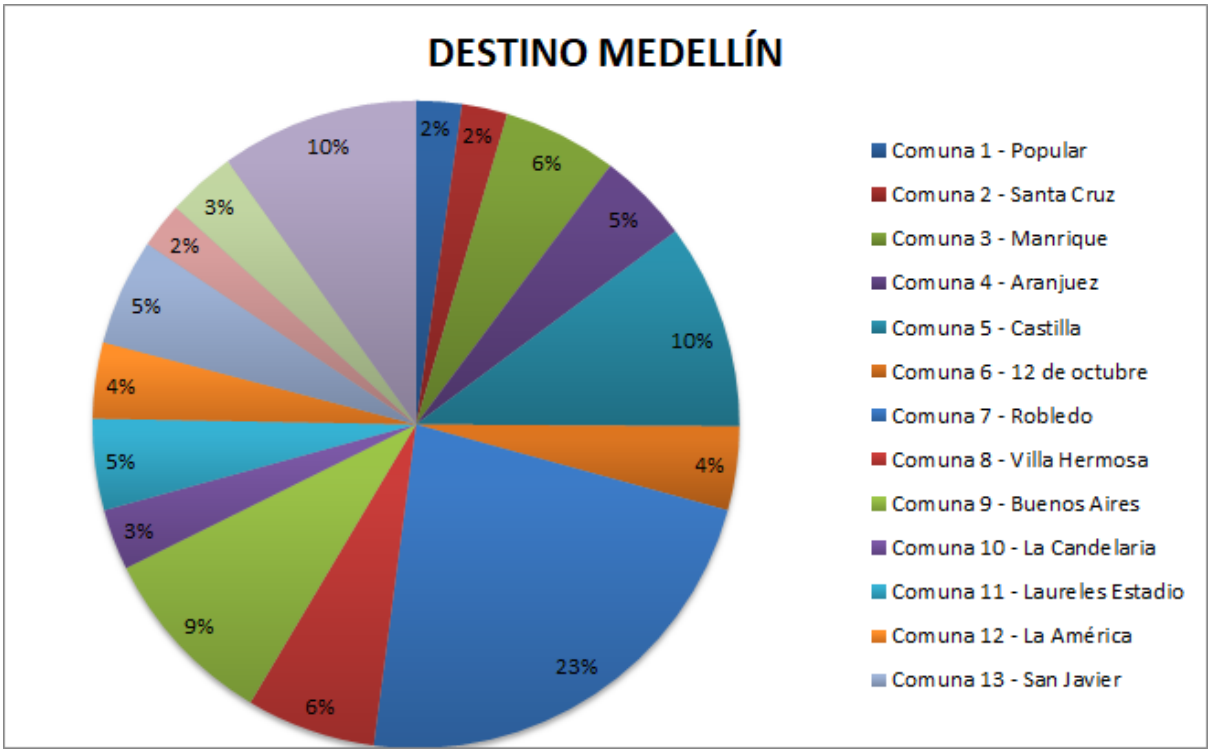


Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo

Destino de los desplazamientos municipio de Medellín.

El mayor número de desplazamientos que se originan desde el campus universitario tienen como destino la comuna 7 - Robledo con el 23 %, reafirmando que la gran parte de los encuestados tienen su lugar de residencia o trabajo en dicha comuna. También sobresale la comuna 5 - Castilla y la comuna 16 - Belén con el 10% cada una.

Grafica 10. Destino de los desplazamientos en Medellín.

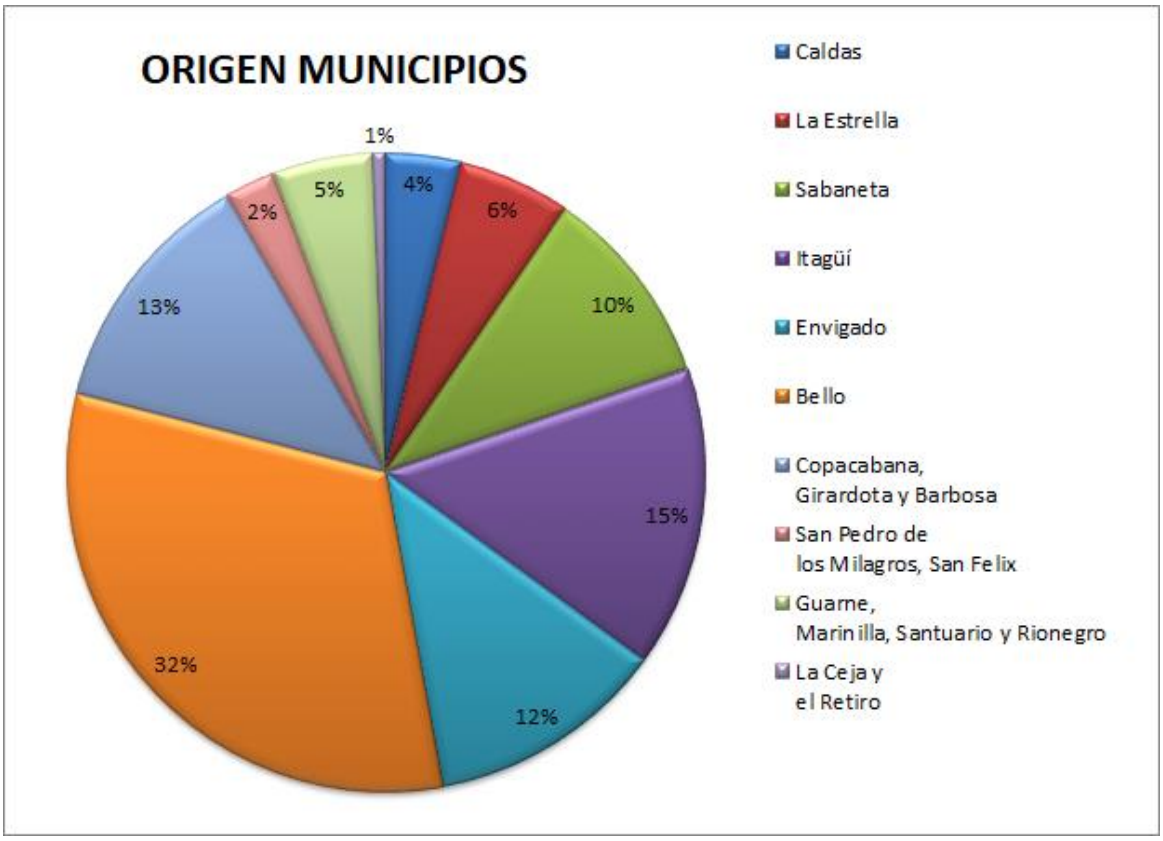


Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Origen de los desplazamientos en otros municipios.

Adicional al municipio de Medellín como lugar de origen se tuvieron en cuenta algunos municipios aledaños como: Guarne, Marinilla, Santuario, Rionegro, La Ceja, El Retiro, San Pedro de los Milagros, San Félix y los municipios que componen el área metropolitana, siendo Bello e Itagüí los municipios con el mayor porcentaje de desplazamiento hacia el campus Robledo con un 32% y un 15% respectivamente.

Grafica 11. Origen de los desplazamientos en otros municipios.



Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Destino de los desplazamientos en otros municipios.

También para el destino se tuvieron en cuenta los municipios aledaños al municipio de Medellín, donde Bello fue el que presentó el mayor porcentaje de atracción de desplazamientos de la comunidad educativa con un 32% del total de las personas que se desplazan hacia los municipios, seguido del municipio de Itagüí con un 19%.

Grafica 12. Destino de los desplazamientos en otros municipios.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta de movilidad aplicada a la comunidad educativa del Campus Robledo.

Caracterización de los vehículos que ingresan al campus universitario

Durante dos días se llevó a cabo en el campus un aforo vehicular el cual arrojo como resultados los siguientes datos:

Tabla 6. Aforo vehicular campus Robledo ITM

VEHICULOS				
Fecha	**Promedio <2000**	**Promedio > 2000**	**Promedio de todos los cilindrajes**	**Total de vehículos**
Día 1	1403,43	2311,54	1509,78	222
Día 2	1428,82	2291,3	1530,3	198

Tabla 7. Aforo vehicular campus Robledo ITM

MOTOS	
Fecha	**unidades**
Día 1	1282
Día 2	1306

Fuente: Construcción propia

No hay muchas diferencias de un día con respecto al otro, con respecto a las motos es lo mismo no hay muchas motos de alto cilindrare escasamente 10 motos que sobrepasan los 250 cc el resto de motos oscila entre 125 y 200 cc.

Fase 2.Cálculos

Los datos provistos por la base de datos del inventario de emisiones atmosféricas del valle de Aburrá 2016 provee los siguientes factores de emisión.

Tabla 8. Factores de emisión para transporte

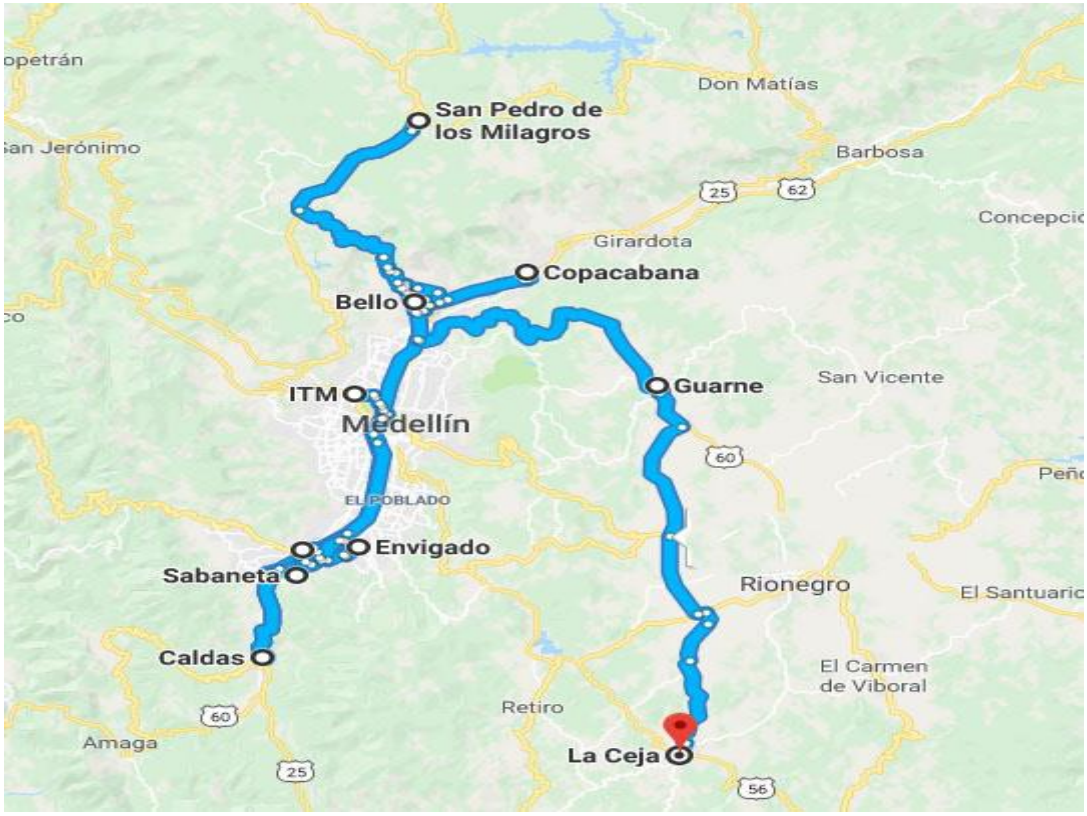
Fuente Vehicular	Gramos CO_2 por KM recorrido
Buses por pasajero	254,9
Automóviles particulares	204,8
Motos hasta 200 cc promedio	67,6
Taxi	140

Fuente: Tomado de "Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburra base 2016. Convenio 583 de 2017."

Las rutas calculadas se consideran de acuerdo a lo especificado por la muestra aleatoria en las encuestas, las distancias en dichas rutas se calcula con base a los datos que suministra Google Maps, partiendo de un origen en Medellín u otro municipio, con destino final ITM, tal calculo aplica de igual manera para el retorno al punto de origen. Se considera dos subgrupos

de rutas, el primero incluye todos los desplazamientos de miembros de la comunidad ITM desde sus municipios de origen hacia el ITM en Medellín y se desagrega de acuerdo a tipo de tecnología vehicular utilizada.

Mapa 2 Ubicación de los municipios de origen y destino de la comunidad (grafica ilustrativa).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps.

Tabla 9. Comunidad ITM desagregada de acuerdo a origen y destino desde localidades municipales y uso de tecnología vehicular.

Municipios	Bus	Taxi	Uber	Particular	Moto	Totales
Caldas	4			1	1	6
Envigado	15			4	7	26
La estrella	5				4	9

Sabaneta	7			2	8	17
Itagüí	9	1		5	10	25
Bello	25	4	1	3	20	53
Copacabana	10	1		3	7	21
San Pedro/San Felix	2				2	4
Guarne	4			2	3	9
La ceja					1	1
Totales	81	6	1	20	63	171

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta

Tabla 10. Calculo distancias intermunicipal (promedio municipio a centro de Medellín más distancia centro de Medellín ITM

	Distancia a	Distancia		Km totales			
	Medellín	Centro ITM	Municipio Medellín	Km bus	Km en Taxi	Km motos	Km en particular
Caldas	19	6,6	25,6	102,4		25,6	25,6
Envigado	10,3	6,6	16,9	253,5		118,3	67,6
La estrella	21,1	6,6	27,7	138,5		110,8	
Sabaneta	13,3	6,6	19,9	139,3		159,2	39,8
Itagüí	11,6	6,6	18,2	163,8	18,2	182	91
Bello	13,5	6,6	20,1	502,5	80,4	402	60,3
Copacabana	19,1	6,6	25,7	257	25,7	179,9	77,1

San pedro San Felix	35,8	6,6	42,4	84,8		84,8	
Guarne	33,3	6,6	39,9	159,6		119,7	79,8
La Ceja	43,3	6,6	49,9	0		49,9	
El retiro	32,9	6,6	39,5	0		0	
			325,8	1801,4	124,3	1432,2	441,2

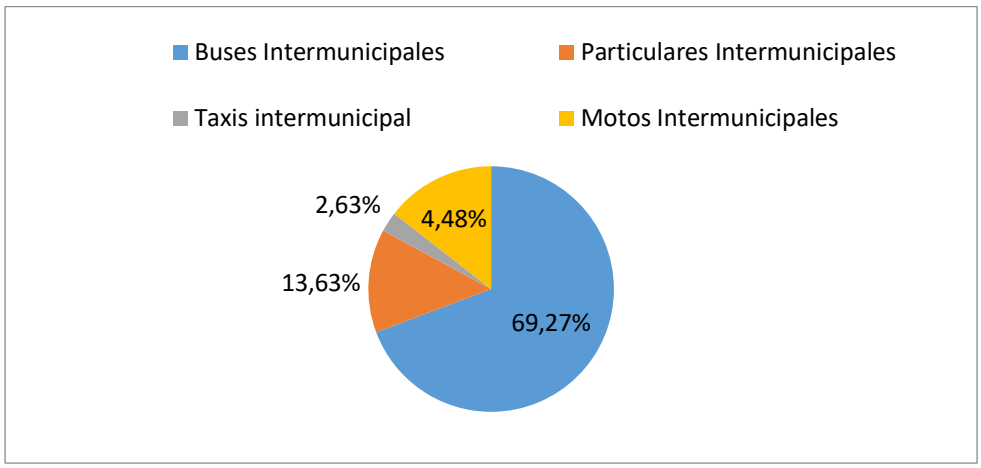
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps.

Tabla 11. CO_2 generado por el uso de tecnologías vehiculares desde municipios

Fuente Vehicular	Distancias estimadas KM	CO_2 por km	CO_2 Producido ida y vuelta	Porcentaje
Buses Intermunicipales	1801,4	0,2549	918,35	69,27
Particulares Intermunicipales	441,2	0,2048	180,72	13,63
Taxis intermunicipal	124,3	0,14	34,80	2,63
Motos Intermunicipales	1432,2	0,067	191,91	14,48
	3799,1		1325,79	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Grafica 13. Distribución porcentual CO_2 generado de acuerdo tecnología Vehicular rutas Municipios ITM.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Grupo 2. Desplazamiento desde comunas de Medellín hacia y desde ITM Robledo, para el cálculo de distancias municipios a Medellín:

Tabla 12 Comunidad ITM desagregada de acuerdo a origen y destino desde Comunas Medellín y uso de tecnología vehicular

Localidad	Bus	Taxi	Particular	Moto	A pie
Comuna 1 - Popular	3			1	
Comuna 2 - Santa Cruz	3				
Comuna 3 - Manrique	8			2	
Comuna 4 - Aranjuez	7			1	
Comuna 5 - Castilla	17			3	
Comuna 6 - 12 de octubre	6			1	
Comuna 7 - Robledo	20	3	14	7	6
Comuna 8 - Villa Hermosa	10			5	
Comuna 9 - Buenos Aires	10				

Comuna 10 - La Candelaria	6				
Comuna 11 - Laureles Estadio	2		4	4	
Comuna 12 - La América	6			4	
Comuna 13 - San Javier	8		2	2	
Comuna 14 - El Poblado			5		
Comuna 15 - Guayabal	4			3	
Comuna 16 - Belén	14		6	3	
	124	3	31	36	6

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta

Tabla 13. Calculo distancias Medellín (promedio Comuna al centro de Medellín más distancia centro de Medellín ITM)

Localidad	Distancias	Bus	Taxi	Particular	Moto
Comuna 1 - Popular	15,3	45,9	0	0	15,3
Comuna 2 - Santa Cruz	11,1	33,3	0	0	0
Comuna 3 - Manrique	9,5	76	0	0	19
Comuna 4 - Aranjuez	11,1	77,7	0	0	11,1
Comuna 5 - Castilla	7,2	122,4	0	0	21,6
Comuna 6 - 12 de octubre	7,9	47,4	0	0	7,9
Comuna 7 - Robledo	4	80	12	56	28
Comuna 8 - Villa Hermosa	10	100	0	0	50
Comuna 9 - Buenos Aires	10,5	105	0	0	0

Comuna 10 - La Candelaria	7,5	45	0	0	0
Comuna 11 - Laureles Estadio	6,6	13,2	0	26,4	26,4
Comuna 12 - La América	7,1	42,6	0	0	28,4
Comuna 13 - San Javier	9,3	74,4	0	18,6	18,6
Comuna 14 - El Poblado	13,9	0	0	69,5	0
Comuna 15 - Guayabal	13,5	54	0	0	40,5
Comuna 16 - Belén	11	154	0	66	33
		1070,9	12	248,5	299,8

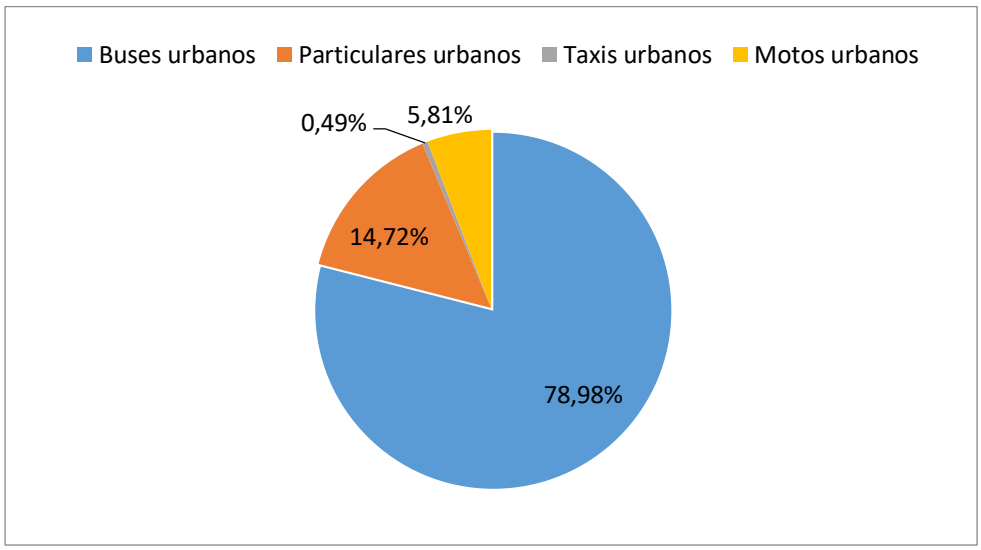
Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta

Tabla 14. Emisiones de CO_2 por desplazamiento desde y hacia ITM Robledo. Tecnología vehicular Contexto Urbano.

Fuente Vehicular	Distancias estimadas KM	Kg CO_2 por km	Kg CO_2 Producido ida y vuelta	Porcentaje
Buses urbanos	1070,90	0,2549	545,94	78,98
Particulares urbanos	248,50	0,2048	101,79	14,72
Taxis urbanos	12,00	0,14	3,36	0,49
Motos urbanos	299,80	0,067	40,17	5,81
	1631,20	-	691,26	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Grafica 14. Distribución porcentual CO_2 generado de acuerdo tecnología Vehicular rutas Medellín ITM.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Estimación del promedio de CO_2 total generada por motivo de uso tecnología vehicular comunidad ITM Robledo

Tabla 15. CO_2 total producido por grupos (comunas y municipios)

	Kg CO_2 total	Promedios en Kg
Grupo 1 (Municipios)	1325,79	7,75 por grupo
Grupo 2 (Urbanos)	691,26	3,46 por grupo
Total	2017,05	5,44 por persona

Estimación de Kg CO_2 (fuentes móviles) producido por la muestra	2017,05
Estimación de promedio de Kg CO_2 (fuentes móviles) producido por la muestra, por unidad.	5,44
Estimación de Kg CO_2 (fuentes móviles) de la comunidad ITM (10899 miembros)	59255,65

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Pasos de la estimación

Formula general contaminación CO_2 utilizada. Los datos aportados por el inventario de emisiones atmosféricas del valle de aburrá año 2016 se encuentran en gramos por km/pasajero, a tal dato lo llamaremos factor (F). Ahora, se consideran en forma separada dos grupos de rutas. Grupo 1 distancias intermunicipales, grupo 2 distancias interurbanas. Con ambos grupos se realiza el mismo procedimiento.

Se identifica la distancia recorrida del sitio de origen al centro de Medellín (DMC), SE SUMA la distancia centro Medellín al ITM(DCI), se multiplica, este resultado por el número de estudiantes que usan una determinada tecnología (NeT), se multiplica por el factor (F) y el resultado se multiplica por dos considerando que es ida y regreso.

Formula General

De esta manera se calcula la contaminación por CO_2 que produce determinado número de estudiantes viajando desde determinado origen, y determinada tecnología vehicular.

Emisión de CO_2 = (((DMC + DCI)*(NeT)))*F)*2

La suma de todas las rutas intermunicipales de acuerdo al número de estudiantes que la usan y al tipo de tecnología vehicular, da la suma total de contaminación por CO_2 desde los municipios, el mismo procedimiento se aplica en las rutas interurbanas.

La suma de CO_2 producido por interurbanas e intermunicipales da la suma de CO_2 producida por la muestra que se divide en el tamaño de la muestra (371), da una estimación de la media producida por el miembro de la comunidad del ITM considerando que la muestra sea aleatoria y sin sesgo.

Esta media se multiplica por el número de la población academia ITM, y el resultado es una estimación del CO_2 producido por los la comunidad del ITM.

Fórmula para hallar la media es:

$$\boldsymbol{Media}\ (\boldsymbol{X}) = \overline{\boldsymbol{X}} = \frac{\sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{X_i}}{\boldsymbol{N}}$$

Siendo (X1, X2,…, XN) el conjunto de observaciones.

Factores de emisión

En cuanto a los factores debemos considerar proceden de fuentes fiables, se basan en los datos del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá de 2016, que han sido discutidos por la comunidad académica del tema. Por ejemplo, la cantidad de CO_2 emitido por un coche también está influido por los siguientes factores: el tamaño del motor y el peso del vehículo, los motores y vehículos más grandes emiten más CO_2.

- El tipo de combustible utilizado y su eficiencia
- Los años del vehículo, uno más viejo emitirá más CO_2
- El mantenimiento del vehículo
- La ocupación del medio, entre más ocupado menor el índice de contaminación por pasajero.
- La manera de conducir

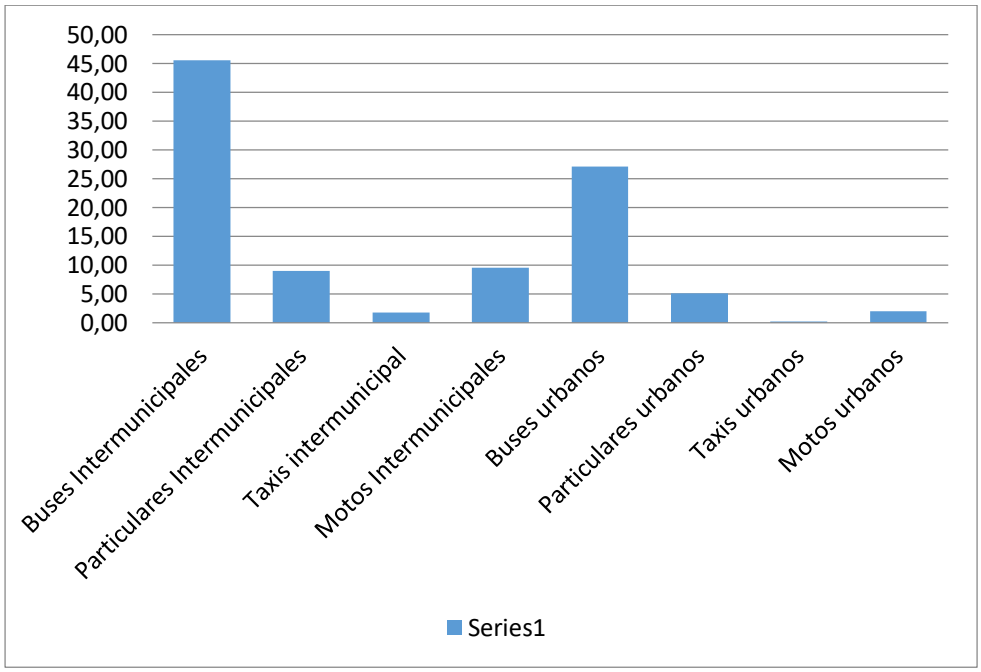
Los multiplicadores presuponen un promedio determinado de pasajeros en cada medio de transporte. Este promedio, llamado "carga media de pasajeros", podría ser bastante diferente de la carga real de pasajeros en cada situación local. Cada país tiene sus propios sistemas de transporte y sus propias leyes para luchar contra la contaminación, lo cual también podría tener un efecto sobre la estimación. Lo mejor sería crear un cálculo que tuviese en cuenta todas estas variables, pero no disponemos de todos los datos necesarios, para así obtener una estimación más detallada y precisa. Un cálculo como éste sería muy complejo y llevaría un gran periodo de tiempo.

La ruta metodológica para hallar la huella de carbono, haciendo empleo de lo anteriormente señalado, podría describirse más ilustrativamente como el cálculo de distancias por la estimación de generación de huella de carbono de determinada tecnología vehicular, dispuesta por las fuentes de información que ya se ha mencionado

Capítulo 3. Huella de carbono del sector transporte en el ITM y su traducción a hectáreas necesarias para captura de CO_2 Huella Ecológica

Tras la implementación de la ruta metodológica, se determinó que la emisión de gases de efecto invernadero del sector transporte, por parte de la comunidad académica del ITM presenta los siguientes porcentajes por medio de transporte y relación origen-destino.

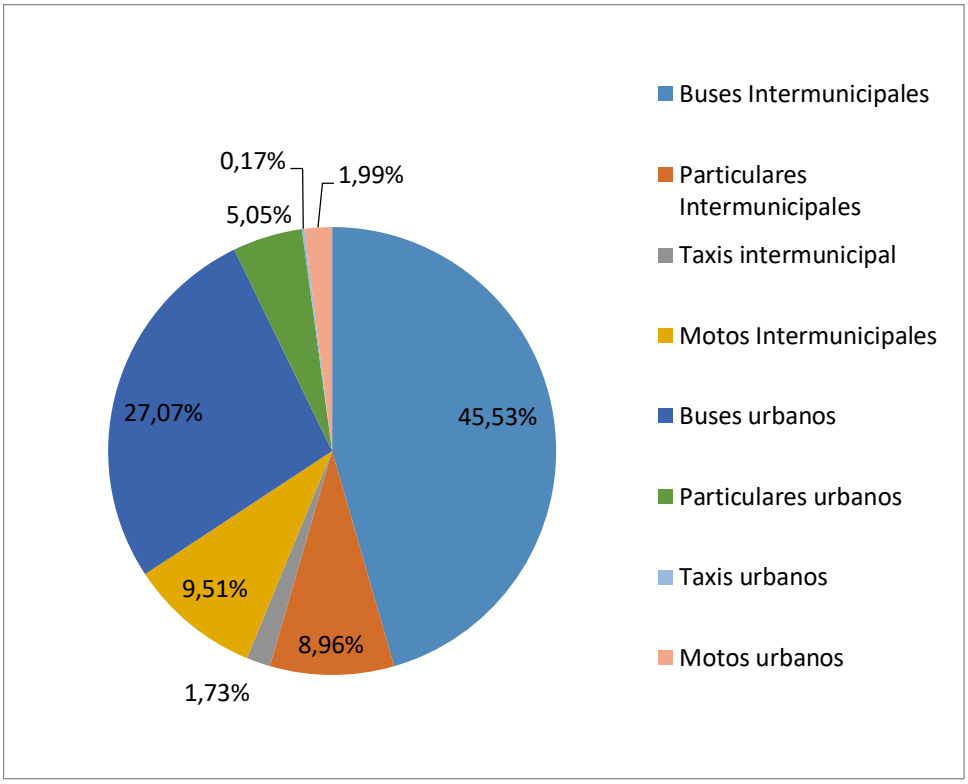
Grafica 15. Contaminación generada por CO_2 Desplazamiento desde y hacia ITM Robledo.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Si bien el trasporte público es algo más que el 41% del uso por parte de la comunidad, el uso de vehículos particulares ocupa cerca del 58% como medio de trasporte, lo que sugiere el alto impacto que tendría las políticas de promoción del trasporte público y de la bicicleta.

Grafica 16. Porcentajes uso de las distintas fuentes móviles de acuerdo a Localidad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Resultados

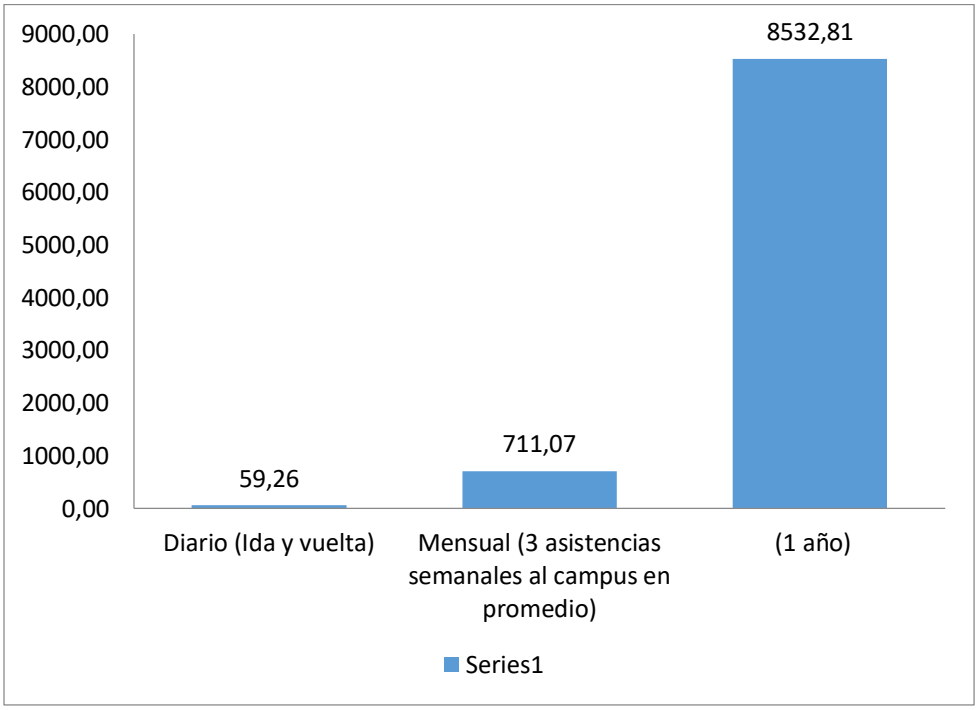
Los datos obtenidos sobre las estimaciones finales por día, mes y semestre en toneladas de CO_2 son las siguientes:

Tabla 16. Estimaciones de CO_2 por periodo de tiempo (de la totalidad de la población de la muestra).

	Kg	Tonelada
Diario (Ida y vuelta)	59255,65	59,26
Mensual (3 asistencias semanales al campus en promedio)	711067,80	711,07
(1 año)	8532813,56	8532,81

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de emisión

Grafica 17. Estimaciones de CO_2 en toneladas por periodo de tiempo



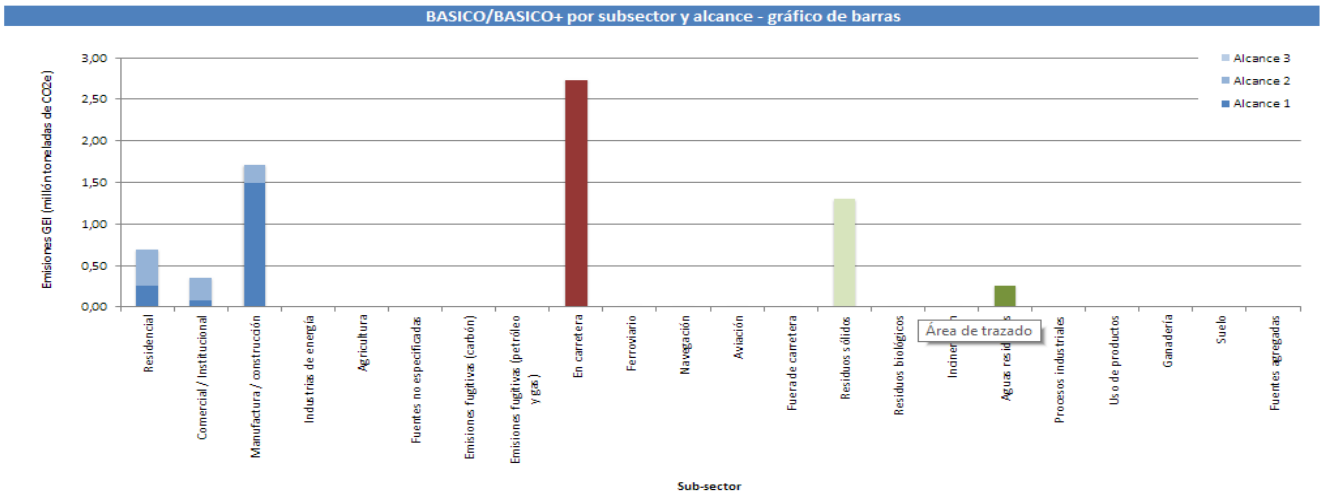
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Maps y los factores de Emisión

Aporte del ITM sede robledo a las emisiones en el territorio

Cuando hablamos de gases de efecto invernadero (GEI) nos referimos a CO_2 equivalente (CO_2 eq), que incluye los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), hidrofluorocarburos (HFC), óxido de nitrógeno (N_2O), perfluorocarburos (PFC), metano (CH_4), y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Si bien diversos estudios hablan de contaminación y partículas contaminantes, no toda la contaminación, aunque sea peligrosa para la salud pública se considera responsable del efecto invernadero.

Grafica 18. El trasporte vehicular en el 2015 principal causante de generación de CO_2,

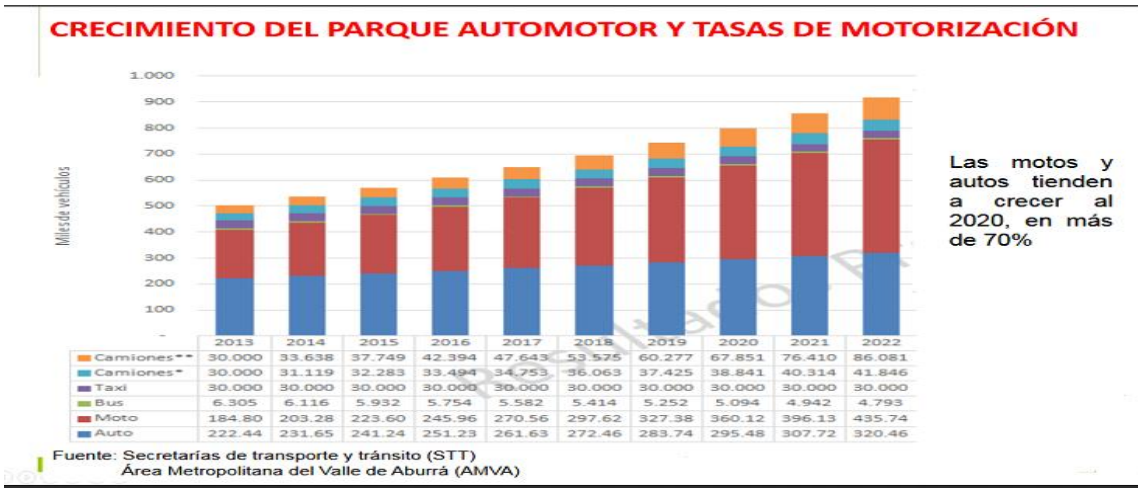


Fuente: Inventario de emisiones 2015 Valle de Aburrá presentado por CIRIS

De acuerdo con el reporte, presentado por el alcalde de Medellín Federico Gutiérrez, el Área Metropolitana, ha aumentado su parque automotor en un 200 por ciento en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2015. A su vez se concluye que el 80 por ciento de la contaminación en la ciudad, es consecuencia de la emisión de gases del parque automotor (Vega, 2017)

El reporte concluye que la movilidad de la ciudad debe transformarse, ya que la prospectiva sobre crecimiento del parque automotor en el valle de aburra permite prever que la situación tendera a agravarse.

Grafica 19. Crecimiento del parque automotor y tasas de motorización



	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Camiones**	30.000	33.638	37.749	42.394	47.643	53.575	60.277	67.851	76.410	86.081
Camiones*	30.000	31.119	32.283	33.494	34.753	36.063	37.425	38.841	40.314	41.846
Taxi	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Bus	6.305	6.116	5.932	5.754	5.582	5.414	5.252	5.094	4.942	4.793
Moto	184.80	203.28	223.60	245.96	270.56	297.62	327.38	360.12	396.13	435.74
Auto	222.44	231.65	241.24	251.23	261.63	272.46	283.74	295.48	307.72	320.46

Fuente: Tomado de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)

En nuestro caso de una población en mayor proporción estudiantil, el bus aparece como el principal componente de la contaminación por CO_2, pero la mayor disposición de motocicletas y automóviles aproxima esta tecnología. Cabría esperar que con el aumento del parque automotor tal tendencia continúe incluso podrían ser en un futuro próximo las principales fuentes vehiculares de CO_2.

De otra parte, el informe CIRIS calcula una emisión per cápita de CO_2, en 1,9 toneladas al año incluyendo otros factores contaminantes distintos al vehicular, si consideramos el reporte de la alcaldía de Medellín, el 80 % de los 1,9 toneladas percápita de CO_2 sería el 1,52 toneladas de producción por uso de tecnología vehicular aproximado. Nuestro trabajo encontró entonces que la huella de carbono percápita producto de la movilidad de los miembros de la institución universitaria asciende a 0,78 ton al año, siendo más baja que la encontrada en el inventario de emisiones de GEI desarrollado por la alcaldía de Medellín. Aunque existen diversos limites en nuestro trabajo, como que solo consideramos uso de tecnología vehicular motores de gasolina a 4 tiempos. El hecho de que la comunidad del ITM utiliza en forma intensiva tecnologías vehiculares al menos 3 veces a la semana, no debe ser muy distinta a la de otras comunidades educativas. De tal forma que pudiese ser viable una solución de conjunto para la emisión de CO_2 producto del uso de tecnología vehiculares para estudiantes, sobre todo para ese subgrupo que se desplaza desde municipios aledaños a Medellín.

También se debe considerar que las rutas de buses realizan más paradas y arranques que otras tecnologías vehiculares, lo que agrava la emisión de gases. A medida que aumenta el parque automotor la movilidad se ve afectada en los tiempos de desplazamiento dado el atraso en la modernización y ampliación de la malla vial.

El Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín es una institución educativa comprometida con la cualificación de la sociedad, y además de ello no es ajena a las problemáticas medioambientales que aquejan a nuestra ciudad, la emisión de gases de efecto invernadero atentan no solamente contra los ecosistemas ambientales, sino que afecta directamente la salud humana, es por esto que el ITM ha venido implementando diferentes directrices para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Calculo de la huella ecológica por movilidad en el ITM sede Robledo

Dado que las instalaciones físicas de la sede Robledo de la institución educativa ITM no cuentan con una fracción de zona verde considerable, para este estudio se asume una biocapacidad de absorción de carbono de dicha institución igual a cero.

Según el sistema de clasificación de bosques de Holdridge, Medellín cuenta con un bosque húmedo pre montano tropical, esto teniendo en cuenta medidas de precipitación, temperatura y evapotranspiración. (Espinal T., L. 1985) A partir de esta información, y con base en los hallazgos de (Torres J, Mena V, & Álvarez E. 2017), quienes determinaron que la tasa de fijación de carbono promedio en los bosques tropicales colombianos es de 1,9 ton de CO_2 por hectárea al año. Podemos determinar que el área necesaria para la captura de las 8532,81 toneladas de carbono emitidas producto de la movilidad en el ITM sede Robledo, es de 4490,95 ha, lo que representa el objetivo principal de este estudio, el determinar la huella ecológica producto de la movilidad.

Conclusiones

El sector trasporte es un elemento fundamental para el desarrollo económico de un país, pues moviliza las materias primas para convertir en mercancías para el mercado, de manera semejante sucede con las personas, pues cada individuo busca medios de locomoción para realizar sus actividades laborales, personales o cotidianas, haciendo uso de diferentes medios de transporte que para el caso de los habitantes del Valle de Aburra frecuentemente funcionan a partir de combustibles fósiles.

La huella de carbono de la institución en el año 2017 fue de 8532,81 toneladas lo cual equivale a que por persona emite 0,78 toneladas al año provenientes de su desplazamiento mientras que en el valle de aburra el CO_2 equivalente fueron 1,52 ton percápita

Las emisiones totales de CO_2 generadas por movilidad de la institución en 2017 fueron 8532,81 toneladas al año, mientras que las del Valle de Aburrá en el año 2016 fueron 1742506 toneladas (Área Metropolitana del valle de Aburrá - UPB 2017), lo cual indica que asumiendo que la variación anual es poca en cuanto a emisiones totales, la universidad estaría aportando en un 0,49% a las emisiones totales de CO_2 de la región.

El resultado de la investigación muestra que la universidad necesita una extensión de 4490,95 ha de bosques para asimilar las emisiones de CO_2 producidas producto de la movilidad en la sede Robledo de la Institución Educativa. Dado que las instalaciones físicas de la sede Robledo de la institución educativa ITM no cuentan con una fracción de zona verde considerable, para este estudio se asume una biocapacidad de absorción de carbono de dicha institución igual a cero. Sin embargo, la institución cuenta con unas especies arbóreas que prestan otra clase de servicio ecosistémico

Según el diagnóstico y la muestra que se obtuvo el modo de transporte que más emplea la comunidad universitaria es el bus, seguido de la moto y de estos dos modos el que más aporta a las emisiones de CO_2 es el bus con aproximadamente un 70% del total de las emisiones producidas. También se encontró que son menos las personas que viajan desde otros municipios sin embargo estas generan más emisiones con respecto a los que viajan desde las comunas del municipio de Medellín esto debido a la cantidad de kilómetros que les toca recorrer.

No se realiza un análisis de ciclo de vida completo para el cálculo de la huella ecológica por movilidad dada la complejidad de la industria automotriz, se decide trabajar con las emisiones directas por movilidad teniendo en cuenta que la fase del ciclo de vida de los vehículos que más impacto tiene es la fase de su uso.

Los factores de emisión que se emplearon fueron del Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburra base 2016 que son estimaciones específicas a la realidad nacional, estos factores de emisión tiene en cuenta el rendimiento del combustible que empeora a medida que el vehículo envejece.

La comunidad académica del ITM no es la excepción, como se ha podido ver en la investigación se emplean automóviles, motocicletas, y medios de carácter público, que guardando las proporciones contribuyen a la problemática del efecto invernadero por la emisión de gases. La generación de gases de efecto invernadero por el sector trasporte genera un deterioro en la salud y la calidad de vida de las personas, también del medio ambiente, razón por la cual tanto instituciones del sector público como del privado han implementado una serie de medidas que propenden hacia la sostenibilidad ambiental con la reducción de estos gases en el sector trasporte.

En el ITM circula un gran volumen de medios de transporte que emplean combustibles fósiles, en los cuales se transportan los miembros de la comunidad universitaria y también visitantes o proveedores de elementos que se requieren en la Universidad; todas estas personas generan gases de efecto invernadero que si se miran desde el individuo parecieran ser irrelevantes, sin embargo al considerarse el conjunto de la población, las diferentes rutas que toman, la frecuencia con que realizan los viajes a la institución, entre otras características, se consigue dimensionar la creciente problemática que se está dando. Con la emisión de gases de efecto invernadero tanto por la combustión del combustible, el uso de aire acondicionado en los vehículos, las condiciones mecánicas, etcétera, se está generando un excedente de GEI que se suman a la problemática, del calentamiento global lo cual eventualmente repercutirá negativamente sobre las personas y el medioambiente.

El ITM consciente de la problemática que aqueja nuestra sociedad ha formulado el manual de gestión ambiental para la institución, comprometiendo tanto el cuerpo administrativo, docente y estudiantil para la reducción de las emisiones; sin embargo podemos constatar en el estudio que la problemática se mantiene en altos niveles para la población académica. Las emisiones de gases de efecto invernadero del sector trasporte en la institución podrán dar lugar a afectaciones negativas no sólo en los miembros de la comunidad académica, sino también al conjunto de la sociedad, por lo cual resulta importante fortalecer los mecanismos ya implementados, y formular nuevos que vengan a solventar las problemáticas que se van presentando con el paso del tiempo y los nuevos contextos inherentes a ello.

Las autoridades territoriales y la academia han desarrollado diferentes estrategias e instrumentos para la conservación y reparación del medio ambiente, sin embargo las causas estructurales asociadas con los problemas de movilidad y del sistema de producción de bienes y servicios ha permanecido intacto, dando como resultado unas iniciativas formalmente pertinentes, pero que al momento de su implementación presentan graves inconvenientes, y además de ello no consiguen transformar la causa original del problema.

Este trabajo representa un insumo inicial para futuras investigaciones, en donde desde el análisis tripartito, academia, estado, empresa, se logre aportar a la determinación de la huella ecológica completa por la movilidad en la ciudad y en las instituciones.

Recomendaciones

Resulta pertinente señalar el compromiso que asumió la institución educativa con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, se recomienda implementar acciones como las siguientes:

- Se ha de adelantar trabajos interinstitucionales que promuevan el trasporte por medio de vehículos amigables con el medio ambiente, o que por lo menos presente en una menor emisión de gases.
- Socializar con la comunidad universitaria los estudios sobre los efectos de la emisión de gases de efecto invernadero del sector transporte del ITM, esto con el fin de iniciar procesos de sensibilización con respecto al uso adecuado del transporte y la responsabilidad individual.
- Adelantar planes y programas de promoción del uso de la bicicleta por parte de los miembros de la comunidad académica, incluso considerando su estimulación con actividades lúdicas y recreativas
- Uno de los aspectos que genera mayores índices de emisión de gases de efecto invernadero en el sector transporte, son las malas condiciones físicas de los vehículos, ante lo cual la institución educativa podrá adelantar campañas de concientización para la promoción del mantenimiento en mejores condiciones de los vehículos, tanto de la institución, como de los miembros de la comunidad educativa. En el caso de los vehículos de la institución, se ha de mantener un constante mantenimiento para reducir la emisión de gases e incluso hacer un uso racional de los recursos económicos de la Universidad; Otra acción que puede implementar la comunidad educativa y la institución en sí, es la reducción del uso del aire acondicionado en vehículos, e incluso las instalaciones.
- Implementar programas de cultura ambiental y sostenibilidad a manera de cátedras libres para la constitución de una nueva concepción medioambiental en torno a esta problemática en los miembros de la comunidad educativa.
- Hacer alianzas interinstitucionales con el sector público y privado que faciliten medios de trasporte sostenible y/o colectivos para reducir la huella de carbono
- Implementar el día sin carro y motocicleta en la institución por dos días al mes

- levantar un diagnóstico de las especies arbóreas que se encuentran dentro de los polígonos de la institución y estimar las captaciones de CO_2 con el fin de identificar en cuanto se está mitigando las emisiones provenientes por efecto de la movilidad de la comunidad universitaria.
- Promover el uso de biocombustibles como complementos y en la medida de las posibilidades sustitutos, de los combustibles fósiles, en los medios de transporte de la comunidad universitaria.
- La Universidad podrá considerar la posibilidad de dictar algunas asignaturas y cátedras por los medios que permiten las tecnologías, particularmente el Internet, de manera que no todas las actividades curriculares requieran el desplazamiento de los estudiantes y los docentes hacia la institución.
- Asociaciones con instituciones educativas vecinas con el fin de generar rutas eficientes de conexión al metro o demás puntos de acceso a transporte público masivo.

Anexo A. Encuesta de Movilidad ITM-Campus Robledo

Encuesta de Movilidad ITM-Campus Robledo

La presente encuesta tiene como fin promover soluciones a la movilidad de la comunidad educativa del Campus Robledo en la Institución Universitaria ITM. Este estudio es una iniciativa de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, la Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas y la maestría en Desarrollo Sostenible del ITM.

*Obligatorio

1. Vínculo con la institución Universitaria.

	Administrativo	Docente	Estudiante de pregrado	Estudiante de posgrado
ITM	○	○	○	○

2. Género

○ Femenino

○ Masculino

3. Indique los días y el número de veces que ingresa al Campus Universitario Robledo.

	Una vez	Dos veces	Más de dos
Lunes	○	○	○
Martes	○	○	○
Miércoles	○	○	○
Jueves	○	○	○
Viernes	○	○	○
Sábado	○	○	○

4. Indique la dirección de su hogar y municipio.

Carrera:

Tu respuesta

Calle:

Tu respuesta

Municipio: *

Elige

5. Seleccione los medios de transporte más usados para su desplazamiento hacia/desde el Campus Universitario Robledo. *

- [ ] Transporte público urbano
- [ ] Transporte público interurbano
- [ ] Vehículo particular, conductor
- [ ] Vehículo particular, acompañante
- [ ] Sistema Metro
- [ ] Moto
- [ ] Taxi
- [ ] Bicicleta
- [ ] A pie
- [ ] Uber
- [ ] Transporte informal

6. Seleccione el tiempo aproximado de viaje. *

	0-20 min	21-40 min	41-60 min	Más de 60 min
Hacia el Campus	○	○	○	○
Desde el Campus	○	○	○	○

7. Seleccione las razones por las cuáles usted escoge su medio de transporte para desplazarse hacia/desde el ITM Campus Robledo. *

- [ ] Menor costo
- [ ] Menor tiempo
- [ ] Menor riesgo personal
- [ ] Mayor comodidad
- [ ] Único medio de transporte disponible
- [ ] Menor impacto ambiental

8. Qué modalidades de transporte le gustaría poder usar en un futuro para llegar y/o salir del ITM sede Robledo? *

- [ ] Sistema metro
- [ ] Bicicleta
- [ ] A pie
- [ ] Automóvil, conductor
- [ ] Automóvil, acompañante
- [ ] Moto
- [ ] Vehículo eléctrico (auto, bici, moto)
- [ ] Ruta institucional
- [ ] Evitar en lo posible desplazarse, trabajando o estudiando desde su casa

9. Seleccione los lugares de trabajo o residencia desde los cuáles usted se desplaza habitualmente hacia y desde el ITM sede Robledo (origen y destino). Responda la pregunta 9A para comunas de Medellín o 9B en caso de trabajar o residir en otros municipios. Puede combinarlas en caso de ser necesario.

9A. Comunas de Medellín.

Origen

Elige

Destino

Elige

9B. Otros municipios.

Origen

Elige

Destino

Elige

Página 1 de 1

ENVIAR

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo Metropolitano Numero 25 (2007). Área Metropolitana del Valle de Aburra

Área Metropolitana del Valle de Aburra. – UPB (2017). Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburra base 2016. Convenio 583 de 2017.

Área Metropolitana del Valle de Aburra. (2018). Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire PIGECA. Medellín: AMVA.

Arroyave Suárez, L. J. (2017). Huella de carbono en el Valle de Aburra. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. Ecosistemas, Numero 02.

Atehortúa, D. C. (26 de febrero de 2017). Pico y placa crece en universidades de Medellín. El Tiempo.

Ávila Suárez, T. S. (2014). Principios, derechos y pasivos ambientales: Un estudio de caso sobre contaminación por residuos peligrosos en Bogotá D.C. (Colombia). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ballester, F., Tanias, M., & Pérez, S. (1999). Efectos contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. Revista española de salud pública, Numero 2 Marzo abril.

Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. Ideam. Recuperado a partir de www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf

Burbano, A. M. (2014). La movilidad de la mujer en el espacio público: Inequidades espaciales. Papeles de coyuntura (38), 59-65.

Cantillo, V., & Ortuzar, J. d. (2009). Restricción vehicular según número de patente réquiem para una política errónea. Revista Ingeniería de Sistemas (26), 7-22.

Carballo P. (2008). Utilidad de la huella ecológica y el carbono en el ámbito de la responsabilidad social y corporativa (RSC) y el ecoetiquetado de bienes y servicios.

Castillo, R. M. (2008). Educación y huella ecológica. Revista Electrónica" Actualidades Investigativas en Educación", 8(1), 1-28.

Centro para la innovación, consultoría y empresarismo. (2017). Informe Anual 2017 Calidad del Aire del Valle de Aburra. Medellín: Eafit.

CEPAL. (08 de noviembre de 2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/18/S1700334_es.pdf

CONPES 3344, Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire (2005).

CONPES 3700 (2011). El Consejo Nacional de Política Económica y Social

CONPES 3918. (2018). Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf

CONPES 3934. (12 de Noviembre de 2018). Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf

Correa, P. (03 de Noviembre de 2016). En 20 años Colombia aumentó en un 15% sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero. El Espectador, págs. https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/20-anos-colombia-aumento-un-15-sus-emisiones-de-gases-d-articulo-663749.

Dinero. (02 de Febrero de 2017). Las ventas de carros marcaron récord a nivel mundial en 2016. Revista Dinero, págs. http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/como-va-el-negocio-de-la-industria-automotriz/241544.

Ecolistas en acción. (14 de Agosto de 2006). Obtenido de https://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article5681

Editorial Revista Producion + Limpia. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. Revista Producción + Limpia. vol.10 no.1, 1-2.

El calentamiento Global. (15 de Octubre de 2018). Obtenido de http://calentamientoglobal.net/que-es-el-efecto-invernadero-resumen

Elsom, D. (1990). La contaminación atmosférica. Madrid: Ediciones Cátedra SA.

Escobar, G. D. (27 de Octubre de 2014). Un pico y placa inconveniente para Manizales. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/43629/

Espinal T., L. (1985). Geografía Ecológica del Departamento de Antioquia (Zonas de Vida (Formaciones Vegetales) del Departamento de Antioquia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 38*(1), 5-106.

Fernández-Reyes, R. (2015). La comunicación de la huella de carbono como herramienta ante el cambio climático. Razón y Palabra, 19(89), 32.

Ferreyra., J. C. (26 de Octubre de 2017). Movilidad urbana sostenible: un desafío para los gobiernos locales. Obtenido de goo.gl/sVBfyDcontent_copyCopy short URL

Garcia, M. (2005). Diagnóstico y pronóstico de emisiones de efecto invernadero en la provincia de Matanza. Girona: Universidad de Girona.

Gibsone, C. D., Jolly, J.-F., Vilches, A. M., & Parra, F. R. (2011). Algunas reflexiones sobre la movilidad urbana en Colombia desde la perspectiva del desarrollo humano. Papel Político, 16 (2), 485-514.

Gómez Comba, C. A. (2017). Contaminación del aire en Medellín por pm10 y pm2.5 y sus efectos en la salud. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Gómez Contreras, J. L. (2014). Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, vol. XXII, núm. 1, 115-136.

Herce, M. (2009). Sobre la movilidad en la ciudad. Propuestas para recuperar un derecho ciudadano. Barcelona: Rerverté.

Hernández, A. (21 de Noviembre de 2016). Calidad del aire en Medellín: política pública en educación ambiental. Obtenido de http://www.institutodeestudiosurbanos.info/noticias-del-ieu/item/calidad-del-aire-en-medellin-politica-publica-en-educacion-ambiental

IDEAM; PNUD. (2016). Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero Colombia. Bogotá: Zetta Comunicadores.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM . (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Bogotá: IDEAM.

Instituto de hidrologia, metereologia y estudios ambientales. (2017). Tercera comunicacion de Colombia a la convencion marco de las Naciones Unidas sobre cambio climatico. Bogota: IDEAM.

Instituto Tecnológico Metropolitano. (2014). Manual del Sistema de Gestión Ambiental. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Josep Corominas (2014). Los primeros minutos del efecto invernadero. Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia. España.

Leff, E. (2000). Globalización, ambiente y sustentabilidad del desarrollo. En E. Leff, Saber Ambiental: Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad, Poder. (págs. 17-30). Mexico: Siglo XXI editores.

Leff, E. (2004). Racionalidad Ambiental. La reapropiación social de la naturaleza. Mexico: Siglo XXI.

Leff, E. (2008). Discursos Sustentables. Mexico: Siglo XXI.

Ley 164 (1994). Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.

Ley 629 (2000). Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.

Ley 99, Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposición (1993).

López, J. P., & García, M. E. (1993). Agujero de ozono y efecto invernadero influencia en la salud y medio ambiente. Granada: niversidad de Granada.

Navalpotro, J. A., Pérez, M. S., & Becerra, A. T. (2011). Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte por carretera. Investigaciones geográficas, nº 54.

Organización Mundial de la Salud. (25 de Marzo de 2014). OMS. Obtenido de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/

Quintero-González, J.-R. (2016). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. Ambiente y Desarrollo, 21(40), 57-72.

Redacción El Tiempo. (22 de Junio de 2007). El Tiempo. Obtenido de http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3608104

Redacción Nacional. (2017 de Marzo de 2017). Minambiente anunció medidas contra la contaminación del aire en Medellín. El Espectador, págs. https://www.elespectador.com/noticias/nacional/antioquia/minambiente-anuncio-medidas-contra-la-contaminacion-del-aire-en-medellin-articulo-684571.

Ríos Bedoya, V. (2016). Estimación de las emisiones de CO2 desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín. Revista Ríos Bedoya, Marquet, Miralles-Guasch Transporte y Territorio /15, 302-322.

Ríos, R. A., Arango, F., Vicentini, V. L., & Acevedo-Daunas, R. (2013). Estrategias de mitigación y métodos para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

Romero Sánchez, M. E. (2016). Escenarios de Cambio Climático en el sector forestal. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 7, núm. 37, 4-6.

Salgado, C. G. (2016). Análisis de fuentes de financiamiento y entidades inversoras para políticas y medidas de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero a ser adoptadas en el sector transporte urbano en Latino América. Madrid : Universidad Complutense de Madrid.

Sotelo Navalpotro, J. A., Sotelo Pérez, M., & Tolón Becerra, A. (2011). Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte por carretera. investigaciones geográficas, nº 54, 133 - 169.

Tirado, X. I. (2007). Implementación del Protocolo de Montreal en Colombia. Producción + Limpia - Enero - Junio, Vol. 2, No. 1.

Tomassetti de Piacentini, Z. (s.f.). Impacto ambiental del transporte urbano en el gran mendoza.Resultados preliminares sobre los beneficios de descontaminar el aire. Recuperado el 23 de Marzo de 2019, de Asociacion Argentina de Economia Politica: http://www.aaep.org.ar/espa/anales/works05/tomassetti.pdf

Torres-Torres, Jhon Jerley, Mena-Mosquera, Víctor Eleazár, & Álvarez-Dávila, Esteban. (2017). Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacifico, Chocó, Colombia. Entramado, 13(1), 200-209.

Uribe, S. (2009). Propuesta metodológica para el diseño de intersecciones urbanas. Inventum, (7), 46-54.

Valencia, C. Á. (2016). La movilidad sostenible como política global y su consolidación hacia el futuro en la ciudad de Medellín en respuesta a la ocupación territorial y sus problemáticas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; Escuela de Planeación Urbano – Regional.

Vasconcellos, E. A. (2010). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá: Corporación Andina de Fomento.

Vega, J. P. (22 de Marzo de (2017). La Republica. Obtenido de https://www.larepublica.co/economia/alerta-roja-por-aire-en-medellin-afectaria-el-comercio-2487131

Vivancos, J., Bastante C. M., Gomez N. T., Capuz S. (2003). Revisión de los estudios de análisis de ciclo de vida en la industria del automóvil. ResearhGate

Viñoles, C. R., Collado R. D., Bastante. C. M., Capuz R. S. (2011). La huella de carbono y su utilización en las instituciones universitarias. ResearchGate