

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE ARTE, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**Análisis de los impactos socio-ambientales de la automovilidad  
cotidiana desde el enfoque de metabolismo urbano**

**Caso de estudio: El Área Metropolitana de Guadalajara**

Tesis para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIUDAD TERRITORIO Y SUSTENTABILIDAD**

Doctorando:

**Mtro. Daniel Isaac Jiménez Sánchez**

Director:

**Dr. Rodolfo Humberto Aceves Arce**

Guadalajara, Jalisco, México a 12 de junio del 2024

## **Agradecimientos**

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico que me brindó durante estos tres años. Sin este recurso, hubiera sido imposible dedicarme de tiempo completo a esta investigación.

A mi alma mater, la Universidad de Guadalajara, y al Programa de Doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad, por confiar en mí y por sus recursos humanos y materiales, los cuales han sido herramientas fundamentales para mi desarrollo profesional y cómo futuro investigador.

A mi director de tesis, el Dr. Rodolfo Aceves Arce, por dedicarme tres años de asesorías, por darme consejos pertinentes, y también por darme la libertad de expresar mis ideas de manera original. Este trabajo es parte de ese esfuerzo en conjunto.

A todo el claustro académico y administrativo del Doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad. Este proceso ha dejado una huella en mi vida personal y académica. Gracias por su buena gestión y administración. A las doctoras y doctores que en los diferentes seminarios me guiaron en el desarrollo de la investigación.

A mis lectoras de tesis, que me han acompañado en este trabajo por más de un año. No puedo quedarme con el título de esta investigación yo solo; ustedes también contribuyeron activamente en este proceso, y muestra de ello es el resultado que aquí se presenta. Gracias Dra. Alicia Torres Rodríguez, Dra. Lourdes Sofía Mendoza Bohne, Dra. María del Carmen Barranco Martín y Dra. Yasodhara Silva Medina.

Por último, a todas las personas que fidedignamente tuvieron a bien de contestar mis encuestas, sin su información este análisis no hubiese llegado a su fin, estoy infinitamente agradecido con cada uno de ellos.

## **Dedicatoria**

Este grado académico es parte de una visión que tuve de joven y que nunca se desvaneció con el paso de los años; al contrario, fue nutrida por quienes siempre han estado en mi camino. Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres:

### **Eva Sánchez Ramírez y Rodrigo Jiménez Guzmán**

Sin su esfuerzo, apoyo, consejos y correcciones, no hubiese alcanzado mis metas. Este grado es por ustedes... ¡Gracias!

## Resumen

La presente investigación se suscribe en el amplio paraguas de los estudios de la sustentabilidad, no cómo un concepto de moda, sino cómo una alarmante preocupación de los efectos antropogénicos, entre el más alarmante el cambio climático y la variabilidad climática que ya estamos viviendo.

Si queremos evitar el colapso de nuestra biósfera, necesitamos tomar medidas radicales que realmente disminuyan las emisiones de carbono. No sembrando falsas esperanza en una transición energética que parece no tener una visión social. Los verdaderos cambios sucederán cuando entendamos el efecto que nuestros consumos ocasionan al medio ambiente.

En esta idea la investigación se adentra en el análisis del metabolismo urbano, explorando teorías y metodologías relevantes para comprender el consumo de las sociedades y ciudades. El metabolismo urbano es una herramienta teórica metodológica para el análisis del impacto que representa una sociedad al entorno natural por los recursos que demanda de ellos, no solo cuantificable si no descriptivo.

En este caso, la investigación ha optado por seguir un enfoque práctico, se ha seleccionado una actividad en concreto: la movilidad urbana y específicamente el uso del automóvil cómo medio de transporte en las actividades cotidianas, sosteniendo cómo argumento que el consumo de toda sociedad o individuo comienza desde el movimiento, es decir, todos nos movemos porque deseamos llegar a algo o a consumir algo.

## Índice de contenido

I. Introducción .....	20
II. Planteamiento del problema .....	25
III. Justificación .....	33
IV. Preguntas .....	35
V. Objetivos.....	36
VI. Hipótesis.....	37
VII. Breve estado del arte .....	38
<b>Capítulo I El metabolismo socio urbano de la automovilidad cotidiana en las ciudades contemporáneas.....</b>	<b>43</b>
1.1 Movilidad urbana.....	45
1.1.2 Vida cotidiana contemporánea.....	49
1.1.2 Movilidades cotidianas .....	52
1.2 Automovilidad .....	55
1.2.1 El transporte.....	58
1.2.2 De automóvil a automovilidad .....	60
1.2.3 Automovilidad; desigualdad social y ambiental.....	64
1.3 Metabolismo urbano; un concepto de origen biológico .....	68
1.3.1 El metabolismo social .....	71
1.3.2 Metabolismo urbano .....	83

1.3.3 Huella ecológica en el metabolismo socio-urbano .....	88
<b>Capítulo II Automovilidad en Guadalajara, urbanización y metabolismo.....</b>	<b>96</b>
2.1 Contextualización demográfica territorial .....	98
2.1.1 Urbanización y crecimiento .....	100
2.2 Automovilidad de Guadalajara .....	104
2.2.1 Modernización o automovilidad.....	105
2.2.2 Automovilidad en cifras .....	109
2.2.3 Entrada y salida energía .....	113
<b>Capítulo III Métodos y técnicas para el estudio del metabolismo urbano y automovilidad desde la vida cotidiana.....</b>	<b>117</b>
3.1 Enfoque de la investigación.....	119
3.2 Conceptos considerados en el estudio .....	120
3.2.1 Operacionalización de variables .....	123
3.3.1 Herramientas para el estudio la movilidad cotidiana.....	124
3.3.2 Herramientas para el estudio de la automovilidad .....	127
3.3.3 Herramientas para el metabolismo urbano .....	128
3.4 Diseño instrumental .....	130
3.4.1 Muestra estadística y recolección de la información.....	134
3.4.2 prueba piloto .....	136
3.4.3 Desviaciones y correcciones.....	137
3.4.4 Diseño de la encuesta .....	138

3.5 Cuantificación de la huella de carbono .....	140
<b>Capítulo IV. Automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de Guadalajara. Caracterización a través de un caso de estudio.....</b>	<b>142</b>
4.1 Características de los hogares encuestados .....	144
4.1.1 Características de los automóviles .....	151
4.1.2 Uso y apropiación de la automovilidad de acuerdo con el índice de marginación .....	156
4.2 Automovilidad cotidiana .....	158
4.3 Automovilidad laboral.....	160
4.3.1 Caracterización de la automovilidad laboral.....	163
4.4 Automovilidad escolar .....	168
4.4.1 Caracterización de la automovilidad escolar.....	172
4.5 Automovilidad de cuidado .....	177
4.5.1 Caracterización de la automovilidad de cuidado.....	180
4.6 Automovilidad de ocio .....	186
4.6.1 Caracterización de la automovilidad de ocio.....	190
<b>Capítulo V. El metabolismo de la automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de Guadalajara. Análisis de datos de abajo hacia arriba.....</b>	<b>194</b>
5.1 El metabolismo de la automovilidad.....	196
5.2 Metabolismo de la automovilidad laboral .....	200

5.2.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad laboral del Área Metropolitana de Guadalajara.....	205
5.3 Metabolismo de la automovilidad escolar .....	209
5.3.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad escolar del Área Metropolitana de Guadalajara.....	214
5.4 Metabolismo de la automovilidad de cuidado .....	217
5.4.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad de cuidado del Área Metropolitana de Guadalajara .....	223
5.5 Metabolismo de la automovilidad de ocio .....	226
5.5.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad laboral del Área Metropolitana de Guadalajara.....	232
<b>Capítulo VI. Análisis de los impactos socio-ambientales de la automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de Guadalajara.....</b>	<b>236</b>
6.1 Impactos sociales de la automovilidad cotidiana .....	238
6.1.1 Desigualdades sociales al margen de la infraestructura pública.....	239
6.1.2 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad laboral ..	243
6.1.3 Desigualdades y exclusiones sociales la automovilidad escolar.....	245
6.1.4 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad de cuidado .....	246
6.1.5 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad de ocio..	248
6.2 Impactos ambientales de la automovilidad cotidiana .....	249
6.2.1 Huella de carbono de la automovilidad laboral .....	251
6.2.2 Huella de carbono de la automovilidad escolar.....	253

6.2.3 Huella de carbono de la automovilidad de cuidado.....	255
6.2.4 Huella de carbono de la automovilidad de ocio.....	257
6.3 Aumento de la temperatura por la automovilidad cotidiana .....	259
<b>Conclusiones .....</b>	<b>264</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>270</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Conceptos relacionados al estudio de la sustentabilidad .....	39
Tabla 2. Definición de los elementos que conforman la automovilidad.....	56
Tabla 3. Principales marcas europeas en la industria automotriz .....	61
Tabla 4. Principales estudios del metabolismo social .....	80
Tabla 5. Definición de las categorías que conforman la huella ecológica ....	90
Tabla 6. Definición de los parámetros que conforman la huella hídrica .....	93
<i>Tabla 7. Evolución demográfica del AMG de 1970- 2020.....</i>	<i>99</i>
Tabla 8. Tasas de cambio demográfico anual del AMG 1970-2020 .....	101
Tabla 9. <i>Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020.....</i>	<i>110</i>
Tabla 10. <i>TCMA del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020.....</i>	<i>111</i>
Tabla 11. Tasas de motorización por casa mil habitantes de los municipios del AMG de 1980 – 2020 .....	113
Tabla 12. Consumo de energía eléctrica MWh por sector y por municipio del AMG 2017.....	114
Tabla 13. Emisiones de los municipios que conforman el AMG .....	115
Tabla 14. Definiciones y autores para cada concepto clave de la investigación .....	120
Tabla 15. Marco lógico o sistema cerrado de investigación.....	123
Tabla 16. Tipo de movilidad según el tipo de viaje con sus respectivas variables recolectadas .....	126

Tabla 17. Categorías y variables de la automovilidad seleccionadas para el estudio .....	127
Tabla 18. Variables y datos seleccionados para el estudio del metabolismo urbano.....	128
Tabla 19. Número viviendas con automóvil de los municipios del AMG en 2020.....	144
Tabla 20. Características de los hogares encuestados, número de habitantes y automóviles .....	148
Tabla 21. Principales marcas y submarcas de la automovilidad.....	152
Tabla 22. Rendimiento y emisión de gases por categoría de los automóviles registrados en el estudio para el AMG.....	156
Tabla 23. Emisión de contaminantes por vehículo de carga del corredor Manzanillo-Guadalajara .....	199
Tabla 24. Consumos de combustibles según la categoría de automóvil para la automovilidad laboral .....	201
Tabla 25. Emisiones de CO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> para la automovilidad laboral según la categoría de automóvil.....	204
Tabla 26. Producción de combustibles en las refinerías que administra Pemex.....	207
Tabla 27. Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad escolar .....	210
Tabla 28. Emisiones de CO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> para la automovilidad escolar según la categoría de automóvil.....	213
Tabla 29. Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad de cuidado .....	219

Tabla 30. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de cuidado según la categoría de automóvil.....	221
Tabla 31. Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad de ocio. ....	228
Tabla 32. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de ocio según la categoría de automóvil.....	231
Tabla 33. Presupuesto para la infraestructura y obra pública de Jalisco 2023 .....	241

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Cambio anual en las emisiones globales de CO <sub>2</sub> de la quema de energía y procesos industriales 1900-2022 .....	30
Ilustración 2. Esquema del metabolismo social de Abel Wolman .....	41
Ilustración 3. Proceso general del metabolismo social .....	72
Ilustración 4. Representación del metabolismo social .....	73
Ilustración 5. Principales escuelas, enfoques y teóricos del metabolismo social.....	79
Ilustración 6. Primeras variables en el análisis del metabolismo urbano .....	85
Ilustración 7. Representación del metabolismo urbano lineal .....	86
Ilustración 8. Representación gráfica de la huella ecológica .....	91
Ilustración 9 Representación gráfica de la huella de energía y carbono .....	95
Ilustración 10. Mapa del Área Metropolitana de Guadalajara .....	99
Ilustración 11. Representación gráfica del objeto de estudio.....	122
Ilustración 12. Diseño de la encuesta .....	139
Ilustración 13 Mapa del AMG con los destinos de los hogares encuestados.....	147
Ilustración 14. Mapa con los destinos de la automovilidad cotidiana del AMG .....	148
Ilustración 15. Ubicación de los hogares encuestados de acuerdo con el índice de marginación.....	150
Ilustración 16 Mapa del AMG con las rutas de los destinos y orígenes de las automovilidades laborales .....	161

Ilustración 17 Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades laborales de los municipios del oriente del AMG.....	161
Ilustración 18 Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad laboral .....	163
Ilustración 19. Distribución de los destinos laborales de acuerdo con el sexo .....	166
Ilustración 20. Mapa del AMG con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades escolares.....	169
Ilustración 21. Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades laborales de los municipios del sur-oriente del AMG .....	170
Ilustración 22. Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad escolar .....	171
Ilustración 23. Mapa con la distribución de los destinos escolares de acuerdo con el tipo de automovilidad escolar .....	172
Ilustración 24. Mapa del AMG con las rutas de los destinos y orígenes de la compra de alimentos.....	178
Ilustración 25. Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades para la compra de alimentos de los municipios del oriente del AMG.....	179
Ilustración 26. Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad para la compra de alimentos.....	180
Ilustración 27. Mapa con los destinos para la compra de alimentos según el rol del hogar .....	183
Ilustración 28. Mapa del AMG con los orígenes y destinos de las automovilidades de ocio .....	187

Ilustración 29. Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades de ocio de los municipios del sur-oriente del AMG .....	189
Ilustración 30 Mapa con las principales vías de la automovilidad de ocio .	190
Ilustración 31. Mapa con los destinos de las automovilidades de ocio de acuerdo con el sexo.....	191
Ilustración 32. Fuentes de suministro de combustibles para el AMG.....	199
Ilustración 33. Mapa con los consumos de energía en litros de los hogares encuestados.....	202
Ilustración 34. Cantidad de emisiones en kgCO <sub>2</sub> e de los diferentes hogares encuestados.....	205
Ilustración 35. Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG.....	206
Ilustración 36. Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG.....	208
Ilustración 37. Mapa con los consumos de energía en litros de la automovilidad escolar .....	211
Ilustración 38. Cantidad de emisiones en kgCO <sub>2</sub> e de las automovilidades escolares .....	214
Ilustración 39. Mapa del metabolismo de la automovilidad escolar del AMG.....	215
Ilustración 40. Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG.....	217
Ilustración 41. Mapa con los consumos de energía para la automovilidad de cuidado .....	220

Ilustración 42. Cantidad de emisiones en kgCO <sub>2</sub> e de la automovilidad de cuidado .....	222
Ilustración 43. Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG.....	224
Ilustración 44. Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG.....	226
Ilustración 45. Cantidad de emisiones en kgCO <sub>2</sub> e de la automovilidad de ocio .....	229
Ilustración 46. Cantidad de emisiones en kgCO <sub>2</sub> e para la automovilidad de ocio .....	232
Ilustración 47. Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG.....	233
Ilustración 48. Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG.....	235
Ilustración 49. Mapa del AMG con las principales arterias metropolitanas y cámaras de velocidad .....	240
Ilustración 50. Mapa con los destinos de las automovilidades cotidianas según la cobertura del transporte masivo .....	243
Ilustración 51. Mapa de la temperatura media de 2020 del AMG .....	260
Ilustración 52. Mapa de la temperatura media de 2023 del AMG .....	261
Ilustración 53. Mapa de la concentración de NOX para el AMG para diciembre 2020.....	261
Ilustración 54. Mapa de la concentración de NOX para el AMG para diciembre 2023.....	262

## Índice de gráficas

Gráfica 1. Porcentajes de la producción mundial de energía primaria en MMtep.....	29
Gráfica 2. Fuente de energía primaria utilizadas en México para el año 2020.....	31
Gráfica 3. Porcentaje de consumo de energía por sectores económicos 2020 .....	31
Gráfica 4. Consumo total de energía total por combustible 2020 .....	32
Gráfica 5. Crecimiento demográfico por década del AMG 1970-2020.....	103
Gráfica 6. Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020.....	112
Gráfica 7. Proporción de hogares encuestados por municipio.....	146
Gráfica 8. Principales marcas de automóviles registradas en el estudio para el AMG.....	151
Gráfica 9. Número de automóviles según su año registradas en el estudio para el AMG.....	153
Gráfica 10 Categoría de automóviles registrados en el estudio para el AMG.....	154
Gráfica 11. Propiedad de automóviles de acuerdo con la categoría según el índice de marginación.....	157
Gráfica 12 Tiempo de viaje para las actividades laborales de acuerdo con sexo .....	164
Gráfica 13. Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo .....	164

Gráfica 14 Grupos de edad por sexo de las personas implicadas en las automovilidades laborales .....	165
Gráfica 15. Cantidad de días destinados para la automovilidad laboral ....	167
Gráfica 16. Categorías de automóviles según el sexo para la automovilidad laboral .....	168
Gráfica 17. Grupos de edad por sexo de la automovilidad escolar.....	173
Gráfica 18. Grupos de edad por sexo de automovilidades escolares de cuidado .....	174
Gráfica 19. Tiempo de viaje para las automovilidades escolares de cuidado por al sexo .....	175
Gráfica 20. Tiempo de viaje para las automovilidades escolares por sexo	175
Gráfica 21. Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo .....	176
Gráfica 22. Cantidad de días destinados para la automovilidad escolar....	177
Gráfica 23. Tiempo de viaje para la compra de alimentos .....	181
Gráfica 24. Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo .....	182
Gráfica 25. Distribución del rol familiar para la compra de alimentos .....	182
Gráfica 26. Número de automovilidades de cuidado para la compra de alimentos por mes.....	184
Gráfica 27. Distribución del rol en el hogar para el cuidado de los hijos....	185
Gráfica 28. Actividades que realizan los padres después de ir a dejar los hijos a la escuela.....	186
Gráfica 29. Tiempo de viaje para las movilidades de ocio de acuerdo con el sexo .....	191

Gráfica 30. Rango en kilómetros recorridos por las automovilidades de ocio .....	192
Gráfica 31. Actividades de relacionadas a la automovilidad de ocio.....	193
Gráfica 32. Consumos de combustibles para la automovilidad laboral.....	201
Gráfica 33. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad laboral .....	203
Gráfica 34. Consumos de combustibles para la automovilidad escolar .....	210
Gráfica 35. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad escolar.....	212
Gráfica 36. Consumos de combustibles para la automovilidad escolar .....	218
Gráfica 37. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de cuidado..	221
Gráfica 38. Consumos de combustibles para la automovilidad escolar .....	227
Gráfica 39. Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de ocio.....	230
Gráfica 40. Huella de carbono para las diferentes automovilidades cotidianas del AMG.....	250
Gráfica 41. Huella de carbono de la automovilidad laboral para el AMG ...	252
Gráfica 42. Huella de carbono de la automovilidad escolar para el AMG ..	254
Gráfica 43. Huella de carbono de la automovilidad de cuidado para el AMG.....	256
Gráfica 44. Huella de carbono de la automovilidad de ocio para el AMG ..	258

## **I. Introducción**

Es evidente que nos acercamos a la tercera década del siglo XXI con importantes desafíos aún por enfrentar, así como el cumplimiento de la agenda 2030, sin embargo, aún existen metas sin cumplirse y algunas sin iniciarse a lo largo y ancho de las naciones. Los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible representan un reconocimiento crucial de la crisis ambiental que enfrentamos, pero la brecha entre el reconocimiento y la acción sigue siendo significativa. Esta discrepancia plantea interrogantes sobre la verdadera preocupación y compromiso con respecto al cambio climático y la crisis socioambiental que enfrentamos.

El 2023 fue un año histórico, pero con una connotación negativa y alarmante, de acuerdo con los datos de la NASA (2024) cientos de millones de personas en todo el planeta experimentaron calor extremo. Julio fue el mes más caluroso jamás registrado. Es innegable que estamos en el inicio de un calentamiento global, cuyas consecuencias alterarán el orden de la biosfera que conocíamos antes del inicio del siglo XXI y nacen nuevas preguntas que generan preocupación sobre el futuro que estamos gestando.

Enfrentar esta crisis global no es solo responsabilidad de quienes gobiernan y organizan las sociedades y naciones, es deber de todos los habitantes sin importar el papel que desempeñen en la sociedad; agricultores, comerciantes, empresarios, gobernantes, académicos, etc. Las acciones y decisiones que se tomen de manera individual tendrán eco en la colectividad. En esta orden de ideas, la crisis climática debe ser atendida por todos, porque todos contribuimos ya sea en menor o mayor proporción, por consiguiente, nuestra responsabilidad debe ser proporcional a la causa.

Ya se ha documentado ampliamente sobre los niveles de consumo y su crecimiento en los últimos 100 años, existe una relación entre la crisis ambiental y el consumo de recursos, bienes y productos, principalmente los que liberan bióxido de carbono de manera directa o indirecta, para lograr disminuir el calentamiento global se necesita además de una transición

energética y tecnológica, disminuir los niveles de consumo per cápita, es decir, para tales efectos se requiere que, de manera particular cada persona disminuya sus consumo o huella ecológica.

Determinar, conocer o describir a los niveles de consumo de una sociedad es una tarea que debe realizarse en todas las esferas de la vida cotidiana, para ello se han desarrollado diferentes conceptos y métodos que ayudan a tal análisis. En dicha argumentación la presente investigación aporta al entendimiento de la sustentabilidad por medio del concepto metabolismo urbano desde una de las actividades primordiales dentro del esquema urbano, la movilidad.

Este análisis asemeja a los sistemas socioeconómicos cómo organismos, quienes necesitan adquirir energía y materia de su entorno para poder desarrollar sus funciones. Para este concepto son tan importante las entradas cómo las salidas de energía y materia, que atiende de la misma manera las salidas y sus consecuencias para el entorno ambiental y social.

En esta idea, los sistemas sociales y económicos mantienen un intercambio constante de energía y materia con el medio ambiente, es decir, dependen de los ecosistemas para obtener alimentos, agua, energía y materia prima para desarrollar infinidad de productos y artefactos, sin embargo, los procesos metabólicos no terminan con la extracción y digestión de la energía y materia, los sistemas sociales necesitan nuevamente de los ecosistemas para poder degradar los residuos salientes.

El crecimiento de los sistemas socioeconómicos conlleva un aumento en la demanda de recursos naturales y energéticos, lo que a su vez genera una mayor producción de residuos y una mayor presión sobre los ecosistemas. Este fenómeno no solo representa un desafío para la sustentabilidad urbana, sino que también contribuye significativamente al cambio climático y la degradación ambiental.

En este sentido, el aumento del consumo y la producción de los sistemas urbanos se convierte en un factor clave que impulsa la explotación insostenible de los recursos naturales y la generación de emisiones contaminantes. Por lo tanto, abordar este problema se vuelve fundamental para promover la resiliencia urbana y mitigar los impactos ambientales adversos.

Sin embargo, el estudio holístico del metabolismo urbano es una tarea que requiere datos para todas las variables, desafortunadamente, esta información es difícil de obtener o bien no existe para ciertas sociedades. Es por lo que muchos investigadores optan por estudiar una variable por separado o bien estudiar un sector específico.

En este caso, la investigación ha optado por seguir un enfoque práctico, se ha seleccionado una actividad en concreto: la movilidad urbana y específicamente el uso del automóvil como medio de transporte en las actividades cotidianas, sosteniendo como argumento que el consumo de toda sociedad individuo comienza desde el movimiento, es decir, todos nos movemos porque deseamos llegar a algo o a consumir algo.

En este contexto, se introduce el concepto de "automovilidad cotidiana", el cual sirve como marco conceptual para analizar en detalle el metabolismo urbano en relación con el uso del automóvil privado. Este nuevo enfoque permite examinar las interacciones entre el consumo y la producción de energía y materia asociados con la movilidad diaria en la ciudad.

La noción de automovilidad cotidiana amplía el enfoque sobre el uso del automóvil, al abarcar un conjunto de elementos que facilitan las actividades diarias de los habitantes en entornos urbanos. Este concepto engloba todas las acciones que implican el uso del automóvil para realizar tareas como ir al trabajo, asistir a la escuela, comprar alimentos y recrearse en la ciudad.

Automovilidad cotidiana va más allá de la mera acción de conducir, ya que considera diversos factores físicos, cómo la infraestructura vial y el entorno cultural que fomenta su uso. Además, incorpora el análisis del consumo de recursos energéticos y su impacto ambiental, lo que permite una comprensión más completa de la relación entre la movilidad urbana y el metabolismo urbano.

Se presenta el Área Metropolitana de Guadalajara cómo estudio de caso, una ciudad ideal para esta investigación dada su compleja movilidad urbana. En las última tres décadas, el rápido crecimiento demográfico y urbano ha llevado a un aumento significativo en la propiedad y uso de automóviles, lo que ha dado lugar a una serie de desafíos en términos de congestión, contaminación del aire, segregaciones, desigualdades sociales y uso ineficiente de los recursos.

En respuesta a esta situación, esta investigación propone un nuevo análisis para comprender mejor los patrones de automovilidad en el AMG y sus implicaciones sociales, económicas y ambientales. El enfoque relevante de este análisis, sin duda ha sido el concepto automovilidad en sus diversas formas, que incluyen la automovilidad laboral, escolar, de cuidado y de ocio.

Este análisis detallado ha revelado una serie de tendencias y patrones interesantes en la forma en que las personas se desplazan dentro del AMG. Por ejemplo, se ha encontrado que la automovilidad laboral juega un papel crucial en el metabolismo urbano, con implicaciones significativas en términos de consumo de energía y emisiones de gases contaminantes. Además, se ha observado una clara correlación entre el tipo de vehículo utilizado y el impacto ambiental de la automovilidad.

Por otro lado, la automovilidad escolar también ha surgido cómo un tema importante de estudio, con un enfoque particular en los patrones de desplazamiento de los estudiantes y el papel del género en estas dinámicas. Asimismo, la automovilidad de cuidado, que incluye actividades como la compra de alimentos y el transporte escolar de familiares, ha revelado

diferencias significativas en cuanto a la distribución espacial y temporal de los desplazamientos.

La última automovilidad, la de ocio ha mostrado una tendencia hacia la concentración de actividades recreativas en ciertas áreas del AMG, así como una disposición de las personas a viajar distancias considerablemente largas en busca de entretenimiento y recreación. En conjunto, estos hallazgos ofrecen una visión integral de la compleja dinámica de la automovilidad cotidiana en el AMG, destacando la importancia de abordar estos desafíos desde una perspectiva multidisciplinaria y sustentable.

Finalmente, cómo elemento central de este estudio, se detallan los impactos sociales y ambientales asociados a la automovilidad cotidiana. Se evidencia cómo este sistema ampliamente replicado en toda la metrópolis. En cuanto a los impactos ambientales, se han calculado las huellas de carbono relacionadas con las prácticas de automovilidad cotidiana, con el objetivo de cuantificar su contribución al cambio climático. Por último, pero igualmente relevante, se analiza esta contaminación generada por el uso del automóvil contribuye al fenómeno de las islas de calor urbanas.

## II. Planteamiento del problema

Vivir en sociedad es una de las mejores alianzas que la humanidad ha generado y esto ha dado como resultado el surgimiento de las ciudades. Desde que aparecieron las primeras urbes, la tendencia de vivir en ellas no ha disminuido; al contrario, ha aumentado con el paso de los años y los cambios en las actividades económicas. De acuerdo con cifras del Banco Mundial (2020), en los últimos 60 años el crecimiento se ha acelerado y la consolidación urbana se ha establecido en periodos cortos. Entre 1960 y 2020, el número de personas que vivían en ciudades con más de un millón de habitantes pasó de 415 millones a 1,837 millones.

Actualmente, más del 55% de la población mundial habita en zonas urbanas, donde existen mayores oportunidades para el desarrollo humano. Las ciudades representan el 55% del producto neto de los países más pobres, el 73% en economías intermedias y el 85% en países desarrollados (Pengue, 2018). De seguir con la misma tendencia, para 2050 la población mundial se habrá duplicado o, en el mejor de los casos, habrá más de 9 mil millones de personas y el 70% vivirá en ciudades (ONU, 2018). Los lugares del mundo donde esta expansión será más visible son Asia, África y América Latina; sin embargo, en las regiones altamente pobladas de América Latina y el Caribe, la cifra ya supera el 80% y para 2050 será aún mayor (ONU, 2018; Pengue, 2018).

En el caso de México, de acuerdo con el INEGI (2020), el 71% de la población nacional habitaba en áreas urbanas, es decir, en poblaciones mayores a 2500 habitantes. Sin embargo, las metrópolis concentraron el 65.5% del total de la población del país. Las metrópolis presentan ventajas de localización sobre el resto de las ciudades de sus regiones, lo que las convierte en centros de atracción, ya que ofrecen mejores condiciones de vida por la diversidad de empleo y la oferta de equipamientos y servicios.

El crecimiento demográfico en relación con la superficie que demandará, en términos absolutos, no es un problema grave si se considera

que actualmente las ciudades solo ocupan entre el 1 y el 3% del área continental mundial y que en los próximos cuarenta años demandarán alrededor del 4 o 5% (Pengue, 2018). Más bien, la verdadera preocupación radica en los niveles y patrones de consumo, considerando que todos estos provienen de los recursos biofísicos de los ecosistemas, cuyas tasas de consumo siguen creciendo de acuerdo con el nivel de desarrollo alcanzado. El problema del crecimiento demográfico radica en los perjuicios ambientales y sociales relacionados con la producción, procesamiento, transporte, consumo y desecho de bienes, productos y servicios, teniendo en cuenta que muchos de estos son infinitos y no todos son degradables a corto plazo.

Por ejemplo, las sociedades han pasado de consumir materiales orgánicos para su alimentación, energía y refugio a requerir, además de los ya mencionados, materiales industrializados para la fabricación de herramientas y tecnología. Con el tiempo, no solo las cantidades de materiales han aumentado, sino que las proporciones en función del tiempo se han multiplicado y siguen aumentando de acuerdo con el crecimiento social y económico. Actualmente, las ciudades consumen el 75% de los recursos del planeta (Pengue, 2018) y, a medida que la población urbana siga aumentando, se pone en riesgo el equilibrio natural porque los recursos del planeta son finitos.

El problema del crecimiento urbano es multifactorial. A medida que los núcleos crecen territorial y demográficamente, las ciudades seguirán demandando mayores recursos (agua, alimentos, energía y materiales) de sus áreas circundantes (Lee et al., 2016). El consumo en general de recursos ha crecido rápidamente desde mediados del siglo XIX con la expansión de la revolución industrial, aunque su gran aceleración ha tenido lugar a lo largo del siglo XX. Nuestra economía ha evolucionado de tener una base orgánica a una inorgánica; para 1900, el 74% de los recursos eran biomasa, ahora solo representan un 30%. Además, cada habitante consume hoy 2.2 veces más recursos que en 1900 (Infante-Amate, González y Toledo, 2017).

Durante los últimos 115 años, la extracción de materiales, energía y agua aumentó entre ocho y doce veces, mientras que las existencias de materiales y la generación de residuos sólidos se multiplicaron por quince. En promedio, las emisiones de carbono, nitrógeno, azufre y metano se multiplicaron por diez, pero lo más alarmante son las emisiones de carbono derivadas de la combustión de combustibles fósiles, las cuales se multiplicaron por diecinueve. El CO<sub>2</sub> es uno de los principales impulsores del cambio climático inducido por el humano (Haberl et al., 2019).

En términos “físicos”, las ciudades demandan unos 247 millones de kilómetros cúbicos de materiales por año, es decir, unos 82 kilómetros cúbicos per cápita por año y alrededor de 6 millones de toneladas de materiales de construcción, que generan alrededor de 2,9 millones toneladas de residuos sólidos y unos 200 millones de kilolitros de efluentes, muchas de las cuales ya no encuentran espacios donde verterlos o transportarlos. (Pengue, 2018, p.333 y 334)

Si la población mundial llegase a alcanzar los 9,600 millones de habitantes en 2050 cómo se estima y el 70% habitase en las ciudades, se necesitaría el equivalente a tres planetas para proporcionar los recursos naturales precisos para mantener el estilo de vida actual, si en este momento más de 1000 millones de personas no tienen acceso a agua potable con el aumento de la población, el recurso seguirá siendo limitado, ahora bien si se considera que solo el 0.5% del agua en el mundo está al alcance para todas las necesidades del ser humano y de los ecosistemas<sup>1</sup> (ONU, 2021).

Así mismo se estima que el consumo de energía de las ciudades asciende entre el 60 y 80% del total mundial<sup>2</sup> y son responsables del 75% de

---

<sup>1</sup> Menos del 3% del agua del mundo es fresca (potable), de la cual el 2.5% está congelada en la Antártida, el Ártico y los glaciares. Por tanto, la humanidad debe contar con tan solo el 0.5% para todas las necesidades del ecosistema, del ser humano (ONU, 2021).

<sup>2</sup> Equivale a 10,000 millones de kilowatts-hora o 3,500 kilowatts-hora per cápita por año o 2,000 millones de litros de combustibles fósiles igual a 666 litros per cápita por año (Pengue, 2018, p.334).

las emisiones de carbono arrojando a la atmósfera con un promedio per cápita de alrededor de 7 toneladas por habitante al año (Pengue, 2018). Cuando la población urbana alcance el 80% el actual modelo energético, basado en el uso intensivo de recursos fósiles será insostenible (Barragán Escandón, 2017). Las áreas de mayor uso y consumo de la energía son; el transporte, uso doméstico y comercial que a la par han crecido rápidamente debido a la forma en cómo las ciudades han evolucionado y gran parte está relacionado al uso del vehículo particular.

El uso del automóvil como medio de transporte ha crecido exponencialmente desde su invención, se calcula que durante el último siglo se fabricaron mil millones de automóviles en todo el mundo y para inicios del siglo ya había más de 700 millones circulando (Urry, 2004) de los cuales, hasta 2015, 400 millones pertenecían a los países de la OCDE y se estima que a 2020 sobrepasó los 550 millones de unidades (ONU, 2021).

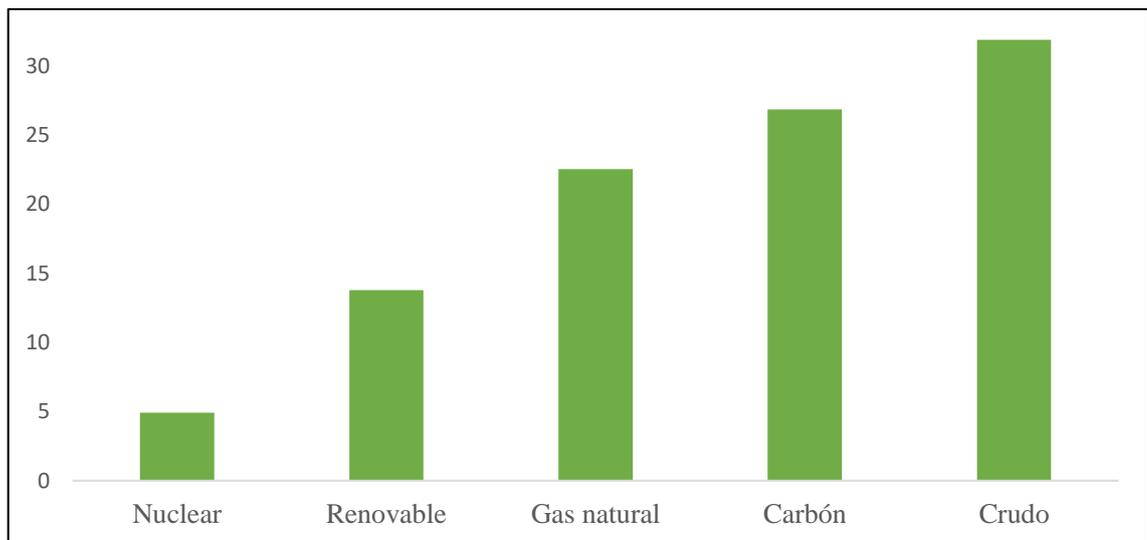
La contaminación no es un problema de moda, desde 1987 se ha registrado que los Gases de Efecto Invernadero (GEI) han provocado el cambio climático, de los cuales se ha reconocido al bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como el de mayor producción a nivel mundial. El cambio climático pone en peligro nuestra supervivencia como especie con las pérdidas en vida humanas por los desastres naturales y la producción de alimentos (ONU, 2020). Lo que conllevaría una serie de problemas a la salud como el aumento de casos respiratorios y la aparición de nuevos virus, por otra parte, aumentarán las desigualdades existentes o las condiciones de pobreza, marginación y exclusión social. Tanto así, que desde 2016 el 90% de los habitantes de las ciudades respira aire contaminado, lo que ha provocado de manera local un total de 4.2 millones de muertes (ONU, 2019).

Indudablemente, la emisión de CO<sub>2</sub> está relacionada con el consumo de energía y el consumo con la oferta. Actualmente la producción de energía, en su gran mayoría proveniente de fuentes no renovables como el petróleo, carbón y gas. De acuerdo con las cifras del World Energy Balance de la

Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la producción de energía primaria en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2017 aumentó un 2.2% con respecto al año anterior, siendo el crudo (petróleo) la fuente con mayor participación, con un 31.9%.

### Gráfica 1.

*Porcentajes de la producción mundial de energía primaria en MMtep*

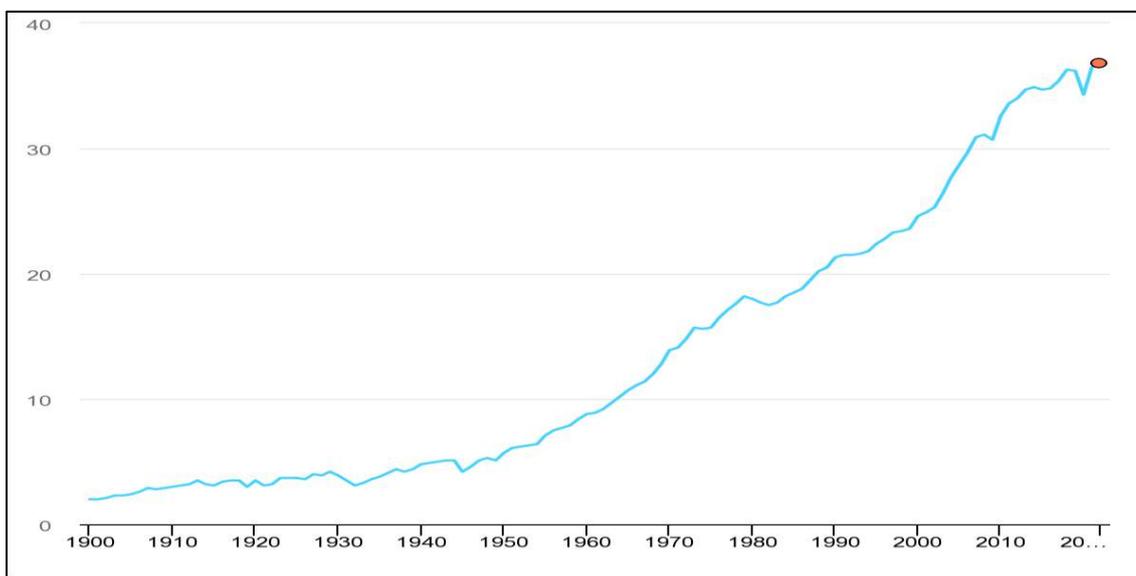


Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2022

El Banco Mundial (2021) muestra que la emisión de CO<sub>2</sub> en el mundo por el consumo de combustibles líquidos ha aumentado de 6.5 millones de toneladas en 1970 a 10.5 en 2016. Es aquí en donde el sector residencial y transporte cobran un papel importante dentro del consumo no solo de la energía en forma directa, sino también por los estilos de vida que demandan mayores consumos donde se emplea una gran cantidad de energía y materia y todo va de la mano con el desarrollo de las urbes, en base a un modelo económico que impone hasta cierto punto patrones de consumo que han demostrado no ser sustentables.

### **Ilustración 1.**

*Cambio anual en las emisiones globales de CO2 de la quema de energía y procesos industriales 1900-2022*



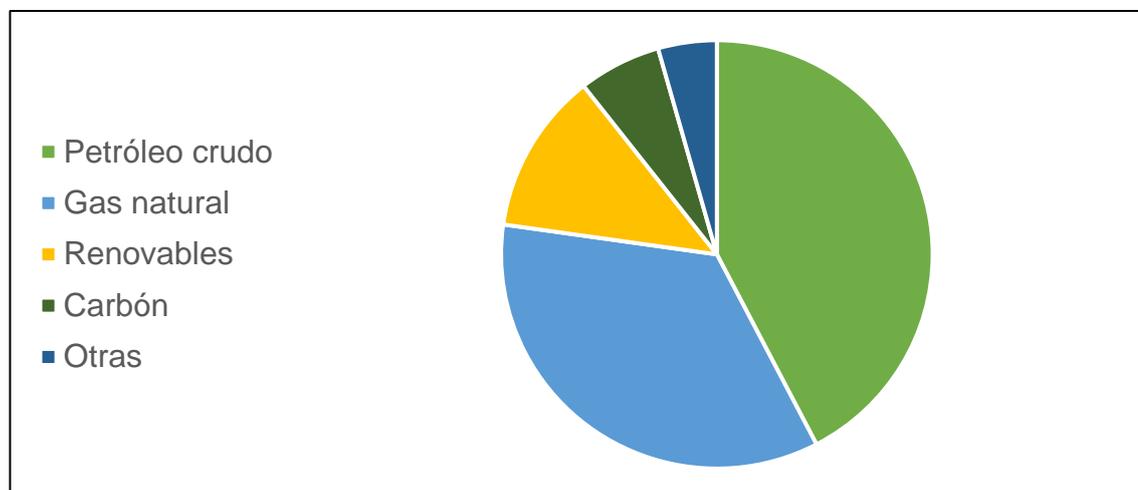
Fuente: Agencia Internacional de la Energía, 2023

Es preocupante que el consumo de energía no renovable esté en aumento. En este sentido, el sector residencial ha jugado un papel determinante, principalmente por el uso del automóvil, considerado como el medio que facilita dicho consumo. Este comportamiento es cada vez más notorio en economías en vías de desarrollo. En las ciudades de economías medias, más de la mitad de la energía total es consumida por el transporte y el resto se distribuye entre las edificaciones y la industria (Molina-Prieto et al., 2019).

En el caso mexicano, de acuerdo con el último Balance Nacional de Energía 2020, el petróleo fue la fuente de energía primaria que más se produjo, con un 42.3%, seguido del gas natural con un 34.8%, las renovables con un 12.1% y el carbón con un 6.2%. Esto se debe a que la demanda así lo estipula, es decir, tenemos un sistema tecnológico a base de combustibles fósiles.

## Gráfica 2.

Fuente de energía primaria utilizadas en México para el año 2020

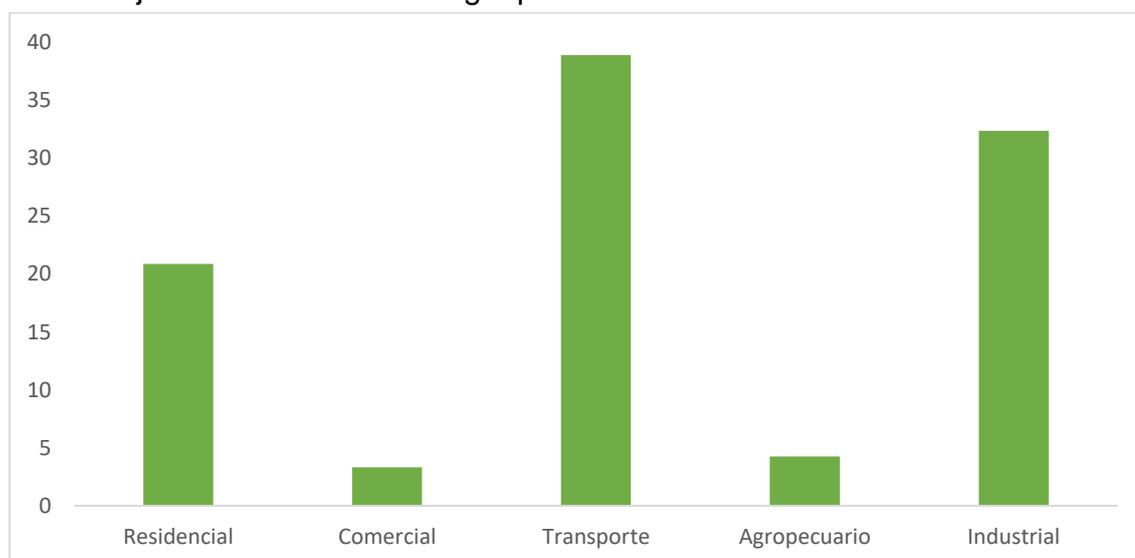


Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2022

Que el petróleo sea la fuente primaria más usada tiene que ver por la dependencia energética de la economía con los combustibles de origen fósil y muestra de ello es que el sector de mayor consumo fue el de transporte con el 38.8% y el principal combustible se atribuye a la gasolina y nafta (SENER, 2022).

## Gráfica 3.

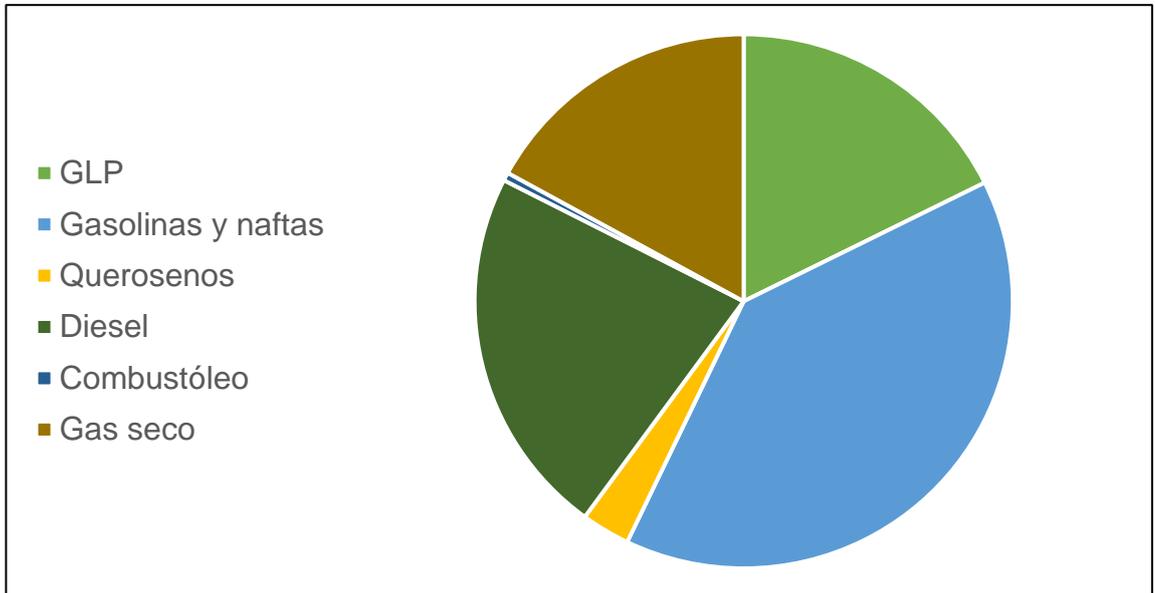
Porcentaje de consumo de energía por sectores económicos 2020



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2022

**Gráfica 4.**

Consumo total de energía total por combustible 2020



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2022

### **III. Justificación**

Desde la revolución industrial, las ciudades se han convertido en espacios demográficos donde las relaciones sociales, económicas y ambientales no han sido compatibles; por el contrario, han derivado en un desarrollo desequilibrado, afectando tanto el ambiente cómo la integración social. Este desequilibrio ha sido en gran medida resultado del desarrollo económico basado en la desigualdad social, el consumo masivo y la explotación de los recursos naturales. Este modelo económico ha llevado al medio ambiente y a la sociedad a un estado de inestabilidad, principalmente debido a la acción directa o indirecta del ser humano, y parece acelerarse con la migración creciente hacia las áreas urbanas.

La industrialización y modernización de las urbes ha consolidado a la ciudad cómo el epicentro geográfico de estudio, dado su papel crucial en las interacciones sociales, económicas y ambientales a todas las escalas urbanas del mundo. Más del 55% de la población mundial reside en áreas urbanas, que representan los principales consumidores de bienes y servicios, demandando aproximadamente el 80% de la energía total y contribuyendo con el 75% de la producción de bióxido de carbono. Además, las ciudades son los principales motores de la desigualdad social.

Las ciudades mexicanas, cómo Guadalajara, ejemplifican estas dinámicas. Guadalajara, una de las diez urbes más pobladas de América Latina y la segunda a nivel nacional, ha experimentado un sorprendente crecimiento desde 1970. Sin embargo, este crecimiento no solo se traduce en un incremento en la superficie urbana o en la población, sino también en un aumento proporcional del consumo de bienes y servicios, lo que conlleva a una mayor emisión de gases contaminantes. Esto se debe no solo a la producción de bienes de consumo, sino también a la motorización cómo respuesta a las distancias entre los centros económicos, culturales, sociales y habitacionales, y a los hábitos de consumo.

Diversos estudios han evidenciado que la prosperidad económica fomenta la urbanización, lo que a su vez aumenta el metabolismo urbano debido a procesos industriales, patrones de consumo y demandas de movilidad. Este mayor metabolismo urbano conlleva a un aumento en el consumo de recursos como suelo, energía, alimentos, agua y tecnología, contribuyendo así a la contaminación ambiental, los problemas de salud local y el cambio climático. Es evidente la necesidad de replantear la gestión y planificación urbana a una escala metropolitana, buscando sincronizar ciudad, territorio y movilidad para reducir significativamente el metabolismo urbano y sus impactos negativos.

Cómo profesional en energía, movilidad urbana, transporte y territorio, mi compromiso se fortalece en el estudio de las ciudades y el desarrollo sustentable. Busco contribuir desde la investigación científica para comprender mejor cómo nuestros patrones de consumo están afectando social y ambientalmente a nuestras ciudades. Esta investigación es pertinente ya que aportará evidencia sobre la medición de la sustentabilidad de las ciudades y sus impactos en el ambiente urbano, particularmente a través de la movilidad y el transporte, actividades que inciden directamente en el metabolismo urbano. Además, busca visibilizar los desafíos que enfrentan las ciudades a nivel mundial debido al actual modelo económico, centrado en la movilidad y el transporte.

Esta investigación se relacionará con sectores productivos, especialmente con el sector industrial, energético y de transporte, que sustentan el análisis del metabolismo urbano. Es fundamental profundizar en estos sectores, ya que son piezas fundamentales de la economía y sus actividades están estrechamente relacionadas con la generación de contaminantes. Asimismo, se buscará colaboración con el sector público, en particular con el gobierno estatal y federal, responsables de proporcionar los servicios de transporte para la ciudad.

## **IV. Preguntas**

### **Pregunta general**

¿Cuáles son los impactos socio-ambientales de la automovilidad cotidiana a través del enfoque de metabolismo urbano desde la variable energía?

### **Preguntas secundarias**

¿Cómo se caracteriza la automovilidad cotidiana?

¿Qué flujos de energía están asociados a la automovilidad cotidiana?

¿Cuáles son los impactos socio-ambientales de la automovilidad cotidiana?

## **V. Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar los impactos socio-ambientales asociados a la automovilidad cotidiana a través del enfoque de metabolismo urbano desde la variable energía.

### **Objetivos específicos**

Describir las características de la automovilidad cotidiana desde los aspectos urbanos, sociales y ambientales.

Conocer los flujos de energía de la automovilidad cotidiana.

Determinar por medio del metabolismo urbano los impactos socio-ambientales asociados a la automovilidad.

La hipótesis es un enunciado sin verificación que pretende responder a la pregunta general de investigación. Previo a la hipótesis se presentan tres proposiciones o enunciados que ya han sido verificados en otros estudios cómo contexto de la hipótesis:

- El transporte es un eje esencial para el desarrollo económico, social y cultural de las ciudades y da lugar a actividades que demandan grandes cantidades de energía y materia.
- La configuración de las ciudades modernas y los estilos de vida cotidianos, han influido para que el automóvil sea el medio de transporte más usado para las moviidades cotidianas.
- La demanda de energía y emisión de contaminantes por los automóviles altera los balances del metabolismo urbano a mayor magnitud que cualquier otro sector y generan impactos socio-ambientales que frenan el desarrollo sustentable de las ciudades.

## **VI. Hipótesis**

Uno de los mayores impactos socio-ambientales de la automovilidad cotidiana es el uso del automóvil porque demanda mayores flujos de energía y materia; por tanto, sí en los procesos socio-metabólicos se reduce el uso del automóvil para las actividades de la movilidad cotidiana, recíprocamente se reduciría los efectos socio-ambientales y se podría aspirar un desarrollo urbano sustentable.

## **VII. Breve estado del arte**

Esta investigación esencialmente es parte de los estudios de la sustentabilidad, por consiguiente, se describe a partir de este concepto hasta llegar al eje central de los estudios del metabolismo urbano y su relación con la sustentabilidad. La sustentabilidad es un área relativamente nueva que surge de una eminente crisis ambiental, sin embargo, las afectaciones a los ecosistemas naturales por causa de las actividades antropogénicas han existido desde el inicio de la humanidad, aunque los impactos eran insignificantes.

No fue hasta los años ochenta del siglo pasado cuando las secuelas del desarrollo económico impulsado como nunca por la revolución industrial manifestaron sus secuelas. La preocupación a nivel mundial alertó a las naciones y fue así como en 1983 el secretario de las Naciones Unidas (ONU) encomienda a Harlem Brundtland que establezca y presida una comisión especial e independiente para atender la crisis socio-ambiental. En 1987 se presenta ante las naciones el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, titulado “Nuestro futuro común” donde el concepto de desarrollo sostenible o sustentable tiene su génesis, es a partir de este momento cuando nace el concepto y disciplina que busca desacelerar a través de agendas y compromisos el deterioro ambiental y social del desarrollo económico.

La última década del siglo pasado debe quedar marcada en la historia moderna de la humanidad, porque fue el inicio de una etapa que por primera vez a nivel mundial las naciones se habían comprometido hacer un esfuerzo especial por atender el impacto de las actividades socioeconómicas sobre el medio ambiente. La cumbre de Río de 1992 llamada “La Cumbre para la Tierra” fue esencial para plantear los objetivos del desarrollo sustentable, esta conferencia, entre otros planteamientos reconoció que la integración y el equilibrio de las preocupaciones económicas, sociales y medioambientales requería nuevas percepciones de la forma en que producimos y consumimos, la forma en que vivimos y trabajamos y la forma en que tomamos decisiones (ONU, 1992).

El siglo XXI inició con muchos objetivos en aras de la sustentabilidad, no solo a nivel global presidido por las cumbres sobre el medio ambiente, estas metas a cumplir también exigían compromisos a nivel nacional, regional, local y personal. Se extendió un amplio debate a nivel gubernamental y académico que continua hasta el presente sobre cómo organizar el desarrollo sustentable, especialmente cuando las condiciones socioeconómicas son diferentes en todas las escalas mundiales.

Una de las formas para abordar la sustentabilidad, radica en interpretar a la misma cómo un objetivo para alcanzar las condiciones económicas, ambientales y sociales que aseguren el equilibrio de las sociedades ante la naturaleza. En este entendido existe una infinidad de conceptos que contribuyen a lograr el propósito ya sea de forma aislada o en conjunto, todos se vuelven una herramienta para la sustentabilidad. Molina-Prieto et al. (2019) Reconocen los siguientes conceptos cómo parte de los estudios de la sustentabilidad.

**Tabla 1.**

*Conceptos relacionados al estudio de la sustentabilidad*

Concepto	Definición actual
Ciclo cerrado 1735	Recupera productos usados. Remanufactura. Valora la logística inversa.
Metabolismo social 1867	Es el modo en que las sociedades organizan su intercambio de energía y materiales con su medio ambiente.
Metabolismo urbano 1965	Estudia los flujos de materiales y energía dentro de los sistemas urbanos, la acumulación de existencias de materiales y los procesos de intercambio de las áreas urbanas con sus zonas de influencia.
Economía circular 1970	Economía sustentable opuesta al enfoque antropocéntrico y explotador de la visión neoclásica. Identifica cuatro funciones del ambiente: comodidad, recursos, sumidero, soporte de la vida.

Ecología industrial 1971	Los sistemas industriales imitan a los sistemas naturales. Ciclo cerrado de materiales. Resiliencia. Mejorar vías metabólicas en procesos industriales y uso de materiales. Ecosistemas industriales de ciclo cerrado. Desmaterializa la producción industrial.
Red valor 1980	Intercambio de materiales e información en el proceso productivo de bienes y servicios. Red de organizaciones involucradas a través de enlaces ascendentes y descendentes. Aguas arriba y aguas abajo.
Logística inversa 1981	Retornar productos. Reducir necesidad de materiales. Reciclar. Renovar desechos. Reparar. Remanufactura. Reintroducir residuos en la cadena de producción. Aprovechar el valor de productos desechados.
Psicología ambiental 1990	Estudia la interrelación entre el individuo y su ambiente físico y social, dentro de sus dimensiones espaciales y temporales.
Ecodiseño 1990	Integración física y mecánica de las formas y estructuras construidas con las características y los procesos del ecosistema de un sitio determinado.
Huella ecológica 1996	Superficie de tierra productiva o ecosistema acuático necesario para mantener el consumo de recursos y energía, así como para absorber los residuos producidos por una determinada población humana o economía, considerando la tecnología existente.

---

Fuente: Molina-Prieto et al., (2019); Wackernagel y Rees (1996); Rees (2000); Infante-Amate; González y Toledo (2017).

El metabolismo social es una herramienta parte de la sustentabilidad, y se puede usar por medio de diferentes direcciones sea a través de un enfoque urbano, una economía circular, ecología industrial, ecodiseño o huella ecológica. Dicho de otra manera, es un concepto transversal que en gran medida contribuye al entendimiento de la sustentabilidad a través de variables cómo el consumo de energía-materia y la eliminación de todo tipo de residuos.

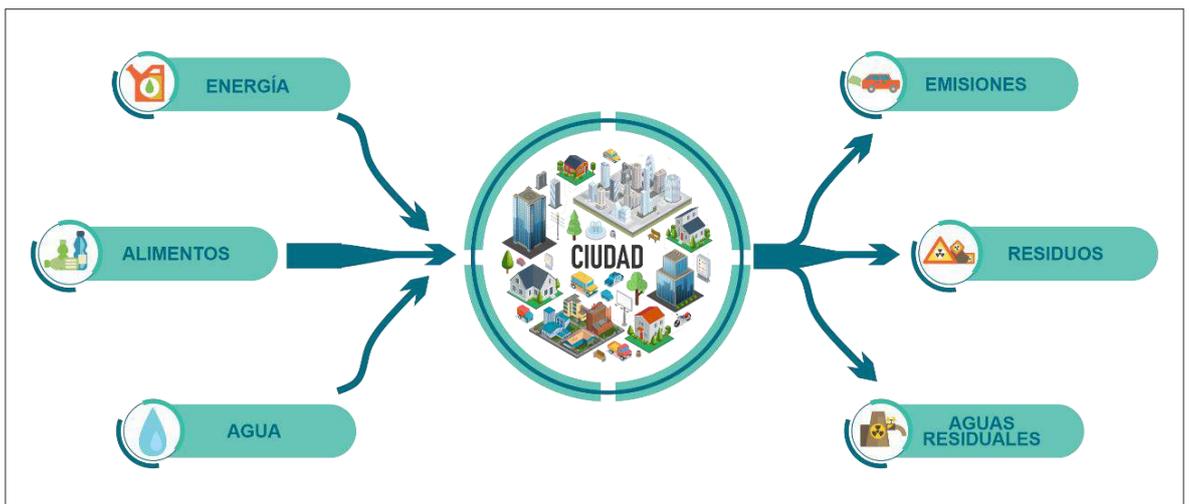
El estudio del metabolismo social (MS) se ha consolidado como una línea teórica-metodológica para analizar las relaciones entre sociedad y naturaleza que data de los inicios de la revolución industrial, con las aportaciones de Carl

Marx en su mítica obra *El Capital, tomo I*. En la misma hizo una comparación entre los procesos biológicos con los procesos sociales. En su disertación Marx comprendió que el sistema económico mediado por los procesos de intercambio de mercancías, solo representa su forma de valor y se olvidaba su origen natural, en forma materiales; cómo el hierro, trigo y arena. Cuando estos materiales son tomados de la naturaleza y transformados en mercancías para ser intercambiados en el sistema socioeconómico, se establecían relaciones de metabolismo social.

A partir de la analogía del metabolismo, Marx estaba sembrando las bases de una doctrina que ayuda a reconocer las complejas relaciones entre la sociedad y naturaleza, en el entendido que las ciudades son cómo seres dinámicos; se comparan con determinados procesos fisiológicos que ocasionan aquellos recursos y energía necesarios para sostener la vida. Pasó más de un siglo para que este concepto retomara valor. En 1965 Abel Wolman publica su artículo *El Metabolismo de las Ciudades* en cuyo tratado aporta al concepto las primeras variables socioeconómicas para su análisis.

### **Ilustración 2.**

*Esquema del metabolismo social de Abel Wolman*



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Wolman, 1965

Después de la década de los sesenta del siglo pasado las investigaciones de esta línea se han agudizado debido a la crisis ambiental derivada de la sobreexplotación de los recursos naturales. Pengue (2018) reconoce a Nicholas Georgescu Roegen, Robert U. Ayres, Herman Daly, René Passet, Manfred Max-Neef, Víctor Toledo, José-Manuel Naredo, Oscar Carpintero, Marina Fischer-Kowalski y su grupo en Viena (Helmut Haberl y Fridolin Krausmann), John McNeill, Mario Giampietro, Roldan Muradian, Jesús Ramos Martín, Fander Falconí, María Cristina Vallejo, Mario A. Pérez Rincón, Ana Citlalic González y Walter Pengue cómo principales investigadores asociados a las líneas del metabolismo social.

En un contexto de creciente preocupación sobre el medio ambiente, específicamente a finales de la década de los noventa del siglo pasado la idea del metabolismo y el flujo de energía y materia fueron retomadas en la academia, entre ellos Marina Fischer Kowalski (1997) quien adoptó las aportaciones de Karl Marx y Abel Wolman y con ello dio forma al concepto moderno conocido como metabolismo social, de donde podemos decir claramente que se consolida una línea teórica que contribuye al conocimiento del desarrollo sustentable.

También en esa misma década surge a la par el concepto de huella ecológica, estas dos concepciones que han marcado un antecedente en la visibilidad del impacto que tienen los sistemas socio-económicos sobre los recursos del planeta. La huella ecológica fue propuesta en 1996 por los científicos canadienses Mathis Wackernagel y William Rees. En términos simples la huella ecológica representa el área teórica de tierra necesaria para sostener el actual nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una sociedad (Wackernagel y Rees, 1996).

## **Capítulo I**

### **El metabolismo socio urbano de la automovilidad cotidiana en las ciudades contemporáneas**

En este primer capítulo se presenta una discusión teórica conceptual del objeto de estudio, compuesto por tres conceptos: movilidad urbana, automovilidad y metabolismo urbano. En cada uno de ellos se plantea una discusión cronológica sobre su evolución y cómo los autores los relacionan con otros conceptos. El propósito de esta argumentación teórica es establecer vínculos entre estos conceptos y abordar una problemática global: el impacto del uso del automóvil privado en la sociedad y el medio ambiente.

Examinar la complejidad relacionada con el concepto de automovilidad ha suscitado un profundo debate en la esfera urbana contemporánea, ya que se ha convertido en un factor determinante tanto para el desarrollo socioeconómico como para la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. Por otro lado, se discuten los impactos desde la transformación de los estilos de vida y las modificaciones en los patrones de desplazamiento, hasta los cambios en la estructura misma de los entornos urbanos y la dinámica social que en ellos acontece.

Ante esta discusión, el concepto de metabolismo social ha surgido como un enfoque teórico poderoso para cuantificar los intercambios de energía y materia entre sociedad y naturaleza. En esta línea, se construye una narrativa para destacar la importancia de este tipo de análisis en una actividad tan controversial como la automovilidad. De esta manera, se pueden identificar los flujos metabólicos asociados y los impactos sociales y ambientales que genera.

## 1.1 Movilidad urbana

El movimiento es una parte esencial de lo que conocemos cómo materia; el universo mismo está en constante movimiento, e incluso los elementos biológicos más pequeños se trasladan para cumplir su función. Sin el movimiento, la vida no sería posible; por lo tanto, los humanos necesitamos movernos (realizar actividades) para que las funciones biológicas armonicen en una perfecta síntesis de vida.

Entre los conceptos más comunes, se puede entender relativamente fácilmente lo que significa la palabra "movimiento"; es una idea abstracta, pero lo suficientemente clara. Se define cómo el traslado de un lugar a otro. Sin embargo, esta definición no logra capturar el contexto de cada movimiento. Por ejemplo, la rotación de la Tierra alrededor del sol, las grandes migraciones de animales o las movilidades particulares de una población dentro de una urbe, tema que concierne a esta investigación.

Entre las diferentes palabras que podrían describir el movimiento de una sociedad, el concepto "movilidad" ha ayudado a dar una mayor identidad a este fenómeno social. Aunque la movilidad puede confundirse con la idea de movimiento, existe un vínculo entre ambas; sin embargo, no se debe dar por sentado que son iguales.

Según Manderscheid (2009), el movimiento describe la idea de un acto, es decir, es el desplazamiento que permite a las personas moverse entre ubicaciones. Por lo tanto, se considera un hecho general, abstracto y no considera las formas de desplazamiento y sus implicaciones sociales. Cresswell (2006) define la movilidad cómo el movimiento producido socialmente y lo expresa a través de tres momentos relacionales: momento bruto, momento de representación y momento humano.

**Tabla 5.**

Momentos que engloban el concepto de movilidad

<b>Tipo de Movilidad</b>	<b>Definición</b>
Movilidad bruta	Es un hecho bruto, potencialmente observable y más cercano al movimiento puro.
Movilidad de representación	Estas representaciones dan sentido al movimiento a través de la producción de significados que tienden a ser ideológicos (cómo el cine o la literatura).
Movilidad humana	Se refiere a una experiencia encarnada irreducible; es una forma de estar en el mundo.

Fuente: Cresswell (2006)

La movilidad bruta está relacionada con los primeros estudios del concepto. El equipo de investigación liderado por John Urry describe las primeras aproximaciones en los estudios espaciales de la movilidad. Después de la segunda década del siglo pasado, esta área estuvo dominada por una generación de geógrafos e ingenieros. Sus campos de estudio incluían las migraciones, las comunicaciones y el transporte (Sheller, 2014). Su principal objeto de estudio era los medios mediante los cuales los grupos sociales se desplazaban o transportaban mercancías e información.

Esta primera rama o estudio de la movilidad se ha denominado movilidad espacial. Adopta como eje vertical la cultura material del transporte, la circulación de personas y no personas, información y capital. Algunas teorías críticas sobre las implicaciones afectivas y psicosociales de dicha movilidad son retomadas, aunque su mayor aportación se da en el estudio de los medios físicos de movimiento, cómo infraestructuras, vehículos y sistemas de software que posibilitan los viajes y las comunicaciones (Sheller, 2014). El estudio del transporte descuida a los usuarios, así como las formas en que estos consumen, no solo su propio

movimiento, sino también el de las cosas y la información que circulan por medios físicos (Divall, 2014).

Con la llegada del nuevo siglo y las crisis sociales y ambientales, surgen nuevos enfoques y cruces de conocimientos entre disciplinas dentro del urbanismo, especialmente con la sociología. Divall (2014) describe que desde 1990 las ciencias sociales han desarrollado un nuevo lenguaje para denotar las movilidades humanas, surgiendo un nuevo paradigma de la movilidad gracias al interés de los sociólogos urbanos.

Entre quienes impulsaron fuertemente este cambio de paradigma destacan los cofundadores de la revista *Mobilities* en 2005: Kevin Hannam, Mimi Sheller y John Urry. Sus escritos ayudaron a establecer un cambio en el pensamiento sobre la movilidad que influye en una variedad de disciplinas (Sheller, 2014). Con las aportaciones de esta rama se entra oficialmente a un nuevo enfoque: la movilidad social. Este abarca más allá de los medios de transporte y ofrece una perspectiva individual y colectiva de los sujetos acorde a su realidad socioeconómica y espacial (Montezuma, 2003).

La movilidad social no desecha los conocimientos y/o perspectivas de estudio de la movilidad espacial. Al contrario, se reconoce cómo una adición importante a los campos de investigación del transporte. Examina las nuevas formas de movilidad, las nuevas tecnologías de la comunicación y las infraestructuras que las sustentan y reconfiguran la vida pública y privada, porque los patrones de movilidad siempre están cambiando para apoyar diferentes modos de comercio, interacción, urbanización y comunicación (Sheller, 2014).

La movilidad no es solo movimiento (distancia y tiempo) entre un lugar a otro (territorio), a lo que ya Cresswell (2006) ha denominado movilidad bruta. Existen otros factores a considerar, tanto individuales como colectivos: culturales, económicos, políticos y morfológicos que, en suma, se relacionan con la movilidad de representación y humana (movilidad social). Es decir, los desplazamientos de los habitantes por una ciudad no solo dependen de sus

condiciones propias, sino que la ciudad y su organización también influyen (Miralles-Guasch, 1998).

Actualmente, la movilidad es un concepto integrador, con alcances sociales, espaciales y tecnológicos. Sin embargo, surge una pregunta crucial que ayuda a dimensionar y comprender mejor sus alcances: ¿Por qué las personas se mueven y de qué forma usan el territorio y emplean sus recursos? Todo viaje tiene un propósito y quizás sea ahí donde el estudio de la movilidad adquiere un verdadero sentido, porque es difícil imaginar que un habitante viaje por el territorio sin un destino. En esta línea de pensamiento, la movilidad se vuelve un recurso valioso para conseguir un fin, a lo que Flamm y Kaufmann han denominado motilidad (véase Flamm y Kaufmann, 2006).

Lange (2011) concibe la movilidad cómo un medio para acceder entre las distintas áreas funcionales de la ciudad. Es decir, gracias a la movilidad es posible que los individuos gocen de los bienes y servicios que la ciudad ofrece. Todos se mueven para acceder, no solo a bienes materiales, sino también a los inmateriales que satisfacen más allá de las necesidades biológicas.

Desde una visión general y bastante abstracta, se puede concluir que la movilidad es impulsada por la necesidad de consumir. El consumo es un hecho natural, parte esencial de la supervivencia biológica. Sin embargo, no todos los humanos nos movemos igual para consumir, ni consumimos lo mismo. Sin embargo, dentro de una sociedad se pueden encontrar actividades similares que se repiten entre individuos, a lo que se le ha denominado vida cotidiana.

Para fines prácticos de la investigación, se considera el concepto de vida cotidiana a partir del período histórico de la industrialización, que aún sigue impactando en las formas de vida contemporáneas. Esto con el fin de construir un marco en torno a la movilidad cotidiana y sus implicaciones

dentro de los medios de transporte, especialmente el uso del automóvil, que domina el paisaje urbano alrededor del mundo.

### 1.1.2 Vida cotidiana contemporánea

La vida cotidiana, según Ciocoletto (2014), se define cómo el conjunto de actividades cíclicas que las personas realizan para satisfacer sus necesidades en las diferentes esferas de la vida: productiva, reproductiva, propia y política (véase tabla 4). El dinamismo industrial ha influido drásticamente en las actividades cotidianas de las personas debido a las condiciones territoriales, tecnológicas y culturales. En comparación con los territorios rurales, donde aún se aprecian actividades de la vida cotidiana, cómo en el régimen agrario.

#### **Tabla 4.**

Definición de las esferas de la vida cotidiana

<b>Esfera</b>	<b>Definición</b>
Productiva	Actividades relacionadas con la producción de bienes y servicios, las cuales normalmente suponen una remuneración en forma de salario
Reproductiva	Actividades no remuneradas que realizan las personas de una unidad de convivencia para el cuidado de ellas mismas, para los integrantes de la familia o para una familia ajena. Llamadas también actividades domésticas, son las relacionadas con proporcionar vivienda, nutrición, vestido y cuidado
Propia	Actividades relacionadas con el desarrollo personal e intelectual de cada persona. Se encuentran dentro de esta esfera la vida social, los deportes, el ocio, el tiempo libre, las aficiones, etc.

Política

Acción para la fundamentación y conservación de la comunidad política. Crea las condiciones para la continuidad de las generaciones, para el recuerdo y para la historia. Son las actividades relacionadas con la participación social, cultural y política.

---

Fuente: Ciocchetto (2014)

Las actividades que abarcan la vida cotidiana pueden variar de individuo a individuo, pero gracias a esas necesidades individuales que se replican de manera general, logran dar forma y, juntas, crean una práctica social (Lefebvre, 1972). Es así cómo se puede describir un patrón casi homogéneo de la vida contemporánea, con algunas variantes desde que se consolidó la industrialización y las industrias se globalizaron. Estas actividades abarcan las productivas; la compra de ropa, alimentos y mobiliario, momentos compuestos de necesidades, trabajo, goce; productos y obras; pasividad y creatividad; medios y finalidad (Lefebvre, 1972).

Las esferas productiva y reproductiva son fundamentales para el sustento de la vida humana, y también han sido constantes desde las primeras civilizaciones. Sin embargo, la época industrial ha aumentado las ofertas de consumo, tanto materiales como culturales. Cada vez se crean nuevas necesidades de consumo, lo que obliga de cierta manera a los habitantes a ser más productivos. El resultado del trabajo puede ser cambiado por los nuevos productos de consumo (Lefebvre, 1972).

La efervescente forma de producción y consumo ha dado motivo para cuestionar qué necesidades son reales y cuáles imponen comportamientos fuera de la lógica natural de subsistencia como especie. Las teorías socialistas fueron las primeras en cuestionar la vida cotidiana moderna. Entre los autores más reconocidos destacan Marx, Engels y, más recientemente, Lefebvre. Sus postulaciones indican que la modernidad capitalista impone patrones sobre la manera en que atomiza a las personas y las convierte en consumidores aislados sin comunicación entre sí. De forma individual,

modifican radicalmente su vida cotidiana y, en general, crean una sociedad de consumo (Molano, 2016).

En la vida urbana, la satisfacción de las necesidades de la vida cotidiana implica una relación directa e indirecta con los recursos naturales, mediante flujos e intercambios de energía y materia. En el plano urbano, el simple hecho de moverse de un punto a otro con el fin de satisfacer una necesidad implica un intercambio de energía con el ambiente que varía según el medio con el cual se da el movimiento. Asimismo, la satisfacción de cualquier necesidad, cualquiera que esta sea, mantiene un proceso constante de intercambio de materia y/o energía, desde su apropiación de la naturaleza hasta el retorno a su origen.

Si se enumeraran las actividades que realiza una persona en promedio para satisfacer sus necesidades de la vida cotidiana, desde ir al trabajo, adquirir alimentos, ropa o calzado, realizar actividades deportivas o culturales, solo por mencionar algunas, se podrían contabilizar infinidad de flujos de energía e intercambios de materia.

No obstante, identificar los flujos urbanos y posteriormente cuantificarlos no es fácil, porque la conducta de los individuos que forman el cuerpo urbano no es homogénea. De acuerdo con Hernández-Burbano (2020), la heterogeneidad de la vida cotidiana, los ciclos vitales, la necesidad, las frustraciones y los éxitos, constituyen y diferencian la memoria emocional entre individuos diversos, lo que hace complejas las numerosas interrelaciones que tienen lugar en los escenarios urbanos.

El consumo tiene lugar gracias a la oferta que existe en el mercado. En este sentido, las industrias juegan un papel fundamental en la cadena de consumo. La competencia entre industrias creó una serie de estrategias para ganar el mercado, lo que actualmente se denomina marketing, entendido como un sistema de pensamiento de reflexión estratégica y sistema de acción, mediante medios tácticos, con teorías y conocimientos profundamente influyentes (Carosio, 2008). La industria, mediante sus

estrategias, crea necesidades de consumo y agrega nuevas actividades a la vida cotidiana de las personas.

### **1.1.2 Movilidades cotidianas**

Cómo se mencionó en el primer apartado, la movilidad va más allá del movimiento superficial; en ella se consideran las formas y modos en que las personas utilizan el territorio y los recursos para acceder a bienes y servicios. Porque de alguna manera, la movilidad es una expresión de supervivencia social si se considera el contexto actual de las urbes extensas; “no existe ninguna actividad profesional, de recreación, estudio, vida familiar, amistosa, asociativa o cultural que pueda realizarse sin la necesidad de movimiento” (Caudillo, 2016, p.118).

Para el estudio de la movilidad no se puede generalizar en una sola. Es sumamente importante reconocer que existen diferentes movilidades y que cada una varía según el propósito y los medios empleados. Entre las movilidades que pueden surgir, las más comunes son: por motivos de trabajo, estudio, para la compra de bienes y servicios, entre otras más relacionadas con actividades de ocio (Miralles-Guasch y Cebollada, 2002). Estas movilidades forman una categoría a la que se le denomina movilidad cotidiana: “la suma de los desplazamientos que realiza una población de forma recurrente para acceder a bienes y servicios en un territorio determinado” (Miralles-Guasch y Cebollada, 2002, p.194).

Las movilidades cotidianas son una expresión de la vida cotidiana y las calidades de vida. Es decir, para que las personas puedan desarrollar su vida personal y social (véase apartado de vida cotidiana), en la mayoría de sus actividades necesitan moverse e interactuar con el territorio, medios y personas, en donde se exhibe una variedad de problemas de todo tipo (inseguridad, acoso, desigualdad, exclusión, ambiental, entre otros), aunado a factores culturales, económicos, políticos, físicos y sociales, que varían de movilidad a movilidad y de individuo a individuo. Por tanto, la movilidad cotidiana corresponde más a un sistema complejo; porque presenta

dinámicas irreversibles, súbitas, impredecibles y aperiódicas (Maldonado, 2014) de suma importancia para investigadores y hacedores de política pública.

En resumen, la movilidad cotidiana se puede identificar según el fin que la causa; con propósitos laborales, escolares, de cuidado y ocio. Cada una de ellas es distinta por su origen, pero, para fines académicos, puede ser tan diversa conforme se complejiza y se relaciona con otros fenómenos urbanos; por ejemplo, todas las movilizaciones cotidianas comparten el hogar como origen o destino de los desplazamientos.

Al considerar los orígenes y destinos se agrega una variable espacial, en donde la ubicación del hogar es esencial para dimensionar los problemas de tiempo de viaje y la disponibilidad de medios de transporte, pero si la persona que ejerce la movilidad es mujer o una persona adulta, se necesitan agregar otras variables que complejizan el estudio.

Las investigaciones de la movilidad cotidiana tienen una arista robusta con los estudios de género. Algunas investigaciones que realizan este análisis examinan particularmente las variables de edad, elección modal y los propósitos de viaje (Miralles-Guasch, Martínez y Marquet, 2016; Jiron, 2007; Lee, 2017; Soto 2017). Otros autores que estudian esta perspectiva aseguran que “la experiencia de movilidad no es homogénea; las experiencias urbanas se viven de manera diferenciada por hombres y mujeres y entre mujeres” (Jiron, 2007, p.173).

Después de la pandemia de COVID-19, las investigaciones de la movilidad cotidiana en torno a la pandemia se intensificaron. Su estudio abarcaba temas como el transporte público, un canal para la propagación de la enfermedad (Borkowski et al., 2021) o en los cambios de movilidad cotidiana por el confinamiento y restricciones, aunado a la posibilidad de trabajar desde casa o a distancia, evidenciando las diferencias existentes en términos de género, geografía y movilidad (Bohman et al., 2021; Zúñiga-Olave y Herrmann-Lunecke, 2022).

Sin dejar de lado los estudios de desigualdad socioeconómica que relucieron a mayor magnitud en términos de movilidad cotidiana, entre quienes poseían más recursos y oportunidades (Levy et al., 2022; Do Lee et al., 2021).

La sustentabilidad es otra arista de la movilidad cotidiana que ha aumentado desde el inicio del siglo. En la mayoría de los estudios, se analiza y critica el actual modelo de movilidad privada, el automóvil. Algunos estudios realizan comparativas entre diferentes países, y sus resultados describen que todas las ciudades presentan, a pesar de sus diferencias económicas y culturales, tendencias al alza en el uso del automóvil, cuyos comportamientos tienen implicaciones para la sustentabilidad; en especial, el aumento de la contaminación ambiental (Rosenbloom, 2001).

Por otro lado, estudios en ciudades subdesarrolladas analizan los altos niveles de contaminación en relación con variables de urbanización y motorización. Algunos estudios muestran que el mayor uso del coche privado y la alta densidad urbana han provocado el problema de la congestión y, por consiguiente, de la contaminación (Mraihi et al., 2015; Pineda et al., 2018). Otros estudios consideran que el tiempo que las personas pasan dentro del vehículo por motivos de movilidad puede causar problemas de salud debido a la entrada de contaminantes al interior de estos (Zulauf et al., 2019).

Durante las últimas dos décadas, diversos investigadores coinciden en que el uso del automóvil en las ciudades ha sido la principal fuente de emisiones de gases no deseados y, en términos ambientales, afecta más que cualquier otro sector económico o social. En aras de lograr un desarrollo sostenible y cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible, el análisis del uso del automóvil en las movilidades cotidianas juega un papel adyacente que merece ser analizado desde diversas áreas de estudio. En ese sentido, la presente investigación aporta una visión al complejo tema de la automovilidad, descrita a continuación.

## 1.2 Automovilidad

Con las explicaciones previas sobre la movilidad y las movilidades cotidianas cómo preámbulo al fenómeno relacionado con el uso particular y masificado del automóvil, se describirá este último desde dos perspectivas socio-temporales en los siguientes dos apartados: el primero comprende la época moderna, periodo que va desde el inicio de la revolución industrial hasta finales de la década de 1980, y el periodo contemporáneo o sustentable, que inicia en 1990, pero cobra mayor relevancia desde el inicio del siglo XXI.

Durante la época moderna, el automóvil se consideraba un símbolo de progreso social y prosperidad económica. Sin embargo, en la actualidad, el debate considera su uso cómo una fuente de impactos negativos tanto sociales cómo ambientales.

Para comprender lo anterior, es necesario adoptar un nuevo concepto que describa lo que representa el automóvil en la actualidad, considerando las dos corrientes temporales mencionadas: la moderna y la contemporánea. Hasta el momento, el concepto de automovilidad presenta una visión más holística, examinando el vehículo en su conjunto: aspectos tecnológicos, sociales y urbanos, más allá de una visión lineal o simplemente cómo un sistema de transporte privado que dominó en los estudios de las ciencias exactas durante casi todo el siglo XX.

La automovilidad no se limita al simple movimiento, es un término acuñado dentro de los estudios sociales de la movilidad urbana para describir un fenómeno social y urbano surgido con el masificado uso del automóvil. Se vincula a la movilidad, pero encerrado en un contexto particular que tiene como eje central el uso del vehículo particular.

Fue definido por primera vez en 1999 por el sociólogo británico John Urry (2004) para hacer énfasis en un modelo de movilidad urbana integrado por un sistema social y técnico que gira en torno al automóvil, y se examina a través de seis componentes: objeto fabricado, consumo individual,

complejo mecánico, movilidad casi privada, cultura y uso de recursos ambientales.

En el marco de esta investigación, se proponen el análisis de cinco criterios: material, movilidad, cultural, energético y ambiental. Sin embargo, se pueden considerar otros criterios, cómo los expuestos anteriormente por Urry, de acuerdo con el contexto temporal y social. Aunque pueden ser similares, nunca podrán ser idénticos debido a la complejidad social y territorial. Los criterios se subdividen a su vez en subcriterios, los cuales pueden pertenecer a más de un criterio.

**Tabla 2.**

*Definición de los elementos que conforman la automovilidad*

<b>Criterios</b>	<b>Subcriterios</b>	<b>Definición</b>
Material	Adquisición del automóvil Infraestructura vial Estaciones de servicio (combustibles)	Considera al objeto fabricado (diseños y tipos) e infraestructuras para su uso (carreteras, autopistas, señalamientos, sistemas de control, estaciones de carga etc.).
Movilidad	Uso del automóvil Benéficos del uso del automóvil Lugares atractores	Considera los beneficios de una movilidad exclusiva que excede los del transporte público: privacidad, confort, viajes puerta a puerta, disponibilidad inmediata, etc.
Cultural	Percepción del uso y apropiación del automóvil Leyes y reglamentos Recaudación de impuesto impuestos. Oferta automotriz Facilidades de financiamiento	Considera un marco de estructuras en representaciones sociales y económicas cómo <i>status quo</i> que promueve el deseo de adquirir y usar un automóvil. Y una superestructura que regula su uso a modo de obtener los mejores beneficios.
Energético	Consumo de combustibles	Considera los recursos energéticos y materiales necesarios tanto para

	Tipos de combustibles	la fabricación cómo para el funcionamiento del automóvil.
	Huella ecológica	
Ambiental	Emisiones de gases contaminantes	Considera los impactos ambientales desde la fabricación, uso e infraestructura necesaria para el funcionamiento del automóvil.
	Contribución al calentamiento global	
	Aumento del efecto islas de calor	

---

Fuente: Elaboración propia

La automovilidad, cómo fenómeno social y urbano, no se identifica y describe pluralmente cómo lo es la pobreza; sin embargo, su presencia es tan palpable que se manifiesta al cruzar la puerta de casa. Aunque solo un sector de la población se inscribe dentro de la automovilidad, su presencia es tan dominante que llega a definir el paisaje urbano.

Duarte (2018) la describe cómo una cultura hegemónica en la que grupos sociales, caracterizados por sus estilos de vida, generan diversos niveles de dependencia y aprecio por el automóvil, exponiendo así un estilo de vida que pronto es deseado por quienes no forman parte de ese grupo.

El primer componente por analizar es el automóvil en sí mismo, el medio que dio origen a todo lo que se ha descrito cómo automovilidad. Además de ser un objeto mecánico o un sistema de transporte, el automóvil posee características que lo distinguen de otros sistemas de transporte que le precedieron y que no pudieron trascender a tal magnitud para ser considerados parte de la ontología humana.

Esta parte material de la automovilidad considera tanto al automóvil en sí cómo a todo el sistema urbano que, en ocasiones sin saberlo, ha acelerado su uso y apropiación. En esta dimensión se deben considerar toda la infraestructura vial y tecnológica ligada al uso del automóvil.

En términos de movilidad, el automóvil es considerado uno de los mejores sistemas de transporte desde su llegada al mercado, especialmente desde que su precio se volvió accesible para las masas urbanas, primero en ciudades de los Estados Unidos y Europa, y posteriormente en países subdesarrollados de América Latina, África y Asia.

Duarte (2018) lo concibe cómo un nexo entre el principio de la movilidad y el principio más reciente de la conectividad. Como sistema de transporte, permite una mayor conectividad entre las diferentes áreas funcionales, siendo rápido, eficiente, cómodo, privado y permitiendo una emancipación espacial de la vivienda dentro del entramado urbano.

La automovilidad se describe cómo parte de una cultura que se identifica plenamente con el uso y apropiación del automóvil. Como toda cultura, no surge espontáneamente, sino que se va conformando y evolucionando al ritmo de los cambios generacionales, económicos, tecnológicos y políticos.

Esta cultura se puede analizar desde dos perspectivas: una relacionada con el consumo y el consumismo, donde el automóvil se convierte en un producto tecnológico que cubre una necesidad, pero con un valor simbólico particular; y otra que ha moldeado el sistema socioeconómico y político, priorizando el uso del automóvil como un símbolo de estatus y poder social.

Quienes utilizan el automóvil se consideran parte de una clase social más poderosa, ya que aumentan su movilidad y disfrutan de una mayor accesibilidad gracias al entorno construido promovido por las instituciones gubernamentales. Esta supremacía social impregna toda la sociedad, como señala Gehl (2014).

### **1.2.1 El transporte**

El automóvil, como artefacto tecnológico, no surge espontáneamente, sino que su invención se sitúa en un contexto histórico particular: la segunda

revolución industrial, un periodo paradigmático con desarrollos tecnológicos en todas las industrias. Antes de examinar el automóvil, es necesario comprender el papel del transporte en general.

El transporte mecánico surge como resultado del creciente desarrollo económico durante la segunda revolución industrial. Con el surgimiento de las principales ciudades industriales, creció la demanda de materias primas que no siempre estaban disponibles en las cercanías de estos centros urbanos. Se necesitaban medios de transporte para llevar estas materias primas desde su origen hasta las fábricas, y una vez procesadas, para llevar los productos terminados hasta los consumidores.

El transporte no solo facilitó el movimiento de mercancías, bienes y productos, sino que también permitió a las personas desplazarse en búsqueda de mejores oportunidades, convirtiéndose así en un sector esencial para los dinamismos sociales y económicos.

El transporte motorizado está estrechamente ligado a la industrialización y a la prosperidad económica, lo que a su vez ha provocado una rápida urbanización en las ciudades donde se implementó el sistema industrial. Las pequeñas ciudades se convirtieron en centros de desarrollo tecnológico y económico, transformando el espacio urbano con la implementación de nuevas actividades productivas. La industrialización atrajo mano de obra, lo que a su vez impulsó la urbanización y desencadenó un desarrollo social y urbano sin precedentes.

Con el crecimiento de las ciudades industriales y la reconfiguración urbana, con zonas habitacionales distantes de los centros económicos, el transporte se volvió crucial para asegurar la subsistencia en el ecosistema urbano. Los sistemas de transporte urbano, como los trenes interurbanos y los tranvías, permitieron la circulación de personas entre las diferentes áreas urbanas de la ciudad. A medida que crecía el desarrollo económico y tecnológico, aumentaban los flujos de movimiento y la demanda de sistemas de transporte más eficientes.

El surgimiento del automóvil se dio en este contexto de desarrollo tecnológico y necesidad de movilidad más rápida y autónoma. Los primeros sistemas de transporte masivo, como los trenes y tranvías, comenzaron a ser vistos como lentos, sujetos a las vías, esporádicos y saturados. La motorización de los sistemas de transporte parecía una idea revolucionaria en ese momento. Los automóviles ofrecían la posibilidad de moverse libremente por las calles sin depender de las vías y sin las limitaciones de los sistemas de transporte masivo. Así nace el término "automóvil", para describir vehículos capaces de moverse sin la necesidad de tracción animal.

### **1.2.2 De automóvil a automovilidad**

El automóvil, como medio de transporte, ha sido central en la evolución de la movilidad humana y ha tenido un profundo impacto en la sociedad y el entorno urbano. Su desarrollo se remonta a la segunda revolución industrial y ha pasado por varias etapas de innovación y transformación a lo largo de la historia.

Los primeros indicios de un vehículo autónomo surgieron alrededor de 1771 con el ingeniero francés Cugnot, quien construyó un triciclo con un motor de combustión externa. Sin embargo, este primer intento tuvo limitaciones y no pudo superar las expectativas debido a problemas como la baja autonomía energética y la necesidad de un segundo operador para recargar el carbón.

El avance hacia el motor de combustión interna fue fundamental para el desarrollo del automóvil moderno. Ingenieros como Wilhelm Schmidt sentaron las bases teóricas de la combustión interna, seguidos por otros como Otto, Barsanti, Matteuci, Rochas y Lenoir, quienes contribuyeron al desarrollo del motor de combustión interna. En 1876, Nikolaus August Otto construyó el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, marcando un hito en la historia de la automoción.

Posteriormente, el motor de combustión interna se perfeccionó y se adaptó a vehículos de transporte. En 1886, Karl Benz patentó un triciclo con motor trasero, considerado el primer automóvil de combustión interna. Este hito fue seguido por la creación de la primera motocicleta por parte de Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach en 1895, quienes luego fundaron la renombrada empresa Mercedes Benz.

Inicialmente, la fabricación de automóviles estuvo dominada por Europa, donde se inventó el automóvil y existía un alto nivel de industrialización. Sin embargo, a principios del siglo XX, el automóvil se consolidó como un invento fundamental y las empresas competían por ofrecer vehículos más rápidos, cómodos y de mayor calidad. Las marcas que pudieron ofrecer innovaciones tecnológicas distintivas lograron sobrevivir y muchas de ellas continúan siendo líderes en la industria automotriz actual.

**Tabla 3.**

Principales marcas europeas en la industria automotriz

País	Marcas
Alemania	Mercedes Benz, Opel, Porsche, Volkswagen, Audi, BMW
Francia	Peugeot, Renault,
Inglaterra	Austin, Rolls Royce, Aston Martin, Jaguar, Morris-MG
Holanda	Spyker
Italia	Ferrari, Maserati, Lamborghini, FIAT, Alfa Romeo
Suecia	Volvo
España	Seat

Fuente: Agüero, 2010

En Europa se establecieron las primeras marcas de automóvil, sin embargo, de forma casi inmediata Estados Unidos de América empezó a

incursionar en la industria. Para 1882 se construyó el primer automóvil a motor de gasolina, fabricado por los hermanos Charles Duryea y Frank Duryea, cuatro años después en 1896 Henry Ford ya había construido su primer automóvil (Agüero, 2010).

El impacto de Henry Ford en la industria automotriz fue monumental y su legado trasciende hasta nuestros días. Aunque no fue el pionero en la fabricación de automóviles, su visión de hacer que el automóvil fuera accesible para todos los ciudadanos estadounidenses revolucionó la industria y transformó la sociedad y el entorno urbano.

Antes de Ford, los automóviles se producían a mano y eran considerados productos de lujo, accesibles solo para una pequeña élite adinerada. Sin embargo, la visión de Ford era diferente; creía que el automóvil debía ser económico, fácil de manejar y reparar, y estar al alcance de todos. Con la introducción del famoso modelo T en 1908, Ford logró hacer realidad esta visión al revolucionar el diseño del motor y desarrollar un proceso de fabricación en serie (Agüero, 2010).

La fabricación en serie, que se convirtió en un modelo industrial conocido como fordismo, representó un cambio radical en la forma de producción. Este enfoque permitió reducir los costos de producción, abaratar los precios de los automóviles y hacer que estuvieran disponibles para la mayoría de los ciudadanos estadounidenses. Para 1927, Estados Unidos se había convertido en el país con el mayor número de automóviles del mundo, con una tasa de motorización sin precedentes.

El éxito de Ford no solo transformó la industria automotriz, sino también el paisaje urbano y la forma en que la gente se desplazaba. Las calles estrechas y antiguas fueron ensanchadas y mejoradas para dar cabida al creciente tráfico de automóviles. El transporte público, como los trenes y tranvías, perdió terreno frente al automóvil y las carreteras y autopistas comenzaron a dominar el paisaje urbano.

El desarrollo tecnológico del automóvil, junto con la difusión de su uso, marcó el comienzo de una nueva era de la automovilidad. Sin embargo, también planteó desafíos en términos de infraestructura urbana y convivencia entre diferentes usuarios de las vías. A medida que el automóvil se volvía omnipresente, se requerían adaptaciones en el entorno urbano para acomodar su uso masivo.

El urbanismo inspirado en la teoría circulatoria, desarrollado inicialmente en París por Haussmann, tuvo un impacto significativo en la forma en que las ciudades respondieron al creciente uso del automóvil. Este enfoque conceptualizaba la ciudad como un organismo vivo, donde la circulación fluida era crucial para su salud y vitalidad. Cuando se producían congestiones, la solución era ampliar o construir nuevas vías para mantener el flujo vehicular constante (Swyngedouw, 2006).

A medida que la motorización se extendía, las ciudades se expandían y se ampliaba la red de carreteras. Esto inicialmente alivió el tráfico y promovió la dispersión urbana, ya que aquellos que poseían automóviles podían vivir en áreas más alejadas de los centros urbanos. Esta expansión de la infraestructura vial también impulsó el desarrollo inmobiliario en las zonas cercanas a las principales vías de acceso (Delgado, 2012).

Sin embargo, este proceso creó un ciclo vicioso: más vehículos requerían más infraestructura, y a medida que las ciudades se urbanizaban, aumentaba el uso del automóvil. La automovilidad no solo se reflejaba en la infraestructura vial y las áreas residenciales, sino también en la creación de centros comerciales, estaciones de servicio y otros servicios asociados (Aguilar y Escamilla, 2011).

Este modelo urbano, caracterizado por amplias avenidas diseñadas principalmente para vehículos, se convirtió en una identidad de la urbe contemporánea desde el siglo XX. Las decisiones urbanísticas estaban influenciadas por análisis de tráfico y estudios que respaldaban la

construcción de autopistas urbanas como solución al creciente tráfico (Hall, 1996).

Sin embargo, estas intervenciones urbanísticas favorecieron principalmente a los usuarios del automóvil, mientras que se descuidaron las necesidades de quienes no lo utilizaban, lo que generó desigualdades sociales, especialmente evidentes en ciudades de países en desarrollo (Cervero, 1998; Gehl, 2014).

En conclusión, el automóvil ha transformado profundamente la estructura urbana y la forma en que las ciudades se planifican y desarrollan. Desde sus primeros prototipos hasta su integración como componente esencial de la movilidad cotidiana, el automóvil ha dejado una marca indeleble en la cultura y la economía modernas.

### **1.2.3 Automovilidad; desigualdad social y ambiental**

La automovilidad como resultado de un proceso tecnológico, urbano y político a la postre condujo a un desequilibrio social y ambiental visible décadas después del inicio de la revolución automotriz. Los primeros críticos de este sistema, ya sea descrito como el uso del automóvil o la construcción de infraestructura, sobresalen los nombres de: Mumford, Jacobs, Hall, Cervero y Gehl.

Según Hall (1996) el uso del automóvil representó una *bendición disfrazada*. Lo que en un principio revolucionó el transporte de personas y de mercancías, pronto, a la medida que su uso se intensificó rompió la barrera entre lo necesario y lo prescindible, el uso desmedido del automóvil desenmascaró que el sistema urbano y ambiental no era capaz de armonizar los impactos.

Bajo esta idea, no solo se analiza el automóvil como artefacto tecnológico, sino automovilidad como fenómeno que ha encaminado la urbanización desde la masificación del auto. Mumford (1971) describió como

un grave error permitir que el uso del automóvil incidiera en el modelo de planificación urbana.

De acuerdo con Gehl (2014) este sistema de movilidad, además de modificar la morfología urbana y expandir la ciudad, la automovilidad se ha concentrado en suprimir estructuras sociales como la escala pedestre o barrial (el hábito de caminar) y ha aumentado los problemas de salud relacionados con el sedentarismo.

Es evidente que la automovilidad se manifestó con una reestructuración de la morfología urbana; la construcción de grandes redes de carreteras que favoreció al modelo de ciudad dispersa (Sheller 2011). Ahora bien, este modelo de ciudad no empalma con todas las clases sociales, porque no todos tienen los recursos para adquirir un vehículo, es decir, son excluidos y privados de la automovilidad.

Al respecto Cervero (1998) señala; que es sistema de automovilidad mejora la infraestructura urbana solo para reducir las distancias y congestión a los usuarios del automóvil, especialmente para quienes tienden a vivir más lejos y desconectados de la urbe y se olvida de otros usuarios y sistemas de transporte.

Otras consecuencias sociales que ha generado la automovilidad como bien lo ha descrito Jacobs (2011), “una mayor accesibilidad en automóviles privados se acompaña inexorablemente de una menor comodidad y eficacia del transporte público” (p.390).

Esto es porque la política urbana enfocó gran parte de los recursos técnicos y económicos a favor de los usuarios automotores y se olvidó de los usuarios del transporte público y de medios no motorizados, en contraste, el automóvil crecía como un sistema de transporte confiable, veloz, seguro y flexible mientras el transporte público no. Esta desigualdad social es resultado de la automovilidad que moldea las estructuras urbanas y políticas.

Cervero (1998) describió los problemas locales y globales que los críticos han señalado como culpable a la automovilidad que se repite de manera homogénea en las diferentes escalas urbanas: la expansión urbana, las muertes prematuras por accidentes, la contaminación del aire, el desarraigo de los barrios urbanos, el aislamiento social y la segregación de clases, el agotamiento de los combustibles fósiles, el cambio climático, la contaminación acústica y la explotación de las economías del tercer mundo.

Por otra parte, el mismo uso del automóvil tiene implicaciones ambientales por el uso de energía, en una relación simple, entre mayor uso y número de vehículos implica un alza en el consumo y emisión de CO<sub>2</sub> a causa de la combustión de hidrocarburos.

El automóvil es por mucho el medio de transporte dominante alrededor del mundo con un claro patrón de dependencia en economías avanzadas del mundo y se expande rápidamente a países de economías en vías de desarrollo (Sheller, 2011). Aunque en las últimas cinco décadas la industria automotriz ha logrado mayor eficiencia energética y en la última década se ha iniciado la transición energética solo se han creado falsas esperanzas a los problemas ambientales (Santamarta, 2002).

Mientras las ciudades estén encaminadas a la automovilidad y no se logre aumentar la eficiencia en el transporte público, la motorización seguirá en la misma tendencia por los largos recorridos entre los hogares y los lugares de trabajo, estudio y servicios.

A pesar de que la transición energética o tecnológica de vehículos a combustión interna a automóviles eléctricos se logre, la industria automovilística seguirá requiriendo grandes cantidades de energía y materia directa o indirectamente. Actualmente la producción de una unidad requiere de dos toneladas equivalentes de petróleo y una variedad de productos industriales como acero, aluminio, caucho, pintura, vidrio y plástico que para su extracción, procesamiento y transporte se necesitó el uso de energía (Santamarta, 2002).

La automovilidad como sistema tecnológico que promueve la adquisición del automóvil a medida que se intensifica el uso, proporcionalmente incrementa las emisiones de CO<sub>2</sub>, además se debe contabilizar las emisiones indirectas durante su proceso de fabricación desde la extracción de los materiales hasta su venta final.

Otros estudios (Santamarta, 2002) han descrito que además de las emisiones, un vehículo durante su vida útil genera residuos de aceites y gasolinas responsables de la contaminación del suelo y agua, y cuando su vida útil llega al final, será almacenado en un depósito y en el mejor de los casos se reutilizarán sus materiales<sup>3</sup> pero en la mayoría de los casos se degradarán<sup>4</sup> lentamente al paso del tiempo y nuevamente contaminará el suelo y agua.

La automovilidad es el perfecto ejemplo de los procesos metabólicos por los intercambios de energía y materia que sucede en todas sus manifestaciones, por consiguiente, es viable analizarse desde el enfoque de metabolismo urbano, un concepto que asemeja a las ciudades con organismos para estudiar sus intercambios de energía y materia con sus entornos.

La ciudad entendida como un sistema dinámico a través de sus diferentes sectores sociales y económicos puede ser examinada mediante los flujos de energía y materia (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000) y la automovilidad representaría el sistema vascular sanguíneo que transporta a la población gracias al sistema de infraestructura, combustibles y vehículos (Menga et al., 2016).

---

<sup>3</sup> Los materiales son: cadmio, plomo, cobre, cromo, níquel, zinc y PCBs (Santamarta, 2002, p.106).

<sup>4</sup> Se estima que las deposiciones ácidas de cada auto causan la muerte de tres árboles y dañan seriamente a otros treinta (Santamarta, 2002, p.106).

### **1.3 Metabolismo urbano; un concepto de origen biológico**

A semejar a la ciudad como un organismo o ser vivo y dinámico nace durante la época de la ilustración del siglo XVIII. A estas ideologías se le denominaron higienistas y circulatorias, porque estaban relacionadas directamente con el cuerpo humano (Sennett, 1994). Las practicas sociales sobre la higiene personal y urbana eran diferentes a los hábitos que actualmente se practican, las personas no tenían el hábito de asearse constantemente y mantener normas higiénicas en las calles.

En estas urbes no existían las redes de agua y drenaje, la mayoría de las actividades comerciales se realizaban al margen de la vía pública, todo tipo de desechos que no se podía sacar de la urbe se arrojaba a la calle, existía el habitat perfecto para roedores y parásitos, el olor en la vía pública era desagradable e insalubre. Con el tiempo, las practicas personales y urbanas insalubres originó la aparición de enfermedades en forma de pandemias, como lo fue la peste negra o Bubónica (Goberna, 2004).

Ante una eminente crisis de salud pública, los estudios médicos se acrecentaron y entre los avances más notorios concluían que la suciedad en el cuerpo afectaba la circulación de la sangre y el oxígeno e impedía que el mismo desechara las secreciones que salían por los poros, los cuales se acumulaban dentro del cuerpo y provocaba enfermedades, de ahí la importancia que la sangre y el oxígeno circulara por el cuerpo para eliminar las secreciones, al mismo tiempo que el cuerpo se debía asear para limpiar los poros de la piel. (Sennett, 1994).

Por una parte, los hábitos personales de higiene estaban cambiando la forma de habitar la urbe, la misma ciudad también debía transformarse. En la época de la ilustración, los técnicos encargados de la planificación urbana se apropiaron del conocimiento médico, higienista y circulatorio del cuerpo humano para aplicarlo al diseño y reacondicionamiento de las ciudades. Así como el cuerpo debía asearse para desechar la suciedad, la urbe necesitaba

de redes de agua y alcantarillado para limpiar y posteriormente drenar la inmundicia.

A partir de momento nace una doctrina urbana de planificación; la doctrina higienista y circulatoria, su principal labor era mantener sana, limpia y viva a la ciudad, mediante la circulación de personas, bienes y mercancías; así como los organismos tiene venas y arterias por donde circula la sangre, la ciudad debía tener avenidas y arterias por donde fluyan personas y mercancías libremente, así como el pulmón oxigena el cuerpo, la ciudad necesita de parques y jardines para producir y purificar el aire (Sennett, 1994).

Es evidente que los planificadores encontraron la analogía perfecta para generar un cambio radical, tanto en la morfología urbana como en los hábitos sociales, de alguna u otra manera, las personas pudieron asimilar que la ciudad necesitaba elementos que ayudaran a mantenerla viva, de lo contrario, las enfermedades se volverían a propagar como sucedió en años atrás. Gracias a los nuevos hábitos de higiene personal, las ciudades empezaron a limpiar la basura de las calles, a drenar en las alcantarillas las depresiones encenagadas con orina y heces, en general la ciudad cambió coyunturalmente a consecuencia de las innovaciones higienistas (Sennett, 1994).

La doctrina higienista dio lugar a un nuevo proceso socio-económico gracias a las modificaciones que permitieron la circulación de personas y mercancías por toda la ciudad. Ya en una época de maduración del modelo capitalista, la ciudad higienista y circulatoria abrazó el crecimiento económico gracias a la división del trabajo y al avance tecnológico que conformaría la industrialización y globalización.

Es en este periodo en donde también se empieza deslumbrar los problemas socio-ambientales del desarrollo económico de las ciudades, con el higienismo, los desechos urbanos solo trasladaron los problemas hacia otras áreas geográficas, Las ciudades empezaron a contaminar las áreas

naturales colindantes. Por una parte, las urbes se aseaban y se mantenían limpias, pero por otra, contaminaban ríos, humedales, bosques, y áreas de cultivo donde generalmente habitabas personas que mantenían un vínculo estrecho con la naturaleza.

El inicio de la revolución industrial transformó como nunca la economía de las urbes, con la masificación de productos, se aceleró la cadena productiva, se hizo evidente que los procesos de consumo y transformación de energía y materia tenían un papel fundamental en el desarrollo urbano.

Nuevamente se visibilizó que la ciudad entendida como un organismo necesitaba un nuevo paradigma para comprender lo que sucedía más allá de los procesos socioeconómicos. En las ciudades el intercambio continuo de materiales y energía era necesario para el funcionamiento, crecimiento y reproducción de la economía, en esta dinámica los sistemas urbanos convierten las materias primas en productos manufacturados, servicios y como residuo finalmente emiten desechos (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000).

Nace una nueva doctrina que retoma los conocimientos de la anatomía humana, el metabolismo. Karl Marx (1867) introdujo el concepto de metabolismo social, al plantear una analogía entre los procesos biológicos con los procesos sociales. En su análisis Marx comprendió que el sistema económico mediado por los procesos de intercambio de mercancías, solo presentaba su forma de valor y uso y se olvidaba su origen natural, en forma materiales; como el hierro, trigo y arena. Cuando estos materiales son tomados de la naturaleza y transformados en mercancías para ser intercambiados en el sistema socioeconómico, se establecían relaciones de metabolismo social.

Marx al señalar los intercambios de mercancías como procesos metabólicos, estaba tomando en cuenta la definición biológica del metabolismo, entendido como el conjunto de reacciones bioquímicas que los seres vivos desarrollan continuamente con su alrededor o entorno, es decir intercambian materia y energía con su medio externo con el propósito de

crear y mantener sus propias estructuras y proporcionar la energía necesaria para sus actividades vitales (Gagneten et al., 2015) como bien lo expresan Infante-Amate; González y Toledo (2017).

A escala individual los seres humanos extraen de la naturaleza cantidades suficientes de oxígeno, agua y biomasa por unidad de tiempo para sobrevivir como organismos, y excretan calor, agua, dióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. A escala social, el conjunto de individuos articulados a través de relaciones o nexos de diferentes tipos se organizan para garantizar su subsistencia y reproducción y extraen también materia y energía de la naturaleza por medio de estructuras colectivas y artefactos, y excretan toda una gama de residuos o desechos.

A partir de la analogía del metabolismo, Marx estaba sembrando las bases de una doctrina que ayuda a reconocer las complejas relaciones entre la sociedad y naturaleza, en el entendido que las ciudades son como seres dinámicos; se comparan con determinados procesos fisiológicos que ocasionan aquellos recursos y energía necesarios para sostener la vida. Las sociedades son organismos que se desarrollan gracias a la energía que obtienen y devuelven al medio ambiente, entonces para poder estudiarlas y comprender esta relación sociedad naturaleza, se ha desarrollado el concepto metabolismo social (Ávila Ramirez, 2019).

### **1.3.1 El metabolismo social**

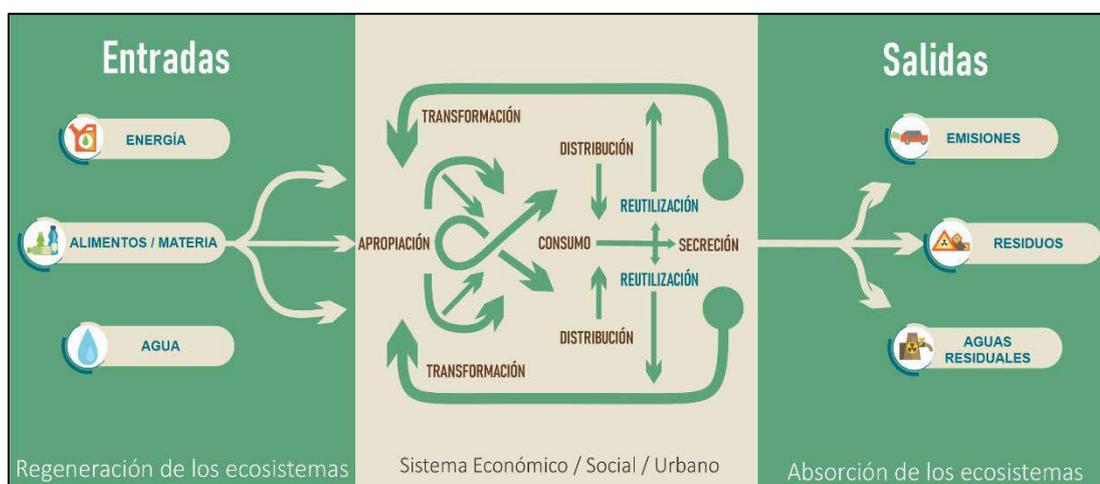
El término metabolismo, en el ámbito social, se refiere a los procesos mediante los cuales las sociedades interactúan con su entorno, intercambiando continuamente energía y materia para su funcionamiento y desarrollo. De manera análoga al mundo biológico, donde los organismos obtienen materia y energía del medio ambiente para sobrevivir, crecer y reproducirse, en el ámbito social, las comunidades humanas también dependen de estos procesos metabólicos para su subsistencia y evolución (Patiño, 2006).

Así como los organismos biológicos toman materia del entorno para convertirla en energía a través de procesos de alimentación, digestión y excreción, las sociedades humanas se apropian de recursos naturales para producir bienes, servicios y residuos (Pengue, 2018).

Este intercambio de energía y materia entre la sociedad y la naturaleza se manifiesta en diversas funciones, algunas de ellas visibles y tangibles, mientras que otras son más abstractas e intangibles, pero todas contribuyen a definir el metabolismo social (Toledo, 2013). Estas funciones incluyen la apropiación de recursos naturales, la circulación de bienes y servicios, la transformación de materias primas en productos manufacturados, el consumo de recursos por parte de la población y la emisión de desechos y residuos al medio ambiente.

### **Ilustración 3.**

*Proceso general del metabolismo social*



Fuente: Elaboración propia con base a Toledo, 2013

Las cinco funciones del metabolismo social proporcionan una herramienta para comprender cómo las sociedades interactúan con su entorno, permitiendo analizar sus relaciones con la naturaleza y su evolución a lo largo del tiempo. Estas funciones también ayudan a identificar de manera más clara los límites de los recursos naturales, lo que permite a las sociedades priorizar y ordenar su uso de manera más eficiente.

El metabolismo social proporciona una especie de radiografía de los consumos y desechos de una sociedad, ofreciendo información detallada sobre el origen y la cantidad de recursos consumidos, así como sobre la cantidad y ubicación de los desechos generados. Esta información es fundamental para comprender los límites del sistema ecológico y para desarrollar estrategias de protección y conservación de los recursos naturales.

#### **Ilustración 4.**

#### *Representación del metabolismo social*



Fuente: Elaboración propia

González y Toledo (2017) definen el metabolismo social de manera concisa como el modo en que las sociedades organizan su intercambio de energía y materiales con su medio ambiente, describiéndolo como uno de los instrumentos más robustos para comprender las complejas interacciones entre la sociedad y la naturaleza. Además, el concepto comprende un conjunto de herramientas teóricas y metodológicas útiles para analizar el comportamiento físico de la economía y aportar información valiosa para evaluar su grado de sustentabilidad. El metabolismo social es definido como el modo en que las sociedades organizan su intercambio de energía y materiales con su medio ambiente (Infante-Amate; González y Toledo, 2017).

En la actualidad, el concepto de metabolismo social ha ganado adeptos de diferentes disciplinas que estudian las relaciones sociedad-naturaleza desde sus áreas del conocimiento. No obstante, su origen se debe a la unión de dos disciplinas, siendo las ciencias sociales las primeras en involucrarse para estudiar los comportamientos sociales a partir de los conocimientos biológicos.

Haberl et al. (2019) mencionan que el concepto surge de las disciplinas de las ciencias sociales y naturales, cuando dichas áreas del conocimiento encontraron puntos en común gracias a los primeros economistas-políticos y teóricos-sociales que reconocieron el papel de factores naturales como la tierra, el trabajo y la energía del lado de las ciencias sociales, y los científicos naturales que ampliaron sus conocimientos disciplinarios sobre los flujos de nutrientes, la energía y la termodinámica a las economías y sociedades.

Si se rastrea el origen del concepto, este se remonta a la época en que se hizo evidente la coyuntura entre sociedad y naturaleza durante la revolución industrial. Toledo (2013) y Pengue (2018) señalan que el primero en referir el concepto metabolismo (Stoffwechsel, en alemán) dentro de las ciencias sociales fue Karl Marx (1867) en su obra "El Capital", tomo I.

Aunque la obra de Marx carecía de una propuesta biofísica del análisis económico, Toledo y Pengue lo describen como el iniciador del concepto o analogía, dado que la palabra la utilizó en dos sentidos principales: *"como una analogía o metáfora biológica para ilustrar la circulación de las mercancías, y de manera más general como un intercambio entre hombre y tierra, o un intercambio entre sociedad y naturaleza"* (Toledo, 2013, p.44).

Krausmann y Fisher-Kowalski (2013) respaldan esta idea al coincidir en que el uso del metabolismo como concepto en los estudios socioeconómicos fue formulado originalmente por Karl Marx. Lo utilizó para denotar la dependencia que tiene el ser humano del entorno natural, mediante la cual obtiene su subsistencia a través de un intercambio en un proceso socialmente organizado y conectado con la naturaleza.

Marx, en su crítica al capitalismo, observó que los vínculos proporcionales entre los sistemas socioeconómicos y naturales, que se habían mantenido durante siglos, se estaban fragmentando, pasando de un proceso funcional a uno comercial (Marx, 1979).

El enfoque de Marx sobre el metabolismo social se comprende mediante la interacción sociedad-naturaleza como una cuestión de intercambios físicos que circulan por la sociedad en forma de mercancías o productos. Sin embargo, esta idea dio paso a que otros pensadores le dieran un nuevo impulso con una visión más vinculada propiamente a la naturaleza y, en particular, a su base de recursos (Pengue, 2018).

Después de Marx, la idea permaneció sin discusión académica durante casi un siglo (en estado latente, como señala Toledo), hasta que el tema fue retomado a mediados de los años sesenta del siglo pasado. Autores como Derrible et al. (2021) y Delgado Ramos et al. (2012) reconocen a Abel Wolman (1965) por su valiosa contribución metodológica al concepto. Wolman fue pionero en términos empíricos al realizar un análisis metabólico de los flujos de entrada y salida de energía y materiales de una ciudad hipotética.

A pesar de carecer de una aplicación real, la contribución de Wolman no debe menospreciarse. En su análisis, identificó tres flujos clave de entrada (agua, alimentos y energía) y tres de salida (aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes atmosféricos), que siguen siendo relevantes hasta el día de hoy. Wolman reconoció la importancia de centrar los estudios del metabolismo social en los estudios urbanos, lo que inadvertidamente sentó las bases para los estudios del metabolismo urbano.

Es crucial señalar que la contribución de Wolman se produjo durante un período en el que muchas ciudades del mundo estaban experimentando un rápido crecimiento, impulsadas por doctrinas modernistas que, hasta cierto punto, fomentaban los flujos de energía y materia como parte del desarrollo socioeconómico y la acumulación de riqueza a expensas de los recursos naturales.

La propuesta de Wolman quedó olvidada durante un tiempo. Lamentablemente, la capacidad de carga del planeta comenzó a manifestarse a fines del siglo pasado. Fue entonces cuando el debate sobre el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación y el cambio climático se intensificó entre la comunidad científica y las instituciones internacionales, incluidas las Naciones Unidas (ONU), que por primera vez presentaron el concepto de desarrollo sostenible, reconociendo que las demandas actuales de recursos estaban dañando el medio ambiente y las comunidades que dependían de él.

En un contexto de creciente preocupación por el medio ambiente, especialmente a finales de la década de 1990, la idea del metabolismo y los flujos de energía y materia fueron retomados en la academia. Entre ellos, Marina Fischer-Kowalski (1997) adoptó las contribuciones de Karl Marx y Abel Wolman, dando forma al concepto moderno conocido como metabolismo social. Esto consolidó una línea teórica que contribuye al conocimiento del desarrollo sostenible. Infante, González y Toledo (2017) se refieren a ello de la siguiente manera:

Desde su eclosión, a principios del siglo XIX [...] muchos autores ampliaron la escala de la noción tradicional de metabolismo desde la unidad celular a otras más amplias como órganos, organismos e incluso ecosistemas, entendiendo las nuevas unidades de análisis como la adición de procesos biológicos y químicos necesarios para su funcionamiento, principalmente estudiando los intercambios de materia y energía.

A finales de la década de 1990 del siglo XX, el concepto de metabolismo social se formalizó dentro de los estudios socioambientales, retomando las obras de los fundadores de la economía ecológica, para crear un corpus teórico y metodológico propio (Infante-Amate; González y Toledo, 2017). El concepto continúa desarrollándose debido a las externalidades ambientales y la preocupación por alcanzar el desarrollo sostenible.

En la actualidad, el metabolismo social se ha consolidado como una línea teórica que aborda aspectos de la sustentabilidad, analizando los flujos biofísicos intercambiados entre las sociedades y su entorno natural, así como los flujos dentro y entre los sistemas sociales (Haberl et al., 2019). Toledo (2013) se refiere a él como "un concepto que hoy es quizás el instrumento teórico más poderoso para analizar de manera conjunta las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales" (p.42). Aunque su definición puede parecer fácil de operar, en la práctica es más complejo, ya que su área de aplicación va desde sistemas sociales simples, como entornos rurales, hasta sistemas sociales más complejos, como las ciudades.

Es importante destacar que, si bien el metabolismo puede estudiarse desde la perspectiva del ecosistema urbano, sigue siendo parte del metabolismo social. Sin embargo, en la literatura reciente, la mayoría de los expertos prefieren referirse al concepto de metabolismo urbano, centrándose en un ecosistema peculiar, el urbano.

Aunque no existe un consenso definido sobre si existe una jerarquía entre ambos conceptos, varios estudios han adoptado el concepto de

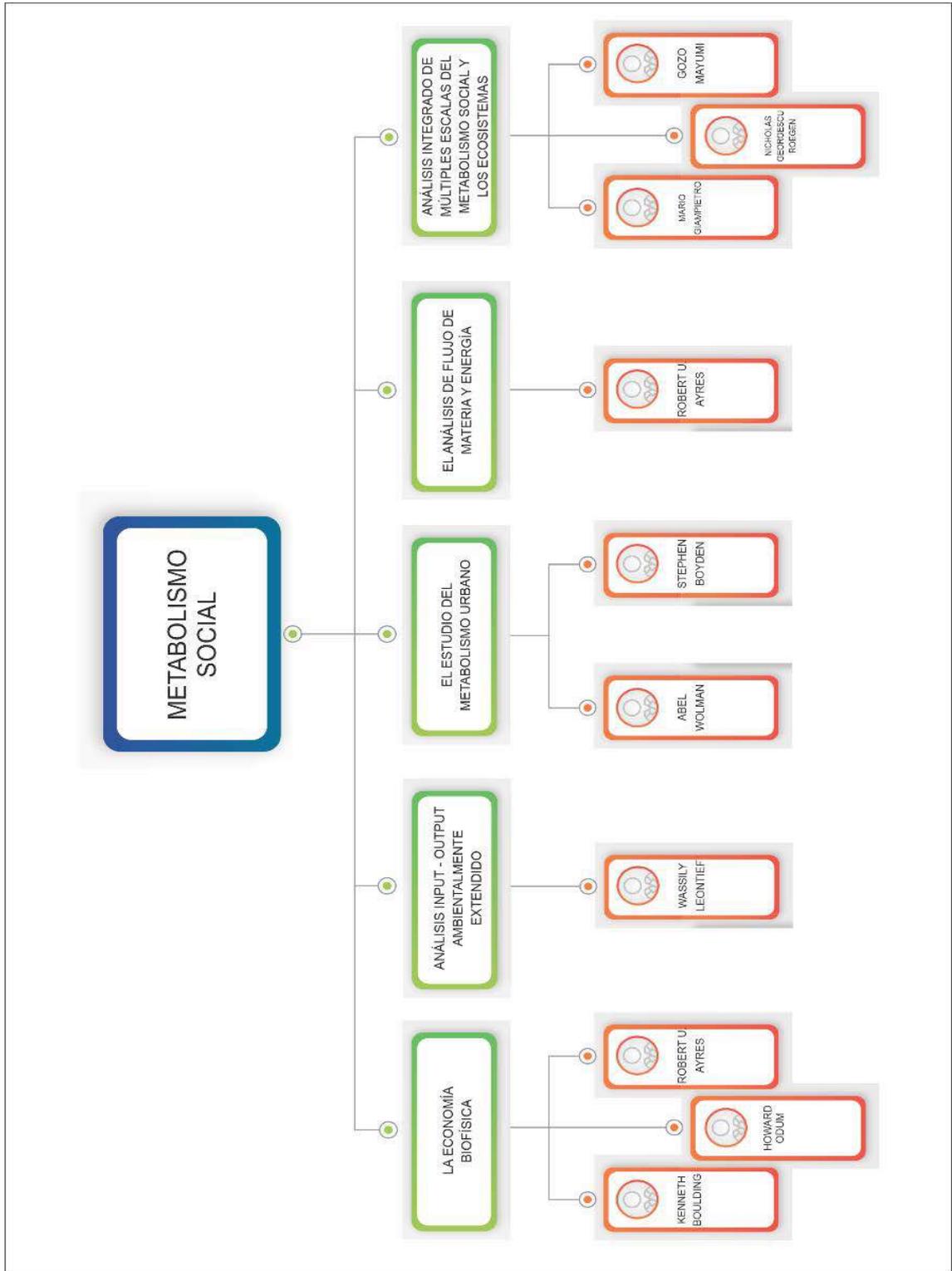
metabolismo social o urbano para explicar el consumo de recursos y los patrones de emisión de contaminantes en las ciudades (Gasparatos, 2018). Si se analiza a lo largo del tiempo, primero surgió el concepto de metabolismo social, luego el de metabolismo urbano, creando una categoría de análisis que requiere enfoques y disciplinas adicionales. Es decir, el metabolismo urbano no se independiza de otros conceptos, más bien se complementa y persigue el mismo objetivo: la sustentabilidad urbana, sin perder su conexión teórica con el metabolismo social.

Haberl et al. (2019) clasifican el metabolismo urbano como una de las cinco tradiciones de investigación relacionadas con el metabolismo social, lo que sugiere que el metabolismo urbano es, en esencia, un tipo de metabolismo social enfocado en un territorio específico.

A pesar de los esfuerzos por unir las cinco tradiciones de investigación relacionadas con el metabolismo social, las investigaciones han derivado en variantes con diferentes alcances y métodos (Haberl et al., 2019). Infante, González y Toledo (2017) describen las principales escuelas, indicadores y metodologías dentro del amplio paraguas del análisis de los flujos de energía y materia.

**Ilustración 5.**

*Principales escuelas, enfoques y teóricos del metabolismo social*



Fuente: Elaboración propia con datos de (Haberl et al., 2019).

Las anteriores tradiciones de investigación a pesar de la diversificación en técnicas y métodos, tienen objetivos en común tal y como lo describen Infante, González y Toledo (2017) todo tipo de herramientas aportan información relativas a flujos mediados por la acción humana que trasciende a aspectos de ecoeficiencia, es decir, los estudios socio-metabólicos permiten conocer los flujos biofísicos entre las sociedades y su entorno natural con el fin de transformar dichos flujos de tal modo que minimice sus impactos al ambiente.

El metabolismo social como se presentó en el capítulo II de esta investigación es una de las líneas teórica metodológica más antiguas para comprender y analizar la compleja relación entre sociedades y naturaleza. Su antigüedad no demerita su valor metodológico, al contrario, al presente sigue aportando nuevas teorías que la convierte en una herramienta cabal para los estudios de la sustentabilidad urbana. Entre tantos muchos alcances que este concepto puede contribuir, la sustentabilidad urbana es uno de los más importantes a razón del cambio climático que nos obliga cambiar la forma en que interactuamos con los recursos naturales.

Aunque la mayoría de los estudios relacionados al metabolismo social se enfocan en las ciudades, estos pueden tener diferentes alcances de acuerdo con la tradición en la que se enfocan. Haberl et al. (2019) menciona cinco tradiciones de investigación relacionadas al metabolismo social, cada una contempla diferentes, variables, indicadores, escalas temporales, métodos y alcances. La selección de la escuela a seguir es importante de acuerdo con los objetivos de la investigación. En la siguiente tabla se detallan las cinco tradiciones de investigación.

**Tabla 4.**

*Principales estudios del metabolismo social*

Escuela	Principios
---------	------------

Estudio del metabolismo urbano	Estudia los flujos de materiales y energía dentro de los sistemas urbanos, la acumulación de existencias de materiales y los procesos de intercambio de las áreas urbanas con sus zonas de influencia. Esta línea de investigación relaciona parámetros como la urbanización, la densidad, la forma urbana y los requisitos de recursos y la producción de residuos de las ciudades de acuerdo con los niveles de vida.
Análisis integrado de múltiples escalas del metabolismo social y de los ecosistemas (MuSIASEM por sus siglas en inglés),	Esta tradición aplica la teoría de sistemas jerárquicos complejos a estudios metabólicos integrando información sobre dimensiones sociales, económicas y socio-metabólicas en múltiples escalas. Toman en cuenta el uso de energía, la actividad humana y el valor agregado para el sistema en su conjunto y sus compartimentos.
La economía biofísica	Estudia el papel central de la energía para la economía, que a menudo se ignora en la economía dominante. Uno de sus principios centrales es que la energía neta obtenida es más importante para la sociedad que la cantidad total de energía primaria utilizada de ahí su interés central en el rendimiento energético de la inversión energética
El análisis de flujo de materiales y energía (MEFA por sus siglas en inglés)	Estudia en el papel de los recursos para el desarrollo social y económico y tiene como objetivo informar la gestión sustentable de los recursos. Trazan los flujos biofísicos a través de los sistemas socioeconómicos, su acumulación como existencias y los consiguientes flujos de residuos o reciclaje. MEFA cubre escalas nacionales y globales, así como regiones, hogares, industrias u otras unidades y utiliza enfoques estacionarios o dinámicos.
El análisis input-output ambientalmente extendido (EE-IOA)	Se centra en las interrelaciones biofísicas y monetarias entre sectores económicos. Vincula la producción, el consumo y los factores estresantes ambientales dentro y entre países. Se utiliza para estudiar los flujos a través de

por sus siglas en los sectores económicos dentro de un sistema inglés) socioeconómico, pero también para evaluar las cadenas de suministro internacionales.

---

Fuente: Haberl et al., 2019.

Las anteriores tradiciones de investigación a pesar de la diversificación en técnicas y métodos, tienen objetivos en común tal y como lo describen Infante, González y Toledo (2017) todo tipo de herramientas aportan información relativas a flujos mediados por la acción humana que trasciende a aspectos de ecoeficiencia, es decir, los estudios sociometabólicos permiten conocer los flujos biofísicos entre las sociedades y su entorno natural con el fin de transformar dichos flujos de tal modo que minimice sus impactos al ambiente.

El estudio adopta la escuela del metabolismo urbano, pero la metodología se armoniza con otras tradiciones, Haberl et al. (2019) describe claramente como las tradiciones de los estudios sociometabólicos se enlazan entre ellos y otros enfoques relacionados como lo son: Huella Ecológica, Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) y Modelos de Evaluación Integrada (IAM). Dicho de otra forma, el estudio del metabolismo social no se encierra dentro de una tradición, incluso abre sus métodos a otros conceptos que puedan aportar al mismo.

Se optó por la tradición del metabolismo urbano con el fin de analizar los flujos de energía y materia dentro de los sistemas urbanos, la acumulación de existencias de materiales y los procesos de intercambio de las áreas urbanas con sus zonas de influencia. Los métodos y técnicas se basan en los objetivos del estudio, primero, desde la parte cualitativa se interpretan las relaciones urbanas de acuerdo con la vida cotidiana, se considera el tipo de población, movilidad y estilo de vida cotidiana en general, en concordancia a los objetivos de la presente.

### 1.3.2 Metabolismo urbano

El análisis del metabolismo en materia urbana necesariamente implica entender a la misma desde la teoría de sistemas, un sistema se define como el conjunto de elementos con relaciones e interdependencia entre sus elementos que la conforman. De tal manera que la ciudad se compone de partes que permiten un intercambio constante con su entorno para su funcionamiento, la ciudad como sistema se constituye por elementos idealmente separables con interacciones entre sí de acuerdo con la teoría general de los sistemas y de las leyes de la termodinámica (Von Bertalanffy, 1986).

El conjunto urbano se puede estudiar desde una de las ramas de la teoría de los sistemas, llamada sistemas socio-culturales, no obstante, esta solo se limita a estudiar los comportamientos culturales desde las disciplinas como la estadística, sociología, economía, historia, psicología, etc.

Si la ciudad se compara desde la rama de los sistemas abiertos como organismos que permiten la entrada y salida de materia o energía (metabolismo). (Von Bertalanffy, 1986). Delgado, Campos y Rentería (2012) expresan de igual forma que los espacios urbanos pueden analizarse como sistemas abiertos a los flujos de materiales y de energía, al igual que otros sistemas toman del exterior energía y materia, desechan energía disipada y materiales degradados.

En los sistemas abiertos como la ciudad la energía o materia como elemento esencial permite alcanzar un cuasiequilibrio y lograr el funcionamiento que le permite subsistir (Von Bertalanffy, 1986) gracias a este equilibrio se logra el orden y se evita de cierto modo la entropía, por esta razón el sistema abierto necesita una gran cantidad de energía y materia para mejorar la organización y equilibrio para sus funciones, políticas, sociales, económicas culturales y ecológicas (Díaz, 2014), y a medida que ocurren cambios en el sistema proporcionalmente aumenta la demanda de energía y materia suministrado de un sistema cerrado como lo es la tierra

porque no existen entradas de materia, a la única fuente que está abierta es a la energía del sol (Delgado, Campos y Rentería, 2012).

Si los recursos (materia y energía) de la biosfera son limitados pone en manifiesto la supervivencia del conjunto social a largo plazo, cuando los mismo se reducen porque nuestra economía solo depende de los recursos naturales (bioeconomía), porque más allá de producir bienes y servicios las ciudades degradan materia y disipan energía.

En términos biológicos las ciudades metabolizan los recursos de la naturaleza y a medida que la economía crece, las tasas metabólicas aumentan en función de tiempo por unidad de área (Delgado, Campos y Rentería, 2012). La única forma de saber cómo las demandas sociales afectan el equilibrio del planeta es mediante la cuantificación de flujos a lo que se le ha denominado metabolismo urbano.

El primero abordar el concepto de metabolismo urbano fue Abel Wolman en 1965 con su artículo denominado "The Metabolism of cities". En su disertación definió el metabolismo como la entrada de materiales y productos básicos necesarios para sustentar una ciudad desde actividades para el hogar, trabajo y recreación durante un periodo de tiempo determinado, así como la salida de desechos y residuos de la vida diaria para su eliminación, de esta manera se completa el ciclo metabólico (Wolman, 1965).

Desde los escritos de Marx se hacía alusión de las implicaciones del consumo y la carga que representan las sociedades a los ecosistemas, pero fue Wolman quien por primera vez explicó de manera cuantitativa las demandas actuales y futuras de las ciudades modernas con su peculiar forma de consumo<sup>5</sup>. La aportación más importante de Wolman a los estudios metabólicos fue la propuesta de dos grupos de variables que hasta el

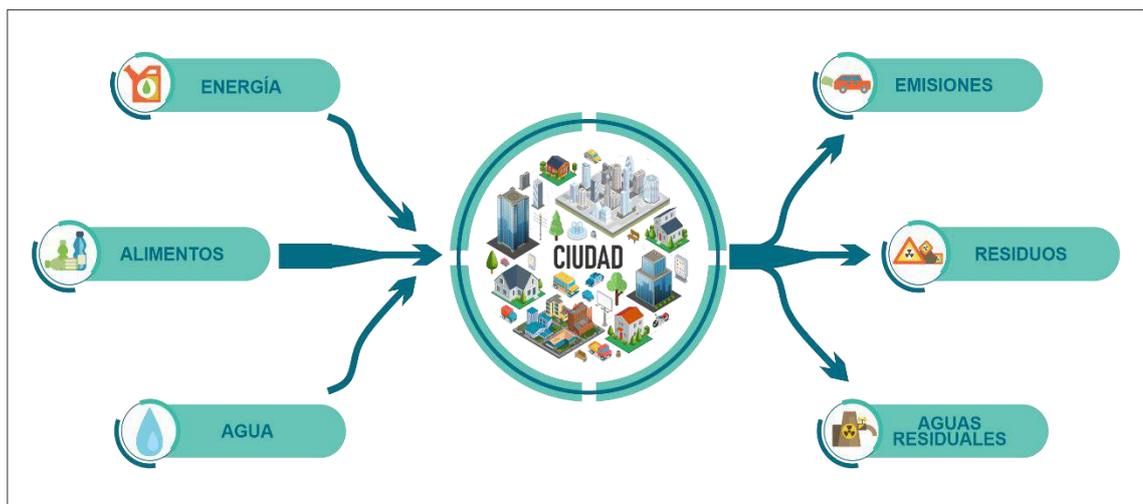
---

<sup>5</sup> El análisis de Wolman solo se enfocó en Estados Unidos

presente siguen rigiendo sobre la mayoría de los análisis socio metabólicos, el primer grupo de variables, son de entrada: consumo de energía, alimentos y agua, y el segundo grupo variables de salida: emisiones, desechos y aguas residuales (Wolman, 1965).

### **Ilustración 6.**

#### *Primeras variables en el análisis del metabolismo urbano*



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Wolman, 1965

Wolman fue el primero en comprender que los estilos de consumo estaban cambiando constantemente, aunque las materias primas eran las mismas, los humanos las transformaban para los nuevos requerimientos sociales. Desde el periodo industrial los métodos para la eliminación de los desechos ya no eran satisfactorios, es decir, las nuevas formas de consumo, producción y desecho correspondía a una nueva forma de ciudad, la ciudad moderna. Wolman propuso una metodología de análisis para las ciudades modernas que ahora más que nunca manifestaban a la luz del día que el planeta tiene límites de provisión y absorción de recursos.

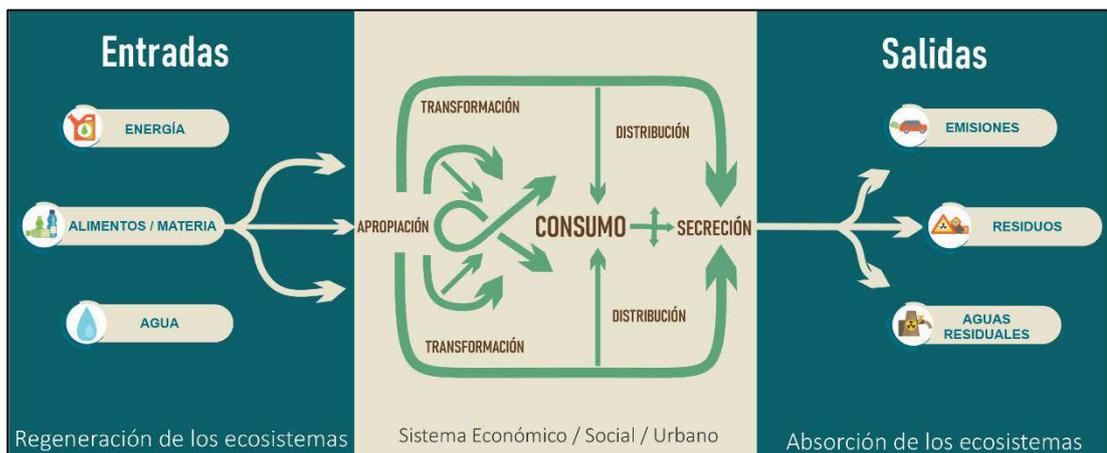
En el metabolismo urbano, el sistema natural o ecosistema es fundamental para entender los flujos, puesto que cumplen un papel fundamental, llamado también sistemas de soporte socio urbano, el sistema urbano este compuesto por sistemas bióticos y abióticos (Díaz, 2014).

La ciudad existe gracias a los flujos de energía y materia con sus alrededores, estos no necesariamente son contiguos a la urbe, pueden provenir de ecosistemas lejanos, la metabolización es la circulación interna de los flujos entre los diferentes sectores que componen el sistema urbano, mediante procesos físicos o químicos los flujos se transforman en productos o servicios para posteriormente terminar degradados o disipados en emisiones, residuos y vertimientos (Delgado, Campos y Rentería, 2012).

El proceso de apropiación, degradación y secreción de forma lineal, dicho proceso consiste en la apropiación de los recursos para satisfacer las necesidades sociales mediante la circulación de energía y materia entre los diferentes sectores de la urbe y son devueltos al entorno cuando ya no cumplen su función en forma de residuos, sin el más mínimo intento de reutilización o transformación para que causen el menor daño posible, dicho de otra manera, es un metabolismo urbano lineal.

**Ilustración 7.**

*Representación del metabolismo urbano lineal*



Fuente: Elaboración propia

De forma técnica se podría decir que el metabolismo urbano permite realizar estudios sobre la función de la ciudad y comprender cómo operan las ciudades (Shahidan y Shafie, 2020), sin embargo, por la crisis ambiental que enfrenta el planeta, una de las mayores aportaciones del metabolismo

urbano es ofrecer una radiografía del impacto que tienen nuestra vida cotidiana sobre los recursos naturales, o como bien lo ha dicho Díaz (2014):

El metabolismo urbano se constituye en un concepto útil, flexible, certificado y reconocido por la academia, la industria, la sociedad y el gobierno, que ayuda en el entendimiento de las ciudades y su dinámica, y en la búsqueda de su permanencia en el espacio y el tiempo. Esto se debe a la polivalencia de su noción desde las perspectivas técnica, multidisciplinaria, ecológica y económica (p. 62)

Conocer la dinámica de las ciudades por medio del metabolismo urbano plantea un reto en términos cuantitativos, los flujos solo se pueden terminar en proporción a su magnitud, la medición de los flujos tanto de entrada como de salida requieren monitoreos precisos y que los datos estén disponibles y agrupados en periodos de tiempo iguales para cada variable.

En muchas ciudades y especialmente las latinoamericanas los problemas para la obtención de datos porque pueden carecer de información, esta dispersa o segmentada, o en el mejor de ellos casos se está recabando (Delgado, Campos y Rentería, 2012). Quienes intentan calcular el metabolismo urbano suelen abandonar o segmentar sus investigaciones al no encontrar la información.

Derrible et al. (2021) plantean que no existe un método o técnica en concreto para la estimación de flujos, estos se pueden calcular de muchas maneras siempre y cuando se puedan identificar los flujos, describen tres técnicas para calcular los flujos: métodos ascendentes, descendentes e híbridos, el primero de ellos, también conocido como *de abajo hacia arriba*, consiste en identificar los flujos individualmente, ya sea poniéndose en contacto con las empresas locales de servicios públicos de agua, gas y electricidad. El segundo *de arriba hacia abajo*, se pueden recopilar a escala de país, y luego desagregarse a escala de ciudad y el híbrido combina las anteriores (Derrible et al., 2021).

Para estos autores el enfoque de *abajo hacia arriba* tiende a ser más preciso porque proporciona información más detallada sobre una ciudad siempre y cuando existan los datos, en cambio, el segundo método en términos de información es más fácil de obtener porque la mayoría de los países realiza informes anuales de sus consumos, sin embargo, puede ser un desafío al desagregar los datos de la escala nacional a la escala urbana, desde el punto de vista metodológico suele usarse más aunque también el método híbrido tiende a ser más preciso que el segundo método (Derrible et al., 2021).

Por tal motivo, y en aras de coadyuvar con la sustentabilidad y competitividad de la ciudad, el estudio del metabolismo urbano se constituye un esfuerzo técnico, político y económico que facilita el entendimiento de sus redes de abastecimiento de materiales y energía, que busca la eficiencia y eficacia de sus procesos de transformación, así como la minimización del daño ambiental de sus desechos, permitiendo a los gestores de política anticiparse a eventos no deseados con base en las señales del presente (Diaz, 2014).

Así como el metabolismo urbano sea consolidado como instrumento robusto para rastrear el origen, transformación, circulación y destino final de los recursos biofísicos que las ciudades necesitan para su funcionamiento socio- económico, existen otros conceptos que logran coincidir con los principios del metabolismo urbano (huella ecológica, ciclo de vida, modelos de evaluación integrada) cada una con diferentes metodologías y representaciones que agregan valor a los estudios metabólicos, entre esos conceptos hermanos sobresale el de huella ecológica.

### **1.3.3 Huella ecológica en el metabolismo socio-urbano**

El fin del siglo XX es el periodo lustre del pensamiento ecológico, en 1997 se consolida el concepto de metabolismo social y surge a la par el concepto de huella ecológica, dos concepciones que han marcado un antecedente en la

visibilidad del impacto que tienen los sistemas socio-económicos sobre los recursos del planeta.

La huella ecológica fue propuesta en 1996 por los científicos canadienses Mathis Wackernagel y William Rees. En términos simples la huella ecológica representa el área teórica de tierra necesaria para sostener el actual nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una sociedad (aldea, pueblo, ciudad, país o planeta) (Wackernagel y Rees, 1996).

Autores reconocidos mundialmente en estudios del metabolismo social, como Haberl et al. (2019) reconocen a la huella ecológica como un enfoque relacionado con los estudios socio-metabólicos y la definen como el uso de recursos en una medida de tierra bioproductiva necesaria para el sustento social (huella) y la compara con la disponibilidad de dicha tierra (biocapacidad) para determinar hasta qué punto los seres humanos viven más allá de los límites biofísicos del planeta.

La huella ecológica representa en términos cuantitativos la cantidad (área y volumen) de espacio terrestre (tierra y agua) elementos de la biosfera que suministran o permiten la producción todo tipo de recursos necesarios para sostener la economía y las necesidades humanas.

Autores como Moreno (2005) la subdividen en seis categorías, pero excluyen una categoría que los especialistas han estudiado por separado debido a su vital importancia; el recurso hídrico, huella hídrica o water footprint (véase: Vanham y Bidoglio, 2013; Mekonnen y Gerbens-Leenes, 2020; Chapagain y Hoekstra, 2004; (Hoekstra y Mekonnen, 2012). Para una mejor subdivisión de la huella ecológica se proponen siete categorías: cultivo, pastoreo, bosques, mar productivo, urbanización, hídrico y mitigación (ver tabla 3).

**Tabla 5.**

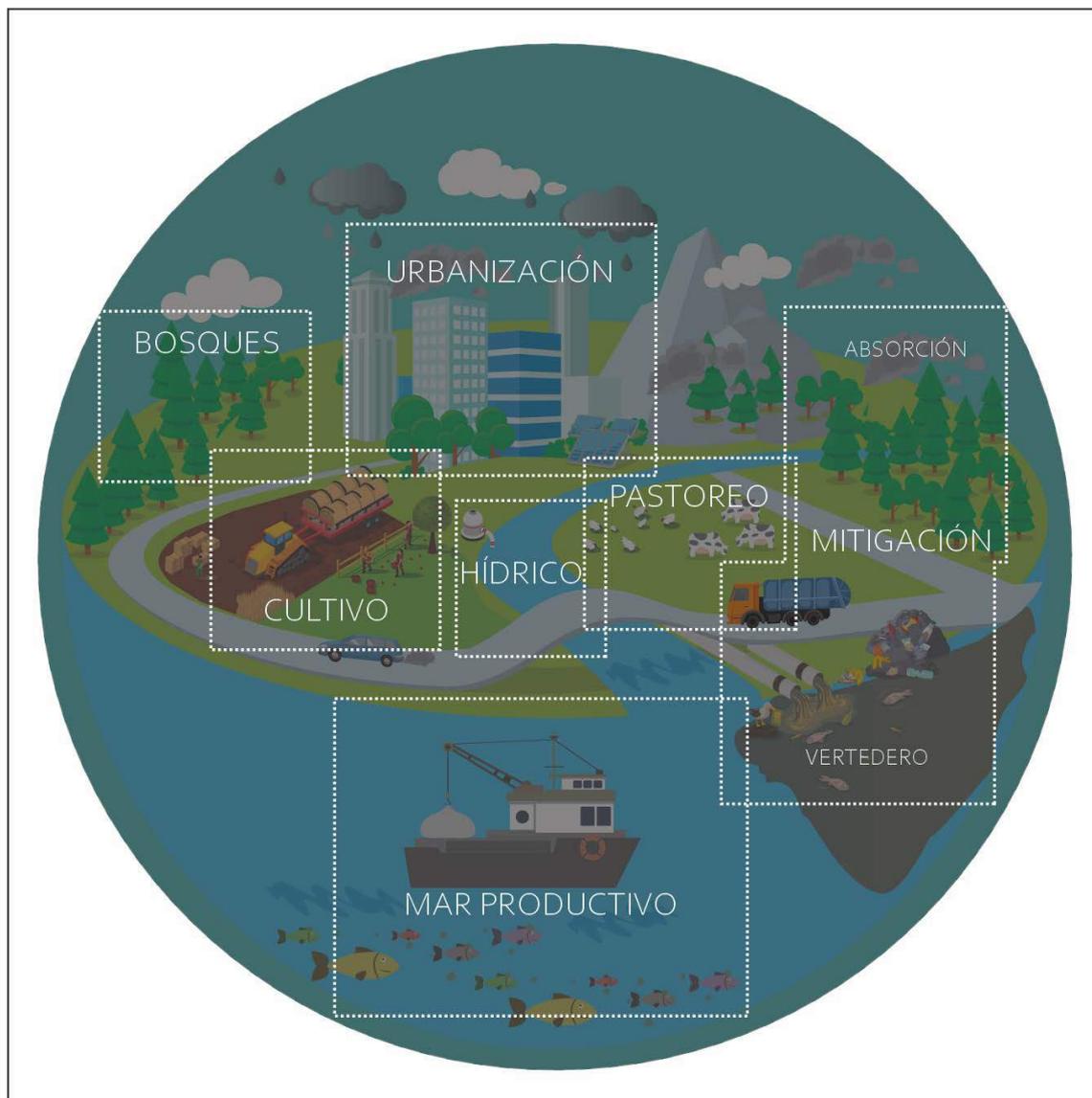
*Definición de las categorías que conforman la huella ecológica*

<b>Categoría</b>	<b>Definición</b>
Cultivos	Área para producir todo tipo de alimentos de consumo directo o procesado provenientes directamente de plantas y árboles.
Pastoreo	Área necesaria para el pastoreo o de ganado o cultivo de alimento para todo tipo de ganado con fines de consumo.
Hídrico	Volumen de agua necesario para las actividades humanas: urbano, agrícola, ganadería, industrial, etc.
Bosques	Área en explotación para producir la madera, papel, combustible y todo tipo de derivados necesario para las actividades humanas.
Mar productivo	Área para producir o extraer todo tipo de pescado y marisco.
Urbanización	Áreas necesarias para la construcción de casas e infraestructuras.
Mitigación	Área necesaria para verter los residuos de las actividades socio-económicas.  Área de bosque necesaria para la absorción de la emisión de CO <sub>2</sub> debida al consumo de combustibles fósiles, incluye las emisiones para la producción de bienes, vivienda y transportes, entre otros.

Fuente: (Wackernagel y Rees, 1996).

## Ilustración 8.

*Representación gráfica de la huella ecológica*



Fuente: Elaboración propia

La huella ecológica teórica y metodológicamente embona sublimemente con el concepto de metabolismo urbano más que con cualquier otro concepto o instrumento que estudie las relaciones sociedad naturaleza. La definición de huella ecológica representa la cantidad de área necesaria para sostener la vida de una sociedad, pero en esencia describe un proceso metabólico a lo que los creadores del concepto denominan

“metabolismo industrial” (Wackernagel y Rees, 1996) y se explica de la siguiente manera:

Si se imagina a una economía como si tuviera un "metabolismo industrial". En este aspecto es similar a una vaca en su pastizal. La economía (la vaca) necesita "comerse" los recursos y, eventualmente, toda esta ingesta se convierte en desperdicio y tiene que abandonar el organismo (la economía). Entonces, la pregunta es: ¿qué tan grande debe ser ese pastizal para sostener la economía para producir todo su alimento y absorber todos sus desechos? Alternativamente, ¿cuántas tierras serían necesarias para sostener una economía definida de manera sustentable en su nivel de vida material actual? (Wackernagel y Rees, 1996, p.12).

La huella ecológica entre otros resultados visibiliza la dependencia estrecha que existe entre sociedad y naturaleza, aunque no se expresa en términos de flujos de energía y materia como el metabolismo urbano, coincide que las ciudades necesitan entradas de recursos de la biosfera y generan salidas de residuos que después la naturaleza debe mitigar. De manera general expresa un metabolismo de las economías, pero una característica especial, además de rastrear los orígenes de los recursos identifica en términos cuantitativos que tan sustentable espacial y temporalmente pueden ser los mismos.

Actualmente el concepto huella ecológica se ha expandido rápidamente como instrumento de estudios ambientales, ecológico o de sustentabilidad<sup>6</sup> más que los conceptos de metabolismo social y urbano juntos. Posiblemente se deba en parte a la metodología la cual se puede aplicar a sistemas más simples como productos, organizaciones y empresas,

---

<sup>6</sup> Si se revisa todas las investigaciones en Google Académico en cuyo título incluyen los conceptos discutidos, en inglés aparecen 15,700 para “urban metabolism” 106,000 para “ecological footprint” y 6,570 para “social metabolism”. En español se muestran 4,530 para “metabolismo urbano”, 9,430 para “metabolismo social” y 19,400 para “huella ecológica”

además los resultados son relativamente fáciles de cuantificar y se puedan expresar en forma de indicadores, otra ventaja es su flexibilidad, huella ecológica ha permitido investigar las categorías por separado, de donde han surgidos otras dos subhuellas (huella hídrica y huella de energía y huella de carbono).

La huella hídrica (HH) es una medida de la apropiación humana de los recursos de agua dulce, se estiman en alta resolución espacial comúnmente a nivel nación, se presenta en metros cúbicos por persona (m<sup>3</sup>/y) azul, verde y gris y se cuantifica a partir de tres parámetros tes: HH azul, HH verde y HH gris (Hoekstra y Mekonnen, 2012).

**Tabla 6.**

*Definición de los parámetros que conforman la huella hídrica*

Parámetros	Definición
HH azul	Se refiere al consumo de recursos hídricos azules (aguas superficiales y subterráneas), en donde el consumo se refiere al volumen de agua que se evapora o se incorpora a un producto.  Suele ser más pequeña que la extracción de agua, ya que, por lo general, parte de la extracción de agua vuelve a las aguas subterráneas o superficiales
HH verde	Es el volumen de agua verde (agua de lluvia) consumida, que es particularmente relevante en la producción de cultivos.
HH gris	es un indicador del grado de contaminación del agua dulce y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en base a los estándares de calidad del agua ambiental existente.

Fuente: Hoekstra y Mekonnen (2012)

La huella de energía como concepto y método no ha logrado consolidarse dentro de los estudios de la huella ecológica, algunas aproximaciones conceptuales la han definido como la suma de todas las áreas utilizadas para proporcionar energía no alimentaria y no forrajera, es decir, cuantifica la tierra utilizada para la producción de energías renovables; la tierra cultivada para energía como cultivos (biocombustible) y tierras para combustibles forestales (GFN, 2009).

También se debe considerar la energía de origen fósil, aunque no ocupe superficie terrestre, puede cuantificarse en su equivalencia energética por medio de los biocombustibles, en el entendido que las fuentes de energía fósil se agotaran y la transición energética requerirá de espacio cultivable para producir biocombustibles o bien espacio para los huertos fotovoltaicos, eólicos, hidráulicos entre otros.

La huella de energía dentro de los estudios del metabolismo urbano representa un indicador de entrada de energía y se expresa teóricamente como la cantidad de superficie en hectáreas necesarias para sostener el consumo de energía de una población, incluye el consumo de energía renovable y no renovable.

Al igual que cualquier entrada, la energía tiene una salida y en los estudios de la huella ecológica existe un concepto para dicha categoría. La huella de carbono; una categoría de la huella ecológica y representa la salida metabólica de la huella de energía. Caso contrario a la huella de energía, la huella de carbono tiene un corpus conceptual y metodológico consolidado.

Wiedmann y Minx (2007) refieren que la palabra empezó a utilizarse en la academia después del 2005 con el nombre de “carbon footprint” (en inglés) y la definen como “una medida de la cantidad total exclusiva de emisiones de dióxido de carbono que es causada directa o indirectamente por una actividad o se acumula durante las etapas de vida de un producto” (p.3). Y se expresa como el área de tierra o hectáreas de bosque necesarias

para mitigar el CO<sub>2</sub> producido por la humanidad, durante su vida (Pandey, Agrawal y Pandey, 2011).

### **Ilustración 9**

*Representación gráfica de la huella de energía y carbono*



Fuente: Elaboración propia

Además, la huella de carbono es un indicador de provocar el calentamiento global y cambio climático, porque el CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI). Así es posible dimensionar su impacto (huella) sobre la tierra a causa de las actividades de origen antropogénicas. La huella de carbono tiene una relación directa con el consumo de energía (metabolismo) toda actividad de los individuos, poblaciones, gobiernos, empresas, procesos, sectores industriales, productos, bienes y servicios. Obviamente el transporte en sus diferentes formas tiene una huella de carbono específica por su relación con los combustibles de origen fósil.

**Capítulo II**  
**Automovilidad en Guadalajara, urbanización y**  
**metabolismo**

En este segundo capítulo se presenta un marco contextual de la evolución de la automovilidad en el Área Metropolitana de Guadalajara. Este análisis permite entender el contexto del caso de estudio en relación con este concepto, que va más allá del vehículo y se relaciona con la transformación de los estilos de vida, las modificaciones en los patrones de desplazamiento y los cambios en la estructura misma de los entornos urbanos y la dinámica social.

El análisis de la automovilidad trasciende el simple estudio de los vehículos como medios de transporte. Para comprender completamente esta forma de movilidad, es necesario considerar una serie de elementos que interactúan en diversas escalas urbanas. Esto implica examinar el contexto urbano en su totalidad, incluyendo aspectos como la morfología de la ciudad, el marco político y legal, la cultura local y otros factores relevantes.

Es fundamental contextualizar las circunstancias que han contribuido a que la ciudad se convierta en un entorno dominado por la automovilidad. Esto implica analizar cómo se han desarrollado las infraestructuras viales, las políticas de transporte implementadas, la evolución de los patrones de movilidad de la población y la influencia de factores culturales en la preferencia por el uso del automóvil.

Un factor determinante en la configuración actual del contexto urbano es el crecimiento acelerado de la ciudad. En los últimos 50 años, Guadalajara ha experimentado un rápido proceso de expansión territorial, caracterizado por un desarrollo urbano distante y disperso. La expansión urbana sin control ha resultado en la formación de áreas suburbanas dispersas, con una baja densidad de población y una falta de infraestructura adecuada. Esto ha llevado a una mayor dependencia del automóvil como principal medio de transporte, ya que las distancias entre los lugares de residencia, trabajo y recreación son considerablemente largas.

## 2.1 Contextualización demográfica territorial

El Área Metropolitana de Guadalajara conocida en adelante como AMG por sus siglas, es una metrópolis conformada por los municipios de: Guadalajara, Zapopán, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Juanacatlán, Tlajomulco de Zúñiga, Zapotlanejo, Ixtlahuacán de los Membrillos y Acatlán de Juárez<sup>7</sup>. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) alberga a 5,268,642 de los 8,348,151 habitantes que concentra el estado de Jalisco, es decir, el 63% de los habitantes del estado se concentran en una sola metrópolis.

Guadalajara, es una de las ciudades más relevantes demográfica y socialmente en México, se destaca como un epicentro clave dentro del panorama urbano del país. Situada estratégicamente en el occidente de México, Guadalajara no solo es reconocida por su impresionante crecimiento demográfico, sino también por su papel fundamental como un nodo vital tanto en el ámbito social como económico.

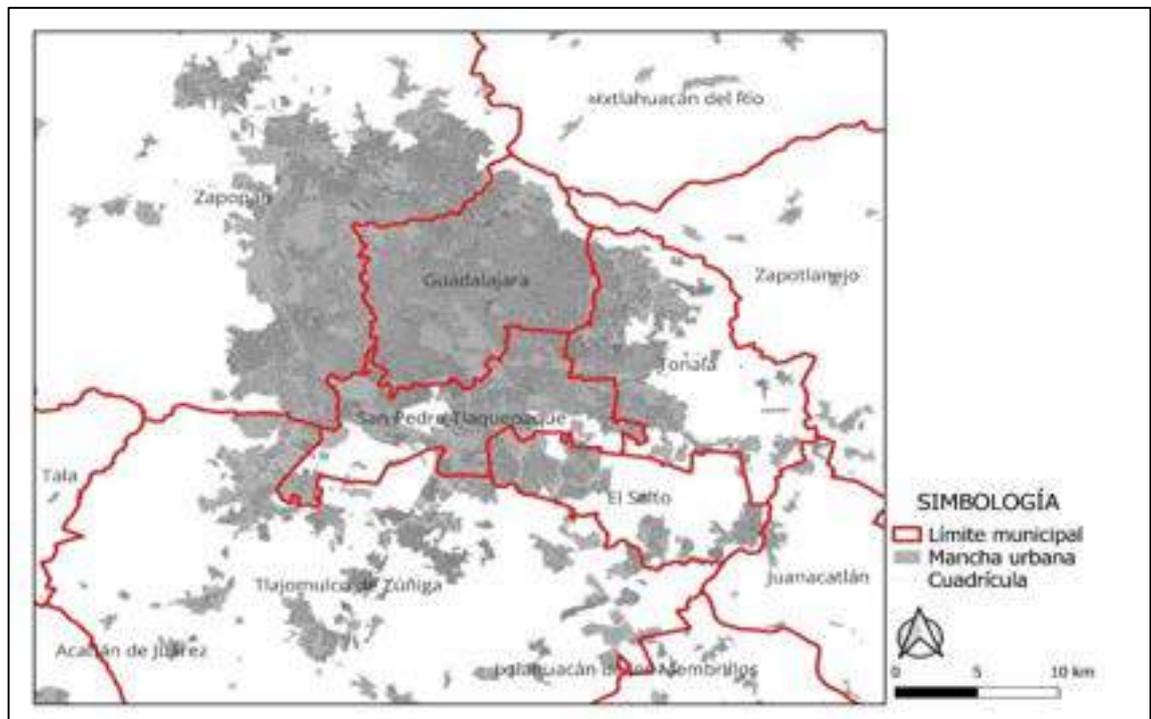
Guadalajara es reconocida a nivel internacional como un centro neurálgico de actividades económicas, albergando una amplia gama de sectores industriales y comerciales que van desde la tecnología hasta la manufactura, la moda y el turismo. Esta diversidad económica contribuye a su reputación como un motor de crecimiento y desarrollo tanto a nivel regional, nacional e internacional.

---

<sup>7</sup> Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco (2024)

### Ilustración 10.

#### Mapa del Área Metropolitana de Guadalajara



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI

Desde 1970 se registra un acelerado crecimiento, como todo asentamiento humano, a medida que creció fue conurbando otras poblaciones para pasar de ser una urbe a una metrópolis. Desde 1970 la ciudad se conformaba por cuatro municipios, Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. En 2005 los municipios de El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos se anexan al conurbado, en 2015 se integra al conurbado el municipio de Zapotlanejo y por último en 2019 se reconoce a Acatlán de Juárez como parte del área metropolitana.

#### Tabla 7.

Evolución demográfica del AMG de 1970- 2020

Municipio	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Guadalajara	1,199,391	1,626,152	1,650,205	1,646,319	1,494,134	1,385,629
Zapopan	155,488	389,081	712,008	1,011,021	1,243,538	1,476,491

Tlaquepaque	100,495	177,324	339,649	474,178	608,187	687,127
Tonalá	24,648	52,158	168,555	33,7149	478,981	569,913
El salto	12,367	19,887	38,281	83,453	138,585	232,852
Juanacatlán	5,501	8,081	10,068	11,792	13,218	30,855
Tlajomulco	35,145	50,697	68,428	123,619	416,552	72,7750
Ixtlahuacán	10,652	12,310	13,451	21,605	41,057	67,969
Zapotlanejo	31,819	35,588	39,902	53,461	63,636	64,806
Acatlán	10,457	13,981	14,450	20,236	23,241	25,250
Total	1,585,963	2,385,259	3,054,997	3,782,833	4,521,129	5,268,642

---

Fuente: INEGI, 1970; 1980; 1990; 2000; 2010; 2020

### 2.1.1 Urbanización y crecimiento

Guadalajara la gran metrópolis a lo largo de su historia como muchas otras ciudades ha pasado por difieres etapas de crecimiento. La mayoría de los investigadores concuerdan que el crecimiento acelerado metropolitano o dispersión de la urbe inicia en los años setenta del siglo pasado (Aceves et al., 2004).

Guadalajara se puede considerar como el municipio central y el resto de los municipios circundantes formaron anillos alrededor del mismo. El crecimiento del municipio central fue tanto que conformen pasaron las décadas municipios colindantes absorbieron la urbanización y presentaron tasas de crecimiento mucho mayores de las que originalmente lo habían hecho antes de la conurbación. En la siguiente tabla se muestran las tasas de crecimiento medio anual por décadas de la población de cada municipio que conforman el AMG.

**Tabla 8.***Tasas de cambio demográfico anual del AMG 1970-2020*

<b>Municipio</b>	<b>1970-1980</b>	<b>1980-1990</b>	<b>1990-2000</b>	<b>2000-2010</b>	<b>2010-2020</b>
Guadalajara	3.09	0.15	-0.02	-0.97	-0.75
Zapopan	9.61	6.23	3.57	2.09	1.73
Tlaquepaque	5.84	6.72	3.39	2.52	1.23
Tonalá	7.78	12.45	7.18	3.57	1.75
El Salto	4.86	6.77	8.11	5.20	5.33
Juanacatlán	3.92	2.22	1.59	1.15	8.85
Tlajomulco	3.73	3.04	6.09	12.92	5.74
Ixtlahuacán	1.46	0.89	4.85	6.63	5.17
Zapotlanejo	1.13	1.15	2.97	1.76	0.18
Acatlán	2.95	0.33	3.43	1.39	0.83
Total	4.17	2.51	2.16	1.80	1.54

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI; X Censo General de Población y Vivienda 1980, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, XIII Censo de Población y Vivienda 2010 y XIV Censo de Población y Vivienda 2020

Una década antes del desborde o dispersión, Guadalajara el municipio central había agotado su territorio debido al crecimiento que se dio gracias a una etapa de modernización, en ese periodo Guadalajara despuntó a nivel nacional como ciudad modelo cosmopolita, se construyeron grandes centros comerciales como: Plaza del Sol, que en su momento ostentó el título de centro comercial más grande de América Latina, Plaza México, Centro Magno y el Mercado de Abastos (Sánchez, 2008).

A la par existió un desarrollo de la infraestructura vial, la obra pública se centró en el aumento de la vialidad, la expansión de calles y avenidas, entre las obras destacan: Avenida Federalismo, Patria, Circunvalación (en su momento fungió como el primer libramiento o periférico) y Lázaro Cárdenas nombrada como “primera vía rápida” de Guadalajara para conectar el oriente con el poniente de la ciudad (Mora, 2016).

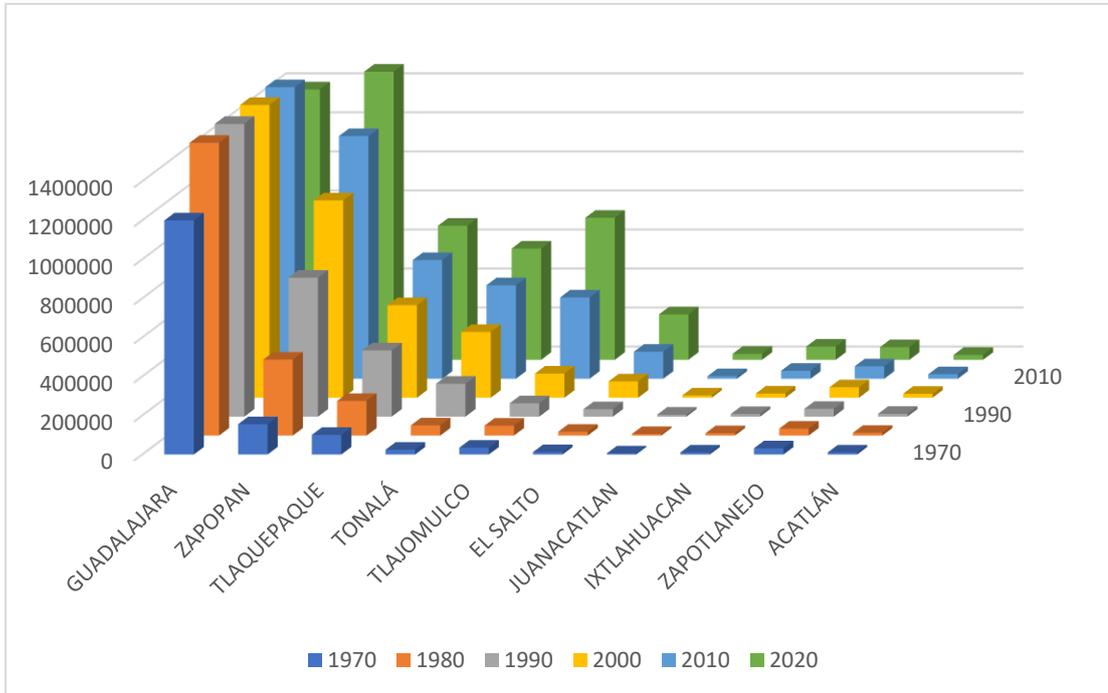
Después de este periodo se presenta una etapa de expansión urbana con la implementación de los programas de vivienda social para familias con bajos recursos que se asentaron en los municipios periféricos de Tlaquepaque y Tonalá (Núñez, 2007). Por la otra parte se desarrollaron los primeros fraccionamientos privados hacia el municipio de Zapopan: Santa Anita, Rancho Contento, Bosques de San Isidro, El Palomar, Ciudad Bugambillas (Aceves et al., 2004).

Con estas nuevas formas de vivienda, la vida cotidiana se transformó, se implementó un modelo de suburbio estadounidense, además de estar alejados del centro urbano, eran casas amplias, con cocheras y los complejos habitacionales ofrecían una serie de servicios y equipamiento (Cabrales y Canosa, 2001).

Fue evidente que la vida cotidiana empezaba a cambiar, los nuevos habitantes periféricos veían la ciudad central como un lugar para desarrollar sus actividades reproductivas y productivas, es decir, para estudiar, trabajar y adquirir bienes y servicios, mientras que la residencia fungía como el lugar para dormir. Este modelo de vida cotidiana se apreciaba de mejor manera en quienes establecieron sus viviendas en Zapopan, en los complejos habitacionales que emulaban el estilo de vida americano, solo asequible para clases sociales de gran poder adquisitivo.

### Gráfica 5.

#### Crecimiento demográfico por década del AMG 1970-2020



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI; X Censo General de Población y Vivienda 1980, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, XIII Censo de Población y Vivienda 2010 y XIV Censo de Población y Vivienda 2020

Desde 1990 el fenómeno metropolitano se consolida, la ciudad presentó una dinámica heterogénea, por una parte, la periferia se polarizó por grupos sociales en contextos urbanos desiguales, por un sector se concentraron sectores de alta plusvalía que conformaron zonas urbanas con mejores y más seguros espacios en base a una filosofía de exclusividad social, como Valle real, Puerta de Hierro, Royal Country (Cabrales y Canosa, 2001). En sentido contrario se conformó un sector de menor plusvalía no por elección, más bien por la oferta de vivienda social que se estableció en desarrollos habitacionales masificados como Loma Dorada, Miravalle y El Sauz (Núñez, 2007).

El crecimiento del territorio metropolitano se ha gestado bajo una demanda de vivienda, el suelo se ha convertido en un elemento más de interés económicos fuera de un orden de planificación territorial y ambiental. El entorno urbano con mejores condiciones se convierte en garantía de mejor plusvalía y por consiguiente plausible de urbanizarse, las garantías no son más que el entorno construido (amplias avenidas y bien conectadas, centros comerciales y de negocio) que favorece una mejor cobertura de bienes y servicios que lamentablemente se encuentra en pocos sectores de la metrópoli.

Estos sectores especiales no nacen de la espontaneidad, son el resultado de factores culturales y políticos. Calonge (2019) describe que la clase política y gobernante ha estado encabezada por las clases pudientes, que en la medida de las políticas urbanas han buscado favorecer dichos entornos, como prueba de ello es que gran parte de las universidades privadas, centros de negocios, plazas comerciales y centros de entretenimiento estén situados al poniente de la urbe, sobre amplios accesos carreteros que han jugado otro papel importante dentro de los procesos de urbanización y motorización en el AMG.

## **2.2 Automovilidad de Guadalajara**

La llegada del automóvil en Guadalajara marca un hito significativo en la historia de la movilidad de la ciudad, sin embargo, al paso de los años demostró ser un sistema de transporte no sustentable con una gran cantidad de impactos que van más allá de la mera presencia de vehículos en las calles, sino con una serie de elementos que modifican estructuras e infraestructuras, lo que se le ha denominado automovilidad. La automovilidad en sí, es un fenómeno complejo que ha transformado la dinámica urbana al centrarla en torno al uso del automóvil como principal medio de transporte.

Para comprender plenamente esta evolución, es fundamental examinar los acontecimientos más relevantes de manera cronológica, ya que cada uno de ellos contribuye al desarrollo y consolidación de la automovilidad

en Guadalajara. A través de este enfoque, podemos analizar cómo el paisaje urbano, la infraestructura vial, las políticas de transporte y la cultura automotriz han evolucionado con el tiempo, dando forma a la manera en que los habitantes de la ciudad se desplazan y se relacionan con su entorno.

Desde los primeros indicios de la presencia del automóvil en las calles de Guadalajara hasta la actualidad, cada etapa en esta línea temporal revela aspectos clave sobre cómo la ciudad ha abrazado y adaptado la automovilidad a lo largo de los años. Este análisis detallado nos permite apreciar la complejidad y la importancia de este fenómeno en la configuración de la vida urbana en Guadalajara.

### **2.2.1 Modernización o automovilidad**

El proceso de modernización en Guadalajara se remonta al régimen de Porfirio Díaz en el siglo XIX, una época en la que se buscaba impulsar la urbanización en las ciudades más importantes de México. Guadalajara, como centro neurálgico del occidente del país, fue objeto de estas iniciativas destinadas a mejorar la infraestructura y los servicios urbanos.

Durante este periodo, se implementaron diversas medidas para modernizar la ciudad, entre las cuales destacan la construcción de mercados, escuelas, pavimentación de calles y modernización de los sistemas de transporte público (Arias, 1979). Estas acciones no solo buscaban satisfacer las necesidades básicas de la población, sino también sentar las bases para un desarrollo urbano más ordenado y funcional.

La modernización de Guadalajara estuvo influenciada por las culturas europeas y estadounidenses durante el inicio del siglo XX. Se establecieron nuevas colonias hacia el poniente de la ciudad, siguiendo el ideal higienista que tomaba como referencia a Francia y Estados Unidos en términos urbanos, con casas más amplias, avenidas divididas por arbolado (Cabrales y Canosa, 2001).

De estas influencias surgieron colonias como la Moderna, Francesa y Americana, impulsadas por industriales y comerciantes de origen francés, español y estadounidense, agrupados bajo la denominación de la Compañía Jalisciense de Construcciones, S.A. Estos asentamientos no solo reflejaban una nueva forma de planificar el espacio urbano, sino que también la incorporaron de conocimientos técnicos avanzados para llevar a cabo reformas urbanas significativas (Cabrales y Canosa, 2001).

La modernización del sistema de transporte urbano fue un componente fundamental del proceso de desarrollo de Guadalajara. En 1907, se produjo un hito importante con la sustitución de los antiguos tranvías jalados por mulas por modernos tranvías eléctricos (Alviso-Carranza, 2017). Estos nuevos tranvías no solo eran más eficientes y rápidos, sino que también tenían una mayor capacidad para transportar pasajeros.

Con la introducción de los tranvías eléctricos, se estableció una red de transporte público que conectaba los diferentes sectores de la ciudad y facilitaba el desplazamiento de los habitantes. Esta red no se limitaba solo a Guadalajara, sino que se extendía también a ciudades vecinas como Zapopan y Tlaquepaque, lo que contribuyó a integrar aún más la zona metropolitana.

La pavimentación de calles, en particular, representó un avance significativo en la modernización de Guadalajara, ya que permitió una mejor circulación peatonal y de los primeros vehículos a motor, además de contribuir a la estética y limpieza de la ciudad. Entre otras obras relacionadas a la limpieza de la urbe, destaca el entubamiento del río San Juan de Dios para dar paso a la ampliación y remodelación de la Calzada Independencia una de las principales arterias de Guadalajara (Aceves et al., 2004).

La modernización es un proceso de continuos cambios, y las implementaciones en la ciudad no fueron para siempre como el caso de los tranvías. A pesar de su importancia inicial comenzó a enfrentar desafíos significativos a partir de 1928. En ese momento, empezó a perder terreno

frente a otros sistemas de transporte que se percibían como más modernos, como el automóvil y los camiones de servicio público. Esta pérdida de relevancia se debió en parte a la creencia generalizada de que los tranvías ya no eran tan eficientes ni cómodos como se esperaba.

A medida que el automóvil se volvía más accesible para la población y los camiones ofrecían una alternativa más flexible, el tranvía fue perdiendo gradualmente su atractivo como medio de transporte. Esta tendencia se vio agravada por una serie de problemas políticos que afectaron su operación y mantenimiento. Finalmente, en 1944, el tranvía fue retirado de las calles de Guadalajara, poniendo fin a una era en la historia del transporte urbano de la ciudad. (Alvizo, 2013).

Aunque el tranvía tuvo un papel importante en la movilidad durante décadas, su desaparición marcó el comienzo de una nueva era dominada por vehículos motorizados y sistemas de transporte público más flexibles y adaptables a las necesidades cambiantes de la sociedad.

1950 marca el inicio de la era de la automovilidad en Guadalajara, justo cuando el fenómeno metropolitano comienza a consolidarse. La integración de Zapopan al área conurbada marcó el inicio del modelo de suburbio americano en la ciudad. Este modelo se caracterizó por la construcción de colonias y fraccionamientos que siguieron los estándares modernos de la época, influenciados en gran medida por el estilo norteamericano (Rojas, 2005).

Este cambio urbanístico no solo transformó la geografía de la ciudad, sino que también sentó las bases para el crecimiento acelerado y la expansión de la automovilidad como elemento central en la movilidad urbana. Como sucedió en Estados Unidos; esta etapa de suburbanización se acompañó de un uso extendido del automóvil y una restructuración de la morfología urbana con la construcción de grandes redes de carreteras, autopistas y centros comerciales que dominan el paisaje construido (Sheller 2011).

El período comprendido entre finales de la década de 1940 y principios de la de 1960 marcó un hito para Guadalajara, convirtiéndola en una ciudad "cosmopolita". Este cambio se manifestó en el embellecimiento de los espacios públicos, así como en la creación de centros comerciales, instituciones educativas y espacios de entretenimiento.

El caso más notable de la década fue el del centro histórico de Guadalajara, que experimentó un proceso de modernización y renovación que buscaba no solo embellecer el entorno urbano, sino también crear una identidad distintiva para la ciudad. Este proceso incluyó intervenciones significativas en el espacio público, como las ampliaciones de las actuales Avenida 16 de Septiembre / Andador Alcalde y Avenida Juárez, así como la construcción de la Cruz de Plazas (Vázquez, 2014). El objetivo principal de estas intervenciones era mejorar la estética y facilitar la circulación de los flujos.

Otra manifestación de la automovilidad sucedió en la década de 1960, con la construcción de centros comerciales al estilo norteamericano como Plaza del Sol, que en su momento ostentó el título de centro comercial más grande de América Latina, así como Plaza México, Centro Magno y el Mercado de Abastos (Sánchez, 2008).

Estos proyectos reflejaron la expansión y el crecimiento económico de la ciudad, así como los nuevos estilos de vida de los habitantes, que ahora buscaban comodidad y variedad en sus actividades cotidianas. El aumento en la popularidad del automóvil también fue un indicador de la creciente prosperidad y la aspiración a una mayor movilidad personal.

En respuesta a estas dinámicas sociales el ente político se vio obligado a destinar mayores recursos al desarrollo de la infraestructura vial, lo que se tradujo en la expansión de calles y avenidas para acomodar el creciente flujo de tráfico y garantizar una circulación más fluida por toda la ciudad.

Entre las intervenciones urbanas más destacadas del periodo se encuentran las ampliaciones y mejoras realizadas en importantes avenidas: Federalismo, Patria, Circunvalación y Lázaro Cárdenas, esta última reconocida como la "primera vía rápida" de la ciudad (Mora, 2016; Aceves et al., 2004). Estas obras reflejaron el enfoque de la administración pública en fortalecer la infraestructura vial para priorizar el uso del automóvil como el principal medio de transporte.

En resumen, el proceso de modernización en Guadalajara, que incluyó un cambio de urbanización, construcción y remodelación de vías, centros comerciales, y cambios en la vida cotidiana, es resultado de un proceso que se ha descrito como automovilidad. Si bien la automovilidad ha generado beneficios como el desarrollo económico y cultural, también ha traído desafíos como la congestión vehicular, la segregación y desigualdad social como el impacto ambiental que vale la pena investigar y que más adelante se discutirá en el apartado de resultados.

### **2.2.2 Automovilidad en cifras**

Para comprender el fenómeno de la automovilidad, es importante contextualizar en cifras la motorización, es decir, la cantidad de automóviles que se han registrado en el territorio al paso de los años y del crecimiento demográfico y territorial, este indicador es base para comprender el fenómeno urbano relacionado al uso del automóvil. Para este análisis se ha empleado información del INEGI.

Al igual que la rápida urbanización, la motorización en el AMG se da después de los años setenta del siglo pasado, lamentablemente la información solo está disponible a partir de 1980. Desde esta década el municipio de Guadalajara tenía un dominio sobresaliente en la propiedad de automóviles registrados, 270 mil automotores, en comparación de Zapopan que le seguía con 8,275. La motorización se concentraba en el centro de la metrópolis porque existía la población e infraestructura vial. Hasta 1980 la

metrópoli estaba conformada por un parque vehicular de 288 mil unidades y una tasa de motorización de 122 vehículos por cada mil habitantes.

En la década de los noventa del siglo pasado el fenómeno metropolitano consolidado y conformado por cuatro municipios, las distancias seguían en aumento de acuerdo con el crecimiento territorial, en ese sentido, el automóvil era el medio de transporte más eficiente para reducir el tiempo de traslado por el aumento de las distancias gracias a la infraestructura vial. Es de observarse el crecimiento de Zapopan como municipio de absorción urbana con alta plusvalía se ve reflejado en la tasa de crecimiento anual de 36%.

**Tabla 9.**

*Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020*

<b>Municipio</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Guadalajara	270,513	436,995	475,897	834,032	1,001,932
Zapopan	8,275	192,070	227,768	555,413	803,237
Tlaquepaque	4,142	12,579	78,695	224,489	265,044
Tonalá	1,839	5,584	35,803	112,104	195,635
Tlajomulco	1,112	2,842	12,680	42,375	171,910
El salto	5.95	3,033	12,053	18,721	61,095
Ixtlahuacán	120	1,016	3,372	6,615	15,397
Juanacatlán	173	882	2,265	5,607	9,884
Zapotlanejo	1,364	6,346	12,814	29,427	49,065
Acatlán	3,364	14,119	43,184	102,745	9,067

Total	288,653	662,918	864,403	1,833,197	2,582,266
-------	---------	---------	---------	-----------	-----------

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2022.

En los noventa, la motorización de Zapopan tiene mayor crecimiento en comparación del resto de los municipios metropolitanos. El estilo de vida adoptado en las nuevas urbanizaciones de Zapopan está vinculado al uso del automóvil como medio de transporte para desarrollar sus vidas cotidianas, tal y como se recalcó en el apartado anterior. Tlaquepaque y Tonalá a pesar de tener un crecimiento demográfico importante, se demuestra que el estilo de vida de los nuevos colonos no está arraigado al uso del automóvil por sus características socioeconómicas.

**Tabla 10.**

*TCMA del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020*

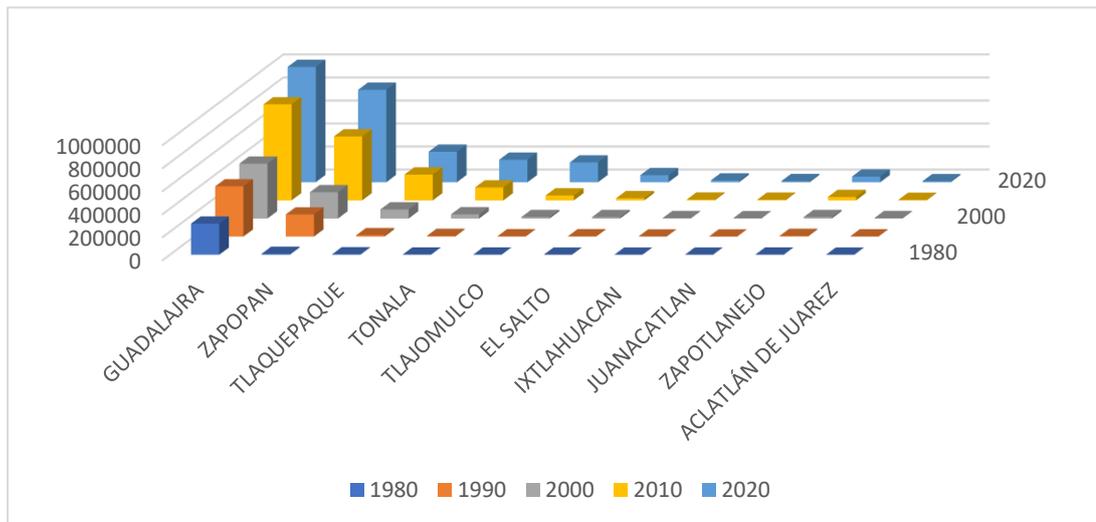
<b>Municipio</b>	<b>1980-1990</b>	<b>1990-2000</b>	<b>2000-2010</b>	<b>2010-2020</b>	<b>1980-2020</b>
Guadalajara	4.91	0.85	5.77	1.85	2.65
Zapopan	36.95	1.71	9.32	3.76	9.58
Tlaquepaque	11.74	20.12	11.05	1.67	8.67
Tonalá	11.74	20.41	12.09	5.73	9.78
Tlajomulco	9.83	16.13	12.82	15.03	10.61
El salto	17.68	14.79	4.50	12.56	9.71
Ixtlahuacán	23.81	12.74	6.97	8.82	10.20
Juanacatlán	17.69	9.89	9.48	5.83	8.43
Zapotlanejo	16.61	7.27	8.66	5.25	7.43
Acatlán	11.69	6.88	3.74	7.46	5.88

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2022.

La década de 1990 a 2000 la tendencia cambia, ahora los municipios de Tlaquepaque y Tonalá presentan una tasa de crecimiento alto en la propiedad de automóviles del 20% para ambos municipios. El uso del automóvil se democratiza, ahora más personas ven en el un medio de transporte que mejora la movilidad en comparación del transporte público.

**Gráfica 6.**

*Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020*



Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2022.

Para 2010 el parque vehicular del AMG supera el millón, aproximándose a los dos millones con una cifra exacta de 1.8 millones de unidades, equivalente a una tasa de motorización de 407 vehículos por cada mil habitantes. Para la última década del análisis, 2020 el parque total del AMG llega a los 2.5 millones de automóviles con una tasa de motorización de 492 unidades por cada mil habitantes, sin embargo, si se analizan las tasas de motorización por municipio se observa que para 2020 los municipios de Zapotlanejo, Guadalajara y Zapopan mantiene las tasas más altas.

**Tabla 11.**

*Tasas de motorización por casa mil habitantes de los municipios del AMG de 1980 – 2020*

<b>Municipio</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Guadalajara	166	265	289	558	723
Zapopan	21	270	225	44	544
Tlaquepaque	23	37	166	369	386
Tonalá	35	33	106	234	343
Tlajomulco	22	42	103	102	236
El Salto	30	79	144	135	262
Ixtlahuacán	10	76	156	161	499
Juanacatlán	21	88	192	424	145
Zapotlanejo	38	159	240	462	757
Acatlán	37	109	151	190	359
AMG	122	218	230	408	492

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2022.

### **2.2.3 Entrada y salida de energía**

La energía es una variable indispensable para el desarrollo de las urbes de acuerdo con las necesidades tecnológicas y formas de habitar, principalmente las relacionadas a la movilidad. Según datos de la Agencia de Energía del Estado de Jalisco la cantidad de hidrocarburos para satisfacer la demanda del AMG equivale a 50,137 barriles por día o bien, lo que es igual a 8, 021,920 litros al día (Gobierno de Jalisco, 2022).

Además de los hidrocarburos, la energía eléctrica desempeña un papel importante dentro de los procesos metabólicos de la ciudad. Las cifras pueden variar de institución a institución, por ejemplo, la Comisión Reguladora de

Energía en sus balances anuales, la demanda o consumo solo la desglosa por entidad federativa y no por municipio, lo que representa un problema cuando se tiene que estimar por ciudad. Una forma de realizar el cálculo puede ser mediante el cruce de diferentes fuentes de información. El Gobierno de Jalisco (2022), en su plan de desarrollo considera que del total de consumo de energía eléctrica que demanda el estado, se calcula que el 60% se realiza dentro del AMG si se considera que para el año 2017 el estado consumió 13,542,451 MWh (CONAHCYT, 2024), es decir, el AMG demandó 8,125,470 MWh.

El CONHCYT ha desarrollado un sitio web al que ha denominado Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad en el cual muestra un informe con los principales datos relacionados a energía, en este sitio se detalla el consumo final de energía eléctrica por municipio con lo cual se puede determinar de manera más precisa la cantidad de energía que ingresa a la metrópolis de Guadalajara tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12.**

*Consumo de energía eléctrica MWh por sector y por municipio del AMG 2017*

Municipio	Residencial	Comercial	Gran industrial	Mediana industria	Servicios	Agrícola
Guadalajara	609375	349974	505888	1249474	43766	1773
Zapopan	565449	249554	468464	1127634	76263	4843
Tlaquepaque	180383	62699	94285	451317	15168	6768
Tlajomulco	187263	45554	170448	408292	58101	9555
Tonalá	152859	41132	7990	92834	20065	683
El Salto	37897	14191	779640	336444	10314	365
Juanacatlán	7414	1374	51	673	2473	286
Ixtlahuacán	15251	3490	9781	31974	4245	4016

Zapotlanejo	24068	9515	2217	35648	4376	1568
Acatlán	8249	2409	2008	26692	2184	3404
Total	1788208	779892	2040772	3760982	236955	33261

---

Fuente: CONAHCYT, 2024

El concepto de metabolismo nos permite abordar la contraparte de la entrada de energía, ósea, la salida de emisiones, una variable importante por la problemática que se vive actualmente por el cambio climático. A nivel nacional y estatal existen inventarios de emisiones que contemplan esta información, sin embargo, no viene desglosada por municipio. Afortunadamente en 2018 el IMEPLAN realizó un inventario de emisiones para el AMG cuya información se muestra a continuación.

**Tabla 13.**

*Emisiones de los municipios que conforman el AMG*

Municipio	PM10	PM2.5	SO2	CO	NO2	COV	NH3
Guadalajara	2,215	1,219	603	109,751	25,725	42,844	2,416
Zapopan	3,097	2,034	302	89,807	19,872	36,885	3,436
Tlaquepaque	1,533	1,031	1,178	30,045	7,474	14,323	1,380
Tlajomulco	998	654	805	23,375	7,304	18,036	1,918
Tonalá	1,000	819	96	24,842	4,713	11,197	1,707
El Salto	699	538	84	8,683	2,308	7,082	402
Juanacatlán	174	128	18	2,585	1,078	6,033	187
Ixtlahuacán	308	205	60	3,463	1,529	5,523	1,634

Zapotlanejo	342	214	20	8,185	2,156	8,437	996
Total	10,370	6,845	3,170	300,741	72,164	150,365	14,080

---

Fuente: WRI e IMEPLAN, 2021

**Capítulo III**

**Métodos y técnicas para el estudio del metabolismo urbano y automovilidad desde la vida cotidiana**

Este capítulo describe la metodología empleada en el estudio, abordando el enfoque de la investigación a partir del objeto de estudio y cómo los conceptos que lo describen se operacionalizan para desarrollar un abordaje basado en variables y datos. Las principales variables emergen de los tres conceptos del objeto de estudio, y estas dirigen la metodología con la elección de las herramientas y el diseño de técnicas. Para cada variable se presentan las herramientas y técnicas en sintonía con los objetivos de la investigación.

Asimismo, se resalta la importancia de la aplicación de una encuesta de automovilidad para conocer los comportamientos de los hogares que tienen al menos un automóvil. Por consiguiente, se describen los pasos que llevaron a la realización de la encuesta, cómo se diseñó y corrigió por medio de una muestra piloto. Este diseño de encuesta es una de las aportaciones destacadas de este capítulo, ya que puede servir de base para futuros estudios de la automovilidad, no solo desde el ámbito académico, sino también desde la parte gubernamental que tiene mayores capacidades económicas y legales para la realización de encuestas.

Por último, se describe cómo se calculó la huella de carbono, uno de los productos que ayudaron a representar los impactos ambientales de la automovilidad cotidiana. En esta técnica se recalca la importancia de utilizar la unidad de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), en la cual se contabilizan todas las emisiones en una sola unidad, permitiendo así un cálculo más realista del impacto de la automovilidad.

### **3.1 Enfoque de la investigación**

Analizar las actividades socioeconómicas, como la movilidad urbana, desde la perspectiva del metabolismo socio-urbano requiere un enfoque multidisciplinario. Estas actividades son fenómenos complejos y multivariantes que ocurren en un espacio territorial complejo, es decir, la ciudad. Además, este campo de estudio demanda marcos de investigación interdisciplinarios que integren el conocimiento científico de diversas disciplinas, incluyendo las ciencias naturales, sociales y humanidades (Haberl et al., 2019). Por lo tanto, ninguna disciplina puede ser excluida; al contrario, la colaboración entre diferentes áreas del conocimiento fortalece nuestra comprensión de la sustentabilidad urbana en todas sus escalas y temporalidades.

Los estudios que abordan el metabolismo social pueden tener un enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto. La presente investigación aborda aspectos cuantitativos y cualitativos, por consiguiente, la metodológica es de corte mixta, la cual es importante para profundizar en los conceptos que se abordan porque el estudio de las ciudades no solo necesita planteamientos de la lógica para cuantificar las relaciones, sociedad- naturaleza, así también de aspectos sociales con el fin de comprender las relaciones que generan dichas conexiones más allá de los aspectos cuantitativos.

Haberl et al. (2019) refieren al principio de su disertación, que, cuando las investigaciones abordan aspectos de la sustentabilidad, se requiere una investigación cuantitativa e integral capaz de vincular los dominios social, económico y ambiental para orientar y monitorear el progreso hacia la sostenibilidad. En esta orden de ideas la presente investigación por medio del metabolismo socio-urbano abona al entendimiento de la sustentabilidad urbana y sus complejas relaciones sociales que coexisten a través de un enfoque específico, el metabolismo urbano.

### 3.2 Conceptos considerados en el estudio

Para fines de esta investigación se consideran tres conceptos claves que describen de manera general la síntesis del estudio; movilidad cotidiana, automovilidad y metabolismo urbano, posteriormente, cada concepto se operacionaliza en más de una variable (como se describe en el siguiente apartado). Cada concepto tiene un propósito específico y a partir de cada uno se desglosa un método particular para finalmente unirse en una explicación que fundamenta la investigación.

**Tabla 14.**

*Definiciones y autores para cada concepto clave de la investigación*

<b>Concepto</b>	<b>Definición</b>	<b>Autor</b>
Movilidad cotidiana	Actividad de carácter obligado que permite realizar las tareas más imprescindibles, como trabajar, estudiar, comprar, divertirse, etc.	Miralles (1998)
Automovilidad	Consiste en un sistema social y técnico relacionado al automóvil que se examina a través de seis componentes, como objeto fabricado, consumo individual, complejo mecánico, movilidad casi privada, cultura y uso de recursos ambientales.	Urry (2004)
Metabolismo urbano	La investigación socio metabólica cuantifica sistemáticamente los flujos de recursos biofísicos asociados con sistemas sociales definidos o sus componentes. Así como las transformaciones socioeconómicas de los recursos naturales y rastrea las salidas de desechos y emisiones al medio ambiente.	Haberl et al. (2019)

Fuente: Haberl et al. (2019); Miralles (1999) y Urry (2004)

Todo comienza con un fenómeno esencial de la vida urbana, la movilidad cotidiana, una actividad que permite a las personas desplazarse para lograr cumplir o satisfacer las necesidades de la vida cotidiana, para ello se debe asentar que entre los diferentes sistemas de transporte existentes en la urbe, el uso del automóvil privado se ha multiplicado al margen de la infraestructura urbana y con ella la adopción de un nuevo concepto; automovilidad, que ha permeado no solo a las estructuras e infraestructuras urbanas, sino también a las superestructuras.

Se estudia la automovilidad; el sistema social y técnico (el automóvil) como medio que permite ejercer de mejor manera las movilidades cotidianas, como ir al trabajo, de compras, a la escuela, divertirse, etc. Estas actividades de la vida cotidiana en su movilidad demandan recursos energéticos, desde esta perspectiva el metabolismo urbano permite analizar el objeto de estudio por medio de entradas y salidas de energía y las implicaciones ambientales y sociales que tiene para el sistema urbano y en especial al desarrollo sustentable.

La tradición en los estudios del metabolismo urbano considera tres variables de entrada y tres de salida, cada variable contempla diferentes dimensiones y cada una es tan importante como la otra. Para efectos de la investigación y por la pertinencia temporal del estudio se seleccionó la variable entrada de energía y su contraparte; salida de materia, bióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ).

En los estudios metabólicos la energía entra al sistema urbano, circula para dar soporte a las actividades socioeconómicas, cabe reconocer que gran parte de esta se destina a los sistemas de transporte, para que personas, productos y materia circulen, en este sentido, se estudia la automovilidad cotidiana como actividad esencial por el cual los habitantes pueden acceder a las funciones, bienes y servicios que ofrece la ciudad.

En la siguiente imagen se ilustra el objeto de estudio por medio del sistema urbano y sus diferentes componentes: sistema vial, automóviles,

centros de trabajo, escuelas, parques, centros recreativos, supermercados, estacionamientos, estaciones de carga. En síntesis, el objeto de estudio se explica de la siguiente manera:

Las personas en el desarrollo de sus vidas, cotidianas se trasladan por diferentes partes de la urbe ya sea para ir al trabajo o escuela, comprar alimentos, recrearse o divertirse, para ello emplean el uso del automóvil o a lo que se le ha denominado automovilidad cotidiana. Esta automovilidad demanda energía para producir trabajo mecánico en forma de movimiento y gracias a esa circulación de energía las personas desarrollan sus actividades generando como residuo una salida de materia contaminante, como bióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

### **Ilustración 11.**

*Representación gráfica del objeto de estudio*



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1 Operacionalización de variables

Cada concepto clave de esta investigación se operacionaliza como variable, permitiendo así nutrirse de datos concretos. Dentro de un marco lógico, se definen las variables dependientes e independientes, con el fin de identificar claramente los límites de la investigación y evitar el error de incluir otras variables que podrían desviar el enfoque del estudio. Este marco lógico establece las relaciones que se analizarán, restringiéndolas a los cruces de variables incluidas en el estudio.

Dentro del marco lógico se especifican los datos e información necesarios del objeto de estudio para su interpretación y contraste en la vida real. Limitar la investigación a tres conceptos no implica una simplificación, sino que permite comprender cómo estos factores influyen en el metabolismo urbano. Este enfoque no se restringe únicamente al estudio de las dimensiones físicas de la automovilidad; por el contrario, facilita la identificación de cómo las dimensiones cualitativas de la movilidad afectan el metabolismo urbano.

#### **Tabla 15.**

*Marco lógico o sistema cerrado de investigación*

<b>Concepto</b>	<b>Variable</b>	<b>Datos</b>
Movilidad cotidiana	Movilidad laboral	Viaje al trabajo
	Movilidad escolar	Viaje a la escuela
	Movilidad de cuidado	Viaje para compra de alimentos
	Movilidad de ocio	Viajes para actividades recreativas
Automovilidad	Uso y afecto	Tipo y marca de vehículo
	Entorno construido	Infraestructura
		Consumo de energía
	Entrada de energía	Estaciones de carga

Metabolismo urbano	Emisión de contaminantes
Salida de energía	Concentración de CO2
	Aumento de la temperatura

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Herramientas metodológicas para el estudio

Las herramientas metodológicas son el conjunto de técnicas e instrumentos que se utilizan en investigación científica con el fin de analizar el objeto de estudio, no existe un manual que relacione objetos de estudio con el método a seguir, a menudo la selección y ejecución de herramientas dependerá del tipo de método que se adapte mejor al fenómeno que se desea abordar (Granados, 2020).

Cada concepto o variable clave del presente estudio construyen el objeto de investigación, por consiguiente, se requieren diferentes instrumentos y técnicas para la recolección de información. A continuación, se detalla por sección el diseño instrumental para cada variable.

#### 3.3.1 Herramientas para el estudio la movilidad cotidiana

El estudio de la movilidad cotidiana muestra información de los desplazamientos que las personas realizan con frecuencia en el espacio urbano con el fin de acceder a los bienes y servicios que satisfacen su calidad de vida. El desplazamiento se da entre dos lugares, generalmente el primero es el lugar de residencia habitual y el segundo es el lugar de alguna actividad productiva: trabajo y/o estudio (CEPAL, 2020); reproductiva: compra de alimentos o vestido; o personal: como actividades recreativas. La movilidad cotidiana considera los motivos, medios y características del entorno urbano para cada viaje.

Las fuentes de información para su medición pueden ser encuestas especializadas, así como la recolectada por los censos de población y

vivienda. Estos estudios para el análisis usan como herramienta principal la matriz de origen-destino con el objetivo de mostrar los movimientos cotidianos, ya sean por desplazamientos a los lugares de trabajo o estudio. Las matrices permiten identificar las unidades de atracción o expulsión, los saldos de conmutación, las relaciones de retención o expulsión; y también, la caracterización de las personas según su sexo, edad, años de estudio, ocupación, etc. (CEPAL, 2020).

Para el caso de México, el Institucional Nacional de Estadística e Información Geográfica (INEGI) en su último censo de población y vivienda 2020, considera un apartado de movilidad cotidiana dentro de su cuestionario ampliado (muestra representativa), pero, solo recaba información para la movilidad laboral y escolar, no considera la movilidad de cuidado y de ocio. Las variables utilizadas para el análisis son: sexo, municipio, tamaño de localidad, tiempo de desplazamiento, grupos de edad y modo o medio de traslado.

Para un estudio de movilidad laboral o escolar, la base de datos del INEGI es basta para un análisis espacial y temporal, porque permite identificar la cantidad de desplazamientos por municipio, así como el tiempo de dicho recorrido en rangos, sin embargo, para el estricto estudio de la movilidad cotidiana el instituto de estadística nacional no satisface del todo la dotación de información.

Si se considera el propósito de la investigación y los objetivos de este; describir las características de la automovilidad cotidiana desde los aspectos urbanos, sociales y ambientales (primer objetivo específico), es necesario la aplicación de una encuesta subdividida en las cuatro movilidades cotidianas con la ayuda de una matriz origen- destino.

La técnica utilizada para este apartado fue la realización de una encuesta, en ella se consideraron los cuatro apartados de la movilidad cotidiana. Para la movilidad laboral y escolar se consideraron los viajes a dichos destinos, en lo concerniente a la movilidad de cuidado se

consideraron dos tipos de viaje, tanto para la compra de alimentos como llevar a los hijos a la escuela, y por último para la movilidad de ocio se consideraron diversos destinos relacionados a actividades personales y familiares tal y como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 16.**

*Tipo de movilidad según el tipo de viaje con sus respectivas variables recolectadas*

<b>Tipo de movilidad</b>	<b>Tipo de viaje</b>	<b>Variables</b>
Movilidad laboral	Viaje al trabajo	Sujeto, edad, sexo, origen, destino, tiempo
Movilidad escolar	Viaje a la escuela	Sujeto, edad, sexo, origen, destino, tiempo
Movilidad de cuidado	Viaje para compra de alimentos	Sujeto, edad, sexo, origen, destino, tiempo
	Viajes para llevar a los hijos a la escuela	Sujeto, edad, sexo, origen, destino, tiempo
Movilidad de ocio	Viajes para actividades recreativas	Sujeto, edad, sexo, origen, destino, tiempo

Fuente: Elaboración propia

Esta herramienta metodológica es la de mayor peso en esta investigación porque gracias a ella se recolectaron el mayor número de variables que construyen el objeto de estudio. Además, esta metodología permitió crear un modelo de estudio de la automovilidad cotidiana que puede ser replicada en diferentes escalas, por consiguiente, se ha dedicado un subapartado para describir la metodología empleada que se puede consultar en la sección 3.4.

### 3.3.2 Herramientas para el estudio de la automovilidad

Para el análisis de este apartado fue necesaria la utilización de datos primarios y secundarios. Los datos primarios fueron obtenidos de la encuesta de automovilidad del estudio, por consiguiente, en el diseño de la encuesta consideró un apartado para la obtención de las características de los diferentes automóviles asociados a las diferentes automovilidades cotidianas.

Estas variables se nutrieron de datos de orígenes, destinos y tiempos de cada viaje, así como el automóvil empleado para la automovilidad con datos relacionados a la marca, modelo y año de fabricación. Estas variables ayudaron a determinar el tipo de vehículo asociado a cada movilidad cotidiana, para su posterior cruce con variables de género, edad y uso del territorio para acceder a bienes y servicios.

#### **Tabla 17.**

*Categorías y variables de la automovilidad seleccionadas para el estudio*

<b>Categoría</b>	<b>Automovilidad</b>	<b>Variables</b>
Uso y afecto	Tipo de vehículo	Marca, modelo, año
Entorno construido	Infraestructura	Vías, centros comerciales, parques, etc.

Fuente: Elaboración propia

Las fuentes de información secundaria se emplearon para conocer la infraestructura asociada a la automovilidad, con datos y herramienta de información geográfica para identificar las principales vías en torno a los orígenes y destinos de las movilidades, así como los centros comerciales aledaños, reconocidos como lugares atractores.

La información cartográfica fue obtenida del INEGI, el instituto de estadística y geografía de México de su base de datos Marco Geoestadístico. Estas capas vectoriales permiten conocer la cartografía del AMG mediante

sus arterias viales, mancha urbana y división política de los municipios. El cruce de información primaria con la geográfica permitió identificar los flujos de movilidad a través del territorio, el uso de las vías, así como las distancias de viaje.

Otra base de datos secundaria utilizada fue CONAPO con el índice de marginación por entidad federativa, municipio, localidad y urbana, con base en el Censo de Población y Vivienda 2020. Esta información también se presenta de forma geográfica y permitió identificar el grado de marginación de las colonias del AMG para su contraste con los datos de las encuestas.

Otra variable por contrastar son las estaciones de servicio o gasolineras. Esta información se obtuvo de la base de datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) estos datos están desagregada por municipios. La cantidad de estaciones por municipio es una variable importante para su cruce con información como el consumo de energía y con otras variables relacionadas al entorno de la automovilidad, vialidades y automovilidades.

### 3.3.3 Herramientas para el metabolismo urbano

La entrada de energía se medirá mediante el consumo de energía para el automóvil según a la automovilidad ejercida. Para el cálculo del consumo de combustible se emplearon datos de distancia y tiempo que se calcularon de los orígenes y distancias de los desplazamientos, así como los rendimientos de los motores de cada vehículo, los cuales pueden ser obtenidos directamente de la base de datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

**Tabla 18.**

*Variables y datos seleccionados para el estudio del metabolismo urbano*

Categoría	Variable	Datos
	Consumo de energía	Distancia, tiempo, rendimiento del motor

Entrada de energía	Estaciones de carga	Números de estaciones por municipio
Salida de energía	Emisión de contaminantes	Consumo de combustible, rendimiento del motor
	Concentración de CO2	Datos meteorológicos
	Aumento de la temperatura	Datos de temperatura media

Fuente: Elaboración propia

El INECC en su sitio web ofrece una plataforma para conocer la eficiencia energética-ambiental de los automóviles, su catálogo es muy amplio y se puede acceder a datos de rendimiento de motores, consumo aproximado, emisiones de bióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Para el cálculo del consumo de energía para cada automovilidad se necesitaron los datos de tiempo, distancia y rendimiento de cada automóvil. Como los desplazamientos de las ciudades no solo es importante la variable de distancia, sino también el de tiempo, porque a pesar de que las distancias sean cortas, pero con volúmenes de tráfico viajes de 3 km con 10 minutos se pueden convertir en tiempos de 30 minutos.

El tiempo que los automóviles pasan detenidos en el tráfico o semáforos se le denomina ralenti, es decir, el motor nunca deja de funcionar, por consiguiente, sigue consumiendo energía. Para el cálculo del consumo de energía y emisiones se empleó el modelo de Jiménez (2020) el cual considera tales variables.

$$E_{\text{fuel}} = [\Sigma d + (\Sigma d \cdot \lambda) / \Sigma R_a] \eta$$

Donde:

$E_{\text{fuel}}$  = consumo de combustible (l)

$d$  = distancias (km)

$\lambda$  = coeficiente de ralenti

Ra = rendimiento del motor ajustado (km/l)

$\eta$  = número de viajes

La salida de energía se medirá mediante las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NOX). La estimación depende del consumo de combustible y los factores de emisión de cada vehículo, datos que también se consultaron del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Existe una relación entre consumo y factor de emisión, a pesar de que dos tipos de vehículos consuman la misma cantidad, no emitirán las mismas cantidades de partículas, aunque en teoría se pensara que sí, para este cálculo se debe considerar las condiciones de motor de cada vehículo mediante la fórmula de Jiménez (2020).

$$\text{CO}_2 = [\Sigma d + (\Sigma d \cdot \lambda) \cdot \Sigma Fe] \eta$$

$$\text{NOX} = [\Sigma d + (\Sigma d \cdot \lambda) \cdot \Sigma Fe] \eta$$

Donde:

CO<sub>2</sub> = emisiones de bióxido de carbón (gCO<sub>2</sub>)

NOX = emisiones de óxidos de nitrógeno (gNOX)

d = distancias (km)

$\lambda$  = coeficiente de ralentí

Fe = factores de emisión (gCO<sub>2</sub>/km) o (gNOX/km)

$\eta$  = número de viajes

### 3.4 Diseño instrumental

La forma en que se comprobaba la hipótesis es obtener información de los hogares y sus actividades de la vida cotidiana, especialmente en la movilidad cotidiana, para obtener perfiles socioeconómicos diferentes y garantizar una homogeneidad en los resultados. Este instrumento permitió identificar: orígenes, destinos, medios y modos de transporte de acuerdo con los diferentes desplazamientos.

El diseño de la encuesta se compuso de cinco apartados con el fin de segmentar la información según a cada categoría de la automovilidad

cotidiana. La primera sección se recolectó información general sobre el hogar; dirección (ubicación dentro de la metrópolis), número de integrantes, número de personas empleadas, número de personas que estudian y número de vehículos con los que cuenta el hogar. En esta misma sección se presenta un apartado para conocer las características de cada vehículo: marca, modelo, año y tipo de combustible.

### **Ilustración 9.**

*Diseño del primer apartado de la encuesta; datos generales*

1. DATOS GENERALES	
<p>DOMICILIO: <input type="text" value="COLONIA"/> <input type="text" value="MUNICIPIO"/></p> <p>N° HABITANTES <input type="text"/></p> <p>N° AUTOMÓVILES <input type="text"/></p> <p>N° PERSONAS / TRABAJAN <input type="text"/></p> <p>N° PERSONAS / ESTUDIAN <input type="text"/></p>	<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS VEHÍCULO 1</p> <p>MARCA <input type="text" value="ej. FORD, NISSAN, TOYOTA, ETC."/></p> <p>MODELO <input type="text" value="ej. VERSA, COROLLA, FOCUS, ETC."/></p> <p>AÑO <input type="text" value="ej. 2020"/></p> <p>TIPO DE COMBUSTIBLE <input type="text" value="ej. GASOLINA, DIESEL, HIBRIDO, ELÉCTRICO"/></p>

Fuente: Elaboración propia

La segunda sección se destina a la automovilidad laboral siempre y cuando se emplee uno de los automóviles declarados anteriormente, se presenta un apartado para cada persona empleada que use el automóvil para su traslado, se pregunta el sexo y edad, variables que deben considerarse en todo tipo de estudios relacionados a la movilidad cotidiana. Después se pregunta por el destino laboral (colonia y municipio), el número de días que trabaja y tiempo que emplea en su movilidad.

### **Ilustración 10.**

*Diseño del segundo apartado de la encuesta, movilidad laboral*

2. MOVILIDAD LABORAL					
PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR A LA ESCUELA : HOMBRE <input type="radio"/> MUJER <input type="radio"/> EDAD: <input type="text" value="ej. 35"/>					
<p>¿Cuántos días a la semana estudia? <input type="text"/></p> <p style="text-align: center;">DESTINO ESCOLAR</p> <p>MUNICIPIO <input type="text" value="ej. Guadalajara"/></p> <p>COLONIA <input type="text" value="ej. Moderna"/></p> <p>REFERENCIA <input type="text" value="ej. Plaza México"/></p> <p>¿Qué vehículo usa para ir a la escuela? <input type="checkbox" value="1"/> <input type="checkbox" value="2"/> <input type="checkbox" value="3"/></p>	<p style="text-align: center;">De tener un horario fijo, esenifique sus horarios</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Hora de salida de casa / escuela</td> <td style="width: 50%;">Hora de llegada a la escuela</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Hora de salida de escuela / casa</td> <td style="width: 50%;">Hora de llegada a casa</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">De no tener un horario fijo:</p> <p>¿Cuánto tiempo hace para llegar a la escuela? <input type="text"/></p>	Hora de salida de casa / escuela	Hora de llegada a la escuela	Hora de salida de escuela / casa	Hora de llegada a casa
Hora de salida de casa / escuela	Hora de llegada a la escuela				
Hora de salida de escuela / casa	Hora de llegada a casa				

Fuente: Elaboración propia

La tercera sección se relaciona con la automovilidad escolar siempre y cuando se emplee uno de los automóviles declarados anteriormente, para este apartado no necesariamente el sujeto debe usar el automóvil, también se considera si algún familiar lo lleva a la escuela. Se presenta un apartado para cada automovilidad escolar. Se identifica el sexo y edad. Después se pregunta por el destino de la escuela (colonia y municipio), el número de días que estudia y tiempo que emplea en su automovilidad.

**Ilustración 11.**

*Diseño del tercer apartado de la encuesta, movilidad escolar*

**3. MOVILIDAD ESCOLAR**

PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR A LA ESCUELA ES ESTUDIANTE:

SI                       NO

DATOS DEL ESTUDIANTE

HOMBRE  MUJER  EDAD

SI LA PERSONA 1 LLEVA AL ESTUDIANTE A LA ESCUELA EN AUTOMÓVIL ES FAMILIAR:

PAPÁ  MAMÁ  OTRO  EDAD

¿Después de ir a la escuela realiza otro desplazamiento?

¿Cuántos días a la semana estudia?

DESTINO ESCOLAR

MUNICIPIO

COLONIA

REFERENCIA

¿Qué vehículo usa para ir a la escuela?  1  2  3

De tener un horario fijo, esenifique sus horarios

Hora de salida de casa / escuela	Hora de llegada a la escuela
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hora de salida de escuela / casa	Hora de llegada a casa
<input type="text"/>	<input type="text"/>

De no tener un horario fijo:

¿Cuánto tiempo hace para llegar a la escuela?

Fuente: Elaboración propia

La cuarta sección sobre la automovilidad de cuidado, solo se preguntó sobre la compra de alimentos. La primera variable indaga por la persona encarga comúnmente de la compra de alimentos y cuantas veces en promedio lo hacen. En seguida se identifica el automóvil asociado a dicha automovilidad, así como el destino (colonia y municipio) y el tiempo que se emplea. Por último, se considera un apartado extra por si existe otro lugar o establecimiento al cual se acude por la compra de alimentos y se consideran las mismas preguntas.

### Ilustración 12.

#### Diseño del cuarto apartado de la encuesta, movilidad de cuidado

4. MOVILIDAD DE CUIDADO	
<p>¿Comúnmente quién se encarga de la compra de alimentos? ej. Mamá</p> <p>¿Cuántas veces al mes acuden al supermercado?</p> <p>¿Qué vehículo usa para ir a la supermercado? 1 2 3</p> <p>DESTINO</p> <p>MUNICIPIO ej. Guadalajara</p> <p>COLONIA ej. Moderna</p> <p>REFERENCIA ej. Plaza México</p> <p>¿Cuánto tiempo hace para llegar al supermercado?</p>	<p>¿Acuden a otro establecimiento frecuentemente para la compra de alimento? NO SI ej. Plaza comercial</p> <p>¿Cuántas veces al mes acuden en promedio?</p> <p>¿Qué vehículo usan para el viaje? 1 2 3</p> <p>DESTINO</p> <p>MUNICIPIO ej. Guadalajara</p> <p>COLONIA ej. Moderna</p> <p>REFERENCIA ej. Plaza México</p> <p>¿Cuánto tiempo emplean para llegar?</p>

Fuente: Elaboración propia

La quinta y última sección se relaciona a la automovilidad de ocio, se presenta un apartado para cada persona que use el automóvil para actividades recreativas, se pregunta el sexo y edad. Después se pregunta por el tipo de actividad realizada y la frecuencia en la que se realiza, así mismo se identifica el automóvil asociado a dicha movilidad. Por último, el destino (colonia y municipio), y tiempo que emplea en su automovilidad.

### Ilustración 13.

#### Diseño del cuarto apartado de la encuesta, movilidad de cuidado

5. MOVILIDAD DE OCIO	
<p>PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA REALIZAR ACTIVIDAD RECREATIVA</p> <p>MUJER <input type="radio"/> HOMBRE <input type="radio"/> EDAD ej. 19</p> <p>¿Que actividad recreativa realiza? ej. GYM, cine, biblioteca, ect.</p> <p>¿Cuántas veces a la semana acude?</p> <p>¿Qué vehículo usa para esa actividad? 1 2 3</p> <p>DESTINO</p> <p>MUNICIPIO ej. Guadalajara</p> <p>COLONIA ej. Moderna</p> <p>REFERENCIA ej. Plaza México</p> <p>¿Cuánto tiempo hace para llegar?</p>	<p>PERSONA 2 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA REALIZAR ACTIVIDAD RECREATIVA</p> <p>MUJER <input type="radio"/> HOMBRE <input type="radio"/> EDAD ej. 19</p> <p>¿Que actividad recreativa realiza? ej. GYM, cine, biblioteca, ect.</p> <p>¿Cuántas veces a la semana acude?</p> <p>¿Qué vehículo usa para esa actividad? 1 2 3</p> <p>DESTINO</p> <p>MUNICIPIO ej. Guadalajara</p> <p>COLONIA ej. Moderna</p> <p>REFERENCIA ej. Plaza México</p> <p>¿Cuánto tiempo hace para llegar?</p>

Fuente: Elaboración propia

### **3.4.1 Muestra estadística y recolección de la información**

En esta investigación, la unidad de análisis es el hogar, el cual está formado por un grupo de personas con lazos familiares que comparten bienes y servicios. Por consiguiente, el tamaño de la población se determina según el número de hogares o viviendas que poseen automóvil. En el caso del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), el último censo de población y vivienda de 2020 realizado por el INEGI incluyó una sección para determinar el número de viviendas con vehículos. En total, se identificaron 832,193 hogares en los municipios que componen el AMG y que disponen de automóvil.

El universo de estudio comprende 832,193 hogares. Con el objetivo de establecer metas alcanzables en el marco temporal disponible, se ha tomado una muestra representativa aleatoria del universo con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 9.5%. Por lo tanto, se determinó que el número de encuestas a realizar sería de 97. Este número es factible de alcanzar, considerando las limitaciones temporales, económicas y operativas del estudio.

Un nivel de confianza del 95% es comúnmente aceptable en la investigación académica y en muchos otros contextos. Esto se debe a que proporciona un equilibrio adecuado entre la precisión de los resultados y la amplitud del intervalo de confianza. Un nivel de confianza del 95% implica que, si repitiéramos el estudio muchas veces, el 95% de las veces obtendríamos resultados dentro del intervalo de confianza. Esto proporciona una buena confiabilidad en los resultados sin sacrificar demasiada precisión.

Aumentar el nivel de confianza por encima del 95% puede aumentar significativamente el tamaño de la muestra necesario para mantener el mismo margen de error. Esto puede resultar en un aumento de los costos y la complejidad del estudio, sin proporcionar beneficios significativos adicionales en términos de precisión de los resultados.

Ante las limitaciones temporales y económicas, no se siguió la rigurosidad estadística de seleccionar de manera aleatoria la población de estudio porque implicaría recorrer todas las manzanas del AMG que son más de 40,421. Por otra parte, la información que se solicitó es confidencial y existe una gran posibilidad de rechazo por el contexto de inseguridad que se vive en el país, de acuerdo con experiencias pasadas de investigación.

Ante esta situación se optó por una estrategia más óptima, y fue trabajar con información brindada por estudiantes universitarios, especialmente en universidades públicas donde se encuentra una gran diversidad de estratos socioeconómicos con el fin obtener perfiles heterogéneos. Por otra parte, trabajar con este segmento familiar nos garantiza obtener datos de familias compuestas por mamá, papá e hijos en diferentes niveles educativos.

Sacrificar la representatividad estadística de la muestra por un segmento social permitió obtener información de manera confiable y relativamente rápida para minimizar costos y tiempos. Ahora bien, este ejercicio permitió operacionalizar el concepto de automovilidad cotidiana con el fin de presentar las pautas para futuros estudios en donde se considere una muestra aleatoria.

Por tanto, la aportación de esta investigación en términos metodológicos es el diseño de un modelo de encuesta para estudiar la automovilidad cotidiana, un concepto que ha germinado como producto de la misma investigación. La generalización de los resultados de la muestra se presenta como un diseño metodológico y cómo este puede ayudar a medir el metabolismo de la automovilidad cotidiana.

La encuesta se llevó a cabo desde el 22 de marzo hasta el 25 de abril de 2023 en diversos centros de la red de la Universidad de Guadalajara. Esta universidad al ser pública suele tener una gran diversidad de estudiantes, pero además facilita la recolección de datos de una muestra diversa con una estructura familiar descrita con anterioridad. La diversidad de personas que

transitan por estos lugares puede proporcionar una muestra más amplia y diversa además disminuye los costos operativos de la misma.

La comunidad universitaria fue de gran ayuda para recabar esta información. Por una parte, en los centros universitarios convergen personas de diferentes edades, géneros, ocupaciones y antecedentes socioeconómicos. En segunda abarata los costos operativos, en dichos se puede acceder a una amplia gama de personas lo que facilita la participación en la encuesta. La proximidad a los puntos de recolección puede motivar a las personas a participar y contribuir a una mayor tasa de respuesta.

Los centros universitarios seleccionados son de diferentes partes de la metrópolis, con diferentes características socio urbanas, especialmente porque se ubican en diferentes niveles de marginación. Esta diversidad permitió obtener una muestra con variabilidad geográfica y demográfica de la población. Esta muestra contribuyó al diseño del modelo metodológico, porque permitió observar diferentes perfiles sociales y corregir errores de la encuesta.

### **3.4.2 Prueba piloto**

Una vez diseñada la encuesta y establecidos los lugares de recolección, se procedió a realizar una prueba piloto. Esta prueba piloto consistió en la aplicación de 20 encuestas con el objetivo de identificar posibles fallas en el diseño y mejorar el instrumento para obtener información con mayor precisión. Así mismo sirvió como sondeo para confirmar si los alumnos universitarios eran fuentes confiables para brindar información relacionada con su hogar.

Durante la prueba piloto, se constató que los estudiantes universitarios poseían un conocimiento adecuado acerca de la información de sus hogares y familias. Demostraron conocer las características de los automóviles, así como los lugares de trabajo o estudio, la frecuencia de los viajes y los

destinos de compras o centros de recreación. En general, expusieron ser sujetos confiables y aptos para la aplicación de la encuesta.

Durante la prueba se observó que la encuesta solo contemplaba tres apartados para describir la información de los vehículos del hogar, lo cual resultó insuficiente en casos donde el hogar contaba con más de tres vehículos. Por lo tanto, se determinó que era necesaria la incorporación de un cuarto apartado para abordar estos casos.

Además, el diseño de la encuesta incluía preguntas sobre los horarios de los viajes para las diferentes actividades. Sin embargo, durante las encuestas piloto se constató que los sujetos no siempre se contaba con un horario fijo, y que para el informante era más sencillo proporcionar los tiempos de viaje en lugar de horarios específicos. Por lo tanto, se reconoció la necesidad de ajustar esta sección para reflejar con mayor precisión la realidad de los participantes.

En el apartado de movilidad de ocio, se identificó que existían actividades recreativas que el hogar realizaba en conjunto, así como otras actividades que los miembros llevaban a cabo de manera individual. Esta distinción no se había contemplado en el diseño original de la encuesta, por lo que se constató incorporar esta información para obtener un panorama más completo y preciso de las actividades de ocio de los participantes.

Estos errores en el diseño de la encuesta pueden afectar la calidad y la validez de los datos recopilados, ya que no se garantiza que las respuestas estén dirigidas a la población objetivo. Es fundamental corregir estas deficiencias para asegurar que la encuesta proporcione información precisa y relevante sobre las movilidades cotidianas en el área metropolitana.

### **3.4.3 Desviaciones y correcciones**

Se realizaron correcciones significativas al instrumento de la encuesta. Para que la encuesta fuera aplicada a la persona correcta fue necesario que se introdujera una condicionante, primero, que si su hogar contaba con al menos

un automóvil y la segunda, que si su vivienda se ubicaba dentro del área metropolitana. En caso afirmativo para ambas preguntas, se procedía con la aplicación del instrumento; de lo contrario, se agradecía y se pasaba a la siguiente persona.

Estas correcciones fueron esenciales para garantizar que la encuesta recopilara datos de la automovilidad cotidiana en el área de estudio. Al limitar la muestra a hogares con automóvil y ubicados dentro del área metropolitana, se aseguró que los resultados reflejaran las características de la población objetivo y proporcionaran información relevante para abordar los desafíos específicos de automovilidad urbana en dicha área.

Se añadió un cuarto apartado para la información de los vehículos, lo cual resultó importante dado que cinco de los encuestados mencionó tener en su hogar cuatro vehículos. Se pudo agregar un quinto apartado, sin embargo, de las 97 encuestas, solo una indicó tener cinco automóviles, por lo que el apartado para cuatro vehículos resultó suficiente para el diseño de la encuesta.

En todos los apartados relacionados con el tiempo de viaje, se modificó "horarios" por "tiempos de traslados". Esta modificación facilitó para que los informantes proporcionaran la información, ya que estaban más familiarizados con esta dimensión temporal. En cuanto a las actividades recreativas, se agregó un apartado para indicar si el viaje de ocio lo realizaba un miembro de la familia o si era una actividad realizada en conjunto. Ya que durante la prueba piloto relució que este tipo de familia solía tener actividades de ocio en conjunto familiar.

#### **3.4.4 Diseño de la encuesta**

El diseño de la encuesta una vez corregida con la incorporación de condicionantes claros para la selección de los encuestados, la adición de un cuarto apartado para la información de los vehículos del hogar y la modificación de los términos relacionados con el tiempo de viaje para

hacerlos más comprensibles y accesibles para los encuestados. En este apartado solo se presenta la encuesta simplificada en una sola hoja, con un recuadro por apartado. No obstante, durante la aplicación algunos apartados, se requería más de un recuadro para cada apartado, ya que algunos hogares realizaban múltiples viajes de una misma naturaleza.

Ilustración 12.

Diseño de la encuesta



## ENCUESTA DE MOVILIDAD COTIDIANA



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FECHA

**1. DATOS GENERALES**

FOLIO

**DOMICILIO:**  COLONIA  MUNICIPIO

N° HABITANTES

N° AUTOMÓVILES

N° PERSONAS / TRABAJAN

N° PERSONAS / ESTUDIAN

**CARACTERÍSTICAS VEHÍCULO 1**

MARCA  ej. FORD, NISSAN, TOYOTA, ETC.

MODELO  ej. VERSA, COROLLA, FOCUS, ETC.

AÑO  ej. 2020

TIPO DE COMBUSTIBLE  ej. GASOLINA, DIESEL, HÍBRIDO, ELÉCTRICO

**2. MOVILIDAD LABORAL**

PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR AL TRABAJO  
 MUJER  HOMBRE  EDAD:  ej. 35

¿Cuántos días a la semana trabaja?

**DESTINO LABORAL**

MUNICIPIO  ej. Guadalajara

COLONIA  ej. Moderna

REFERENCIA  ej. Plaza México

¿Qué vehículo usa para ir al trabajo?  1  2  3  4

¿Cuánto tiempo hace para llegar al trabajo?

**3. MOVILIDAD ESCOLAR**

PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR A LA ESCUELA ES ESTUDIANTE:  
 SI  NO

SI LA PERSONA 1 LLEVA AL ESTUDIANTE A LA ESCUELA EN AUTOMÓVIL ES FAMILIAR:  
 PAPÁ  MAMÁ  OTRO  EDAD

¿Después de ir a la escuela realiza otro desplazamiento?

**DATOS DEL ESTUDIANTE**

HOMBRE  MUJER  EDAD  ej. 19

¿Cuántos días a la semana estudia?

**DESTINO ESCOLAR**

MUNICIPIO  ej. Guadalajara

COLONIA  ej. Moderna

REFERENCIA  ej. Plaza México

¿Qué vehículo usa para ir al estudio?  1  2  3  4

¿Cuánto tiempo hace para llegar al estudio?

**4. MOVILIDAD DE OCIO**

ACTIVIDAD RECREATIVA 1. QUIEN USA EL AUTOMÓVIL PARA ESE VIAJE  
 TODOS  MUJER  HOMBRE  EDAD  ej. 19

¿Qué actividad recreativa realiza?  GYM, cine, cenar, compras, ect, visitar familia

¿Cuántas veces a la semana acude?

¿Qué vehículo usa para esa actividad?  1  2  3

**DESTINO**

MUNICIPIO  ej. Guadalajara

COLONIA  ej. Moderna

REFERENCIA  ej. Plaza México

¿Cuánto tiempo hace para llegar?

**5. MOVILIDAD DE CUIDADO**

¿Comúnmente quién se encarga de la compra de alimentos?  
 MUJER  HOMBRE  EDAD:  ej. 35 ROL:  Mamá

¿Cuántas veces al mes acuden al supermercado?

¿Qué vehículo usa para ir a la supermercado?  1  2  3  4

**DESTINO**

MUNICIPIO  ej. Guadalajara

COLONIA  ej. Moderna

REFERENCIA  ej. Plaza México

¿Cuánto tiempo hace para llegar al supermercado?

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Cuantificación de la huella de carbono

Una vez identificados y contabilizados los flujos de entrada y salida de energía y materia se procedieron a dimensionar los impactos socio-ambientales relacionados a la movilidad y transporte desde el enfoque del metabolismo urbano. Una herramienta para medir los impactos ambientales es mediante el cambio climático a través del indicador huella de carbono, reconocida actualmente como un indicador clave para dimensionar el daño que las actividades antropogénicas causan al medio ambiente en base a las emisiones de bióxido de carbón (CO<sub>2</sub>).

El CO<sub>2</sub> no es el único gas de efecto invernadero que resulta de la combustión de los vehículos, por lo regular el carbono es el más importante por la proporción de materia excretada después de la combustión. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2020), el metano (CH<sub>4</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) resultan menores al 2%. Para el IPCC (2014) estas sustancias son menores al 1%. Sin embargo, el poder de afectación por molécula es mayor a las del carbono.

Para un cálculo homogéneo las emisiones de metano y óxidos de nitrógeno pueden ser convertidos a bióxido de carbón equivalente (CO<sub>2</sub>e), dicho cálculo consiste en multiplicar el número de veces el daño que causa cada gas como factor de calentamiento global en 100 años, en este caso, se estima que el metano es 21 veces y los óxidos de nitrógeno 265 veces más dañino que el bióxido de carbón (IPCC, 2014).

Para este estudio se cuantificaron las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> no solo del consumo directo de energía de los automóviles, sino también las emisiones asociadas para la refinación del combustible y las emitidas en su transportación, de tal modo que las emisiones se unificaron a una sola medida; bióxido de carbono equivalente que se obtiene con la siguiente formula.

$$CO_2e = [F(CO_2 * 1) + F(NO_x * 265)]$$

Por último, para expresar el consumo de combustible en términos correspondientes a la huella de carbono se debe usar un factor de conversión, correspondiente a la superficie teórica de bosques necesaria para absorber el CO<sub>2</sub>e liberado a la atmósfera a causa del metabolismo de la automovilidad. Wackernagel y Rees (1996) consideran que en promedio los bosques pueden acumular aproximadamente 6.6 toneladas de carbón por hectárea al año (tCO<sub>2</sub>/ha/año) y el Grupo Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001) considera que los bosques pueden absorber 5.21 tCO<sub>2</sub>/ha/año.

La cantidad de tCO<sub>2</sub>e/año obtenido se dividió entre 5.21 tCO<sub>2</sub>/ha/año y el resultado es la huella de carbono que se puede comparar con áreas específicas para diseccionar su impacto o bien con otras huellas de carbono calculada en diferentes escalas.

**Capítulo IV.**  
**Automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de  
Guadalajara. Caracterización a través de un caso de  
estudio**

Este capítulo corresponde al primer apartado de resultados, donde se da respuesta a la primera pregunta de investigación: ¿Cómo se caracteriza la automovilidad cotidiana? En esta sección, se presenta un análisis detallado de los datos recolectados a través de las encuestas realizadas a 97 hogares, junto con información complementaria obtenida de fuentes oficiales.

El objetivo es ofrecer una caracterización exhaustiva de las diversas formas de automovilidad cotidiana, explorando las dinámicas y patrones de uso del automóvil en el Área Metropolitana de Guadalajara. Esta caracterización no solo proporciona una comprensión profunda de los comportamientos y hábitos de los usuarios, sino que también identifica las variables clave que influyen en la automovilidad, como la ubicación del hogar, la estructura urbana, las distancias recorridas, el tiempo de desplazamiento, y las características mecánicas de los vehículos.

A través de este análisis, se pretende establecer una base sólida para comprender los impactos sociales y ambientales derivados de la automovilidad cotidiana no solo en esta ciudad si no en cuantas más se desee explorar. En este sentido el ejercicio brinda una perspectiva de estudio de una categoría de análisis que se ha denominado automovilidad cotidiana.

Los resultados de la muestra aquí expuestos son un ejemplo del modelo metodológico que se debe aplicar para el estudio de la automovilidad cotidiana. No obstante, presenta limitaciones en cuanto a la representatividad del Área Metropolitana de Guadalajara. Por consiguiente, el verdadero valor converge en la metodología y las variables aquí estudiadas.

Los datos muestran los comportamientos de las automovilidades cotidianas de las personas que habitan en los diferentes hogares del AMG. La caracterización de los hogares permitió conocer las variables de la automovilidad para su posterior análisis de los impactos sociales y ambientales originados por el actual modelo de automovilidad.

#### 4.1 Características de los hogares encuestados

El Área Metropolitana de Guadalajara está compuesta políticamente por diez municipios, aunque no todos experimentan una conurbación física e interacción entre sus ciudadanos. Al igual que muchas otras metrópolis del país, se observan desigualdades sociales, territoriales y de automovilidad en su crecimiento urbano. Actualmente, cinco municipios concentran la mayor población, infraestructura y servicios, y mantienen una interacción social significativa entre sus habitantes.

En el marco de las desigualdades sociales, no todos los hogares de los municipios que conforman esta metrópolis son propietarios de un automóvil. El 55% de los hogares que conforman la urbe cuentan con al menos un vehículo por vivienda. El análisis de los hogares encuestados pertenece a este porcentaje de viviendas que son parte de la automovilidad y gozan de los beneficios que brinda como medio de transporte y accesibilidad, pero por otra parte contribuyen a la contaminación de la urbe.

**Tabla 19.**

*Número viviendas con automóvil de los municipios del AMG en 2020*

Municipio	Viviendas habitadas	Porcentaje del AMG	Viviendas con automóvil	Porcentaje del municipio
Guadalajara	398,105	26.8%	226,297	56.8%
Zapopan	424,876	28.6%	275,505	64.8%
Tlaquepaque	185,080	12.4%	102,001	55.1%
Tonalá	150,334	10.1%	77,634	51.6%
El Salto	59,073	3.9%	24,727	41.8%

Juanacatlán	8,698	0.5%	4,231	48.6%
Tlajomulco	212,212	14.3%	100,635	47.2%
Ixtlahuacán	19,702	1.3%	7,420	37.6%
Zapotlanejo	17,958	1.2%	10,513	58.5%
Acatlán	6,365	0.4%	3,230	50.7%
Total	1,492,403	100%	832,193	55%

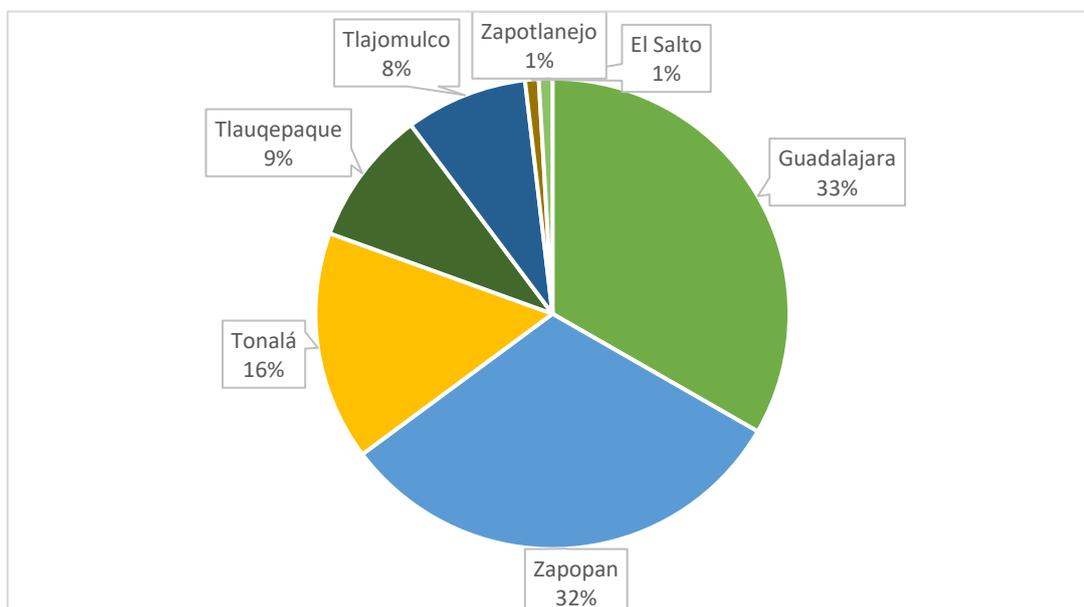
---

Nota: El porcentaje del AMG representa el porciento de las viviendas de acuerdo con el total de viviendas en el área metropolitana. El porcentaje del municipio representa el porciento de las viviendas con automóvil del total de viviendas del municipio. Fuente: INEGI, 2020

Parte de las desigualdades urbanas que se han creado en la ciudad se refleja en las jerarquías de los municipios al contener más clases sociales identificadas con la automovilidad, lamentablemente, las características socio-urbanas han creado ventajas evidentes, especialmente en términos políticos y urbanos. Esto se reflejó en la distribución de la muestra del estudio, la cual tuvo una mayor representatividad en cinco municipios específicos, que los que tiene mayores viviendas con automóvil como se muestra a continuación:

### Gráfica 7.

#### Proporción de hogares encuestados por municipio



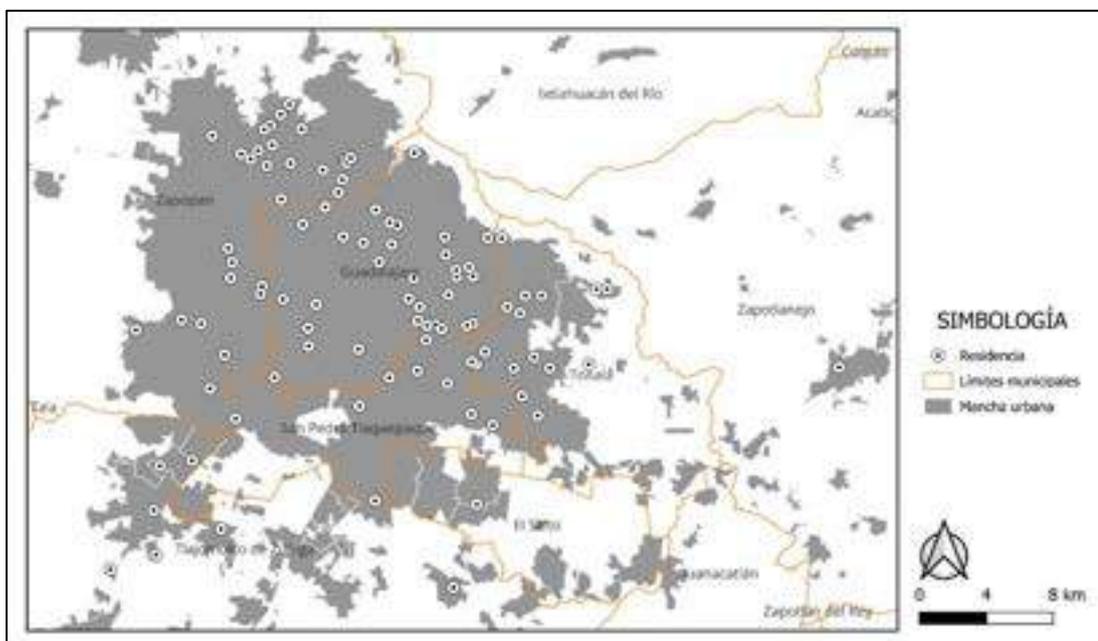
Fuente: elaboración propia

Estos datos resaltan la concentración de la muestra en los municipios más poblados y con mayor infraestructura, lo que puede influir significativamente en los resultados y conclusiones del estudio de acuerdo con la connotación que se le dé. La aplicación de la encuesta nunca buscó mayor representatividad en algún municipio, pero en los datos recopilados Guadalajara y Zapopan figuraran con mayor representatividad, dado que son los municipios con mayor número de vehículos registrados.

El siguiente mapa presenta la distribución geográfica de los hogares en el área de estudio, donde cada hogar encuestado se simboliza mediante un punto. Se destaca una concentración significativa de hogares en los municipios de Guadalajara y Zapopan, los cuales son los más poblados. No obstante, existe una dispersión de hogares en todo el territorio del área metropolitana. Si se analiza como una sola unidad espacial se aprecia que la muestra cubre gran parte de la mancha urbana.

### **Ilustración 13**

*Mapa del AMG con los destinos de los hogares encuestados*



Fuente: Elaboración propia

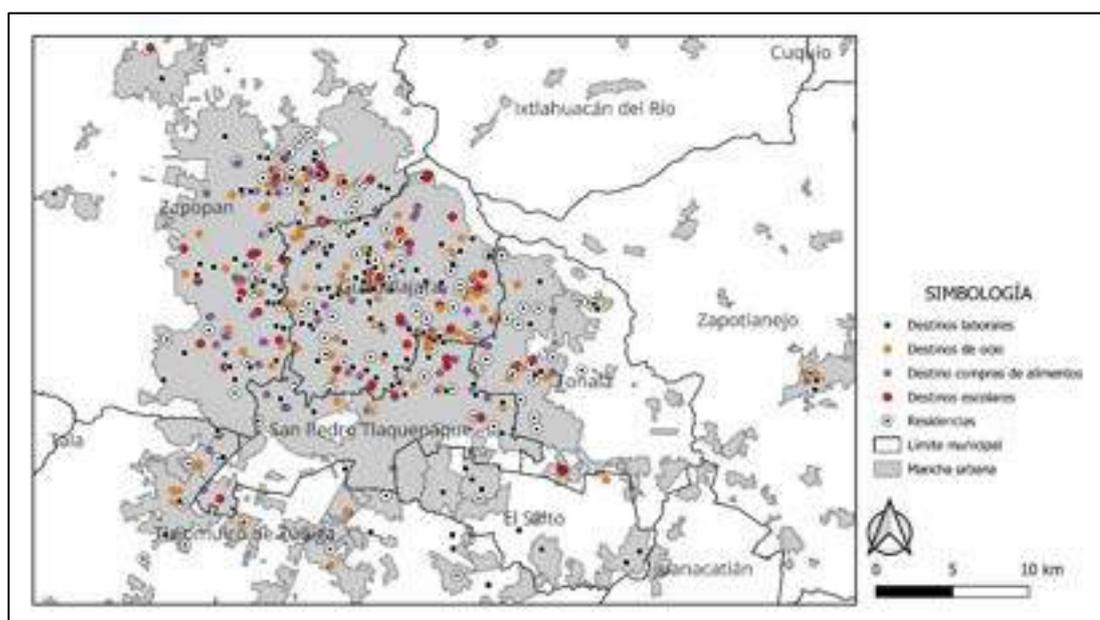
Además, los destinos de las automovilidades cotidianas se distribuyeron por todo el territorio del Área Metropolitana de Guadalajara. Tanto Guadalajara como Zapopan destacan por ser centros económicos y culturales importantes en la conurbación. Estos municipios cuentan con las mejores condiciones de infraestructura para soportar la automovilidad, ya que no solo albergan centros de trabajo, sino que también ofrecen una amplia gama de opciones gastronómicas, culturales y comerciales. Además, disponen de una red de carreteras que permite conectar fácilmente diferentes puntos de la ciudad.

La automovilidad no se limita únicamente al entorno urbano; más bien, se manifiesta de manera similar más allá de los límites de la ciudad. En este estudio, se identificaron destinos que se encuentran fuera del área metropolitana, tanto dentro como fuera del estado, lo que subraya la amplitud

de la automovilidad y cómo está integrada con otros espacios urbanos que ofrecen principalmente oportunidades laborales y actividades recreativas.

**Ilustración 14.**

*Mapa con los destinos de la automovilidad cotidiana del AMG*



Fuente: Elaboración propia

El análisis considera la estructura del hogar, incluye el número de integrantes de la familia, sus actividades diarias y quiénes las llevan a cabo. Se considera la cantidad de personas que trabajan y estudian, así como la presencia de vehículos en el hogar y sus características particulares de cada unidad, una variable crucial para la investigación. Todos estos aspectos se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 20.**

*Características de los hogares encuestados, número de habitantes y automóviles*

Personas por hogar	Cantidad de hogares	Porcentaje	Automóviles por hogar	Cantidad de hogares	Porcentaje
Dos	8	8%	Uno	48	44%

Tres	25	23%	Dos	41	38%
Cuatro	25	23%	Tres	13	12%
Cinco	37	34%	Cuatro	5	5%
Seis y más	13	12%	Cinco	1	1%

---

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

En la mayoría de los hogares habitan entre tres y cinco personas, lo que se alinea con la media de los hogares en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), de acuerdo con los datos censales del INEGI (2020) en promedio habita 3.5 personas por hogar indistintamente si cuentan con vehículo, es decir, a pesar de que este análisis de automovilidad descarta a los hogares sin automóvil, refleja una similitud relacionada al número de personas por hogar.

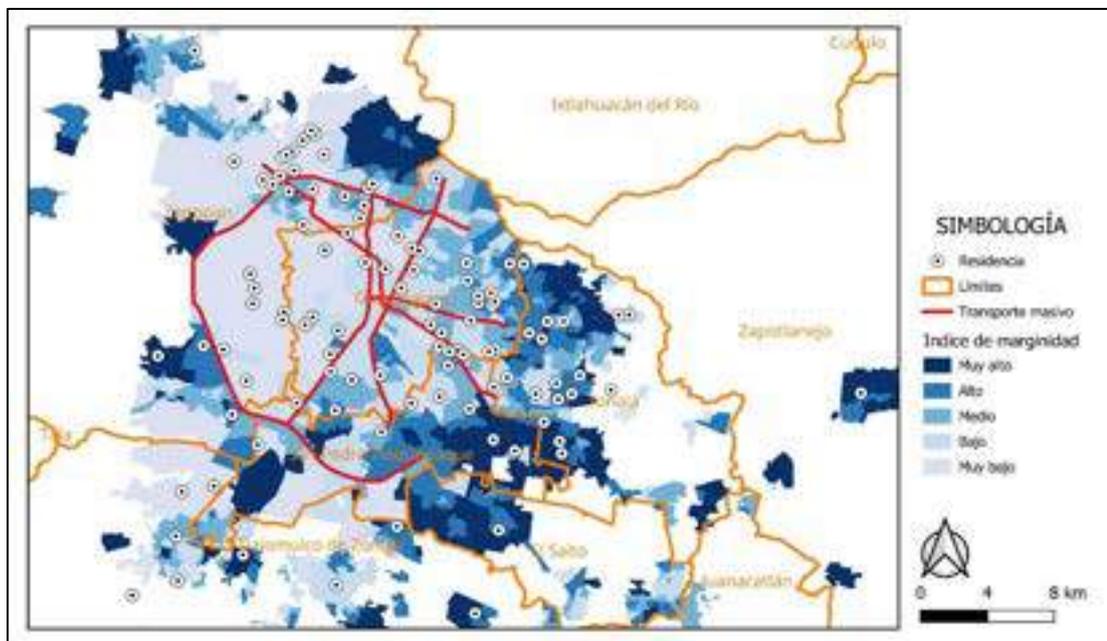
En cuanto a la propiedad de vehículos, la mayoría de los hogares posee 1 o 2 automóviles, en promedio cada hogar cuenta con 1.7 vehículos (se puede considerar 2 unidades por hogar). Sin embargo, el porcentaje de hogares con tres vehículos es notable, ya que no solo refleja el poder adquisitivo de estos hogares, sino también su motilidad, es decir, mayor potencial de ejercer movilidad. Esto implica una mayor demanda de recursos y una capacidad aumentada para satisfacer las necesidades cotidianas, lo que incide directamente en el metabolismo urbano.

En términos socioeconómicos se puede caracterizar la ubicación de los hogares encuestados de acuerdo con el índice de marginación, lo que permite observar cómo la automovilidad tiene mayor presencia niveles de marginación bajos, pero con presencia en todos los diferentes estratos socioculturales. El 36% de los encuestados viven en una zona de muy baja marginación, el 21% con baja marginación, el 17% con una marginación media, el 15% en zonas de alta marginación y el 11% en zonas con muy alta marginación.

Una muy alta marginación representa áreas donde el rezago socioeconómico es muy evidente, estas variables miden aspectos sociales y económicos como los niveles educativos, las características de la vivienda, los niveles de ingreso y la distribución de la población. Como era de esperarse solo un porcentaje mínimo de los encuestados se encuentran con niveles altos y muy altos de marginación.

### **Ilustración 15.**

*Ubicación de los hogares encuestados de acuerdo con el índice de marginación*



Fuente: Elaboración propia con base a índice de marginación CONAPO, 2021 y Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI,2020).

En el siguiente mapa se ilustra la distribución de los encuestados de acuerdo con el índice de marginación. Se observa como la mayoría de los encuestados con el índice de marginación muy bajo se encuentra en los límites de los municipios de Guadalajara y Zapopan, y los hogares con alto y muy alto índice de marginación se ubican al poniente entre los municipios de Tonalá y Tlaquepaque.

Estos dos polos socioeconómicos en contraste con el sistema de transporte masivo no cuentan con acceso a las diferentes líneas que existen

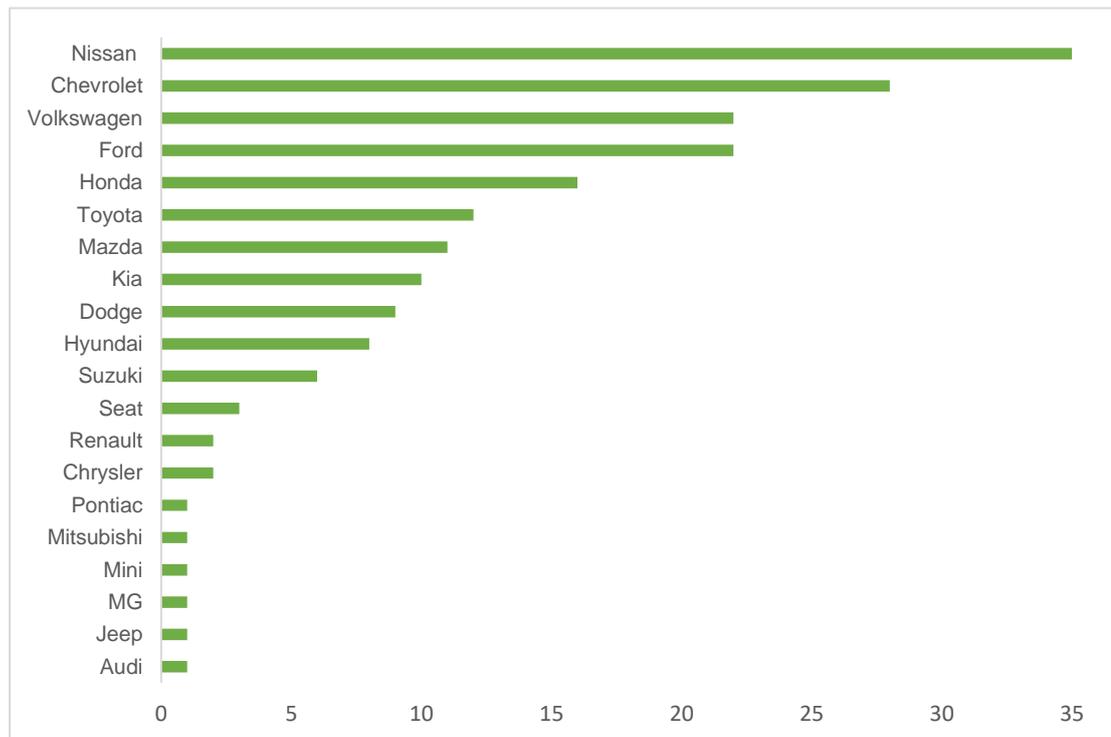
en la urbe, esto genera una exclusión social en materia de movilidad sustentable. Esto explica por qué la motorización en los municipios de Zapopan y Guadalajara es superior al resto de los municipios metropolitanos, pero también explica el crecimiento automotor en los municipios de alta marginación como ya lo ha descrito Calonge (2019).

#### 4.1.1 Características de los automóviles

Para comprender plenamente la automovilidad, no es suficiente conocer simplemente la cantidad de automóviles por hogar; también es crucial entender sus características físicas y tecnológicas. Esto se debe a que un automóvil no solo sirve como medio de transporte, sino que también refleja los gustos individuales de los usuarios en cuanto a la marca y clase de vehículo, así como su capacidad económica. Además, desde una perspectiva ambiental, las características mecánicas de los automóviles tienen un impacto significativo en el daño ecológico al medio ambiente.

#### **Gráfica 8.**

*Principales marcas de automóviles registradas en el estudio para el AMG*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

El análisis mostró que Nissan de origen japoneses fue la marca más repetida, seguida de Chevrolet (estadounidense) Volkswagen (alemana) y Ford (estadounidense). Determinar por qué estas marcas tienen más presencia en la automovilidad, puede derivar de muchos factores, pero de acuerdo con la información recogida; se aprecia que existe una evidencia clara; los tipos de automóviles corresponden al segmento más económico del mercado en función de su año.

**Tabla 21.**

*Principales marcas y submarcas de la automovilidad*

<b>Marca</b>	<b>Submarca</b>
Nissan	Versa, Sentra, Tsuru, March, Platina, Tida
Chevrolet	Aveo, Chevy, Spark, Sonic, Malibu
Volkswagen	Vento, Golf, Jetta, Beetle
Ford	Fiesta, Figo, Ka

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

Describir la automovilidad en función del tipo de automóvil, sugiere que las personas escogen la marca y el tipo de vehículo principalmente en base al precio, priorizando la funcionalidad sobre otros aspectos como el diseño, confort, seguridad, potencia o estatus que ciertas marcas puedan ofrecer. De acuerdo con la etapa de automovilidad que atraviesa la economía mexicana, se puede inferir que el aprecio al automóvil se da por su funcionalidad como medio de transporte, el cual permite trasladarse de manera más autónoma más allá de los beneficios ofrecidos por otros medios de transporte.

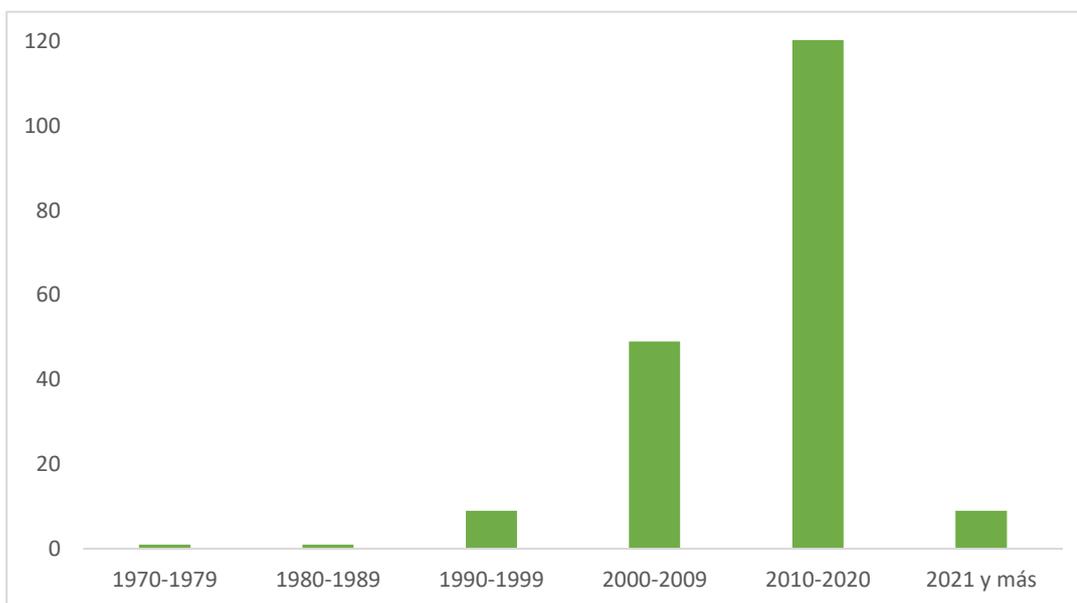
Por ejemplo, el Nissan Versa, uno de los modelos más comunes en el análisis, destaca por ser uno de los vehículos más económicos de la marca, valorado por su precio accesible y eficiencia en el consumo de combustible.

El Chevrolet Sonic, un automóvil compacto, tiende a ofrecer un precio competitivo en su segmento. Por otro lado, el Ford Fiesta es una opción popular y asequible en el segmento compacto, mientras que el Volkswagen Golf es reconocido como uno de los modelos compactos más económicos de la marca.

En una ciudad diversa y segmentada como el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se observan diferentes tipos de vehículos que reflejan la pluralidad de clases sociales. Se encuentran desde automóviles deportivos y camionetas pick-up de lujo y alto valor, hasta vehículos más antiguos con un valor más bajo. No obstante, la mayoría de los automóviles capturados en el estudio abarcan un rango de 20 años (2000 – 2020).

### **Gráfica 9.**

*Número de automóviles según su año registradas en el estudio para el AMG*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

La automovilidad para el AMG se encuentra aún en la etapa en donde el tipo de automóvil se selecciona por su funcionalidad, satisfacer una demanda de movimiento, más allá de los beneficios extras que ciertas marcas ofrecen en el mercado como el diseño interior y exterior, las

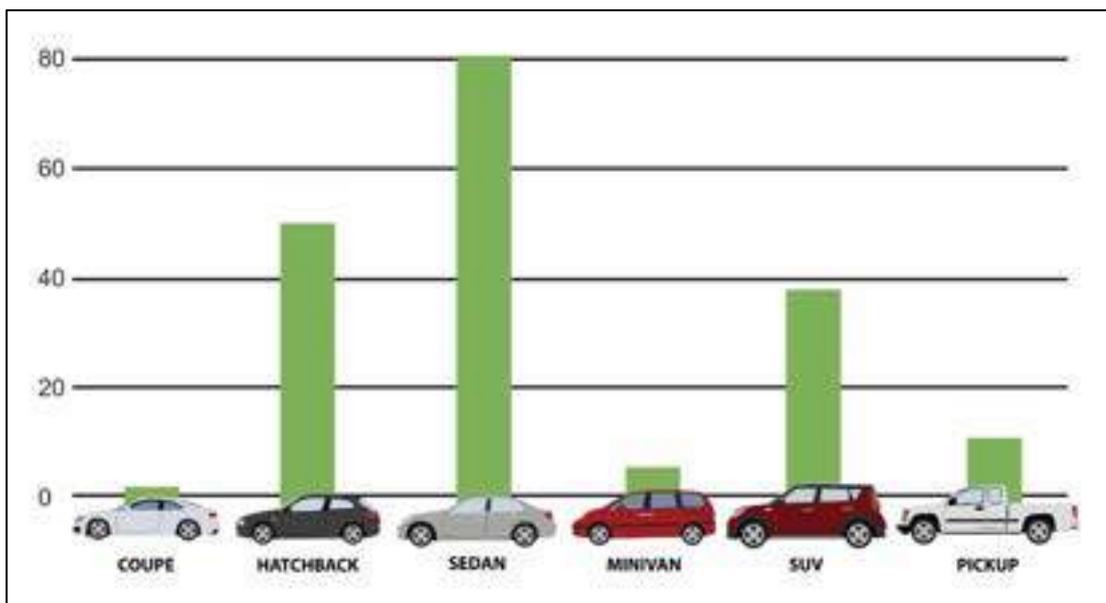
características mecánicas o incluso las etiquetas ecológicas, que hasta el momento solo son compatible con un reducido sector de la sociedad.

El estudio reveló que la mayoría de los vehículos son del tipo sedán; automóviles compactos que generalmente cuentan con cuatro puertas lo que los hace ideales para el uso diario y como vehículos familiares. Son conocidos por su eficiencia en el consumo de combustible, lo que los convierte en una opción popular para aquellos que buscan un rendimiento económico. Ejemplos de sedanes compactos son el Toyota Corolla, Honda Civic y Volkswagen Jetta.

En segundo lugar, se identificaron los vehículos del tipo hatchbacks; vehículos compactos que se distinguen por su diseño de carrocería, que incluye una puerta trasera que se levanta para acceder al maletero. Estos automóviles suelen ser más cortos que los sedanes tradicionales, lo que los hace ideales para la conducción en entornos urbanos y para estacionarse en espacios reducidos, son populares entre aquellos que valoran la economía de combustible y la facilidad de manejo en la ciudad.

### Gráfica 10

*Categoría de automóviles registrados en el estudio para el AMG*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

En una proporción menor pero significativa se identificaron automóviles del tipo SUV; son automóviles diseñados para combinar la versatilidad y la capacidad de un vehículo todo terreno con la comodidad y la maniobrabilidad de un automóvil ideales para familias, ofrecen una mayor capacidad de carga y espacio interior en comparación con otros tipos de vehículos, son vehículos diseñados para viajes dentro y fuera de la ciudad, es decir, corresponde a otro tipo de estilo de vida en comparación a los sedan.

Las características de los automóviles son una variable importante en el análisis de la automovilidad porque no solo exhiben las características económicas de los usuarios, también manifiestan a las actividades de la vida cotidiana, en esencia todos los automóviles tienen un fin, transportar. Pero la movilidad revela un análisis más profundo, las características de los autos también dejan ver las tipologías de los desplazamientos.

Por ejemplo, un SUV o una Miniván ofrecen más espacio y confort para viajes en familia, como llevar a los niños a la escuela, ir de compras o salir de la ciudad para un viaje familiar, en comparación a vehículos compactos como el Sedan o Hatchback que ofrecen más libertad de movimiento y estacionamiento en la ciudad para viaje de una sola persona, como ir al trabajo o escuela.

Aún más, en términos ambientales o de metabolismo urbano, esas características son cruciales en la demanda de energía y salida de gases contaminantes. En la siguiente tabla se hacen comparativas de los promedios de cada categoría de autos en materia de rendimiento de motor, emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NOX). Los vehículos Sedan y Hatchback suelen tener el mejor rendimiento, es decir, pueden recorrer mayores distancias con menor consumo de energía. Las Pickup y Miniván además de tener menor rendimiento, suelen ser la más contaminantes tanto en CO<sub>2</sub> como en NOX.

**Tabla 22.**

*Rendimiento y emisión de gases por categoría de los automóviles registrados en el estudio para el AMG*

<b>Categoría</b>	<b>Rendimiento (km/L)</b>	<b>CO2 (g/km)</b>	<b>NOX (g/1000km)</b>
Coupé	9.6	248	17
Hatchback	11.9	202	45
Pickup	8.1	310	104
Sedán	11.9	202	32
SUV	9.6	256	14
Miniván	9.8	257	49

Fuente: Elaboración propia con datos del INECC

#### **4.1.2 Uso y apropiación de la automovilidad de acuerdo con el índice de marginación**

En la literatura se ha descrito claramente cómo el uso del uso del automóvil se aprecia mejor en clases socioeconómicas altas, pero debido a la falta de sistemas de transporte las clases bajas, también se han apropiado del uso del automóvil (con una menor participación) para sus movidades cortinas.

En este apartado se ha realizado un análisis del uso y apropiación de la automovilidad de acuerdo con el índice de marginación que presentan los diferentes hogares que fueron encuestados. Esta comparativa permite entender la automovilidad de acuerdo con el nivel socioeconómico y entender las desigualdades que ocurren en el marco de la automovilidad cotidiana.

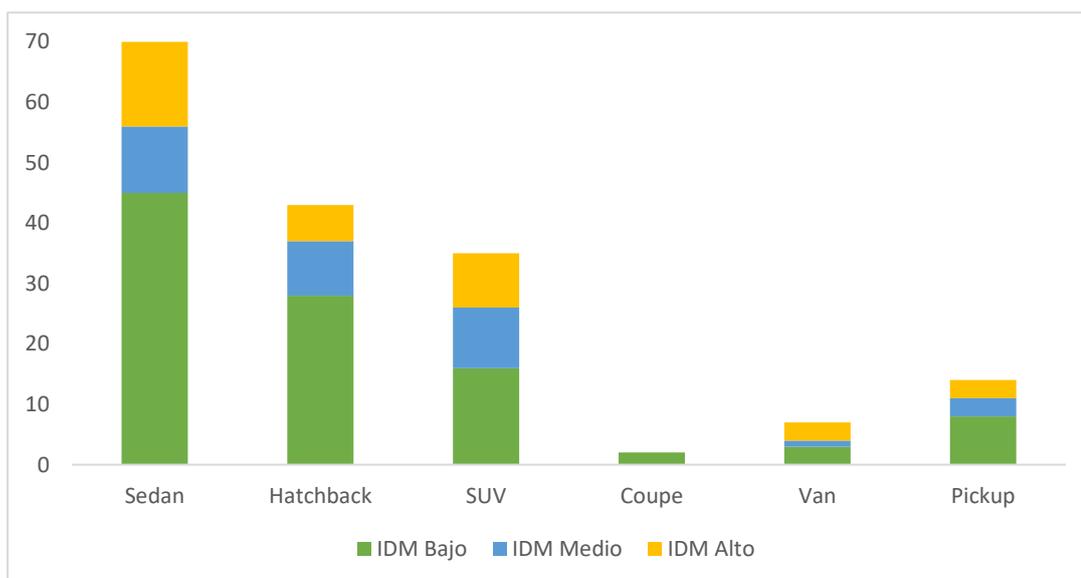
Al observar la propiedad de automóviles por categoría se aprecia que las personas que habitan en zonas con un bajo índice de marginación dominan la motorización con un 60% del total y con presencia en las seis categorías de automóvil encontradas en el estudio, pero con mayor notoriedad en las categorías de automóviles compactos.

Los hogares con alto índice de marginación igualan con un 19.8% en propiedad de automóviles a los que se ubican con un índice medio de

marginación con un 20.4%. Estos datos describen cómo la automovilidad cobra importancia para los hogares de esta clase socioeconómica con un alto grado de marginación.

**Gráfica 11.**

*Propiedad de automóviles de acuerdo con la categoría según el índice de marginación*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El estudio reveló que el número de personas que habitan en zonas de bajo índice de marginación y son parte de la automovilidad superan al doble de las que habitan en un alto grado de marginación. Otro dato por destacar de este análisis es la propiedad de un segundo automóvil por hogar. El 53% de los hogares de bajo índice de migración cuentan con una segunda unidad y el 39% de los hogares de alto índice de marginación cuentan con un segundo automóvil.

Se denota que la automovilidad está presente en los diferentes estratos sociales que a menudo recorren a este medio de transporte por los beneficios que brindan. Sin embargo, para los sectores de bajo índice de marginación el mayor rango de automóviles según el año de fabricación se ubica entre 2013 y 2023. En cambio, para los hogares con alto índice de marginación se ubica entre 2003 y 2016.

## 4.2 Automovilidad cotidiana

Durante la descripción del marco teórico, se han abordado dos subtemas fundamentales. En primer lugar, se expuso el concepto de movilidad urbana, la cual comprende los desplazamientos concurrentes que caracterizan la vida cotidiana de una sociedad, tales como dirigirse al trabajo, la escuela, realizar compras o participar en actividades de ocio. Por otro lado, se profundizó en el concepto de automovilidad, el cual describe una serie de elementos que condiciona a que el automóvil sea el medio de las movi­lidades por encima de otros sistemas de transporte. Entre estos elementos se incluyen el aspecto tecnológico del vehículo, la infraestructura urbana necesaria para su funcionamiento, la influencia cultural y el sistema energético que lo sustenta.

No obstante, hasta el momento no se había establecido una conexión entre ambos conceptos con el propósito de describir de manera más precisa un fenómeno de movilidad que ha estado presente en los entornos urbanos desde la década de los sesenta del siglo pasado en Estados Unidos. En este sentido, se ha propuesto acuñar el término "automovilidad cotidiana" o "everyday automobility", el cual se refiere a los desplazamientos sucesivos que realiza una sociedad con propósitos laborales, educativos, de cuidado o recreativos, en los cuales el automóvil constituye el único medio de transporte. Este concepto se analiza a través de sus componentes materiales, tecnológicos, culturales, energéticos y ambientales.

La movilidad cotidiana y la automovilidad cotidiana, si bien comparten la misma naturaleza al abordar aspectos fundamentales de la movilidad urbana, difieren en su enfoque y alcance. La movilidad cotidiana se refiere de manera más general a los desplazamientos diarios y a las experiencias de las personas al movilizarse, incluyendo aspectos sociales como las facilidades o dificultades en el transporte, así como las vivencias de los usuarios en los diferentes medios de transporte.

Por otro lado, la automovilidad cotidiana profundiza en los desplazamientos diarios donde el automóvil es el único medio de transporte utilizado. Sin embargo, va más allá de las experiencias individuales de los usuarios al examinar una gama más amplia de elementos que sustentan estas actividades, tales como los aspectos tecnológicos, materiales, culturales, energéticos y ambientales involucrados en el uso masivo del automóvil como medio de transporte predominante en la vida diaria.

La introducción de este nuevo concepto nos proporciona una comprensión más profunda de cómo ha evolucionado la movilidad urbana con la llegada, uso y democratización del automóvil. Asimismo, nos permite visualizar cómo el capital, la política y la cultura se entrelazan en torno a un sistema de transporte que, si bien puede ser visto como un objeto, en realidad se manifiesta en la práctica diaria a través de la automovilidad cotidiana. Esta última abarca no solo al vehículo en sí mismo, sino también al individuo con sus condiciones económicas, su cultura, la infraestructura urbana y el uso de la energía.

Automovilidad cotidiana no es una forma negativa de describir un fenómeno socio-urbano, es una mirada objetiva de una realidad que en un principio reflejó los beneficios del uso del automóvil, mayor independencia en autonomía, rapidez, confort, desplazamiento puerta a puerta, etc. No obstante, con una mayor democratización en su uso y una diversificación de las actividades de la vida cotidiana, han surgido una serie de desigualdades sociales e impactos ambientales asociados.

En este capítulo de resultados, se ha profundizado el caso específico de la automovilidad cotidiana en el Área Metropolitana de Guadalajara. Dentro del margen de los objetivos principales, se aborda la complejidad que la caracteriza en función de las actividades diarias. Para ello, se ha realizado un estudio detallado de las características de 108 hogares en el AMG. El objetivo es contextualizar las particularidades de los hogares que cuentan con uno o más vehículos, incluyendo el número de personas que residen en

ellos, así como quienes trabajan, estudian, realizan compras de alimentos o actividades de ocio como se detalla a continuación.

### **4.3 Automovilidad laboral**

A esta sección se la ha nombrado automovilidad laboral porque hace referencia a la automovilidad cotidiana, pero desde una perspectiva aún más específica, el uso del automóvil con fines laborales, así como el concepto de movilidad cotidiana reconoce diferencias entre los distintos desplazamientos de la vida cotidiana. Para el caso de la automovilidad cotidiana, cada motivo de viaje describe diferentes automovilidades.

Automovilidad cotidiana se define como los desplazamientos que se dan en un territorio determinado con fines laborales, o bien, que tiene como fin de recorrido llegar a los lugares de trabajo, en donde el único medio de transporte es el automóvil privado.

De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta, en promedio trabajan entre dos y tres personas por hogar<sup>8</sup>, en esta tipología de familia se aprecia cómo el padre y la madre cumplen con las funciones productivas del hogar, y en los casos donde existe un hijo mayor de edad también participa en las actividades reproductivas.

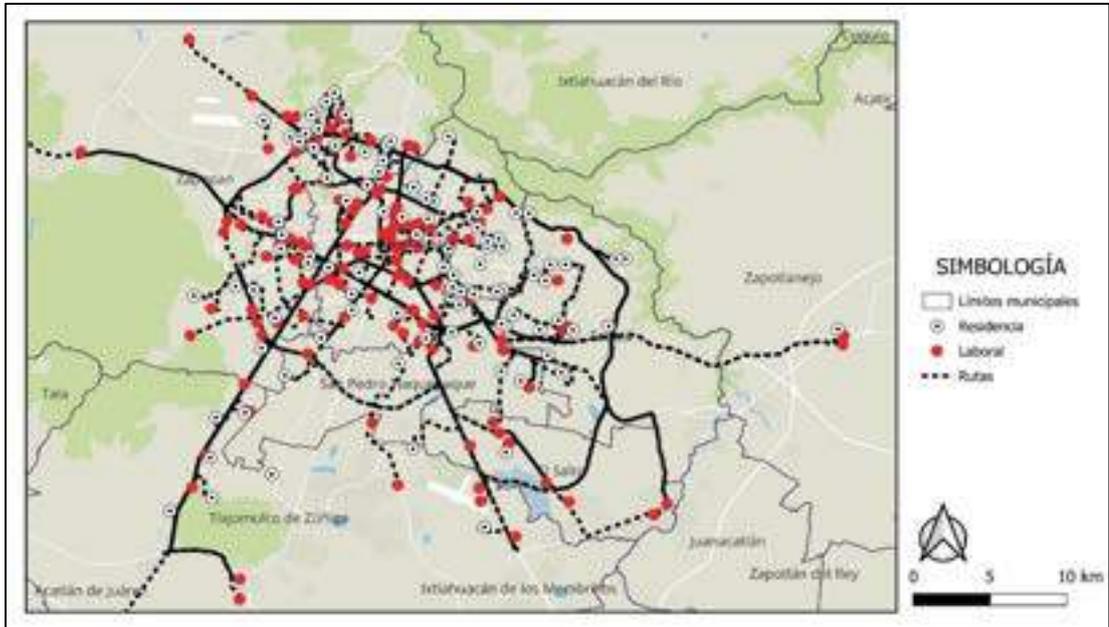
El siguiente mapa muestra los orígenes y destinos de los desplazamientos laborales dentro del Área Metropolitana de Guadalajara. Se observa una concentración significativa de puntos de destino en los municipios de Guadalajara y Zapopan, lo que sugiere una alta actividad económica en la zona. Esta distribución destaca la importancia de estos municipios como centros económicos y laborales dentro del área metropolitana.

---

<sup>8</sup> El promedio matemático es de 2.5 por hogar, sin embargo, al tratarse de personas, se optó por presentar un promedio entero.

### Ilustración 16

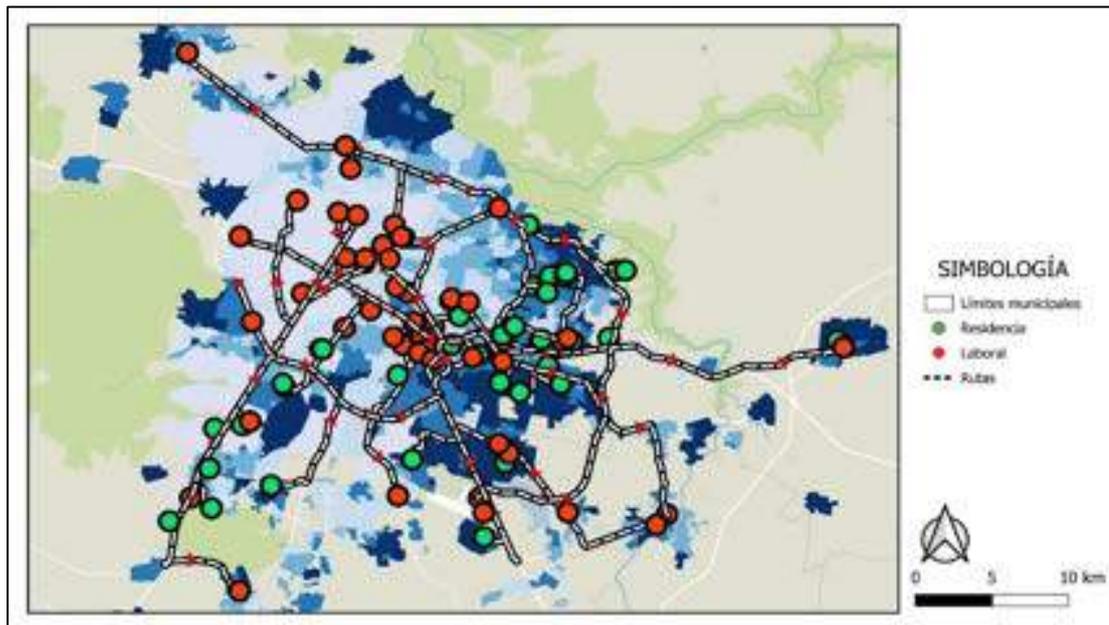
Mapa del AMG con las rutas de los destinos y orígenes de las automovilidades laborales



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

### Ilustración 17

Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades laborales de los municipios del oriente del AMG



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

En este análisis cartográfico se aprecia como los habitantes de la periferia, especialmente los residentes de los municipios del sur-oriental, en donde existen zonas con muy alta marginación, tienden a desplazarse al poniente de la metrópolis. Además de las distancias de los desplazamientos que realizan en sus automovilidades laborales, se debe considerar que estas zonas de alta marginación carecen de infraestructura vial.

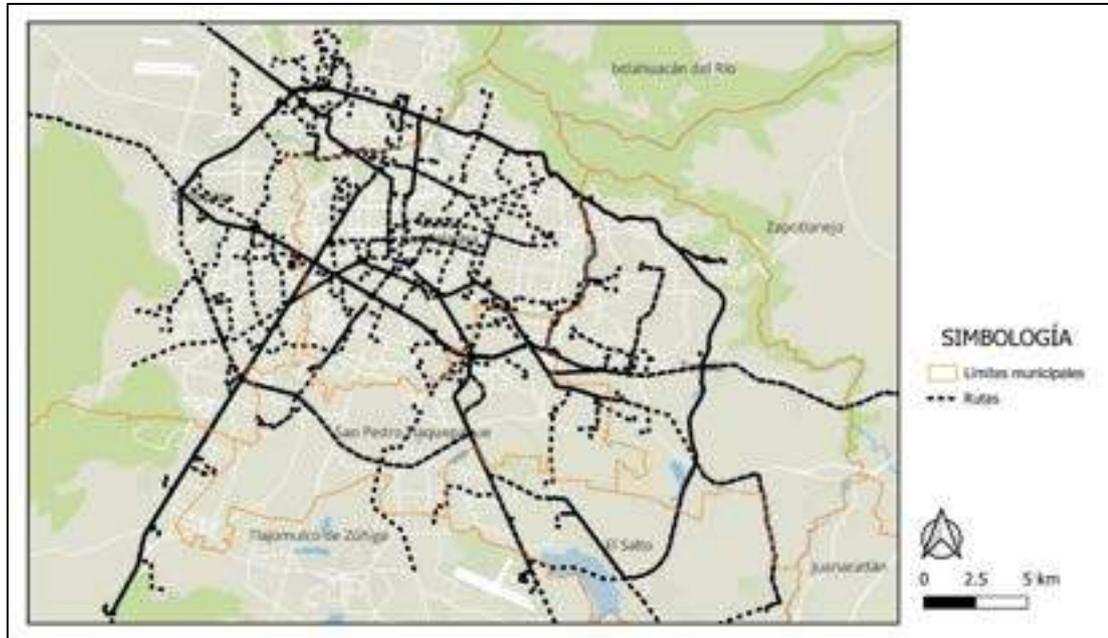
La automovilidad laboral está intrínsecamente ligada a los centros económicos de la ciudad y, a su vez, estos centros están conectados con la infraestructura urbana, con arterias y avenidas que permiten la circulación de automóviles. Por lo tanto, la automovilidad se manifiesta en la red de carreteras de la ciudad, que desde la llegada del automóvil ha evolucionado al ritmo de las tasas de crecimiento.

Este análisis cartográfico reveló los patrones de uso de las vías y principales arterias de la metrópolis, donde se concentra la mayor parte del flujo vehicular. Predominantemente, estas vías destacan por su amplitud, fluidez y eficiente conectividad. A pesar de la extensión de la trama urbana, son escasas las arterias que facilitan una circulación aceptable, lo que motiva continuas iniciativas de embellecimiento, remodelación y expansión de estas vías clave.

De entre las arterias más usadas para la muestra del estudio se identificaron, las siguientes vías que usualmente suelen ser la más resaltantes en la metrópolis; Calzada Lázaro Cárdenas, Periférico Manuel Gómez Morín, Avenida Adolfo López Mateos-Circunvalación Jorge Álvarez del Castillo, Av. Fray Antonio Alcalde – Av. 16 de septiembre, Calzada Jesús González Gallo-Carretera a Chapala, Avenida Manuel Ávila Camacho-Avenida Laureles, Avenida Cristóbal Colón, Avenida Tonaltecas y Calzada Independencia.

## Ilustración 18

*Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad laboral*



Nota: las líneas continuas representan mayor flujo y las líneas punteadas menor flujo. Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

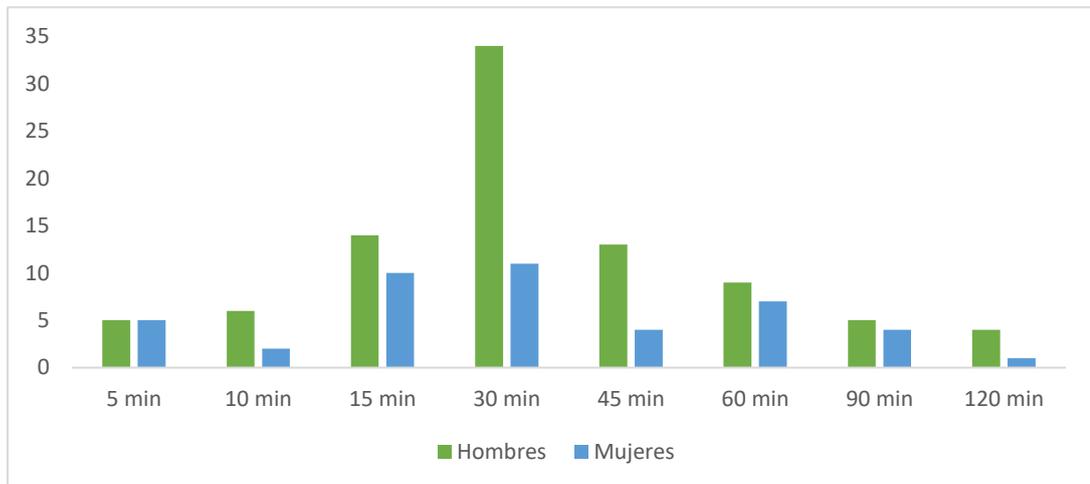
### 4.3.1 Caracterización de la automovilidad laboral

El estudio reveló que el tiempo promedio para ir de casa al trabajo es de 36 minutos. Esto implica que las personas pasen en el automóvil más de una hora al día. En una semana de labores con 5 días en promedio de asistir a trabajar, las personas en su pleno ejercicio de automovilidad emplean 6 horas a la semana conduciendo en medio del caos urbano.

Las ciudades son tan diversas, que, con este ejercicio, se encontró una desviación estándar de 26 minutos. Esto indica una distribución heterogénea en los tiempos de desplazamiento en la metrópolis. La alta desviación estándar sugiere que los tiempos varían significativamente alrededor del valor promedio o, dicho de otra manera, los tiempos entre las residencias y los lugares de trabajo no tienen una tendencia homogénea debido a la dispersión de viviendas y actividades económicas.

## Gráfica 12

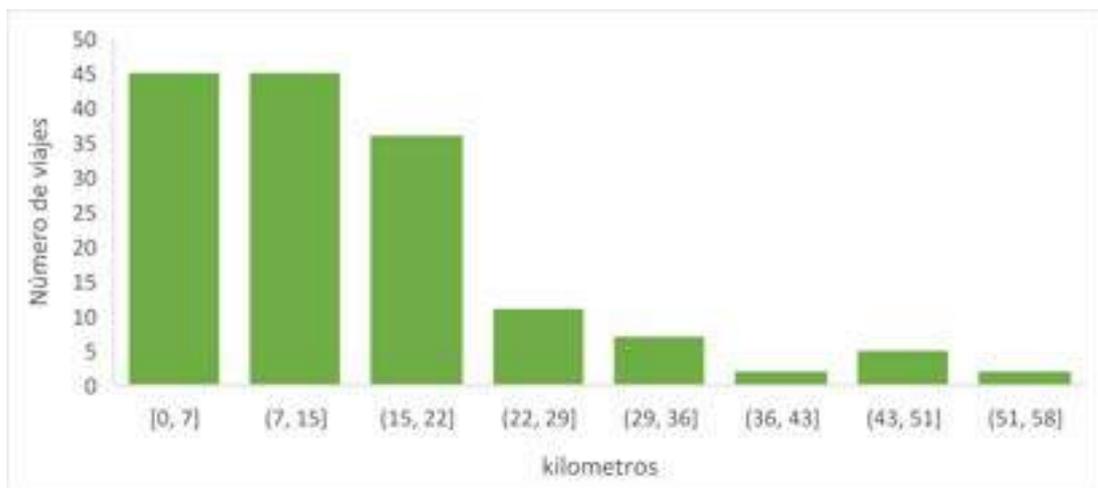
*Tiempo de viaje para las actividades laborales de acuerdo con el sexo*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

## Gráfica 13.

*Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

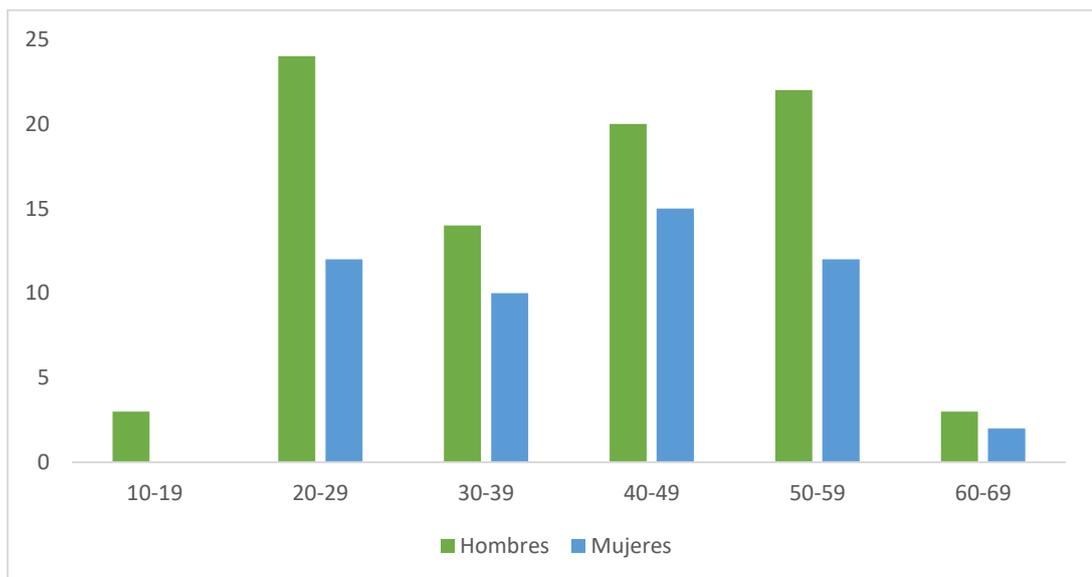
Los encuestados indicaron que dedican entre 5 minutos y 2 horas para llegar desde su hogar hasta su lugar de trabajo, y cubren distancias que van desde 1 km hasta 118 km en sus desplazamientos. Sin embargo, es relevante destacar que el 75% de los desplazamientos se concentran en tiempos y distancias más cortas, específicamente entre 15 minutos y 1 hora con distancias entre 1 km y 22 km. Este hallazgo sugiere que la mayoría de

las automovilidades laborales se realizan en distancias relativamente cortas, con tiempos promedios de 36 minutos por viaje.

Al analizar las características demográficas de los encuestados, se destaca que el 32.6% de los automovilistas son mujeres, mientras que el 67.4% son hombres. En cuanto a la distribución por edades, se observa un equilibrio en ambos sexos, con una concentración entre los 20 y 59 años, como se ilustra en la siguiente gráfica. Estos datos sugieren que la automovilidad laboral está vinculada a edades consideradas generalmente productivas, comprendidas entre los 18 y 59 años.

#### Gráfica 14

*Grupos de edad por sexo de las personas implicadas en las automovilidades laborales*

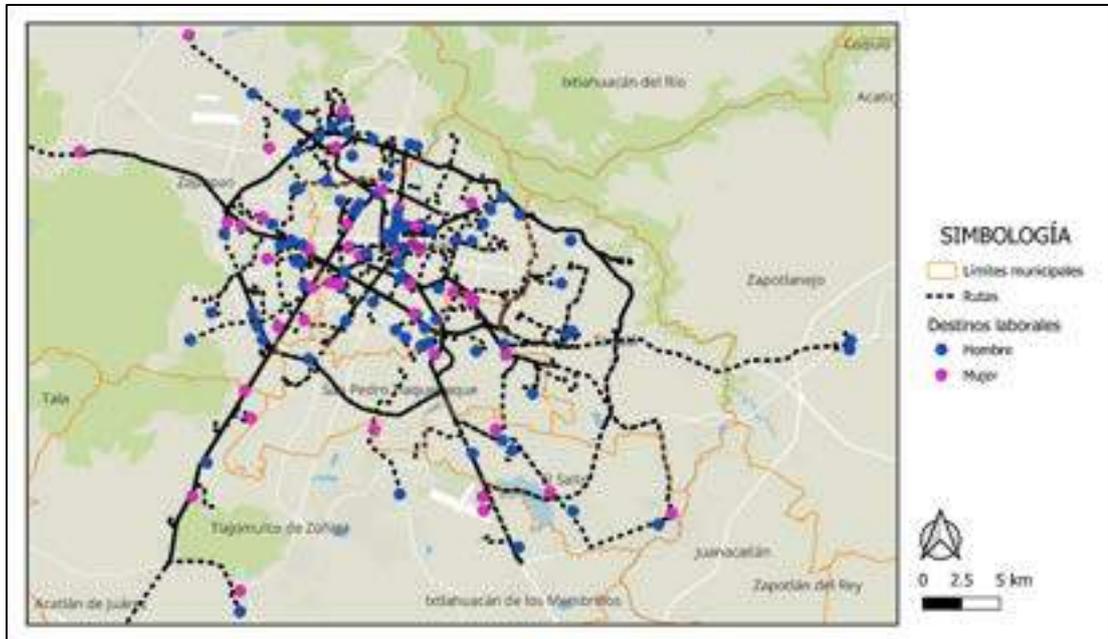


Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

La distribución por sexo de acuerdo con los destinos laborales no presenta una tendencia, más bien se aprecia que tanto hombres como mujeres se distribuyen por el AMG. la automovilidad en este sentido permite a los usuarios una mayor disposición de trabajar en cualquier parte de la metrópolis por la independencia que brinda como medio de transporte en comparación con los brindados por el transporte público.

**Ilustración 19.**

*Distribución de los destinos laborales de acuerdo con el sexo*

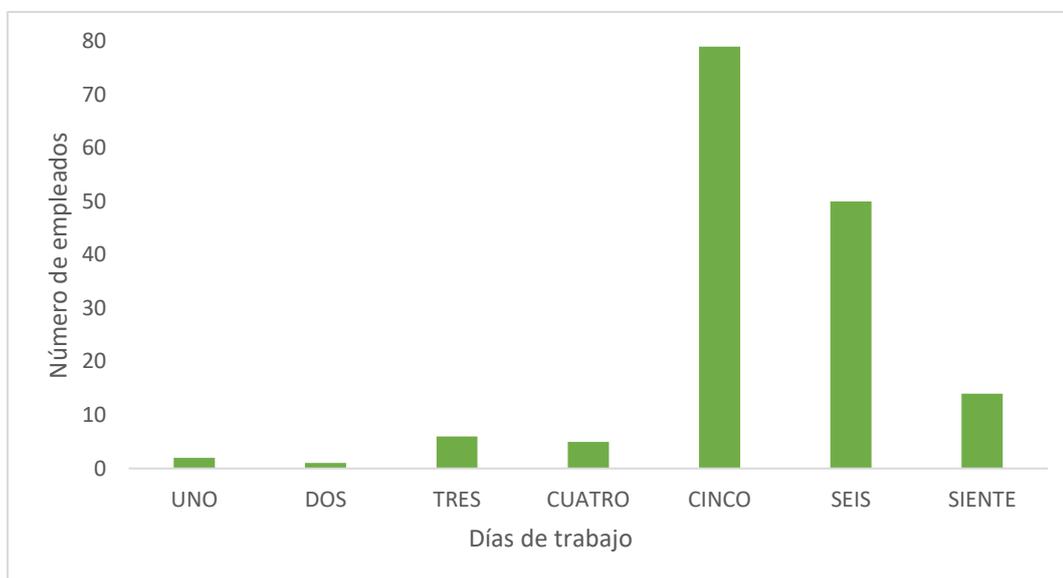


Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

El análisis de la frecuencia laboral revela que el 50% de los encuestados acude al trabajo cinco días de la semana (de lunes a viernes). Un 32% asiste seis días a la semana, mientras que un 9% lo hace durante todos los días laborables, solo un 9% trabaja algunos días de la semana. Estos resultados reflejan un patrón laboral tradicional, en el que se espera que los empleados se presenten físicamente en su lugar de trabajo los días hábiles. A pesar de que el trabajo remoto se volvió común durante la pandemia de 2020, cuatro años después, el porcentaje de quienes no acuden presencialmente al trabajo es mínimo.

### **Gráfica 15.**

#### *Cantidad de días destinados para la automovilidad laboral*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

Esta tendencia tiene importantes implicaciones en la movilidad urbana, si se considera que gran parte de la fuerza laboral viaja hacia sus lugares de empleo diariamente en un marco de automovilidad, el uso de la infraestructura se ve colapsada en horas pico lo que puede resultar en un aumento del tráfico y de las emisiones de gases contaminantes.

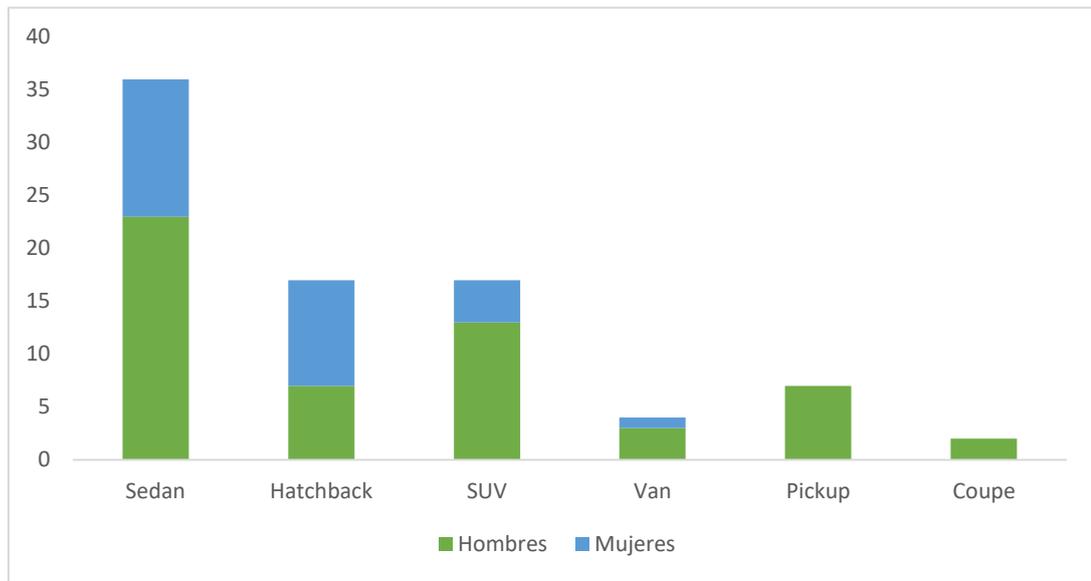
Además, el hecho de que muchas personas viajen largas distancias hacia Guadalajara o Zapopan para trabajar implica un aumento en el metabolismo urbano, ya que se requiere más energía y combustible para recorrer esas distancias, como se demuestra en los siguientes capítulos.

La categoría de automóviles está vinculada a estereotipos sociales, parte de la cultura que se ha creado en torno al uso del automóvil. El análisis de esta investigación encontró que al igual que la teoría, el sexo masculino está ligado a automóviles del tipo coupé y pickup, que son publicitados como automóviles relacionados a la fuerza, velocidad, carga y rudeza, características que culturalmente describen al sexo masculino. En sentido contrario, se encontró que hay más mujeres usando vehículos del tipo

hatchback que hombres, caracterizado por ser un vehículo compacto, pero con mayor espacio en el maletero que del tipo sedan.

### **Gráfica 16.**

*Categorías de automóviles según el sexo para la automovilidad laboral*



Fuente: Elaboración con datos de la encuesta

#### **4.4 Automovilidad escolar**

En esta sección se aborda el análisis de la automovilidad escolar, un enfoque que permite examinar con mayor detalle los desplazamientos de los habitantes desde una perspectiva de movilidad distinta a la previamente presentada, que se centra en la movilidad escolar. Esta sección busca describir el fenómeno automovilidad y escolaridad específicamente en el caso de estudio del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y comprender las distintas tipologías de desplazamiento asociadas al territorio, sociedad y cultura.

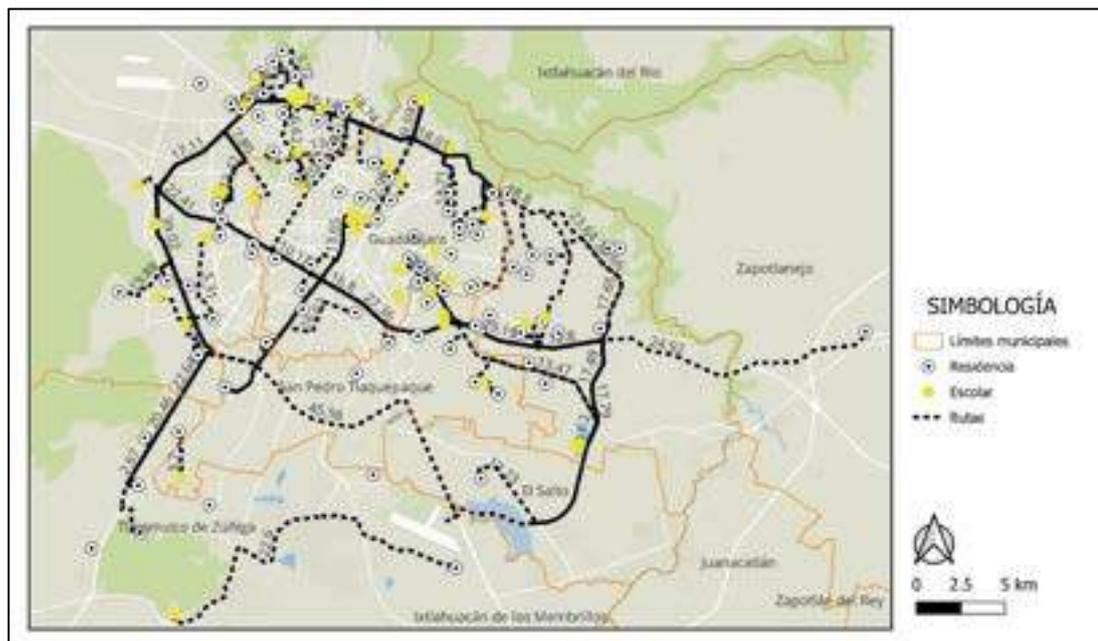
Automovilidad escolar se define como los desplazamientos que se dan en un territorio determinado con fines escolares, el estudiante puede ser el conductor, caso que sucede normalmente en grados de educación media y superior, pero se puede presentar, en grados de educación básica, cuando

el estudiante es llevado por un familiar, en ambos casos el único medio de transporte es el automóvil privado.

De acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta, en promedio dos personas son estudiantes por hogar, en esta tipología de familia al menos existe un estudiante por hogar dado que los datos fueron recolectados en universidades públicas. Este sesgo no implica que todos los estudiantes pertenezcan a la automovilidad y en los casos que sí, no implica que todos sean estudiantes universitarios, en la investigación se reflejan otros estudiantes de grados académicos diferentes.

### **Ilustración 20.**

*Mapa del AMG con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades escolares*



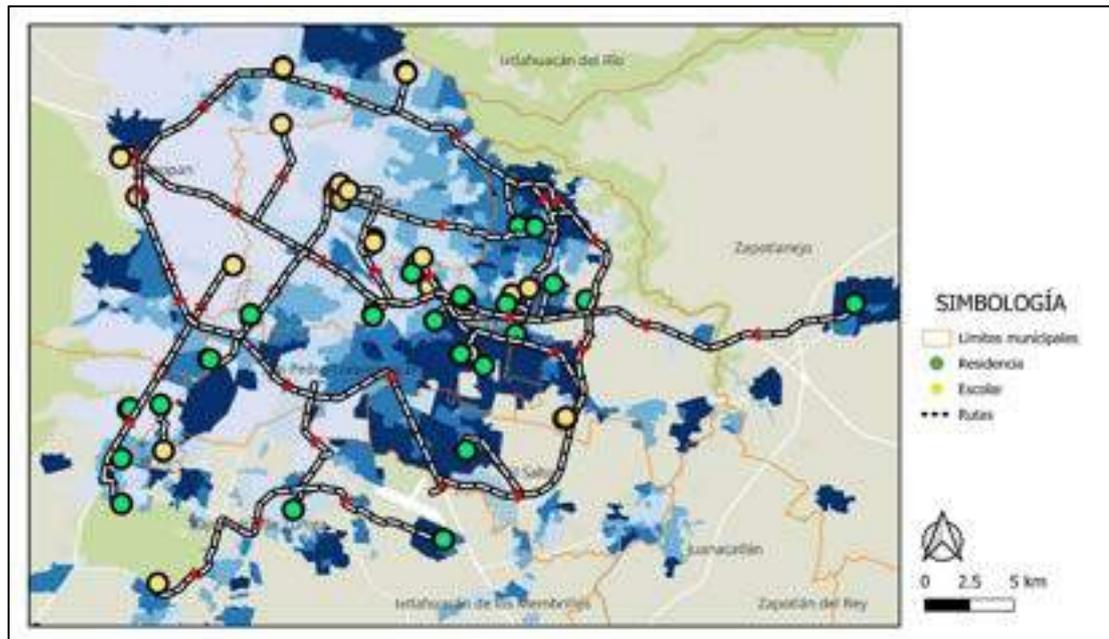
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La visualización cartográfica revela los puntos de partida y llegada de los desplazamientos escolares en el Área Metropolitana de Guadalajara. Se aprecia una notable concentración de estos puntos tanto en Guadalajara como en Zapopan, lo que indica una intensa actividad educativa en estas zonas, especialmente en los centros universitarios. Esta distribución subraya

la relevancia de ambos municipios ya no solo como núcleos económicos, y laborales, sino también educativos dentro del área metropolitana.

### **Ilustración 21.**

*Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades laborales de los municipios del sur-oriental del AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

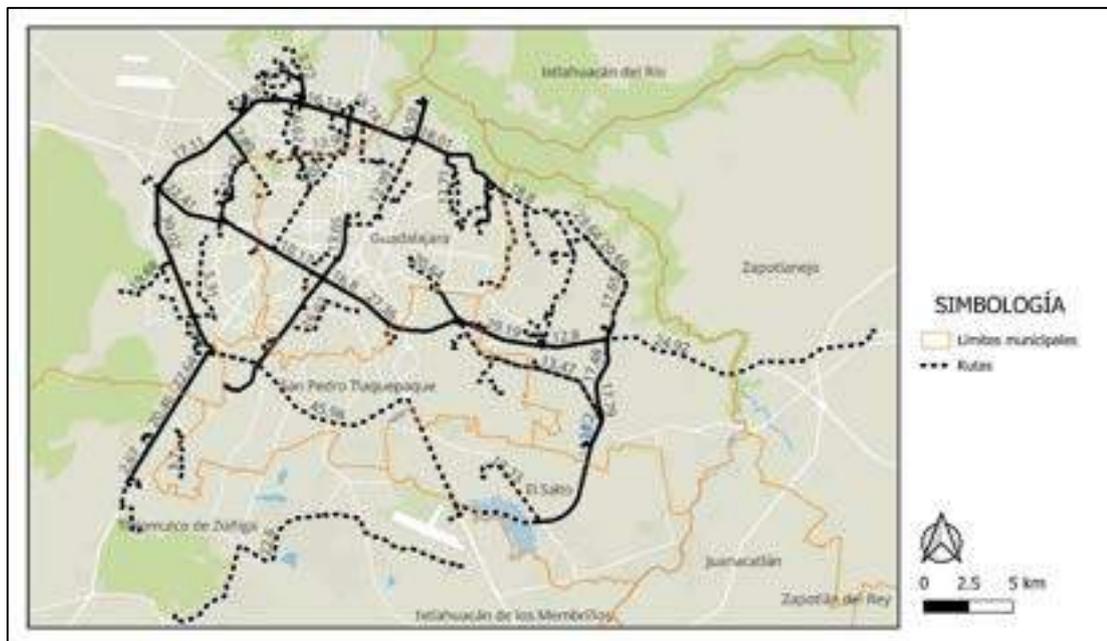
Es crucial resaltar nuevamente que los municipios del poniente ostentan una supremacía en cuanto a la oferta educativa vinculada a la automovilidad. Los estudiantes que utilizan el automóvil como medio de transporte pueden acceder a esta gama educativa gracias a una infraestructura más favorable en esta zona de la ciudad, que les brinda mayores facilidades de desplazamiento.

Sin embargo, esta ventaja no está al alcance de todos los estudiantes. Los que habitan en el sur-oriental, tienen que desplazarse más tiempo en el margen de zonas con alto índice de marginación con poca infraestructura urbana. Ahora más los estudiantes que no son parte de la automovilidad enfrentan mayores dificultades y tiempos de traslado, esto puede ser motivo para que algunos abandonen sus estudios.

En relación con el uso de las vías y principales arterias de la metrópolis, se destaca la concentración del flujo vehicular en áreas específicas. Este análisis revela que, al igual que en el caso de la automovilidad laboral, el flujo se concentra en ciertas arterias que suelen ofrecer una circulación más fluida. Este patrón refuerza la tendencia de asignar recursos en infraestructura urbana y movilidad en beneficio de estas vías principales.

### **Ilustración 22.**

*Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

De entre estas arterias se identifica Calzada Lázaro Cárdenas, Periférico Manuel Gómez Morín, Avenida Adolfo Lopez Mateos-Circunvalación Jorge Álvarez del Castillo, Calzada Jesús González Gallo-Carretera a Chapala, Avenida Tonaltecas, Calzada Independencia y Nuevo periférico Oriente entre otras.

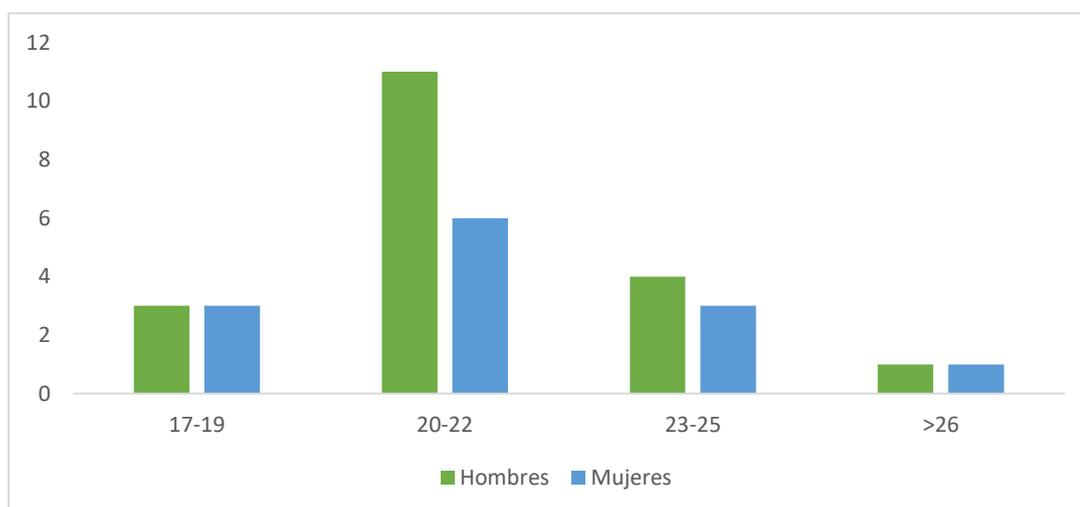


La automovilidad escolar entre quienes usan el automóvil se manifiesta con edades a partir de los 17 años, abarcando principalmente a estudiantes universitarios y algunos de preparatoria. Se observa un mayor uso por parte de hombres, representando el 61% del total, mientras que el 39% corresponde a mujeres. Esto sugiere que la automovilidad escolar está vinculada predominantemente al sexo masculino.

¿Por qué la automovilidad escolar esta más ligada al sexo masculino? Si bien este estudio no profundizó en el tema, se pueden plantear suposiciones de acuerdo con contexto social y familiar. Es común que el núcleo familiar el hijo se interese más por manejar un vehículo y a medida que alcanza experiencia suficiente en el manejo, tiene mayores libertades para viajar solo. Además, en un contexto social de inseguridad, el hombre viajando solo es menos propenso como víctima de la inseguridad.

### **Gráfica 17.**

*Grupos de edad por sexo de la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

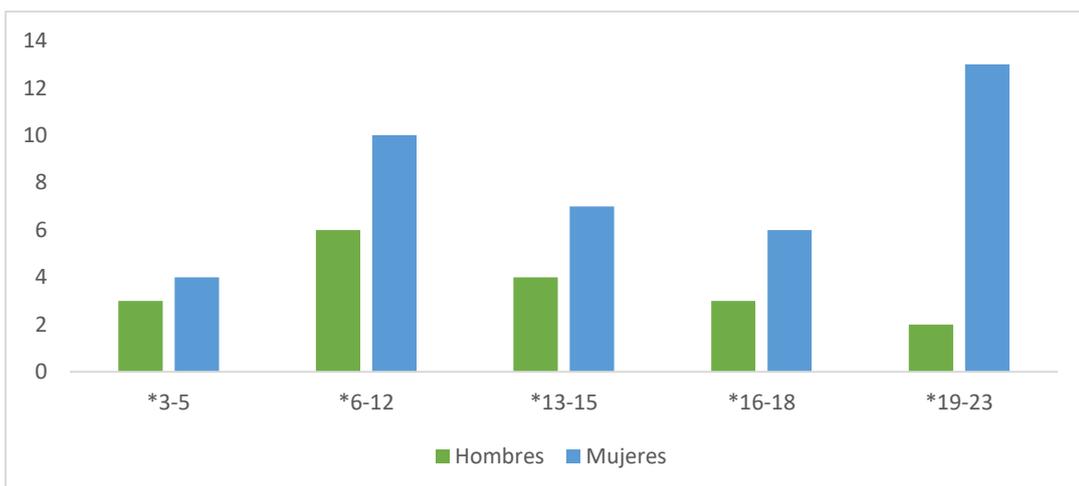
Por otro lado, la dinámica de la automovilidad de quienes llevan al estudiante a la escuela es diferente. Se observó que los estudiantes que dependen de alguien más, se encuentran en un rango de edades desde los 3 hasta los 28 años, cubriendo todos los niveles de estudio. Para esta automovilidad escolar de cuidado, son mujeres a quienes más llevan a la

escuela, representando el 69% del total, mientras que los hombres representan el 31%. Estos datos refuerzan el argumento del párrafo anterior.

Este fenómeno es parte del contexto de inseguridad, donde las mujeres son más cuidadas en respuesta a un entorno percibido como inseguro, y también sugiere que el género femenino no está tan arraigado en la cultura de la automovilidad, es decir, probablemente muchas ellas no han aprendido a conducir, por tanto, a pesar de una mayoría de edad aún dependen de alguien para esa automovilidad escolar.

### **Gráfica 18.**

*Grupos de edad por sexo de automovilidades escolares de cuidado*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

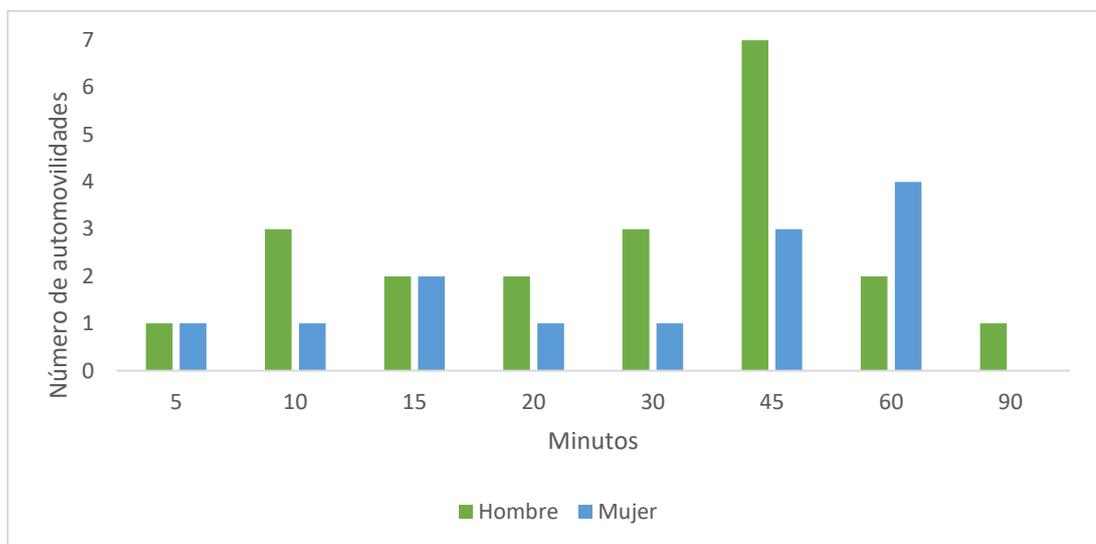
El tiempo de traslado para la automovilidad escolar, es decir, entre quienes usan su propio automóvil para ir a la escuela revela un patrón interesante; se observa que la automovilidad escolar cobra mayor importancia en recorridos largos, con un promedio de 30 minutos, por viaje. Este fenómeno está estrechamente ligado a estudiantes mayores de edad, se puede inferir que el uso del automóvil entre este grupo se da en función de distancias más largas.

Así la automovilidad escolar de cuidado no presenta un patrón definido, más bien se observa una cierta uniformidad en los diferentes

desplazamientos. Dado que este tipo de automovilidad se da en estudiantes menores de edad y con mayor apego al cuidado de mujeres, los tiempos de traslado son inferiores con una media de 20 minutos por viaje. Entre menor sea el tiempo de viaje, favorece a la automovilidad porque siempre habrá alguien en el hogar encargado de realizar esta automovilidad de cuidado y que no le demandará emplear mucho tiempo.

**Gráfica 19.**

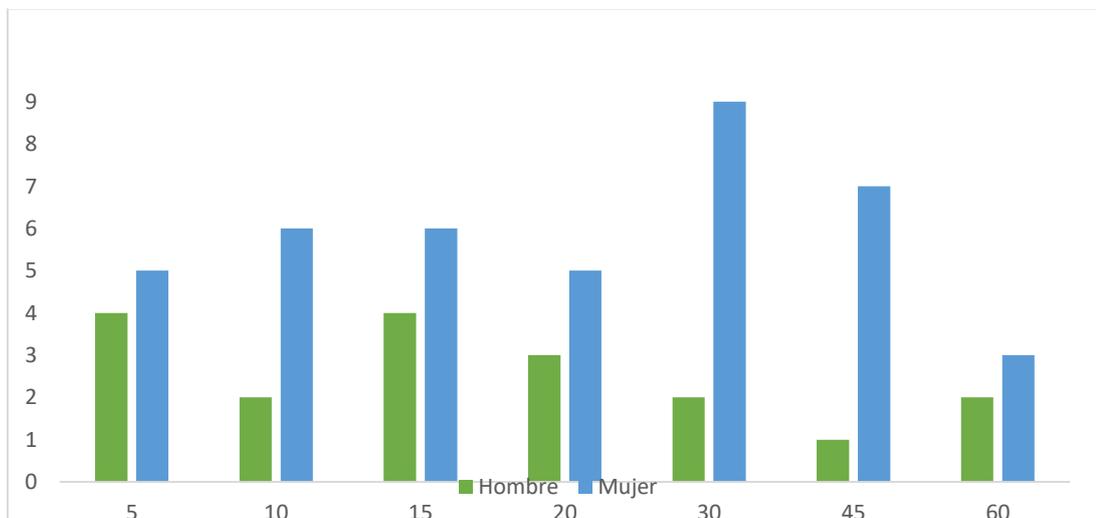
*Tiempo de viaje para las automovilidades escolares por sexo*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

**Gráfica 20.**

*Tiempo de viaje para las automovilidades escolares de cuidado por al sexo*

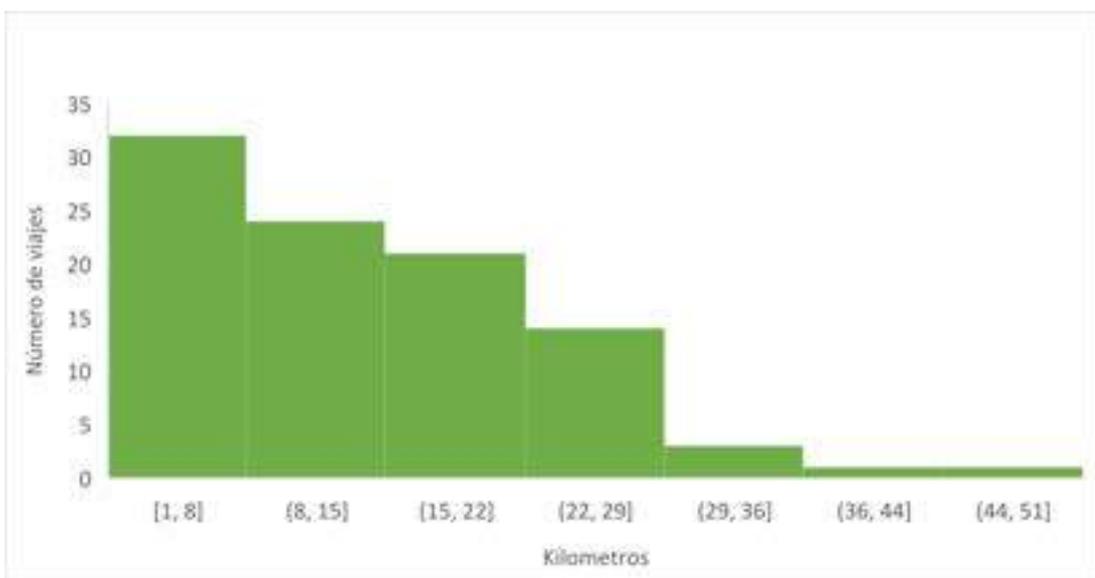


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Los tiempos de traslado en la automovilidad escolar varían desde los 5 minutos hasta los 60 minutos, con un promedio de 25 minutos por viaje, cubriendo distancias que van desde los 0.3 hasta los 46 kilómetros, con un promedio de 14 kilómetros. Es importante resaltar que la mayoría de los desplazamientos en la automovilidad escolar, el 81%, se realizan en distancias que van de 1 a 22 kilómetros, mientras que el 87% se completa en tiempos que oscilan entre los 5 y los 45 minutos.

**Gráfica 21.**

*Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo*

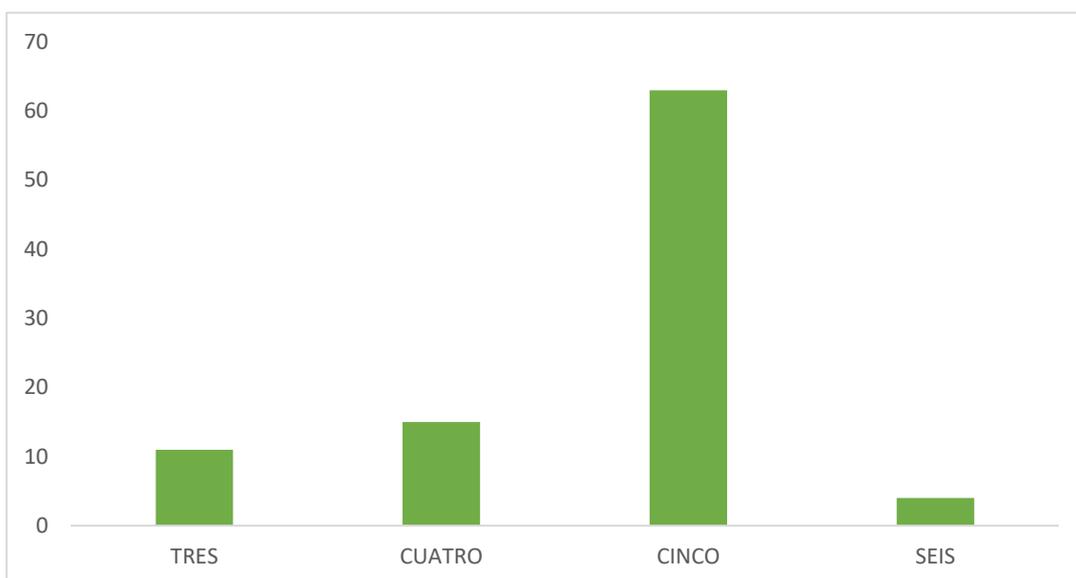


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El análisis reveló que el 68% de los estudiantes asisten a la escuela cinco veces a la semana, siguiendo un modelo educativo tradicional y presencial de lunes a viernes, principalmente entre estudiantes de educación básica. Un 16% acude al menos cuatro veces por semana, mientras que un 12% lo hace tres veces por semana. Además, un 4% restante reveló acudir a la escuela seis veces por semana. Esta variación en la frecuencia de asistencia a la escuela se asemeja más al modelo universitario, lo que indica una diversidad en los hábitos de asistencia entre los estudiantes.

## **Gráfica 22.**

*Cantidad de días destinados para la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Estos datos resaltan la notable dinámica de la automovilidad escolar en la urbe, evidenciada por la frecuencia de los viajes según los datos obtenidos. Al sumar los desplazamientos de la automovilidad laboral con los de la automovilidad escolar, se configura una imagen de la ciudad como un entorno congestionado, contaminado, segregado y polarizado. Estos temas serán detallados más adelante desde la perspectiva del metabolismo urbano.

### **4.5 Automovilidad de cuidado**

La automovilidad de cuidado se define como los desplazamientos realizados en automóvil por una o varias personas con el propósito de brindar sustento a la familia o proporcionar cuidados a otras personas. Esto puede incluir llevar a los niños a la escuela, asistir a familiares enfermos para llevarlos a sus consultas médicas, o simplemente realizar compras de alimentos e insumos para el hogar.

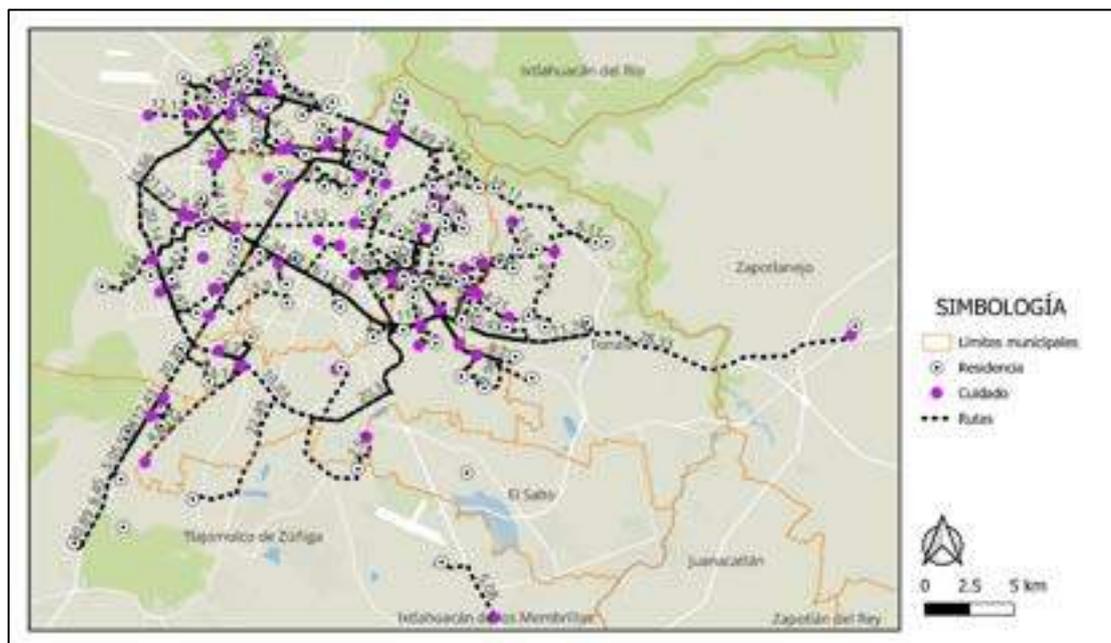
Para este estudio, se ha optado por investigar dos actividades de la automovilidad de cuidado centrándose en: la compra de alimentos, datos que

fueron recabados en una sección dentro de la aplicación de la encuesta, y la otra actividad, fue el transporte de los hijos a la escuela, datos obtenidos de manera indirecta por medio del apartado automovilidad escolar.

Al analizar la compra de alimentos, se observó que los lugares de abastecimiento, como centros comerciales, carnicerías, centrales de abastos o tianguis, están distribuidos de manera uniforme en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), aunque es evidente que la mayoría de los centros comerciales se ubican en Guadalajara y Zapopan.

#### **Ilustración 24.**

*Mapa del AMG con las rutas de los destinos y orígenes de la compra de alimentos*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

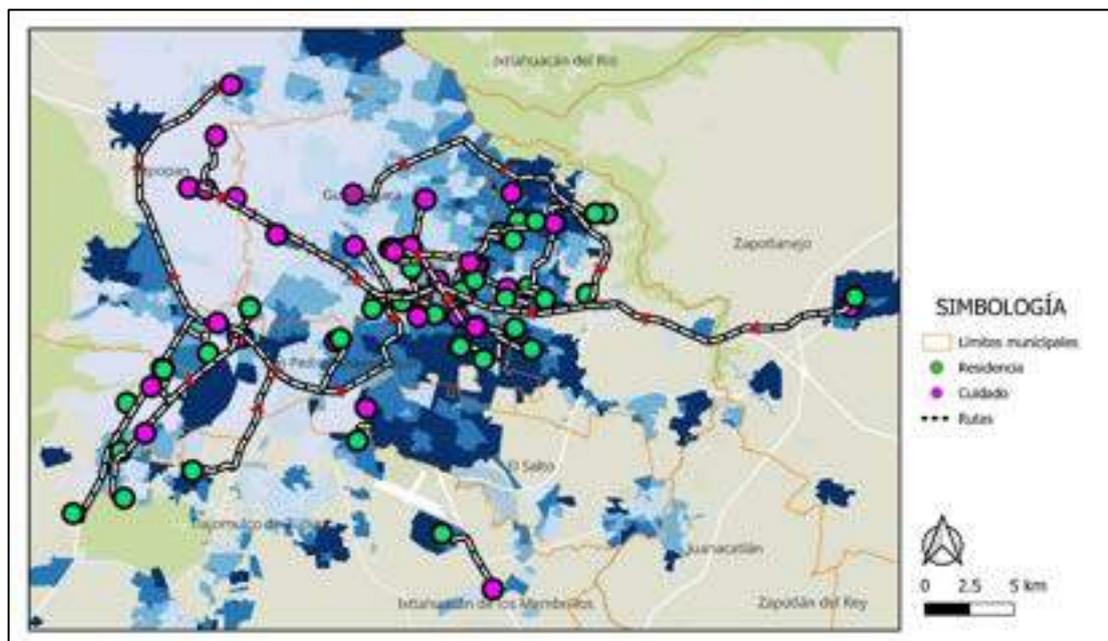
Otro dato importante por considerar, tal y como se observa en el mapa anterior, los destinos y orígenes para la compra de alimentos están relativamente cerca entre sí, lo que sugiere que las personas tienden a elegir su lugar de abastecimiento según la proximidad. Los encuestados indicaron que acuden a centros comerciales como Walmart, Sam's Club, Costco o

Bodega Aurrera porque encuentran allí todo lo necesario para su alimentación diaria.

En comparación con la automovilidad laboral y escolar, la automovilidad de cuidado relacionada con la compra de alimentos muestra que los habitantes de los municipios periféricos realizan sus desplazamientos dentro de sus propios municipios. Solo algunos se trasladan hacia Zapopan o Guadalajara para acceder a ciertos establecimientos que no están disponibles al oriente de la urbe, como Costco.

### **Ilustración 25.**

*Mapa con las rutas de los orígenes y destinos de las automovilidades para la compra de alimentos de los municipios del oriente del AMG*



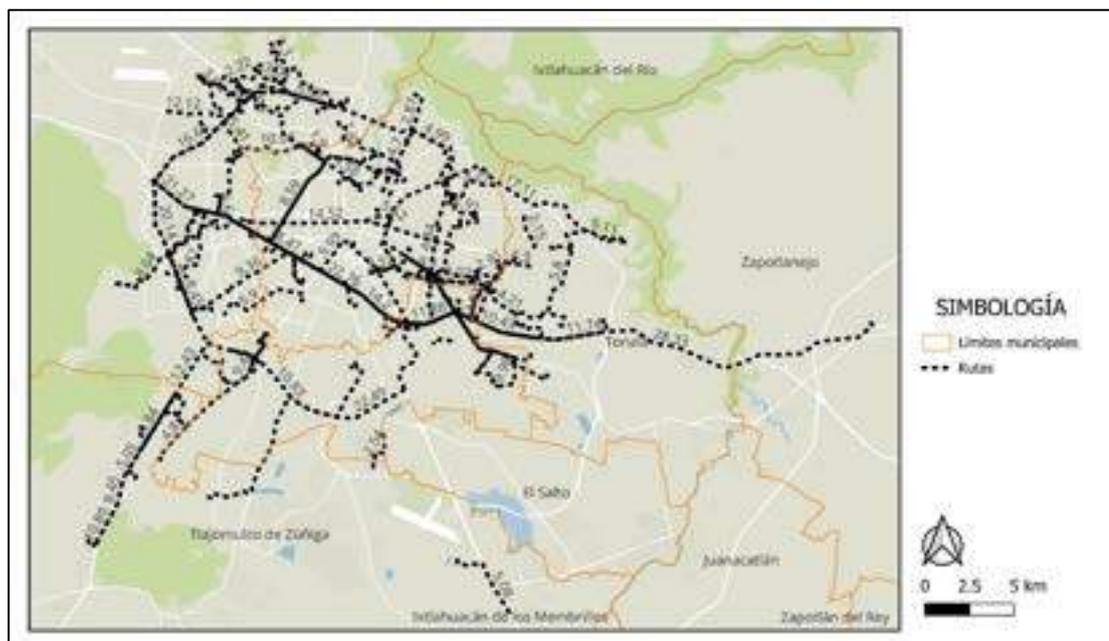
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Para el caso de esta automovilidad, los hogares que viven en el sur-oriente en zonas de alta marginación, suelen acudir a establecimientos cercanos para la compra de alimentos, esto tiene implicaciones positivas para estos habitantes, porque encuentran satisfacer sus necesidades alimenticias en distancias relativamente cortas.

El uso de la infraestructura es más diverso en esta forma de movilidad, lo que ayuda a distribuir el tráfico vehicular en lugar de concentrarlo en áreas específicas. Sin embargo, al analizar el patrón de uso de las vías, se observa que las principales arterias de la metrópolis continúan siendo frecuentadas, debido a que muchos centros comerciales se encuentran ubicados en estas áreas por estrategias de visibilidad y accesibilidad, lo que ya se ha indicado como parte de una cultura enfocada solo al uso del automóvil.

### **Ilustración 26.**

*Mapa con las principales vías que soportan la automovilidad para la compra de alimentos*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

#### **4.5.1 Caracterización de la automovilidad de cuidado**

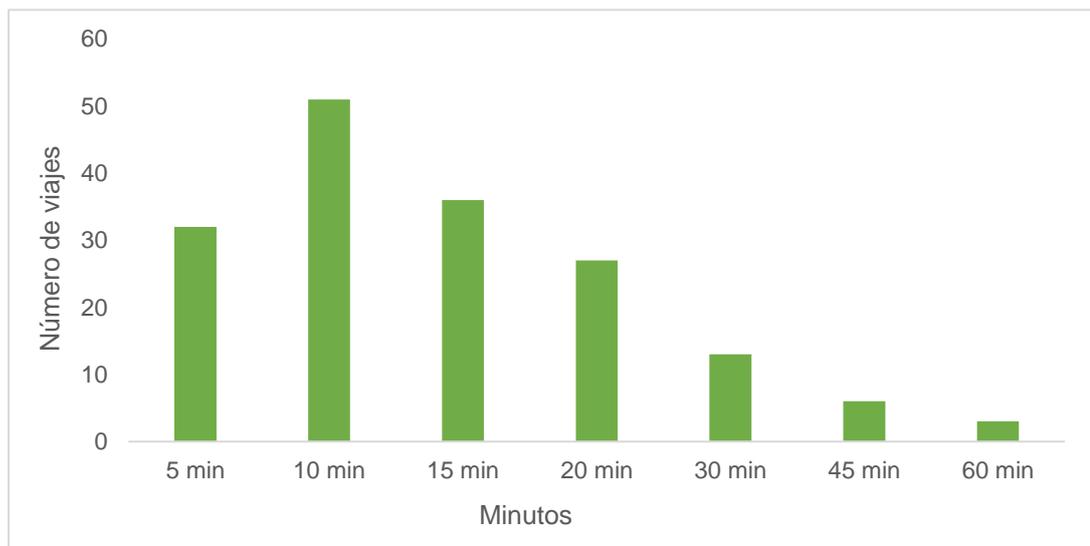
La automovilidad de cuidado para la compra de alimentos desempeña un papel fundamental en la esfera reproductiva. En muchos casos, el uso del automóvil es imprescindible, lo que crea una desigualdad y segregación territorial entre quienes tienen acceso a un vehículo y quienes no. Esta discrepancia se debe a que la infraestructura vial y los centros de abastecimiento aún están diseñados de acuerdo con la cultura del automóvil.

Como resultado, aquellos que no son parte de la automovilidad enfrentan mayores obstáculos para realizar sus actividades de compra de alimentos.

Esta forma de automovilidad muestra cifras menores en comparación a al resto de las automovilidades, en parte porque los desplazamientos para la compra de alimentos dentro de la metrópolis suelen ser relativamente cortas. En promedio, las personas tardan 15 minutos en llegar a su destino de compras. El 70% de los desplazamientos se realizan en menos de 15 minutos, el 16% en 20 minutos, el 8% en 30 minutos, el 4% en 45 minutos y solo un 2% en 60 minutos.

### **Gráfica 23.**

*Tiempo de viaje para la compra de alimentos*

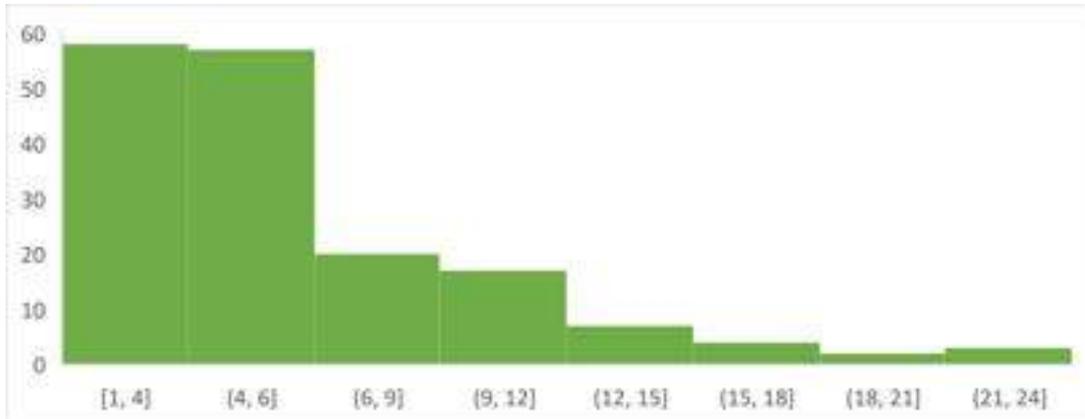


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

En cuanto a las distancias, estas oscilaron entre 1 y 24 kilómetros, con una media de 5 km. Sin embargo, es importante destacar que el 68% de los desplazamientos se realizaron en un rango de 1 a 6 km. Esto indica que la mayoría de las automovilidades para la compra de alimentos se llevan a cabo en distancias relativamente cortas, lo que también contribuye a una mayor eficiencia en términos de consumo de energía.

**Gráfica 24.**

*Rango en kilómetros recorridos por viaje al trabajo*

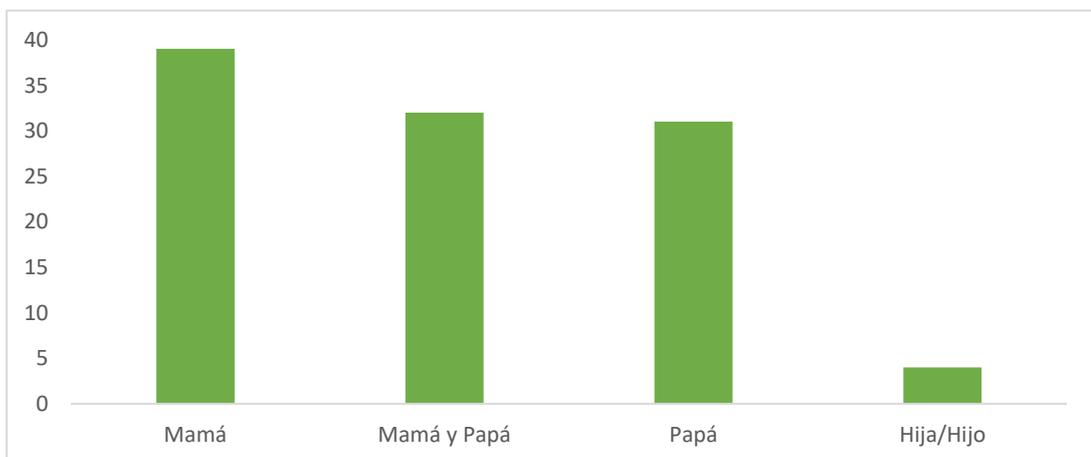


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El género y rol dentro del entorno familiar juegan un papel significativo en esta forma de movilidad. Investigaciones previas han demostrado que esta actividad suele estar asociada principalmente al género femenino o al rol de la madre. Sin embargo, en este análisis se encontró que esta actividad ya no está tan marcada por cuestiones de género, y se observa una participación más equitativa entre padres y madres. En este sentido, el papel del padre como responsable de esta tarea también es visible, ya sea de forma individual o en colaboración con la madre.

**Gráfica 25.**

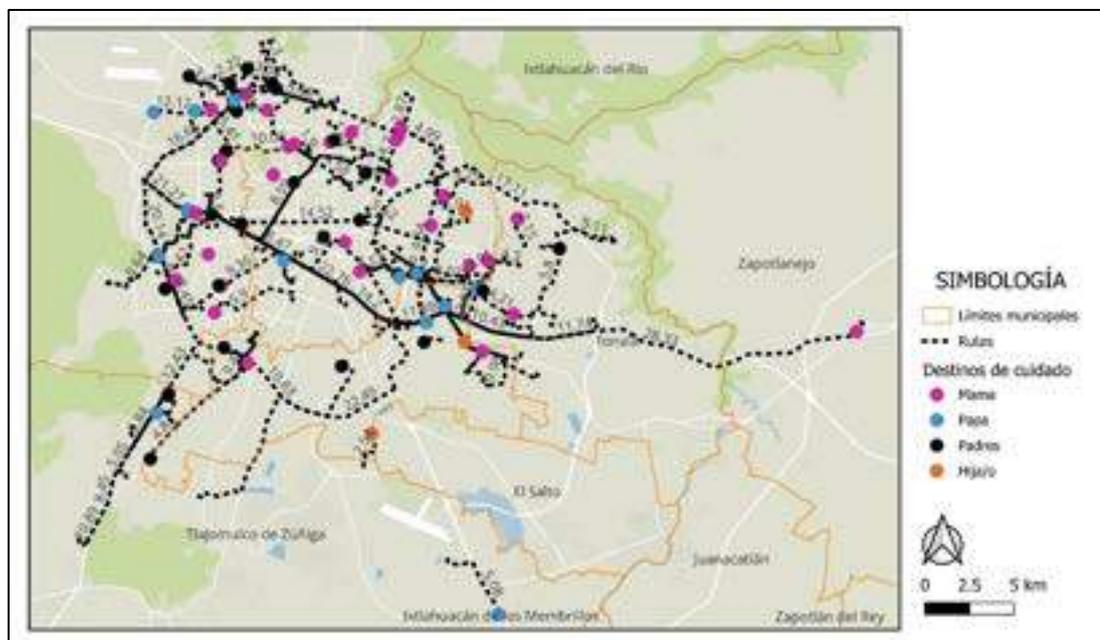
*Distribución del rol familiar para la compra de alimentos*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

### **Ilustración 27.**

*Mapa con los destinos para la compra de alimentos según el rol del hogar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

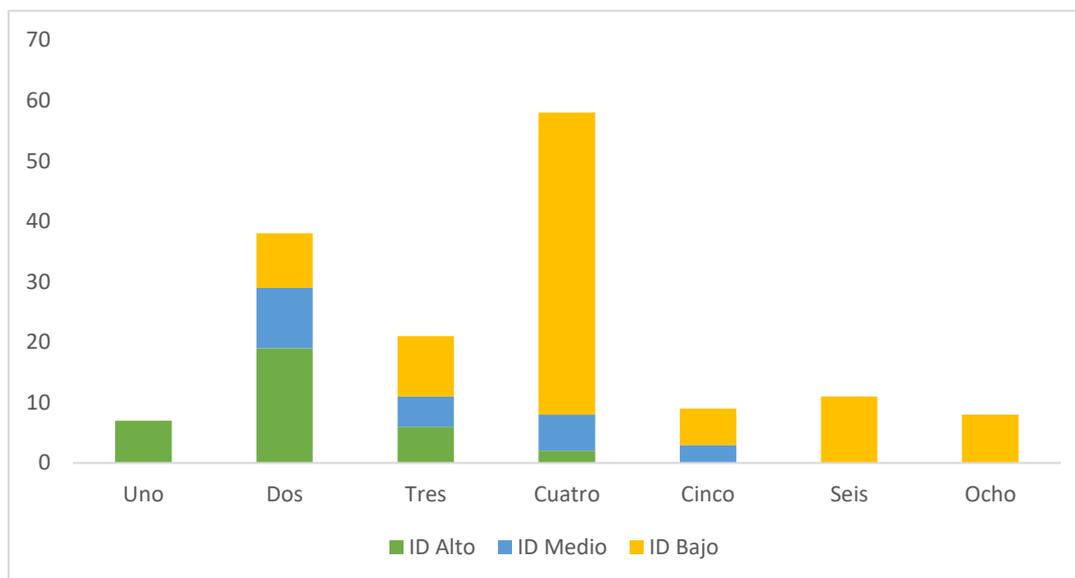
En términos porcentuales, el 37% de los hogares tienen a la mamá como responsable exclusiva de la compra de alimentos, en el 30% de los casos tanto mamá como papá comparten esta tarea que comúnmente se realiza el fin de semana, es decir, días no laborales. En el 29% de los hogares, únicamente el papá se encarga de esta actividad, mientras que en el 4% restante algún hijo o hija asume esta responsabilidad. Es importante destacar que estos datos se refieren exclusivamente al comportamiento de la automovilidad de cuidado y no se pueden comparar con otros tipos de movilidad de cuidado con otros tipos de transporte.

El 60% de los hogares reveló que la compra de alimentos lo hace en más de un establecimiento y en promedio acuden 1 vez por semana o 4 veces por mes. Sin embargo, no existe una tendencia clara o homogénea en la cantidad de veces que una familia realizan la automovilidad para la compra de alimentos, esta varía claramente de la calidad de vida de cada familia,

porque, así como el 5% de los hogares solo acude una vez por mes, el 4% acude 8 veces por mes.

### **Gráfica 26.**

*Número de automovilidad de cuidado para la compra de alimentos por mes*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

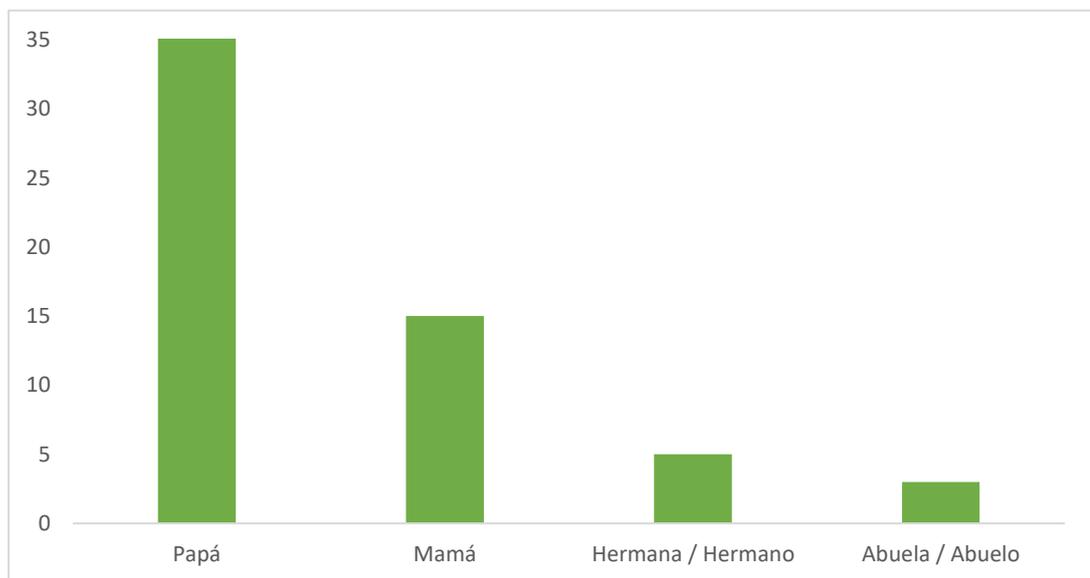
En el anterior gráfico se observa la cantidad de veces que los hogares acuden a la compra de alimentos por mes. Se observa que a medida que los días por mes aumentan, los casos de hogares que viven en zonas de alta marginación disminuyen y aumentan los hogares que habitan en zonas con baja marginación. Este dato relaciona las capacidades socioeconómicas de los hogares con el número de la cantidad de consumo.

En relación con el cuidado de los hijos para llevarlos a la escuela, se encontraron los siguientes resultados. La teoría reconoce que, dentro de la movilidad cotidiana, esta responsabilidad recaía en las mujeres. Sin embargo, en este estudio sobre la automovilidad de cuidado, se observó que la figura que más frecuentemente realiza esta tarea fue identificada como el papá, seguido por la mamá. Además, en menor proporción, otros miembros de la familia como hermanos o abuelos también desempeñaron este rol.

Este hallazgo en este estudio en particular revela un cambio en los roles de género en las actividades reproductivas de la vida cotidiana. Aunque este estudio no puede proporcionar una explicación de este comportamiento, plantea una pregunta importante: ¿El uso del automóvil en la movilidad cotidiana influye en que los hombres se involucren más en el cuidado del hogar que las mujeres? Este tema invita a reflexionar y seguir investigando sobre los factores que pueden estar influyendo en la distribución de responsabilidades y roles dentro del ámbito familiar.

### **Gráfica 27.**

*Distribución del rol en el hogar para el cuidado de los hijos*

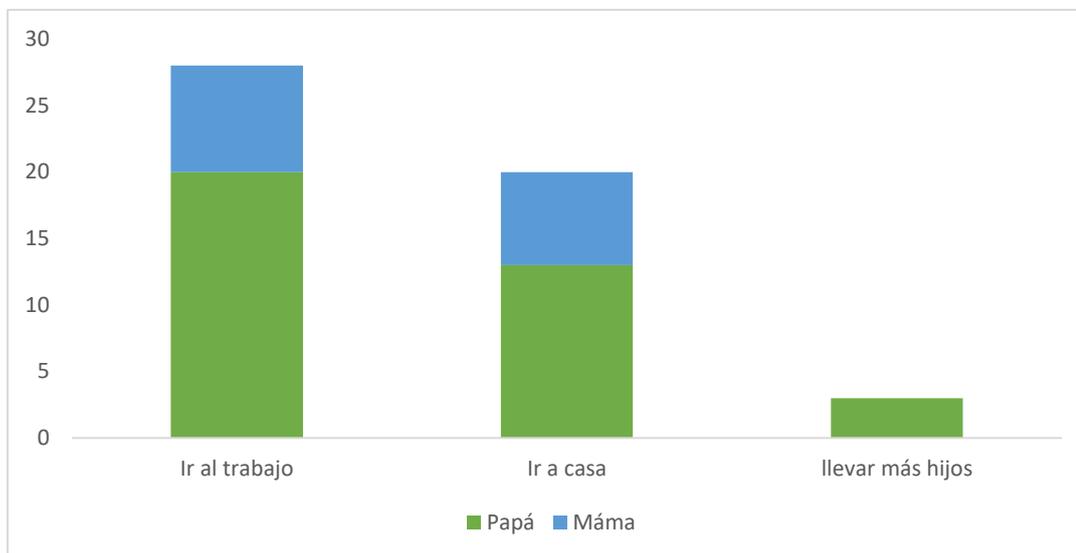


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Después de llevar a los hijos a la escuela, los padres realizan diversas actividades según los resultados del análisis. El 56% de ellos va directamente al trabajo, mientras que el 36% regresa a casa. Además, un 8% restante se encarga de llevar a otros hijos a la escuela. En la siguiente gráfica se visualiza esta distribución de actividades según el rol de mamá o papá, destacando claramente la presencia mayoritaria del rol masculino en estas tareas de automovilidad de cuidado.

### Gráfica 28.

*Actividades que realizan los padres después de ir a dejar los hijos a la escuela*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

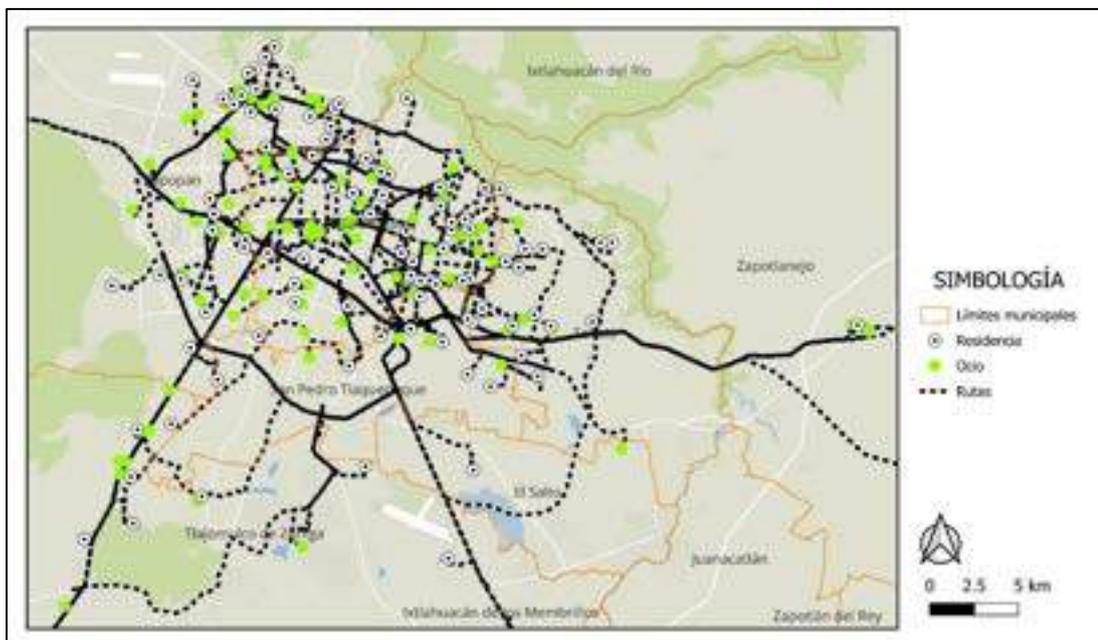
#### 4.6 Automovilidad de ocio

En esta última sección se aborda la automovilidad de ocio. Se define a la misma como los desplazamientos realizados por personas o grupos familiares con el propósito de buscar distracción y recreación. Estas actividades, son más diversas, entre ellas; salir al aire libre, practicar deportes, asistir a fiestas, ir a comer o cenar, visitar a familiares, ir al cine, entre otras actividades que sean de la índole social.

Al analizar esta forma de automovilidad por medio de las encuestas, se observó que la mayoría de los destinos se concentran en los municipios de Guadalajara y Zapopan, donde se encuentran numerosos centros comerciales, corredores gastronómicos, centros nocturnos, así como cines con una amplia cartelera cinematográfica, entre otras amenidades que atraen a las personas, por consiguiente, la mayoría de los desplazamientos se dirigen hacia estas zonas urbanas.

### **Ilustración 28.**

*Mapa del AMG con los orígenes y destinos de las automovilidads de ocio*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Esta automovilidad tiene un significado diferente, al juzgar los sus desplazamientos de los encuestados, se identificó un uso más amplio del territorio en comparación con otras formas de automovilidad. Algunas actividades de ocio llevan a las personas más allá de los límites urbanos, lo que sugiere que están dispuestas a viajar distancias más largas en busca de descanso y entretenimiento lejos de sus rutinas diarias.

Esta automovilidad más allá del territorio metropolitano no es un estándar de la población general, para esta muestra se detectaron nueve casos, de los cuales, tres corresponden a visitar algún familiar y seis a salir de paseo. Como la mayoría corresponde a salir de paseo, implica que las personas están dispuestas a consumir más recursos con el fin de disfrutar un tiempo de recreación. Esto implica que su nivel socioeconómico es alto, al contrastar la ubicación de los hogares con el índice de marginación, seis pertenecen a un nivel muy bajo y tres a un nivel alto.

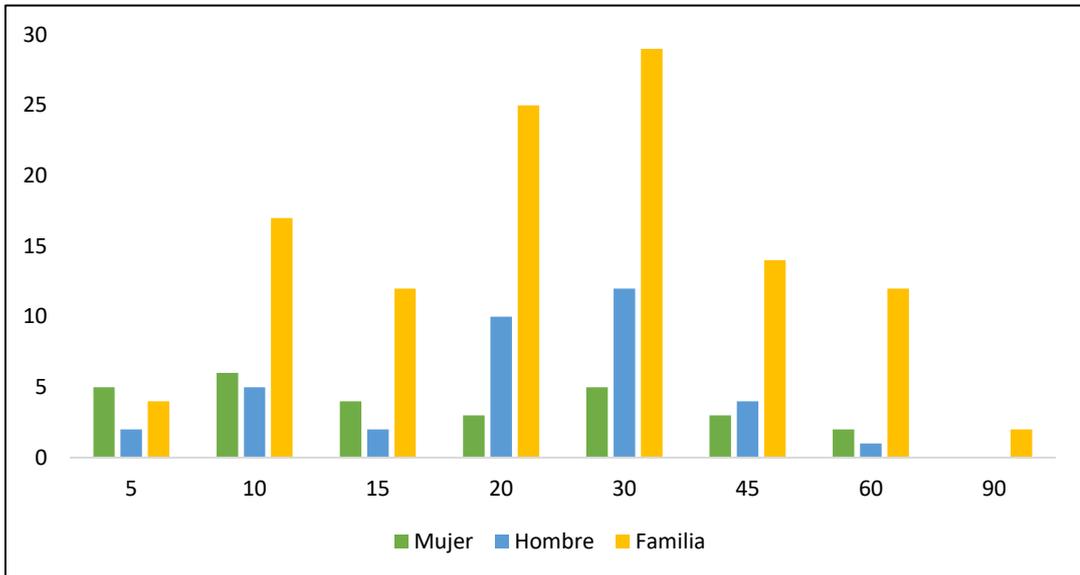






**Gráfica 29.**

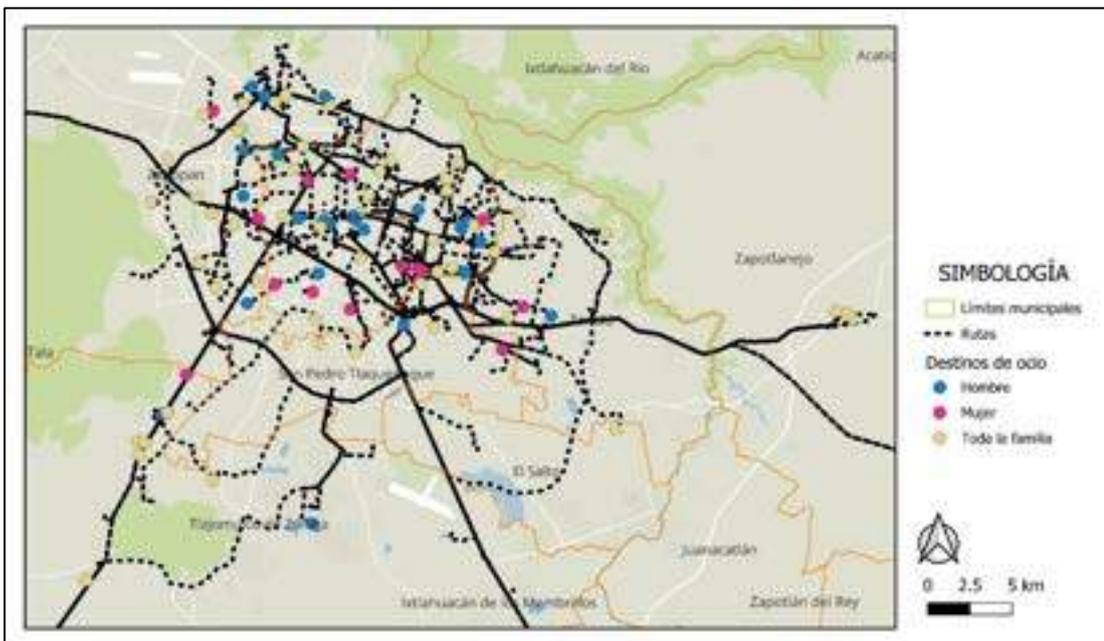
*Tiempo de viaje para las movilidades de ocio de acuerdo con el sexo*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

**Ilustración 31.**

*Mapa con los destinos de las automovilidades de ocio de acuerdo con el sexo*

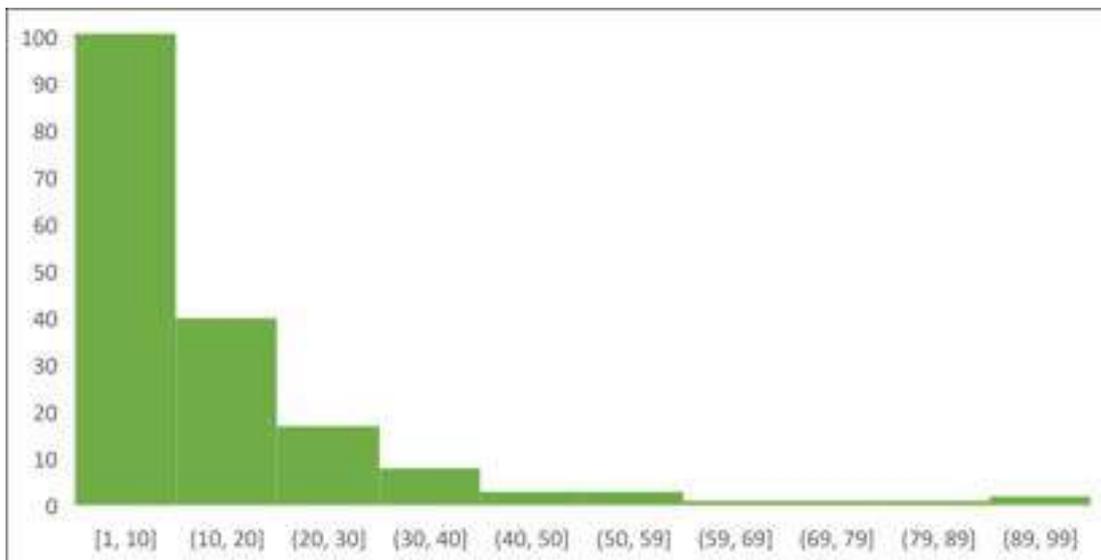


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Las distancias promedio recorridas por cada desplazamiento de ocio son de 19 km, con rangos que van desde 1 kilómetro hasta los 91 km. El 78% de las automovilidades se dan entre el 1 y 20 km, todo esto referente a los desplazamientos dentro de la metrópolis. Sin embargo, sorprendentemente, el 3% de las familias recorren más de 300 km para satisfacer sus actividades recreativas. Esta forma de automovilidad se distingue del resto porque un porcentaje de los desplazamientos van más allá de la oferta de la metrópolis lo que podría recurrir a otros tipos de análisis.

**Gráfica 30.**

*Rango en kilómetros recorridos por las automovilidades de ocio*

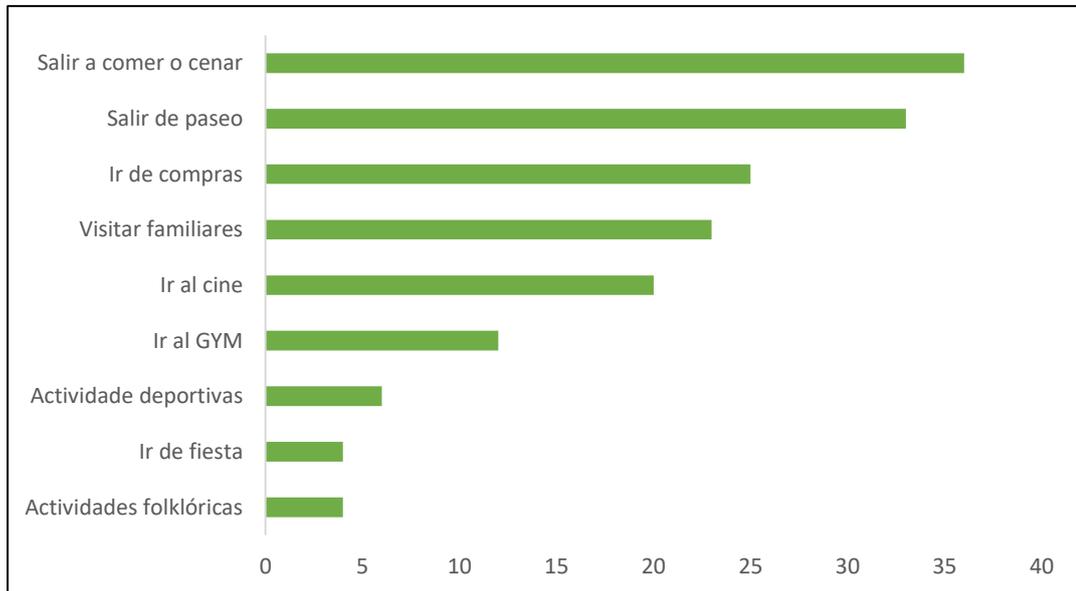


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Las actividades de estas automovilidades son muy diversas. Para sistematizar la información, se ha segmentado estas movilidades en grupos más generales. La actividad más reconocida fue salir a comer o cenar en familia, representando un 22% del total de la muestra. Le sigue salir de paseo, con un 20%, actividad realizada tanto de manera individual como en conjunto familiar. En tercer lugar, salir de compras o de shopping a una plaza comercial fue una actividad bastante repetitiva, con un 15% de participación.

**Gráfica 31.**

*Actividades de relacionadas a la automovilidad de ocio*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

## **Capítulo V.**

### **El metabolismo de la automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de Guadalajara. Análisis de datos de abajo hacia arriba**

En este capítulo se da respuesta a la segunda pregunta de investigación: ¿Qué flujos de energía están asociados a la automovilidad cotidiana? Para ello se presenta un análisis del metabolismo urbano de la automovilidad cotidiana, utilizando los datos expuestos en el capítulo anterior. Esta información aporta al entendido del intercambio de energía y materia entre la automovilidad y el medio ambiente. En cada caso de automovilidad cotidiana se describe el consumo que representa de acuerdo con los patrones de consumo.

En cada sección se aborda el metabolismo de la automovilidad de los 97 encuestados. Se describe, en una primera fase, las variables relacionadas con este análisis: distancias, tiempo, ubicación del hogar y estructura urbana de acuerdo con el índice de marginación. En una segunda fase, se consideran las variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia, rendimiento y factores de emisión de cada automóvil.

Estas variables, además de brindar información cualitativa de los hogares de acuerdo con sus automovilidad, ofrecen una perspectiva sobre el consumo de energía y cómo varía significativamente según las características de los automóviles. Por otra parte, se presentan las emisiones asociadas a las automovilidades, de acuerdo con las mismas variables.

En los subapartados se presenta un ejemplo del uso de estos datos para determinar el metabolismo del Área Metropolitana de Guadalajara. Si bien este análisis puede no ser 100% certero, brinda una perspectiva de los consumos asociados a los diferentes flujos metabólicos de la automovilidad laboral y ayuda a entender el impacto de esta actividad a nivel metropolitano.

Este capítulo, por lo tanto, no solo proporciona una comprensión profunda del metabolismo de la automovilidad a nivel individual, sino que también extiende este entendimiento a una escala metropolitana, ofreciendo una herramienta valiosa para futuras investigaciones y políticas públicas en el ámbito de la movilidad urbana y su impacto social y ambiental.

## 5.1 El metabolismo de la automovilidad

El metabolismo de la automovilidad es un análisis complejo que va más allá de la acción del desplazamiento diario. Para comprender plenamente su impacto, es necesario considerar todos los materiales empleados a lo largo de su ciclo de vida. Esto incluye no solo la fabricación de los automóviles en sí, sino también los recursos utilizados en la construcción y mantenimiento de las vías, así como la refinación, distribución y consumo de los combustibles.

Es importante tener en cuenta que considerar todas estas dimensiones para un estudio exhaustivo del metabolismo de la automovilidad requiere una serie de variables, datos y metodologías que lamentablemente no siempre están disponibles en el contexto de una investigación. Por lo tanto, para los fines específicos de los objetivos de la investigación, se optará por una aproximación más concreta y pragmática.

En este sentido, se aterrizará el análisis del metabolismo de la automovilidad en dos aspectos principales: asociados, a la producción, transporte y consumo de combustibles de los automóviles y las emisiones asociadas a estas etapas. Estos dos indicadores proporcionarán una visión significativa de los impactos ambientales y sociales de la automovilidad, sin entrar en la complejidad total del metabolismo urbano. Sin embargo, es importante mencionar y describir en segundo plano la complejidad del metabolismo de la automovilidad.

Como se mencionó teóricamente; en la fase de producción de vehículos, se consume una amplia gama de materia, desde metales y plásticos hasta componentes electrónicos y baterías. Estos materiales requieren extracción, procesamiento y transporte, lo que consume energía y libera emisiones de carbono, entre otros impactos ambientales. Además, el proceso de fabricación en sí mismo conlleva consumos significativos de materiales, energía y agua.

Por otro lado, la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales también tienen un costo ambiental. Desde la extracción de materiales como asfalto y concreto, hasta la maquinaria utilizada en la construcción y el transporte de estos materiales, cada etapa del proceso demanda el consumo de energía y contribuye al deterioro ambiental por la emisión de gases contaminantes.

Además, no se debe pasar por alto el impacto social de estas actividades. Por una parte, genera una desigualdad, porque es el estado el encargado de la construcción de vías, es decir, para cumplir con estas funciones, el gobierno gasta el presupuesto de una sociedad en un solo sector que usa el automóvil, descuidando a otros sectores que también tienen derecho a vía bajo otro sistema de transporte.

Así mismo, la construcción de carreteras y autopistas a menudo implica la expropiación de tierras y la reubicación de comunidades locales, lo que puede generar conflictos y segregaciones involuntarias, como el simple hecho de quienes no son usuarios del automóvil deben recorrer mayores distancias para poder cruzar de un lado a otro de una vía para poder llegar al paradero del sistema de transporte público.

Esta investigación presenta un análisis de los impactos ambientales de la automovilidad que considera, la producción, transporte y consumo de combustibles. Gran parte de la metodología se centró en poder cuantificar el consumo de energía y sus respectivas emisiones que se detallan en los siguientes apartados de acuerdo con el tipo de automovilidad, sin embargo, también se ofrecen los balances entorno a la producción y transporte del combustible.

Bajo este planteamiento, es importante tener en cuenta lo siguiente: La refinería más cercana al AMG se encuentra ubicada en el estado vecino de Guanajuato, en Salamanca. Esta refinería procesa actualmente 132,646 barriles diarios (SIE, 2024), y genera una cantidad significativa de contaminantes atmosféricos. Según datos de la Secretaría de Medio

Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT) las emisiones anuales de esta refinería incluyen 2,803.82 toneladas de NOX, 71,134.46 toneladas de CO y 3,618.62 toneladas de CO2 ((SMAOT, 2017 y 2008).

Es importante destacar que el suministro de combustible para el Área Metropolitana de Guadalajara no proviene únicamente de la refinería de Salamanca, ya que su capacidad de producción no es suficiente para satisfacer la demanda de la metrópolis. De hecho, parte del combustible también se distribuye desde otras refinerías y se importa a través del puerto de Manzanillo. Esta compleja red logística de distribución de combustible contribuye a la complejidad del análisis del metabolismo urbano.

También es crucial tener en cuenta la cantidad de contaminantes producidos por cada litro de combustible refinado en el país. Según el informe de sustentabilidad de 2022 de Pemex, la empresa emitió un total de 69 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MMtCO<sub>2e</sub>) para ese año (Pemex, 2023).

Para el mismo período, las seis refinerías de Pemex procesaron un promedio de 815,730 barriles de crudo por día (SIE, 2024). Sin embargo, la producción total de gasolina fue de 49,062,560 litros por día, lo que equivale a 14,130,017,280 litros al año. Por lo tanto, para refinar cada litro de gasolina, se emitieron aproximadamente 4.8 kilogramos de CO<sub>2e</sub>

Dado que la capacidad de la refinería de Salamanca resulta insuficiente para cubrir la demanda del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), es crucial considerar el transporte de combustible desde el puerto de Manzanillo. Por lo tanto, es necesario contabilizar la cantidad de contaminantes generados durante este proceso. A continuación, se presenta una tabla que muestra el promedio de contaminantes producidos por medio de transporte en el corredor Manzanillo-Guadalajara.

**Tabla 23.**

*Emisión de contaminantes por vehículo de carga del corredor Manzanillo-Guadalajara*

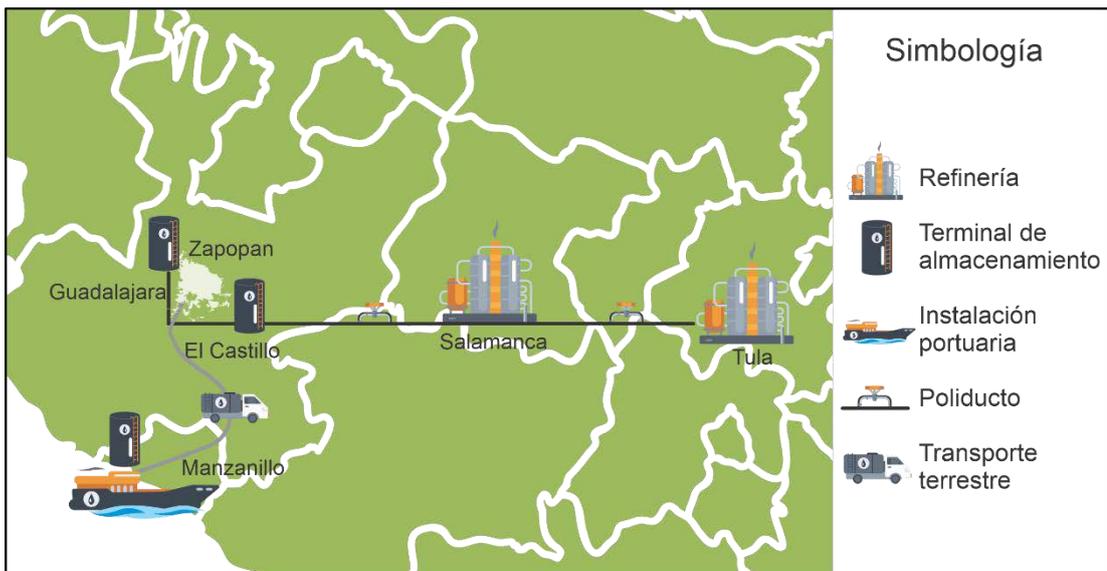
Carretera	tNOX	TCO2
Armería-Manzanillo Cuota	1.5	110
Colima-Ent. Tecomán	3.3	230.9
Libramiento Colima	0.5	35.3
Guadalajara-Colima Cuota	7.8	566.7
Jiquilpan-Guadalajara	1.9	130.7
Total	15	1073.6

Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transporte, 2014

Además, si una pipa típicamente transporta 30,000 litros y durante su trayecto desde Manzanillo hasta Guadalajara se emiten 15 toneladas de NOX y 1,073 toneladas de CO2, esto significa que por cada litro transportado se emiten aproximadamente 0.5 kg de NOX y 35.7 kg de CO2.

**Ilustración 32.**

*Fuentes de suministro de combustibles para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con información de Gobierno de Jalisco

## 5.2 Metabolismo de la automovilidad laboral

La automovilidad sigue un ciclo que típicamente comienza en casa y termina cuando se regresa al hogar. Para este análisis, se consideran tanto los tiempos como las distancias de ida y vuelta, lo que representa el consumo y las emisiones de un día completo. Sin embargo, estos datos también pueden extrapolarse para representar períodos más largos, como una semana, un mes o un año, lo que resulta útil para calcular indicadores como la huella de energía o carbono.

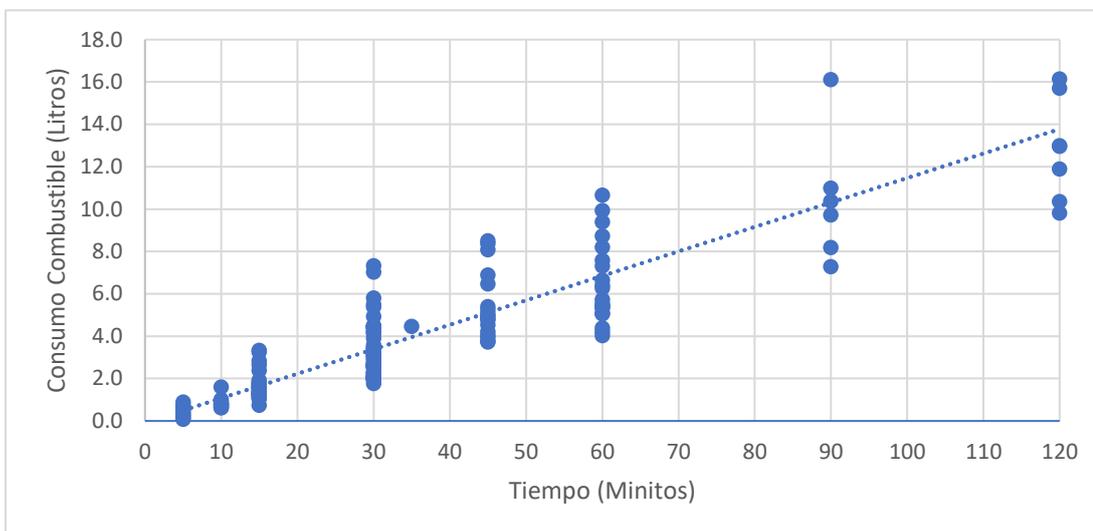
Ahora bien, la dinámica laboral investigada reveló que las personas realizan desplazamientos hacia sus lugares de trabajo entre 5 y 7 días a la semana. Este flujo constante de movilidad tiene implicaciones significativas en términos de sostenibilidad ambiental y consumo de recursos. A medida que aumenta el número de trabajadores que utilizan automóviles, el metabolismo de la automovilidad laboral refleja un incremento en los impactos socioeconómicos y ambientales asociados con esta práctica.

Se ha identificado una variedad de factores que influyen en el metabolismo de la automovilidad laboral. Sin embargo, este estudio se enfoca específicamente en las variables de distancia y tiempo de viaje, así como en las características de los vehículos utilizados. Comprender cómo estos elementos interactúan y afectan el consumo de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros aspectos es crucial para abordar los desafíos relacionados con la movilidad laboral.

Los resultados del estudio revelan que, en promedio, cada automóvil consume alrededor de 3.7 litros de combustible por día. Sin embargo, es importante destacar que este consumo varía significativamente según factores clave como la distancia recorrida, el tiempo de viaje y el tipo de vehículo utilizado. Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, esta variación en el consumo refleja la diversidad en los patrones de automovilidad y condiciones urbanas.

### Gráfica 32.

#### Consumos de combustibles para la automovilidad laboral



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

El consumo de combustible varía considerablemente según el tipo de vehículo utilizado, como se ilustra en la tabla adjunta. Por ejemplo, un recorrido de 60 minutos puede resultar en diferentes consumos, dependiendo del rendimiento de cada automóvil, ya sea sedán, SUV, hatchback o pickup.

Esta variación destaca la importancia del tipo de vehículo en el metabolismo de la automovilidad en términos de consumos. Los vehículos más grandes tienden a consumir más combustible debido a su mayor peso y tamaño, mientras que los más pequeños suelen tener un rendimiento de combustible más eficiente.

#### Tabla 24.

Consumos de combustibles según la categoría de automóvil para la automovilidad laboral

Categoría	Rendimiento (km/l)	Tiempo (min.)	Consumo (l)
Sedan	5.77	60	4.2

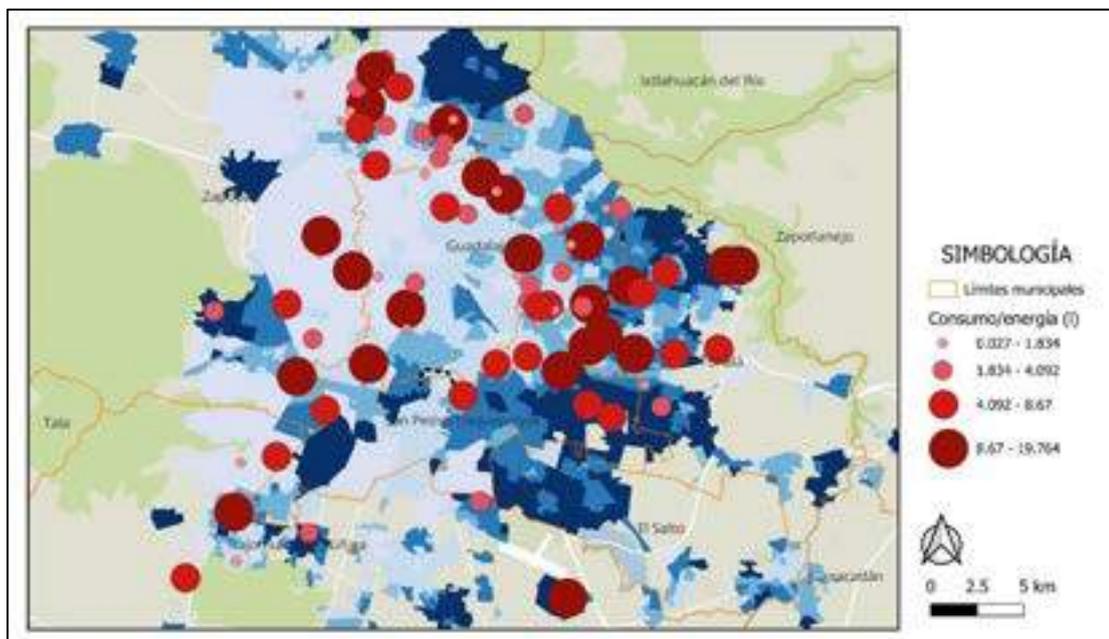
Hatchback	11.22	60	2.3
Coupé	13.7	60	2.7
Van	6.88	60	5.4
SUV	10.54	60	4.4
Pickup	6.73	60	7.0

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

El metabolismo de la automovilidad cotidiana depende de variables territoriales como lo son: distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Y también dependen de variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en el rendimiento de cada vehículo en particular.

### ***Ilustración 33.***

*Mapa con los consumos de energía en litros de los hogares encuestados*



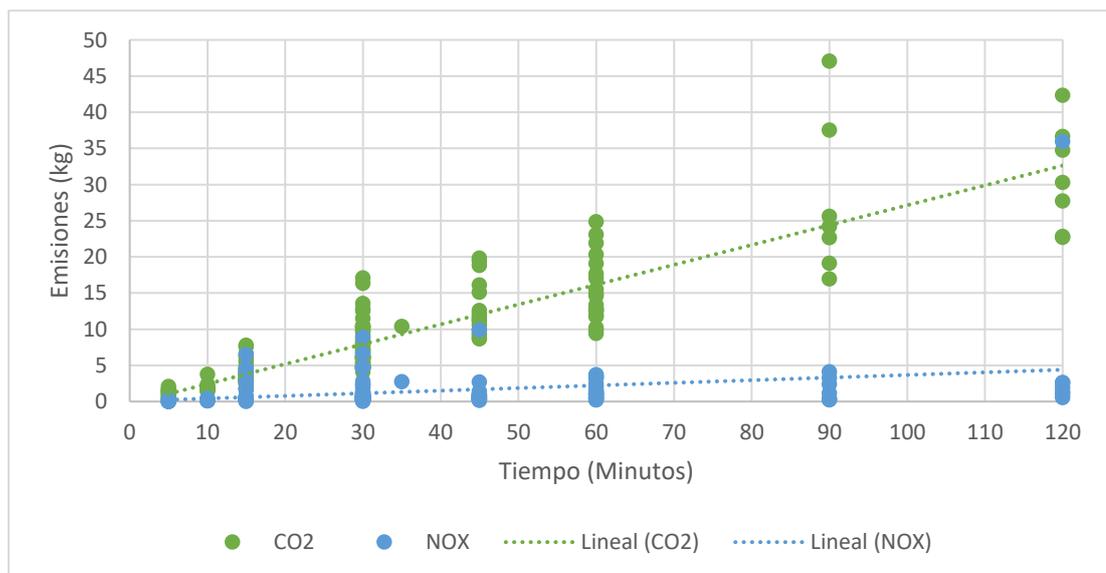
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

De acuerdo con el principio del metabolismo urbano, toda entrada se corresponde con una salida. En este sentido, la salida del consumo de energía se traduce en la emisión de gases contaminantes. Para este estudio, se cuantificaron los principales gases producidos por la combustión de vehículos: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). En promedio, cada desplazamiento en automóvil emitió al día 8.7 kg de CO<sub>2</sub> y 1.2 kg de NO<sub>x</sub>. Ambas cantidades son equiparables a 330.7 kg de CO<sub>2</sub> equivalente.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, esta variación en las emisiones refleja la diversidad en los patrones de automovilidad y en los tipos de automóviles utilizado. Las emisiones, al igual que el consumo, varían considerablemente según el tipo de vehículo utilizado. Por ejemplo, al comparar los resultados de un recorrido de 60 minutos, se observan diferencias significativas en las emisiones generadas. Estos datos demuestran que el tipo de automóvil empleado tiene implicaciones importantes en la automovilidad en términos del metabolismo urbano.

### Gráfica 33.

*Emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para la automovilidad laboral*



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

**Tabla 25.**

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad laboral según la categoría de automóvil*

<b>Categoría</b>	<b>Factor de emisión CO2 (g/km)</b>	<b>Factor de emisión NOX (g/km)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Emisión CO2 (kg)</b>	<b>Emisión NOX (kg)</b>
Sedan	104	24	60	9.8	0.6
Hatchback	194	194	60	4.7	4.7
Coupé	170	24	60	6.3	0.9
Van	339	24	60	12.5	0.9
SUV	221	24	60	10.3	1.1
Pickup	346	11	60	16.3	0.6

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

La tabla anterior compara las emisiones de acuerdo con las diferentes categorías de automóviles registrados durante el estudio. Como se puede observar, al realizar una comparativa con los mismos tiempos de traslados, las emisiones de una categoría a otra varían significativamente, por consiguiente, el tipo de automóvil es una variable importante en términos del metabolismo urbano y de las implicaciones ambientales que derivan de tales efectos.

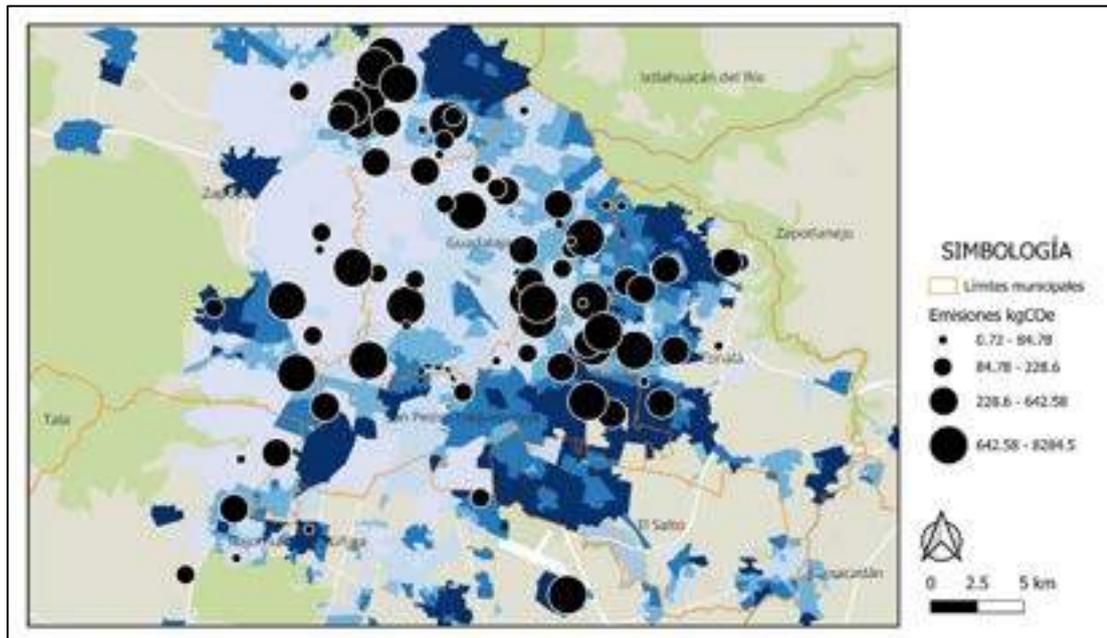
La salida metabólica de la automovilidad cotidiana al igual que la entrada, depende de variables territoriales como lo son: distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Y también se deben tomar en cuenta variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en los factores de emisión de cada vehículo en particular.

El siguiente mapa muestra la distribución de los hogares encuestados según el índice de marginación, de acuerdo con la salida metabólica para

sus diferentes automovilidades. Es importante volver a recalcar que en un hogar pueden existir más de una automovilidad. Los resultados se expresan en kgCO<sub>2</sub>e que contabiliza tanto el bióxido de carbono como los óxidos de

### **Ilustración 34.**

*Cantidad de emisiones en kgCO<sub>2</sub>e de los diferentes hogares encuestados*



nitrógeno de las diferentes automovilidades.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta

### **5.2.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad laboral del Área Metropolitana de Guadalajara**

Con los datos obtenidos del análisis de la automovilidad laboral, se presenta un modelo de estimación del metabolismo de la automovilidad para el Área Metropolitana de Guadalajara. Es preciso aclarar que los datos presentados no pueden representar una muestra general del AMG, debido a que se trabajó con un sector en especial, familias de estudiantes universitarios, no obstante, el ejercicio aquí mostrado nos da una pauta metodológica para la realización de estos análisis.

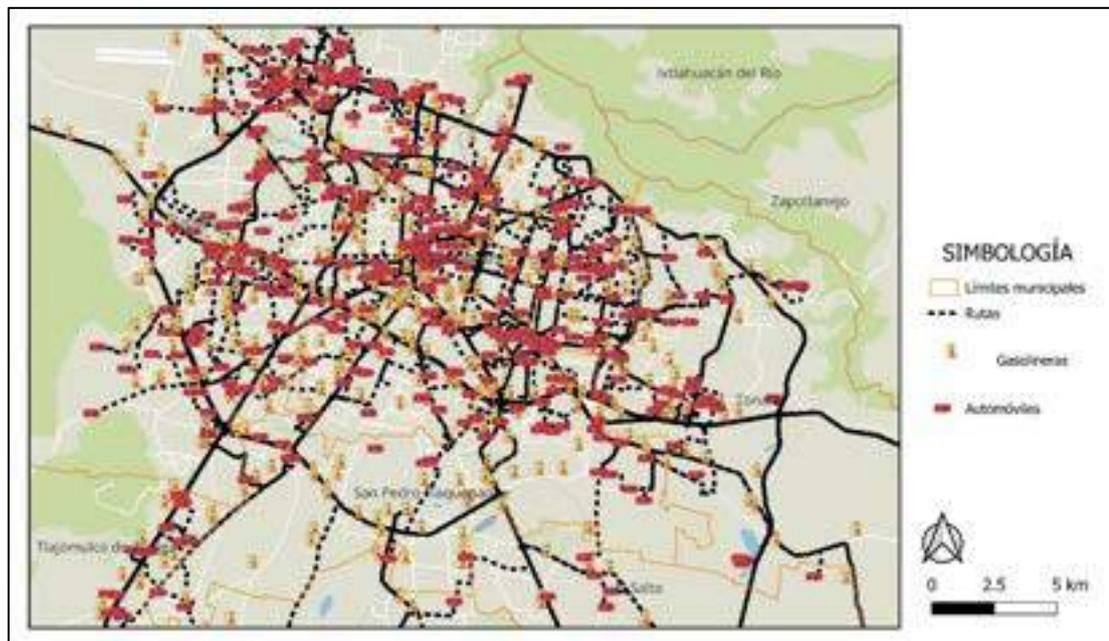
Se ha empleado el modelo conocido como *de abajo hacia arriba*. Este modelo metodológico que comúnmente es el más difícil de determinar, por la complejidad individual que existe en los sistemas urbanos, sin embargo, suele ser el más preciso y confiable al cuantificar los flujos metabólicos de una ciudad o sociedad.

Al extrapolar este dato al contexto urbano, se encontró que 832,193 hogares poseen al menos un automóvil y que en promedio cada hogar cuenta con 1.7 vehículos. Considerando que el 78% de estos vehículos se utilizan para desplazamientos laborales, se estima que al menos 1,103,488 automóviles circulan de lunes a viernes en la ciudad con dicho propósito.

Fuente: Elaboración propia con datos de CRE

### **Ilustración 35.**

*Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG*



El mapa anterior ilustra dos procesos importantes dentro del metabolismo; la distribución y circulación de la energía. En toda el AMG existe una red de estaciones de servicio que encaja perfectamente con la automovilidad, al ubicarse en las principales arterias de la metrópolis. Esta estrategia permite a los usuarios consumir la energía durante sus trayectos.

En términos del metabolismo urbano esta cantidad de vehículos circulan en la ciudad con promedio de 36 minutos por viaje, es decir 72 minutos por automovilidad con un consumo de 3.7 litros. La automovilidad laboral demanda un consumo diario de 4,082,905 litros. Solo este tipo de automovilidad consume el 61% de la gasolina que produce la refinería de Salamanca.

**Tabla 26.**

*Producción de combustibles en las refinerías que administra Pemex*

<b>Combustible</b>	<b>Refinería Salamanca</b>	<b>Refinería Tula</b>	<b>Pemex</b>
Magna	6,591,840	8,600,960	49,062,560
Premium	ND	435,360	
Diesel	1,010,720	35,680	26,912,480

Fuente: SIE, 2024

Al seguir el mismo análisis, con una estimación de 1,103,488 automóviles que circulan de lunes a viernes en la ciudad con propósitos productivos. La salida metabólica de la automovilidad laboral para el AMG correspondiente solo al consumo de energía, puede ser equivalente unas 9,490 toneladas de CO<sub>2</sub> y 1,324 toneladas de NO<sub>x</sub>. Ambos contaminantes dan una contaminación equivalente a 364,923 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

No obstante, las emisiones asociadas a la automovilidad laboral también van de la mano con las emisiones relacionadas a la refinación y transporte del combustible. Para complementar este análisis se cuantificaron dichas emisiones. Como se desconoce la proporción de combustible que llega al AMG, se optó por dividir proporcionalmente la cantidad de los dos suministros, es decir, 50% de las refinerías y 50% procedente del puerto de Manzanillo.

Dicho lo anterior, si el consumo total es de 4,082,905 litros al día, de los cuales 2,041,452 provienen de las refinerías y por cada litro refinado se

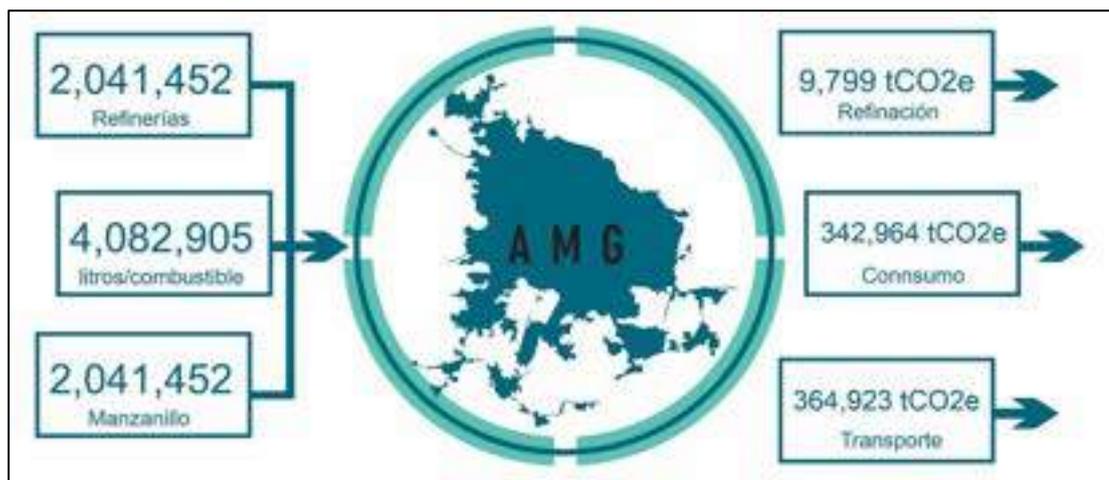
emiten 4.8 kgCO<sub>2</sub>e, se asume que la automovilidad laboral emite 9,799 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible que consume. Si 2,041,452 litros son transportados desde Manzanillo y cada litro emite 168 kgCO<sub>2</sub>e al ser transportado, la cantidad asociada a la automovilidad laboral por el transporte de combustibles es igual a 342,964 tCO<sub>2</sub>e.

En conclusión, el metabolismo de la automovilidad laboral del AMG se describe de la siguiente manera: la apropiación de recursos proviene del subsuelo a través de pozos petroleros, posteriormente, transportados y procesados en las refinerías de Salamanca y Tula, sin embargo, la producción nacional de hidrocarburos no alcanzan para el consumo del país, por consiguiente, se importan combustibles del extranjero, los cuales llegan al puerto de Manzanillo para posteriormente ser transportados al AMG.

En total la metrópolis consume al día 4,082,902 litros y emite 364,923 tCO<sub>2</sub>e por el consumo directo del combustible, emite 9,799 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible y 342,964 tCO<sub>2</sub>e por el transporte.

**Ilustración 36.**

*Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de CRE

### **5.3 Metabolismo de la automovilidad escolar**

La automovilidad escolar representa un aspecto crucial en el análisis del metabolismo urbano, dado que constituye una actividad recurrente en el entorno urbano. Los hallazgos de la investigación muestran que, en promedio, los estudiantes que hacen uso del automóvil para sus desplazamientos escolares acuden a la escuela durante los cinco días de la semana, ya sea conduciendo por sí mismos o requiriendo de la asistencia de un familiar.

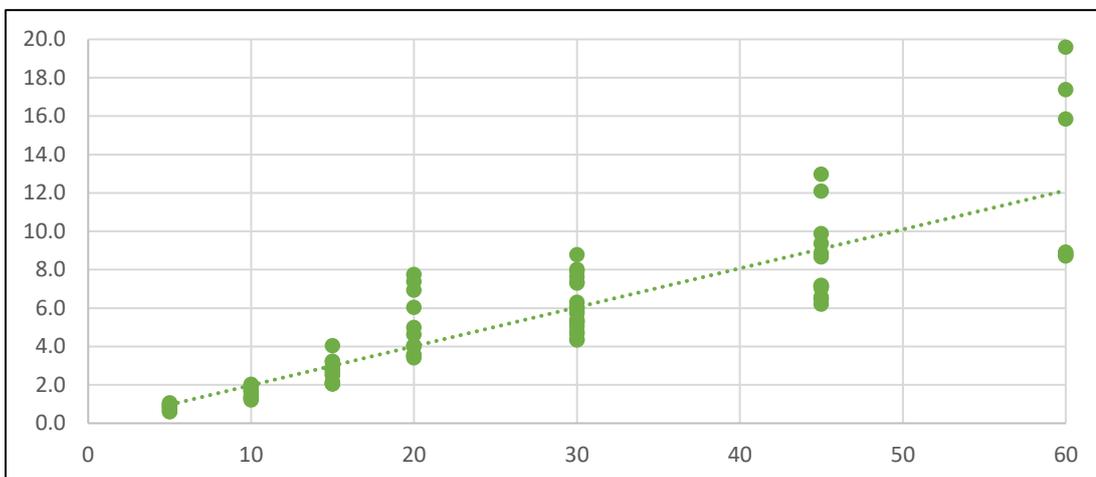
El análisis detallado de variables como la distancia y el tiempo de viaje, junto con las especificaciones técnicas de los vehículos empleados en la automovilidad escolar, nos proporciona una comprensión más profunda de cómo estas variables interactúan entre sí y afectan aspectos cruciales como el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos revelan que en promedio cada automovilidad escolar consume 5.2 litros de combustible, considera viaje de ida como de vuelta. Al analizar la muestra se comprueba que el consumo varía significativamente según factores clave como la distancia recorrida, el tiempo de viaje y el tipo de vehículo utilizado.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, esta variación en el consumo refleja la diversidad en los patrones de automovilidad y condiciones urbanas. Mayores recorridos en tiempos y distancias aumentan los consumos, sin embargo, estos también dependen de la categoría de automóvil, entonces este análisis demuestra la importancia del uso de estas variables en términos del metabolismo urbano.

### Gráfica 34.

#### Consumos de combustibles para la automovilidad escolar



Fuente: Elaboración propia

La elección del segmento de vehículo tiene un impacto significativo en el consumo de energía. La gráfica anterior muestra una dispersión de este consumo en relación con la media según el tipo de vehículo. En la siguiente tabla se realiza una comparativa de los diferentes consumos para automovilidades con desplazamientos de 60 minutos, brindando una visión clara de cómo diferentes tipos de vehículos tienen diferentes niveles de eficiencia energética.

### Tabla 27.

#### Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad escolar

Categoría	Rendimiento (km/l)	Tiempo (min.)	Consumo (l)
Sedan	15.4	60	4.3
Hatchback	13.2	60	4.4
Coupé	7.8	60	7.6
Van	8.6	60	7.3
SUV	7.8	60	7.9

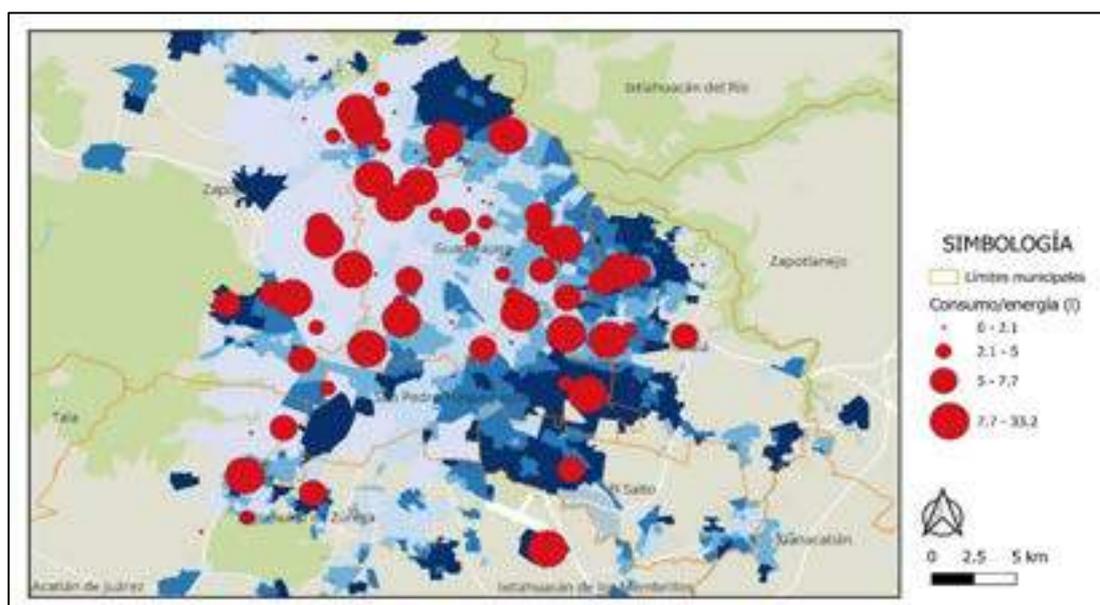
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La salida de materia corresponde a las emisiones de gases generadas por la combustión de energía, como el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>, importantes indicadores del impacto ambiental de la automovilidad escolar. De acuerdo con los datos recopilados, el análisis dio como resultado que en promedio cada vehículo emite 11.9 kg de CO<sub>2</sub> y 1.9 kg de NO<sub>x</sub>. Estas cifras reflejan el impacto significativo que este tipo de automovilidad tiene en la calidad del aire y el medio ambiente en el Área Metropolitana de Guadalajara.

El metabolismo de la automovilidad escolar depende de variables territoriales como; distancias, tiempos, ubicación del hogar y estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Así mismo de variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en el rendimiento de cada vehículo en particular.

### **Ilustración 37.**

*Mapa con los consumos de energía en litros de la automovilidad escolar*

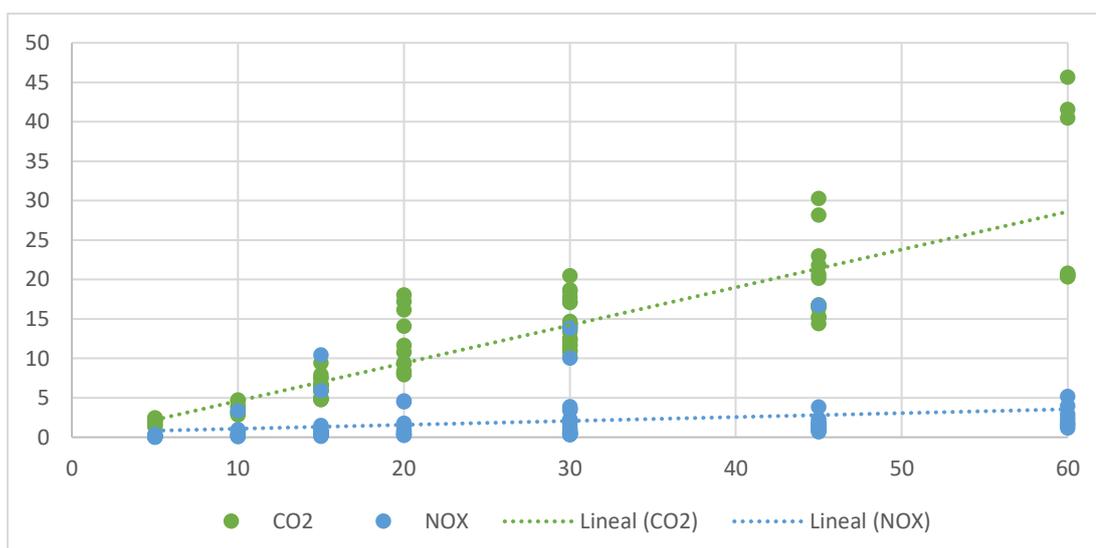


Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Al seguir el principio del metabolismo urbano, toda entrada se corresponde con una salida. En este sentido, la salida del consumo de energía se traduce en la emisión de gases contaminantes. Para la automovilidad escolar, se cuantificaron los principales gases producidos por la combustión de vehículos: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). En promedio, cada desplazamiento en automóvil emitió al día 12.2 kg de CO<sub>2</sub> y 1.9 kg de NO<sub>x</sub>. Ambas cantidades son equiparables a 505.6 kg de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Gráfica 35.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La gráfica anterior representa una comparación de las emisiones en función del tiempo de desplazamiento, lo que permite observar cómo varían las emisiones según el tipo de vehículo utilizado y la duración del trayecto. Por ejemplo, al comparar los resultados de un recorrido de 60 minutos, se observan diferencias significativas en las emisiones generadas. Estos datos demuestran que el tipo de automóvil empleado tiene implicaciones importantes en la automovilidad en términos del metabolismo urbano.

Esta información confirma que los diferentes tipos y categorías de automóviles tienen implicaciones significativas para el metabolismo urbano.

Esto se debe a que, según sus características físicas y mecánicas, los rendimientos pueden variar y, consecuentemente, aumentar no solo el consumo de energía, sino también las emisiones de contaminantes. Esta afirmación se respalda con la siguiente tabla, que muestra cómo las emisiones varían según la categoría de automóvil.

**Tabla 28.**

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad escolar según la categoría de automóvil*

<b>Categoría</b>	<b>Factor de emisión CO2 (g/km)</b>	<b>Factor de emisión NOX (g/km)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Emisión CO2 (kg)</b>	<b>Emisión NOX (kg)</b>
Sedan	173	206	60	11.6	13.8
Hatchback	176	30	60	10.2	1.7
Coupé	170	24	60	10.4	1.4
Van	270	6	60	17	0.3
SUV	297	12	60	18.4	0.7
Pickup	366	6	60	20.4	0.3

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

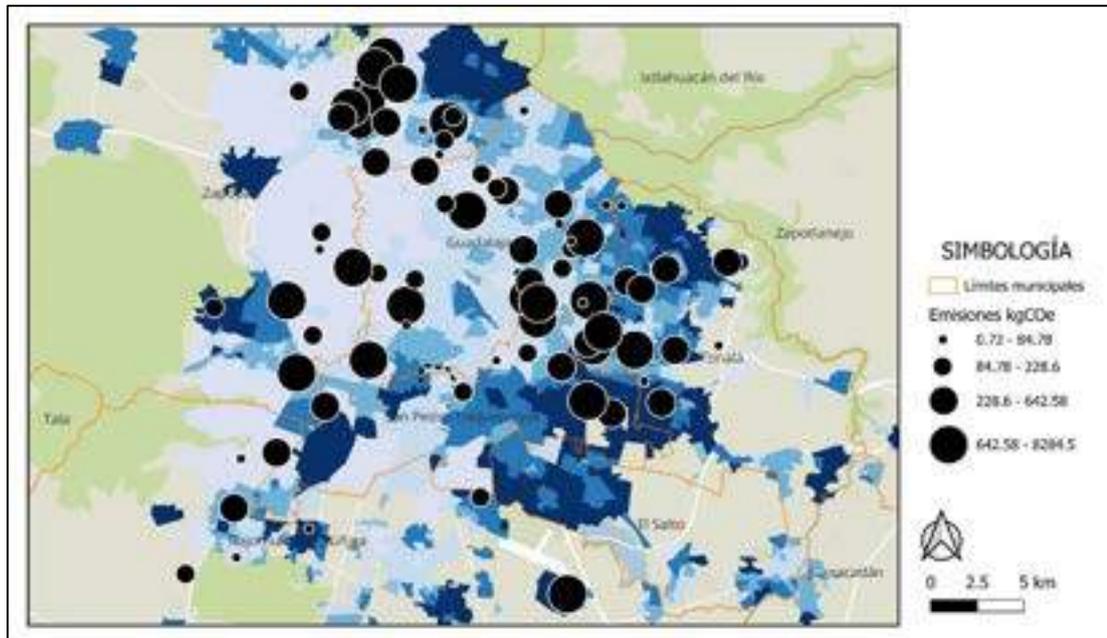
La salida metabólica de la automovilidad escolar al igual que la entrada, depende de las mismas variables territoriales como lo son; distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Y también considera variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en los factores de emisión de cada vehículo en particular.

El siguiente mapa muestra la distribución de los hogares encuestados según el índice de marginación, de acuerdo con la salida metabólica para sus diferentes automovilidades. Es importante volver a recalcar que en un hogar pueden existir más de una automovilidad escolar. Los resultados se

expresan en kgCO<sub>2</sub>e que contabiliza tanto el bióxido de carbono como los óxidos de nitrógeno de las diferentes automovilidades.

### **Ilustración 38.**

*Cantidad de emisiones en kgCO<sub>2</sub>e de las automovilidades escolares*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

### **5.3.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad escolar del Área Metropolitana de Guadalajara**

Con el fin de presentar un modelo de la automovilidad escolar en el AMG, se presenta un análisis a partir de los datos obtenidos en este estudio. Es preciso aclarar que los datos presentados no representan con certeza una muestra general del AMG, debido a que se trabajó con un sector en particular; familias de estudiantes universitarios, no obstante, el ejercicio aquí mostrado nos da una pauta metodológica para la realización de estos análisis.

Estas cifras de consumo ofrecen una perspectiva sobre la demanda energética asociada con la automovilidad escolar en todo el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Si consideramos que de los 832,193 hogares que poseen al menos un automóvil, cada hogar cuenta en promedio

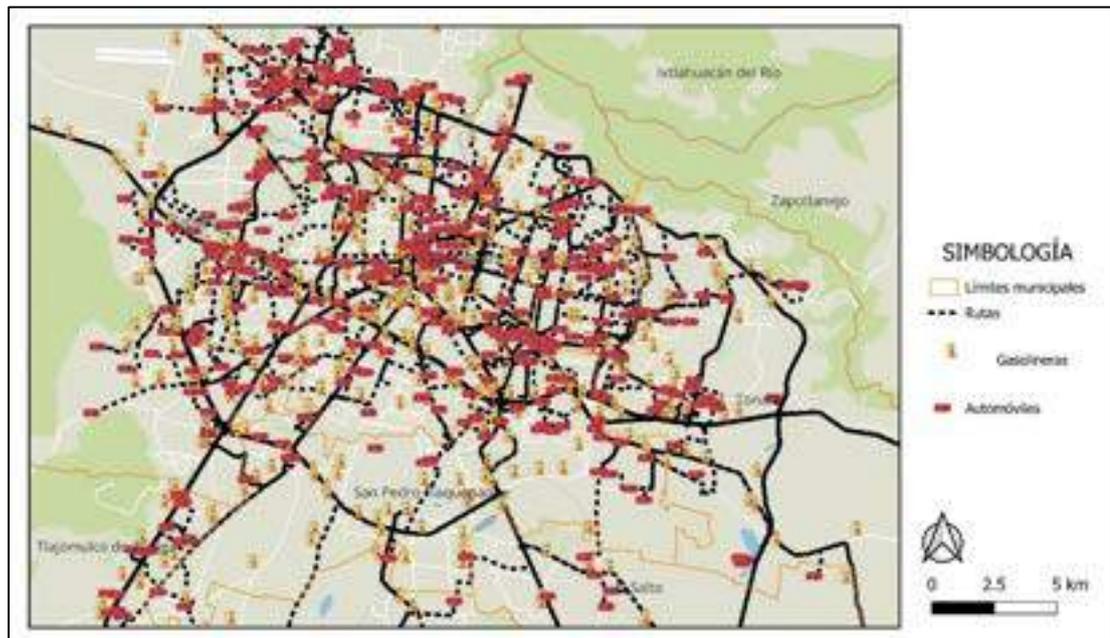
con 1.7 vehículos y que el 49% de estos vehículos se utiliza para automovilidades escolares, se estima que al menos 693,217 automóviles circulan de lunes a viernes en la ciudad con ese propósito.

Para calcular la entrada de energía para la automovilidad escolar, podemos proceder de la siguiente manera: si el promedio de los desplazamientos es de 20 minutos por viaje, lo que significa un total de 40 minutos por día, y cada ciclo de desplazamiento consume 5.2 litros de combustible, entonces la cantidad total de energía consumida sería igual a 3,604,728 litros.

Este cálculo proporciona una estimación importante sobre el consumo de energía asociado con la movilidad escolar, lo que ayuda a comprender mejor su impacto en el consumo total de combustible y en las emisiones de gases de efecto invernadero en el Área Metropolitana de Guadalajara.

### ***Ilustración 39.***

*Mapa del metabolismo de la automovilidad escolar del AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de CRE

El mapa anterior ilustra dos procesos importantes dentro del metabolismo; la distribución y circulación de la energía. En toda el AMG existe una red de estaciones de servicio que encaja perfectamente con la automovilidad escolar, al ubicarse en las principales arterias de la metrópolis. Esta estrategia permite a los usuarios consumir la energía durante sus trayectos.

Con un consumo diario de 3,604,728 litros, esta automovilidad consume el 55% de la gasolina que produce la refinería de Salamanca (véase tabla 24), por consiguiente, el resto de combustible para satisfacer la demanda energética es transportada del puerto de Manzanillo.

Estos datos permiten estimar un total de 693,217 automóviles que circulan de lunes a viernes en la ciudad con fines escolares. La salida metabólica de la automovilidad escolar para el AMG correspondientemente solo al consumo de energía, puede ser equivalente unas 8,457 toneladas de CO<sub>2</sub> y 1,317 toneladas de NO<sub>x</sub>. Ambos contaminantes dan una contaminación equivalente a 350,490 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Para este análisis también se debe considera que el consumo de energía que van de la mano con las emisiones relacionadas a la refinación y transporte del combustible. Para complementar este análisis se cuantificaron dichas emisiones. Como se desconoce la proporción de combustible que llega al AMG, se optó por dividir proporcionalmente la cantidad de los dos suministros, es decir, 50% de las refinerías y 50% del procedente del puerto de Manzanillo.

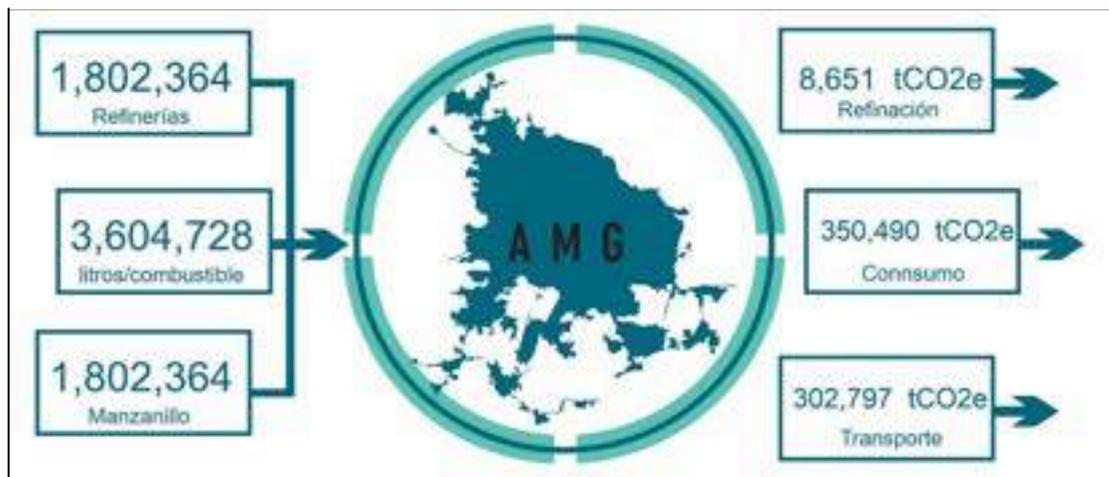
Dicho lo anterior, si el consumo total es de 3,604,728 litros al día, de los cuales 1,802,364 provienen de las refinerías y por cada litro refinado se emiten 4.8 kgCO<sub>2</sub>e, se asume que la automovilidad laboral emite 8,651 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible que consume. Si 1,802,364 litros son transportados desde Manzanillo y cada litro emite 168 kgCO<sub>2</sub>e al ser transportado, la cantidad asociada a la automovilidad laboral por el transporte de combustibles es igual a 302,797 tCO<sub>2</sub>e.

En conclusión, el metabolismo de la automovilidad escolar del AMG se describe de la siguiente manera: la apropiación de recursos proviene del subsuelo a través de pozos petroleros, posteriormente, transportados y procesados en las refinerías de Salamanca y Tula, sin embargo, la producción nacional de hidrocarburos no alcanzan para el consumo del país, por consiguiente, se importan combustibles del extranjero, los cuales llegan al puerto de Manzanillo para posteriormente ser transportados al AMG.

En total la metrópolis consume al día de 3,604,728 litros y emite 350,490 tCO<sub>2</sub>e por el consumo directo del combustible, emite 8,651 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible y 302,797 tCO<sub>2</sub>e por el transporte.

**Ilustración 40.**

*Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

**5.4 Metabolismo de la automovilidad de cuidado**

La automovilidad de cuidado destinada a la compra de alimentos no ocurre de manera concurrente; de acuerdo con los hallazgos de esta investigación, tiende a ocurrir regularmente los fines de semana, con un promedio de una vez por semana, siendo además el desplazamiento más corto en términos de distancias y tiempo, por consiguiente, su consumo de energía es menor en comparación con las movilidades previas.

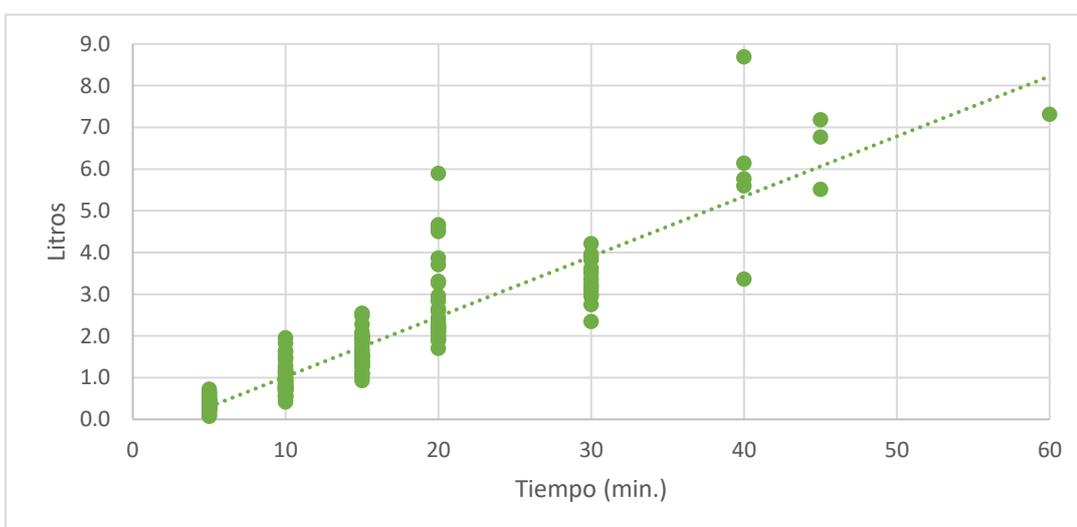
Estas variables de desplazamiento, junto con las características mecánicas de los automóviles, describen el metabolismo de esta forma de automovilidad. Con un solo viaje semanal, tanto el consumo de energía como las emisiones de gases son significativamente menores en comparación con otras formas de automovilidad.

Para esta automovilidad se han considerado las variables de distancia y tiempo de viaje, así como las características de los vehículos utilizados. Comprender cómo estos elementos interactúan y afectan el consumo de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros aspectos es crucial para abordar los desafíos relacionados con la movilidad de cuidado.

Los resultados de la muestra revelan que, en promedio, cada desplazamiento de cuidado para la compra de alimentos consume 1.9 litros de combustible por viaje. La siguiente gráfica ilustra los diferentes consumos según los tiempos de viaje, mostrando variaciones incluso cuando los tiempos son similares, lo cual refleja el rendimiento diferencial de cada categoría de automóvil.

### **Gráfica 36.**

#### *Consumos de combustibles para la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La elección del segmento de vehículo tiene un impacto significativo en el consumo de energía. La gráfica anterior muestra una dispersión de este consumo en relación con la media según el tipo de vehículo. La siguiente tabla presenta estos consumos para automovilidades con desplazamientos de 60 minutos, brindando una visión clara de cómo diferentes tipos de vehículos tienen diferentes niveles de eficiencia energética.

**Tabla 29.**

*Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad de cuidado*

<b>Categoría</b>	<b>Rendimiento (km/l)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Consumo (l)</b>
Sedan	11.3	40	2.2
Hatchback	12.0	40	2.0
SUV	9.8	40	3.3
Pickup	6.3	40	4.7

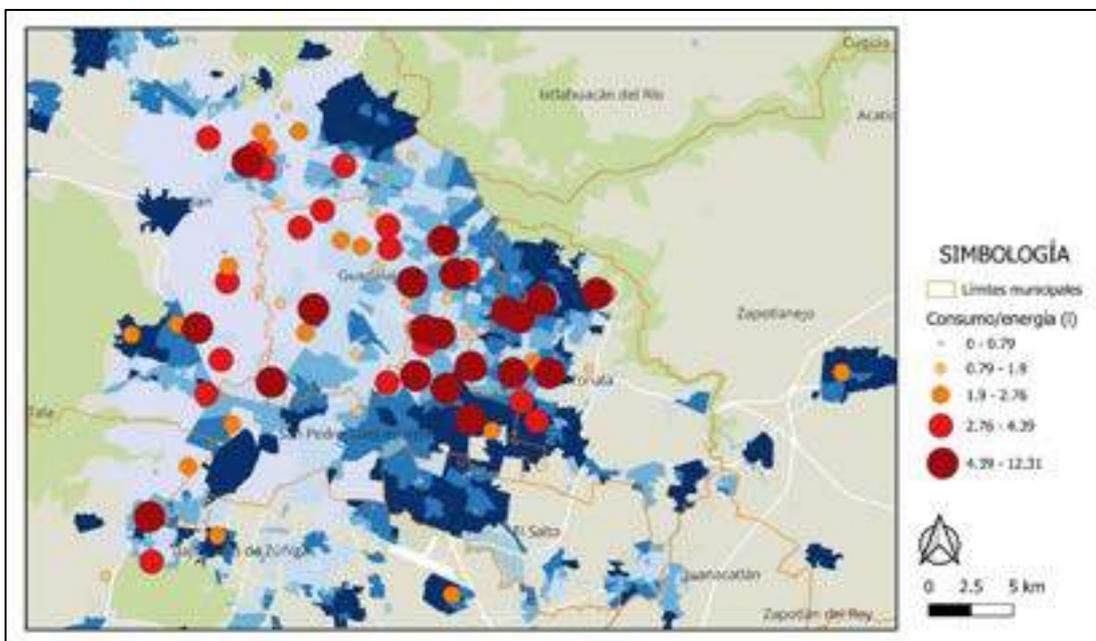
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El metabolismo de la automovilidad de cuidado depende de variables territoriales como lo son; distancia, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con índice de marginación. Y también Variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en el rendimiento de cada vehículo en particular.

En el siguiente mapa se ilustran los diferentes hogares que fueron encuestados y las cantidades de energía que consumen de acuerdo con su automovilidad de cuidado. Cabe resaltar que cada hogar es distinto en cuanto a los patrones de movimiento, no solo en las distancias y categoría de automóviles sino también en la cantidad de viajes que realiza en determinado tiempo.

### **Ilustración 41.**

*Mapa con los consumos de energía para la automovilidad de cuidado*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

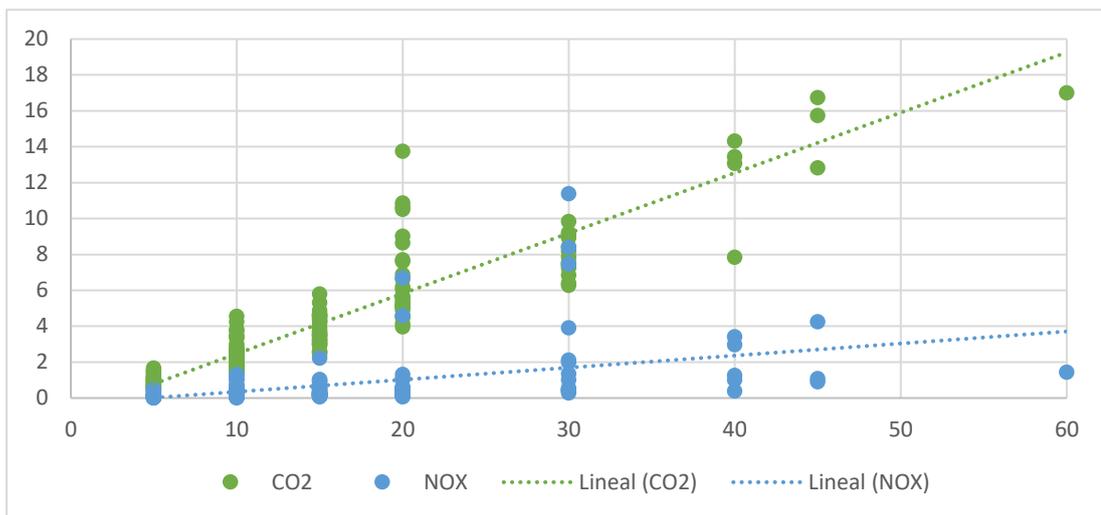
De al principio del metabolismo urbano, una vez que la energía es degradada por la automovilidad, tiende a salir del sistema. Entonces la salida del consumo de energía se traduce en la emisión de gases contaminantes. Para este estudio, se ha cuantificado dos gases producidos por la combustión de vehículos: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). El resultado ha dado en promedio por cada automovilidad al día 4.3 kg de CO<sub>2</sub>, 0.7 kg de NO<sub>x</sub>. Ambos contaminantes sumados son iguales a 190 kg de CO<sub>2</sub>e.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, esta variación en las emisiones refleja la diversidad en los patrones de movilidad y los tipos de automóviles utilizados. Las emisiones, al igual que el consumo, varían considerablemente según el tipo de vehículo utilizado. Por ejemplo, al comparar los resultados de un recorrido de 40 minutos, se observan diferencias significativas en las emisiones generadas. Estos datos

demuestran que el tipo de automóvil empleado tiene implicaciones importantes en la automovilidad en términos del metabolismo urbano.

**Gráfica 37.**

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de cuidado*



Fuente: Elaboración propia

Las emisiones para esta automovilidad varían considerablemente según el tipo de vehículo utilizado. Al comparar de los automóviles anteriores se observan diferencias significativas en las emisiones generadas. Estos datos demuestran que el tipo de automóvil empleado tiene implicaciones importantes en la automovilidad en términos del metabolismo urbano.

**Tabla 30.**

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de cuidado según la categoría de automóvil*

Categoría	Factor de emisión CO2 (g/km)	Factor de emisión NOX (g/km)	Tiempo (min.)	Emisión CO2 (kg)	Emisión NOX (kg)
Sedan	205	3	40	5.1	0.1
Hatchback	194	194	40	4.5	4.5
SUV	237	17	40	7.7	0.5



#### **5.4.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad de cuidado del Área Metropolitana de Guadalajara**

El ejercicio del análisis de la automovilidad de cuidado permite desarrollar un modelo de estimación del metabolismo de la automovilidad a escala metropolitana. Sin embargo, los resultados pueden ser diferentes a lo que sucede en la realidad, debido a que se trabajó con un sector en especial, familias de estudiantes universitarios, no obstante, el ejercicio aquí mostrado nos da una pauta metodológica para la realización de este tipo de análisis.

Se ha empleado el modelo conocido como *de abajo hacia arriba*. Este modelo metodológico comúnmente es el más difícil de determinar, por la complejidad individual que existe en los sistemas urbanos, sin embargo, suele ser el más preciso y confiable al cuantificar los flujos metabólicos de una ciudad o sociedad.

Si extrapolamos estos datos al conurbano metropolitano, donde 832,193 hogares poseen al menos un automóvil, y cada hogar cuenta en promedio con 1.7 vehículos, y considerando que el 96% de estos vehículos se utiliza para automovilidades de cuidado, se estima que al menos 1,358,138 automóviles circulan al menos una vez por semana, o 194,019 unidades por día en la ciudad con ese propósito.

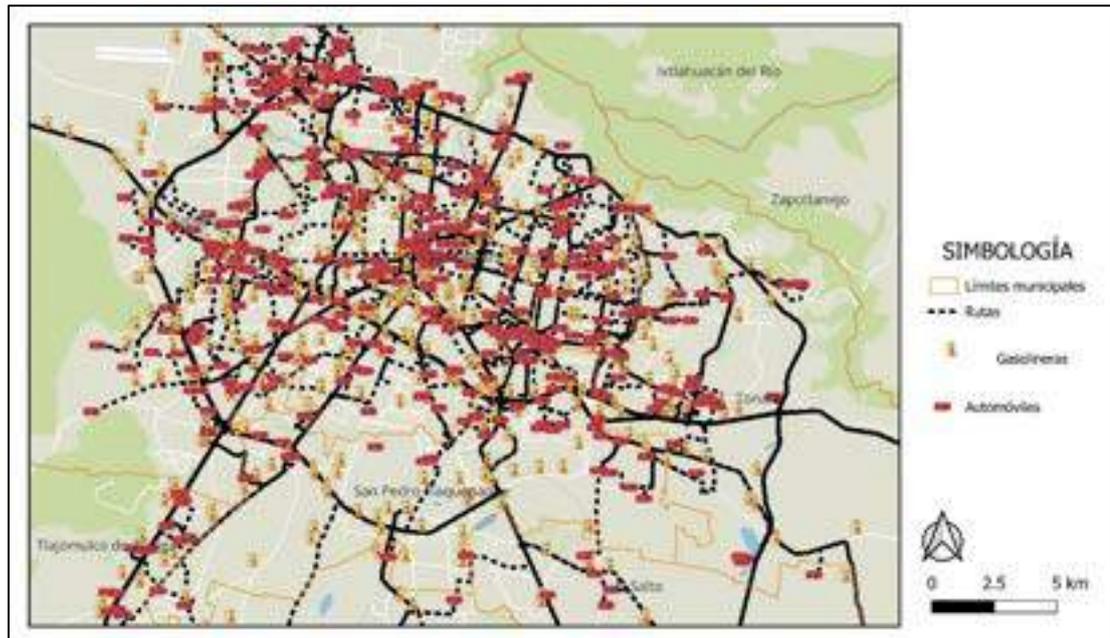
Ahora bien, si en promedio los desplazamientos son de 15 minutos por trayecto y 30 minutos por viaje, con un consumo promedio de 1.9 litros, el resultado se estima en un consumo de energía de 368,636 litros por día. Este consumo es significativamente menor en comparación con las automovilidades laborales y escolares, que rebasan los 3 millones de litros consumidos al día. Este consumo representa el 9% del consumo de la automovilidad laboral

El metabolismo de la automovilidad de cuidado, se basa en la circulación de la energía, para ello los usuarios deben abastecer de este recurso, es decir necesitan de estaciones de servicio y en este sentido en la

metrópolis existe una red articulada de gasolineras, que se ubican sobre arterias y avenidas, donde también se ubican los comercios.

### **Ilustración 43.**

*Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El mapa anterior ilustra esos dos procesos importantes dentro del metabolismo; la distribución y circulación de la energía. En términos del metabolismo urbano esta cantidad de vehículos circulando en la ciudad con promedio de 15 minutos por viaje, representa el menor porcentaje de consumo de la automovilidad cotidiana. Su consumo de 368,636 litros por día representa el 5.5% de la gasolina que produce la refinería de Salamanca.

Metabólicamente 194,019 automóviles que circulan diariamente en la ciudad con propósitos de cuidado tienen una salida para el AMG correspondiente solo al consumo de energía a 834 toneladas de CO<sub>2</sub> y 135 toneladas de NO<sub>x</sub>. Ambos contaminantes dan una contaminación equivalente a 36,961 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Para complementar de mejor manera el metabolismo de esta automovilidad se deben contabilizar las emisiones relacionadas a la refinación y transporte del combustible. Para fortalecer este análisis se cuantificaron dichas emisiones. Como se desconoce la proporción de combustible que llega al AMG, se optó por dividir proporcionalmente la cantidad de los dos suministros, es decir, 50% de las refinerías y 50% del procedente del puerto de Manzanillo.

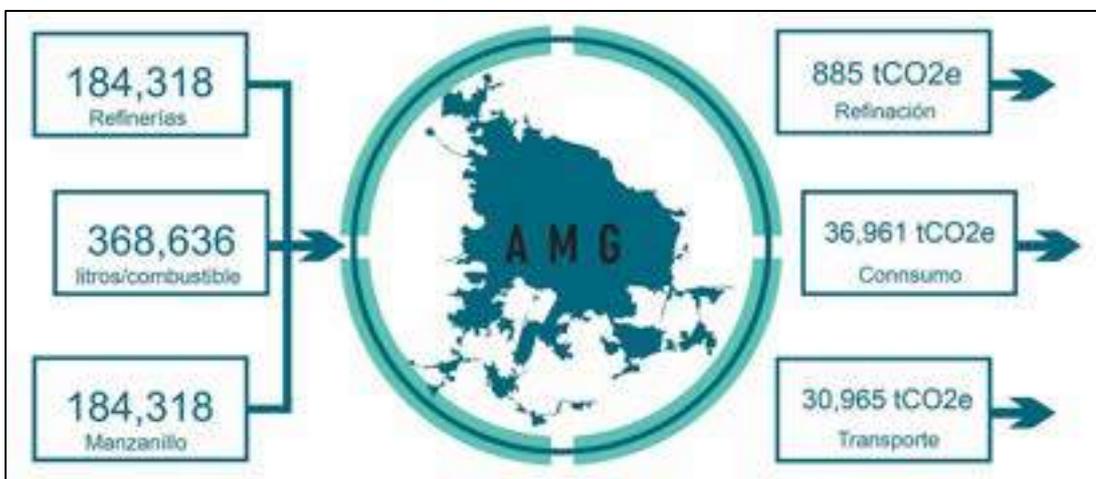
Dicho lo anterior, si el consumo total es de 368,636 litros al día, de los cuales 184,318 provienen de las refinerías y por cada litro refinado se emiten 4.8 kgCO<sub>2</sub>e, se asume que la automovilidad de cuidado emite 885 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible que consume. Si 184,318 litros son transportados desde Manzanillo y cada litro emite 168 kgCO<sub>2</sub>e al ser transportado, la cantidad asociada a la automovilidad laboral por el transporte de combustibles es igual a 30,965 tCO<sub>2</sub>e.

En conclusión, el metabolismo de la automovilidad laboral del AMG se describe de la siguiente manera: la apropiación de recursos proviene del subsuelo a través de pozos petroleros, posteriormente, transportados y procesados en las refinerías de Salamanca y Tula, sin embargo, la producción nacional de hidrocarburos no alcanzan para el consumo del país, por consiguiente, se importan combustibles del extranjero, los cuales llegan al puerto de Manzanillo para posteriormente ser transportados al AMG.

En lo concerniente a la automovilidad de cuidado para la compra de alimentos, la metrópolis consume al día 368,636 litros y emite 36,961 tCO<sub>2</sub>e por el consumo directo del combustible, emite 885 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible y 30,965 tCO<sub>2</sub>e por el transporte. Es una de las actividades reproductivas que tiene menor impacto en términos del metabolismo urbano, a pesar de que los resultados anteriores son por día (se divido entre 7), se debe considerar que esta automovilidad por lo general ocurre una vez por semana.

#### **Ilustración 44.**

#### *Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

#### **5.5 Metabolismo de la automovilidad de ocio**

El metabolismo de la automovilidad de ocio representa los consumos de energía y emisiones asociadas a desplazamientos para realizar actividades de esparcimiento personal y familiar. Los hallazgos de la investigación muestran que, en promedio, las personas realizan actividades de ocio dos veces por semana.

Para determinar el metabolismo se han considerado las variables; distancia y tiempo de viaje, así como en las características de los vehículos utilizados. Comprender cómo estos elementos interactúan y afectan el consumo de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros aspectos es crucial para abordar los desafíos relacionados con la movilidad de ocio.

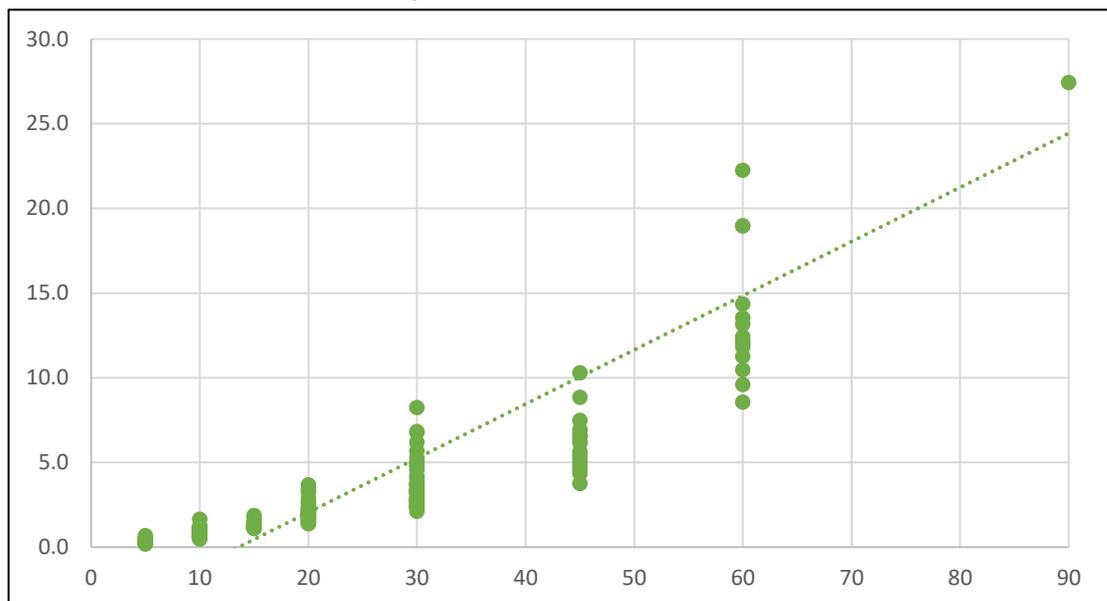
Al analizar las variables de distancia y el tiempo de viaje, junto con las especificaciones técnicas de los vehículos se pueden cuantificar los diferentes consumos asociados a esta automovilidad. Los resultados obtenidos revelan que en promedio cada automovilidad de ocio consume 4 litros por viaje. Al analizar la muestra se comprueba que el consumo varía

significativamente según factores clave como la distancia recorrida, el tiempo de viaje y la categoría de vehículo utilizado.

No todas las automovilidades de ocio presentan las mismas características, por tanto, no se pueden generalizar. La siguiente gráfica muestra los consumos de energía y se expone la dispersión de los mismos. A pesar de que un grupo de automovilidades presenten el mismo tiempo se observa que el consumo varía. Esta disimilitud en consumo depende de las características mecánicas de cada automóvil, por consiguiente, vehículos con mayor potencia mecánica y masa tienen mayores implicaciones en términos del metabolismo urbano.

### **Gráfica 38.**

*Consumos de combustibles para la automovilidad escolar*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Esta variación destaca la importancia del tipo de vehículo en el metabolismo de la automovilidad en términos de consumos. Los vehículos más grandes tienden a consumir más combustible debido a su mayor peso y tamaño, mientras que los más pequeños suelen tener un rendimiento de combustible más eficiente.

Al comparar una muestra de automóviles con el mismo tiempo de viaje se puede observar claramente como las características mecánicas de cada vehículo son diferente de acuerdo con su segmento y por esa razón presentan diferentes consumos de energía. Por ejemplo, un recorrido de 40 minutos puede resultar en diferentes consumos, dependiendo del rendimiento de cada automóvil, ya sea sedán, SUV, hatchback, van o pickup.

**Tabla 31.**

*Consumos de energía según la categoría de automóvil para la automovilidad de ocio*

<b>Categoría</b>	<b>Rendimiento (km/l)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Consumo (l)</b>
Sedan	11.2	40	2.1
Hatchback	10.0	40	2.1
Van	8.6	40	2.8
SUV	13.8	40	1.9
Pickup	10.3	40	1.9

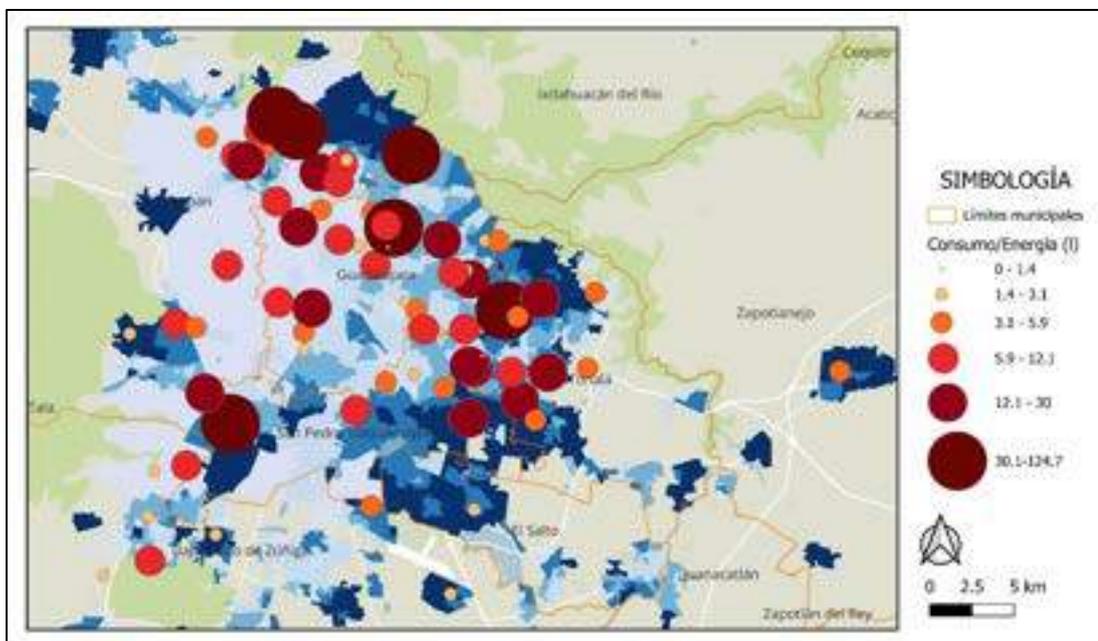
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El metabolismo de la automovilidad cotidiana depende de variables territoriales como lo son: distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Y así mismo de variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en el rendimiento de cada vehículo en particular.

El siguiente mapa muestra los hogares encuestados y las cantidades de energía consumidas para su automovilidad de ocio se observa que no todos los hogares consumen las mismas cantidades, estos varían de acuerdo con las variables descritas, y muestran las desigualdades que existen en cada hogar de acuerdo con sus perfiles socioeconómicos.

### **Ilustración 45.**

*Cantidad de emisiones en kgCO<sub>2</sub>e de la automovilidad de ocio*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

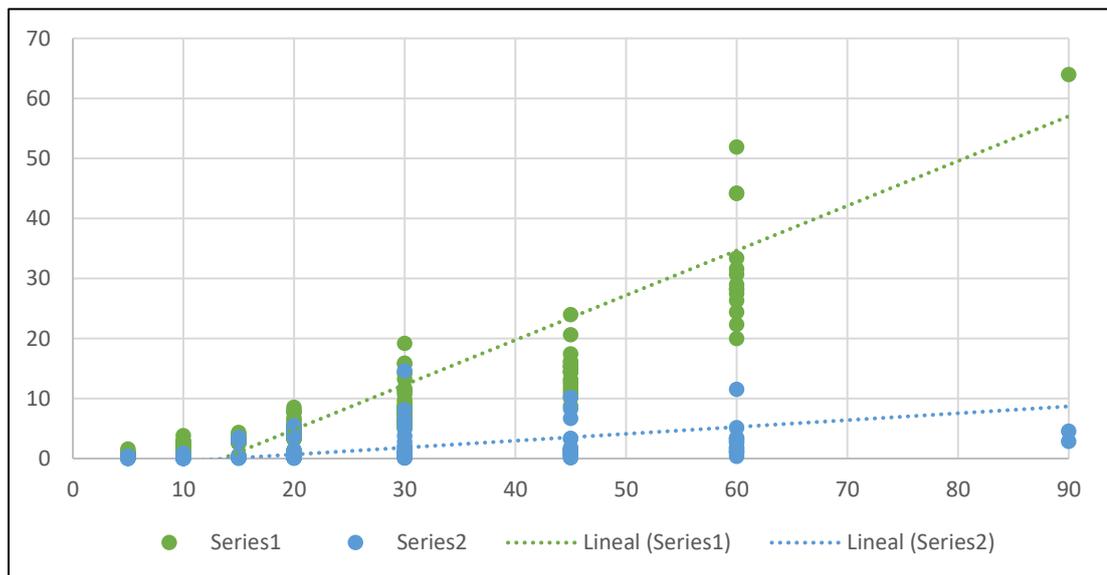
La salida metabólica de la automovilidad cotidiana al igual que la entrada, depende de variables territoriales como lo son; distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Y también hay que considerar las variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en los factores de emisión de cada vehículo en particular.

La salida de materia corresponde a las emisiones de gases generadas por la combustión de energía, como el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>, importantes indicadores del impacto ambiental de la automovilidad de ocio. De acuerdo con los datos recopilados, el análisis dio como resultado que en promedio cada vehículo emite 14.7 kg de CO<sub>2</sub> y 2.1 kg de NO<sub>x</sub>. Ambas cantidades son equiparables a 595.6 kg de CO<sub>2</sub> equivalente. Estas cifras reflejan el impacto significativo que este tipo de automovilidad tiene en la calidad del aire y el medio ambiente en el Área Metropolitana de Guadalajara

En la siguiente gráfica se ilustra una comparación de las emisiones en función del tiempo de desplazamiento, lo que permite observar cómo varían las emisiones de CO2 y NOX según el tipo de vehículo utilizado y la duración del trayecto. Por ejemplo, al comparar los resultados de un recorrido de 40 minutos, se observan diferencias significativas en las emisiones generadas. Estos datos demuestran que el tipo de automóvil empleado tiene implicaciones importantes en la automovilidad en términos del metabolismo urbano.

Gráfica 39.

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de ocio*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Esta información confirma que los diferentes tipos y categorías de automóviles tienen implicaciones significativas para el metabolismo urbano. Esto se debe a que, según sus características físicas y mecánicas, los rendimientos pueden variar y, consecuentemente, aumentar no solo el consumo de energía, sino también las emisiones de contaminantes. Esta afirmación se respalda con la siguiente tabla, que muestra cómo las emisiones varían según la categoría de automóvil.

**Tabla 32.**

*Emisiones de CO2 y NOX para la automovilidad de ocio según la categoría de automóvil*

<b>Categoría</b>	<b>Factor de emisión CO2 (g/km)</b>	<b>Factor de emisión NOX (g/km)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Emisión CO2 (kg)</b>	<b>Emisión NOX (kg)</b>
Sedan	208	55	40	5.0	1.3
Hatchback	232	17	40	4.9	0.3
Van	270	6	40	6.7	0.1
SUV	168	7	40	4.4	0.1
Pickup	258	267	40	5.2	5.4

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La tabla anterior compara las emisiones de acuerdo con las diferentes categorías de automóviles registrados durante el estudio. Como se puede observar, al realizar una comparativa con los mismos tiempos de traslados, las emisiones de una categoría a otra varían significativamente, por consiguiente, el tipo de automóvil es una variable importante en términos del metabolismo urbano y de las implicaciones ambientales que derivan de tales efectos.

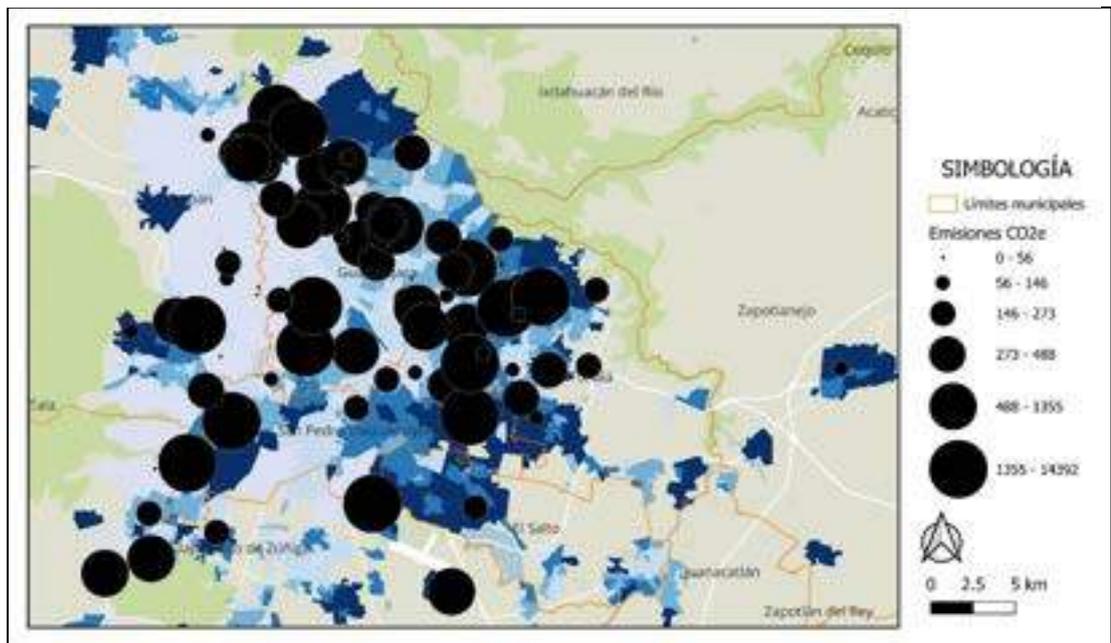
La salida metabólica de la automovilidad de ocio al igual que la entrada, depende de variables territoriales como lo son; distancias, tiempo, ubicación del hogar, estructura urbana que se puede medir de acuerdo con el índice de marginación. Además se deben considerar variables mecánicas de los automóviles, como tamaño, peso, potencia del motor, aerodinámica que se sintetiza en los factores de emisión de cada vehículo en particular.

El siguiente mapa muestra la distribución de los hogares encuestados según el índice de marginación, de acuerdo con la salida metabólica para sus diferentes automovilidades de ocio. Es importante volver a recalcar que en un hogar pueden existir más de una automovilidad de ocio. Los resultados

se expresan en kgCO<sub>2</sub>e que contabiliza tanto el bióxido de carbono como los óxidos de nitrógeno de las diferentes automovilidad.

**Ilustración 46.**

*Cantidad de emisiones en kgCO<sub>2</sub>e para la automovilidad de ocio*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

**5.5.1 Modelo de metabolismo aplicado a la automovilidad laboral del Área Metropolitana de Guadalajara**

El ejercicio del análisis de la automovilidad de ocio permite desarrollar un modelo de estimación del metabolismo de la automovilidad a escala metropolitana. Sin embargo, los resultados pueden ser diferentes a lo que sucede en la realidad, debido a que se trabajó con un sector en especial; familias de estudiantes universitarios, no obstante, el ejercicio aquí mostrado nos da una pauta metodológica para la realización de este tipo de análisis.

Se ha empleado el modelo conocido como *de abajo hacia arriba*. Este modelo metodológico que comúnmente es el más difícil de determinar, por la complejidad individual que existe en los sistemas urbanos, sin embargo,

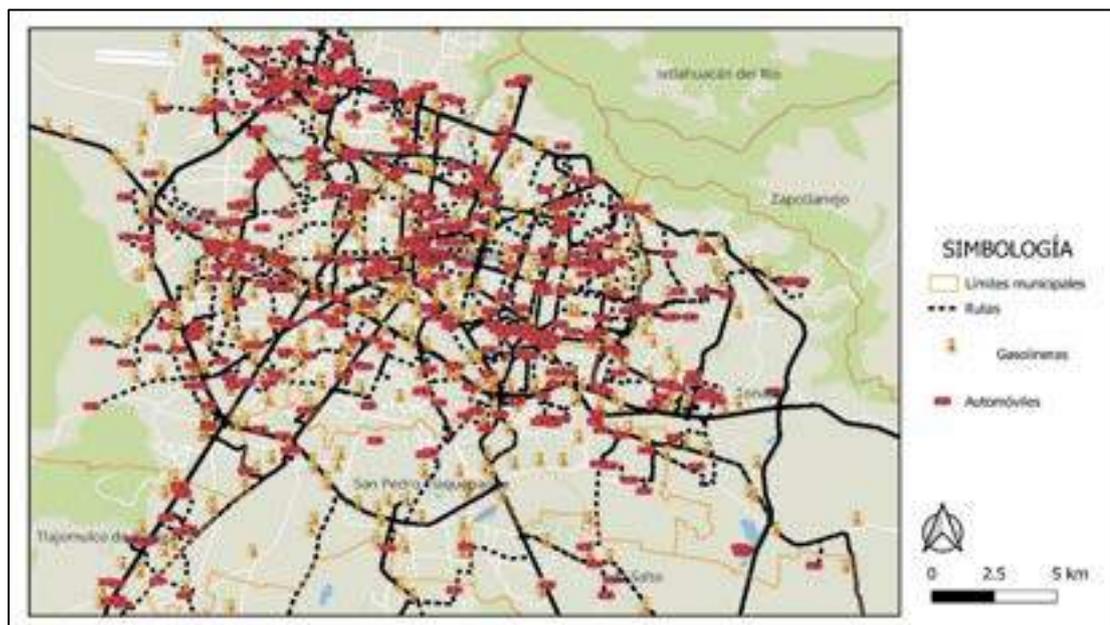
suele ser el más preciso y confiable al cuantificar los flujos metabólicos de una ciudad o sociedad.

Si estos datos se extrapolaran al AMG en donde 832,193 hogares cuentan con al menos un automóvil, y cada hogar posee en promedio 1.7 vehículos y que el 95% de estos vehículos se utiliza para automovilidades de ocio, se estima que 1,343,991 automóviles circulan al menos dos veces por semana en la ciudad con ese propósito, de igual manera se podría expresar que 383,997 unidades circulan diariamente, dividiendo el total de automóviles entre los siete días de la semana.

Si en promedio los viajes de esta automovilidad son de 52 minutos con un consumo de 4 litros, la demanda de energía asociada sería de 1,535,988 litros al día. Este cálculo proporciona una estimación importante sobre el consumo de energía asociado con la movilidad de ocio, lo que ayuda a comprender mejor su impacto en el consumo total de combustible y en las emisiones de gases de efecto invernadero en el Área Metropolitana de Guadalajara.

#### ***Ilustración 47.***

*Mapa del metabolismo de la automovilidad laboral del AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

El mapa anterior ilustra dos procesos importantes dentro del metabolismo; la distribución y circulación de la energía. En toda el AMG existe una red de estaciones de servicio que encaja perfectamente con la automovilidad, al ubicarse en las principales arterias de la metrópolis, no solo dentro de la urbe, sino también en las vías que conectan la ciudad con otros territorios a donde las personas suelen asistir con fines recreativos. Esta estrategia permite a los usuarios consumir la energía durante sus trayectos.

En términos del metabolismo urbano esta cantidad de vehículos circulando en la ciudad con promedio de 52 minutos por viaje, representa el mayor consumo de energía per cápita, afortunadamente es una movilidad de fines de semana, por esa razón no refleja grandes consumos a escala metropolitana. Su consumo de 1,535,988 litros por día representan el 23% de la gasolina que produce la refinería de Salamanca.

Al seguir el mismo análisis, con una estimación de 383,997 automóviles circulan diario con propósitos de ocio. La salida metabólica de la automovilidad laboral para el AMG correspondientemente solo al consumo de energía, puede ser equivalente unas 5,645 toneladas de CO<sub>2</sub> y 806 toneladas de NO<sub>x</sub>. Ambos contaminantes dan una contaminación equivalente a 228,708 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Para complementar de mejor manera el metabolismo de esta automovilidad se deben contabilizar las emisiones relacionadas a la refinación y transporte del combustible. Para integrar este análisis se cuantificaron dichas emisiones. Como se desconoce la proporción de combustible que llega al AMG, se optó por dividir proporcionalmente la cantidad de los dos suministros, es decir, 50% de las refinerías y 50% del procedente del puerto de Manzanillo.

Dicho lo anterior, si el consumo total es de 1,535,988 litros al día, de los cuales 767,994 provienen de las refinerías y por cada litro refinado se emiten 4.8 kgCO<sub>2</sub>e, se asume que la automovilidad laboral emite 3,686 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible que consume. Si 767,994 litros son

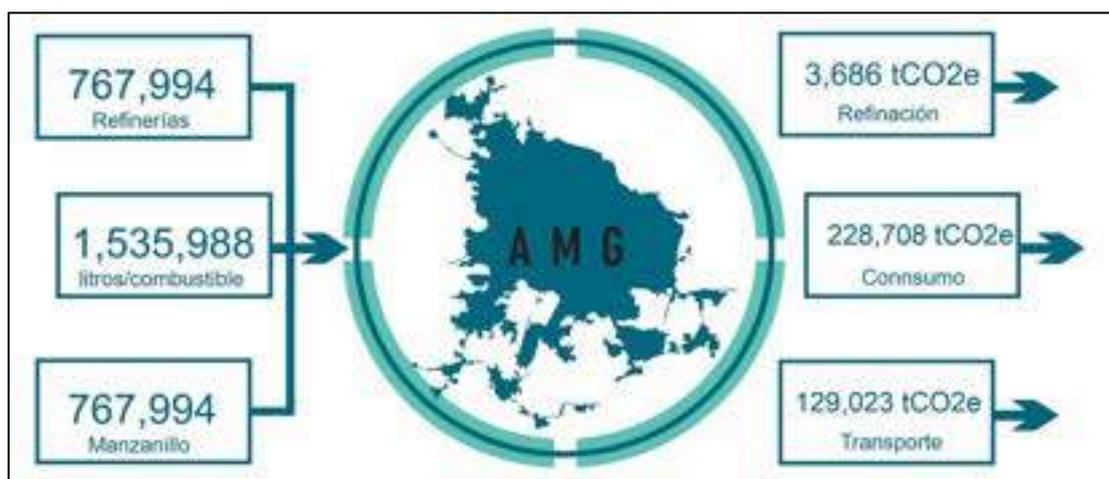
transportados desde Manzanillo y cada litro emite 168 kgCO<sub>2</sub>e al ser transportado, la cantidad asociada a la automovilidad laboral por el transporte de combustibles es igual a 129,023 tCO<sub>2</sub>e.

En conclusión, el metabolismo de la automovilidad de ocio del AMG se describe de la siguiente manera: la apropiación de recursos proviene del subsuelo a través de pozos petroleros, posteriormente, transportados y procesados en las refinerías de Salamanca y Tula, sin embargo, la producción nacional de hidrocarburos no alcanzan para el consumo del país, por consiguiente, se importan combustibles del extranjero, los cuales llegan al puerto de Manzanillo para posteriormente ser transportados al AMG.

En total la metrópolis para sus movilidades de ocio consume al día 1,535,988 litros y emite 228,708 tCO<sub>2</sub>e por el consumo directo del combustible, emite 3,686 tCO<sub>2</sub>e por la refinación del combustible y 129,023 tCO<sub>2</sub>e por el transporte. Es una de las actividades sociales que tiene mayor impacto en términos del metabolismo urbano per cápita, afortunadamente esta actividad solo sucede dos veces por semana.

**Ilustración 48.**

*Esquema del metabolismo de la automovilidad laboral para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

**Capítulo VI.**  
**Análisis de los impactos socio-ambientales de la  
automovilidad cotidiana del Área Metropolitana de  
Guadalajara**

En este último capítulo, se abordan los impactos sociales y ambientales de la automovilidad cotidiana, respondiendo así a la última pregunta de investigación planteada al inicio del documento: ¿Cuáles son los impactos socio-ambientales de la automovilidad cotidiana? Además, en este apartado se agregan conclusiones que son importante resaltar en este análisis.

En la primera sección, se reconocen las desigualdades sociales y territoriales que existen en el marco de las automovilidades cotidianas. Aunque el uso del automóvil ofrece ventajas de accesibilidad, estas no se presentan de la misma manera para todos los usuarios. El análisis cuantitativo y cartográfico reveló desigualdades basadas en diferentes perfiles socioeconómicos en relación con las automovilidades cotidianas.

Además, aunque no fue el foco principal del estudio, se plantean las desigualdades que afectan a quienes no son usuarios del automóvil. El diseño de la ciudad, que favorece el modelo de automovilidad, excluye a estos no usuarios, quienes enfrentan mayores dificultades para llevar a cabo sus movilidades cotidianas.

Una segunda sección describe los impactos ambientales vinculados a la automovilidad cotidiana. Primero, se abordan los efectos globales provocados por las emisiones de gases contaminantes. Utilizando el indicador de huella de carbono, se visibiliza el impacto de estas automovilidades como contribuyentes al cambio climático a nivel metropolitano.

También se reconoce el efecto isla de calor como parte de los impactos locales derivados de las emisiones. Este análisis demuestra la relación entre la contaminación y el aumento de la temperatura superficial. Se compararon dos periodos: el año 2020, cuando las automovilidades cotidianas disminuyeron considerablemente debido a las restricciones de la pandemia, y el año 2023, el más cercano a este estudio. Se demostró que una disminución de la concentración de contaminantes beneficia directamente el clima urbano.

## **6.1 Impactos sociales de la automovilidad cotidiana**

La automovilidad, como se ha descrito en el capítulo II de este estudio, ha generado impactos sociales significativos. Ahora bien, la automovilidad cotidiana no es la excepción; el uso del automóvil se da en el marco de un contexto urbano desigual. Visibilizar su impacto social es la primera acción que se debe realizar para, posteriormente, crear estrategias que permitan minimizar tales efectos.

El análisis cartográfico de esta investigación ha demostrado que el uso del automóvil ha llevado a una desigualdad social, ya que los sectores con un índice de marginación bajo, relacionado con ingresos más altos, gozan de mejor acceso a infraestructuras viales y servicios. Por otro lado, los hogares de menores ingresos, aun formando parte de la automovilidad, enfrentan mayores desafíos debido a la menor infraestructura vial. Sin dejar de lado que muchas personas dependen exclusivamente del transporte público, que, además de tener una cobertura insuficiente, sufre del intenso tráfico causado por los usuarios de automóviles.

El aumento de la congestión vehicular obstruye las vías de circulación y afecta tanto a quienes forman parte del sistema de automovilidad como a quienes no. Estas afectaciones repercuten en la calidad de vida de los ciudadanos, con implicaciones económicas debido a la pérdida de tiempo en sus viajes y al aumento de los costos asociados con el transporte por el aumento de los tiempos en el tráfico que se resume en más consumo de energía.

Asimismo, el crecimiento en el uso del automóvil incrementa las emisiones de gases, contribuyendo al cambio climático cuyos estragos son palpables con el paso de los años. Además, la contaminación del aire genera efectos adversos en la salud pública, ocasionando enfermedades respiratorias, reduciendo la esperanza de vida y provocando muertes prematuras.

Para abordar estos problemas, es crucial implementar políticas que fomenten el uso de medios de transporte masivos y no motorizados. Estas políticas deben ser inclusivas y considerar las necesidades de todos los grupos sociales para promover una movilidad urbana más equitativa y sustentable. Además, la educación y la concienciación sobre los beneficios de reducir la dependencia del automóvil pueden jugar un papel crucial en cambiar los hábitos de movilidad de la población. Y en este sentido el análisis del metabolismo puede contribuir en esa concientización que tanto se necesita.

### **6.1.1 Desigualdades sociales al margen de la infraestructura pública**

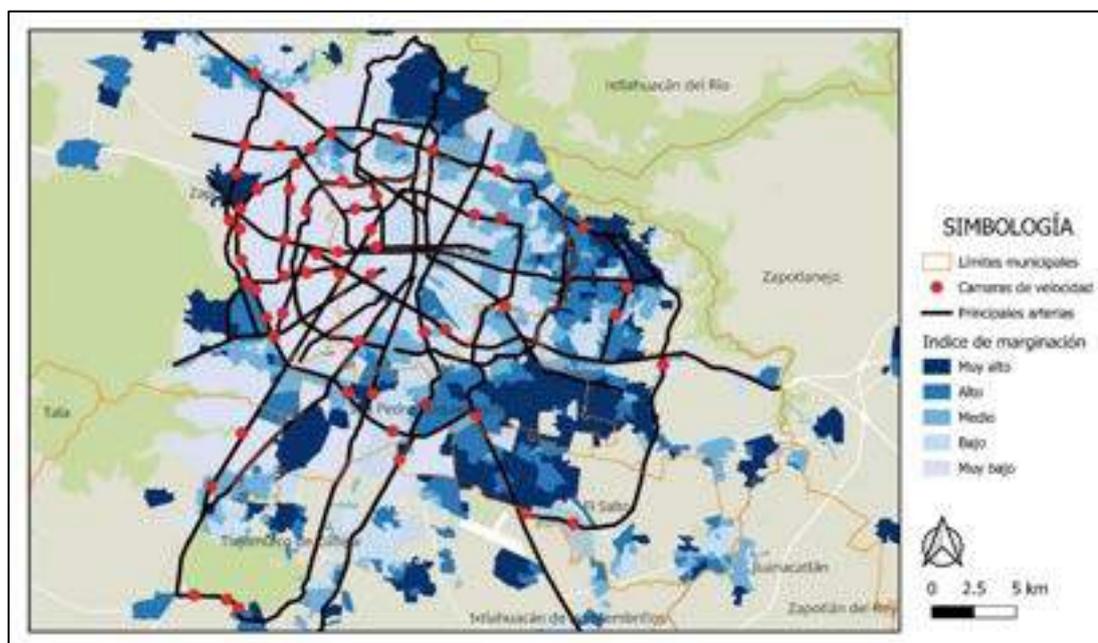
La automovilidad no solo hace referencia al uso del automóvil, sino que está ligada al entorno urbano que permite que los automóviles puedan circular por la ciudad. Es decir, la automovilidad comprende una serie de infraestructuras. En esta idea, el Área Metropolitana de Guadalajara se ha desarrollado al margen de la infraestructura vial. Desafortunadamente, no se ha gestado de igual manera en todos los municipios.

En el siguiente mapa se muestra cómo la estructura vial del AMG está ampliamente desarrollada en los municipios con mayor consolidación social y económica, como Guadalajara y Zapopan. Asimismo, se aprecia cómo se ha implementado el sistema de control de velocidad, mejor conocido como foto infracciones. Ambas características son indicadores del desarrollo de la infraestructura vial en estos municipios.

El programa de foto infracciones opera y monitorea 63 radares distribuidos en seis municipios: Guadalajara con 18, Zapopan con 28, Tlajomulco con 4, Tlaquepaque con 7, Tonalá con 4 y El Salto con 2 (Gobierno de Jalisco, 2024). Más allá de los propósitos de control de velocidades, este programa es parte de la automovilidad y refleja las desigualdades socio-territoriales en materia de infraestructura urbana.

### **Ilustración 49.**

*Mapa del AMG con las principales arterias metropolitanas y cámaras de velocidad*



Fuente: Elaboración propia con datos de Visor Logístico, Gobierno de Jalisco, 2024

Así mismo en el mapa se observa como la infraestructura está ampliamente desarrollada en zonas con baja marginación y menos desarrollada en alta marginación. Esto implica que quienes viven en zonas con alta marginación encuentren mayores dificultades para sus automovilidad cotidianas. Sin olvidar de aquellos que no pertenecen a la automovilidad, quienes enfrentan mayores retos para desarrollar sus actividades cotidianas. Estos desafíos no solo están relacionados con la falta de infraestructura urbana, sino también con las limitaciones del transporte público.

Estas y otras asignaciones presupuestarias dirigidas a grupos socioeconómicos de baja marginación comúnmente se centran en la mejora de la infraestructura urbana. Como resultado, las dependencias encargadas de la obra pública invierten cantidades significativas en estas vialidades con

el objetivo de proporcionar mejores servicios, lo que conduce a un aumento de las desigualdades sociales en términos de infraestructura urbana.

El Estado también se suma a la cultura de la automovilidad y contribuye a las desigualdades. Esto se debe a que es el responsable de la construcción de las vías de circulación. En otras palabras, para cumplir con estas funciones, el gobierno asigna el presupuesto de la sociedad principalmente a un solo sector que utiliza el automóvil, descuidando así a otros sectores que también tienen derecho a contar con infraestructura vial adaptada a otros sistemas de transporte.

De acuerdo con el presupuesto que el Gobierno de Jalisco destina a la infraestructura y obra pública, la mayor proporción se destina al rubro de conservación, reconstrucción y construcción de la red carretera estatal. Este rubro ha experimentado un aumento presupuestario constante y, para el año 2023, representó el 34.4% del presupuesto total. En cambio, el presupuesto destinado a la infraestructura para la movilidad sustentable solo ha experimentado aumentos en los años 2002 y 2003 debido a las obras relacionadas con las líneas del tren ligero. Sin embargo, para el año 2024, este presupuesto ha disminuido (Nuestro Presupuesto, 2024).

**Tabla 33.**

*Presupuesto para la infraestructura y obra pública de Jalisco 2023*

<b>Programa</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Porcentaje</b>
Conservación, reconstrucción y construcción de la red carretera estatal.	4,467,738,005	34%
Fondo Complementario para el Desarrollo Regional (FONDEREG)	500,000,000	3.8%
Fondo Común Concursable para la Infraestructura (FOCOCI)	500,000,000	3.8%

Fondo de Infraestructura Social para las Entidades (FISE)	334,289,449	2.6%
Infraestructura para la movilidad sustentable	1,861,091,865	14.3%
Infraestructura para la salud	1,197,500,000	9.2%
Infraestructura y equipamiento social de proyectos estratégicos	3,214,987,196	24.7%
Planeación, gestión y proyección de obra pública.	927,501,024	7.1%

---

Fuente: Nuestro Presupuesto, 2024

La construcción de carreteras y vías rápidas a menudo implica la expropiación de tierras y la segmentación de comunidades, generando segregaciones involuntarias. Esto se debe a que el valor de la tierra en torno a estas vías aumenta considerablemente, lo que lleva al desarrollo de viviendas de estratos socioeconómicos altos. Esta dinámica urbana crea barreras y complica la accesibilidad de aquellos que no son usuarios del automóvil, ya que deben recorrer mayores distancias para cruzar de un lado a otro y llegar al paradero del sistema de transporte público.

La automovilidad implica una desigualdad social y por consiguiente no puede considerarse un sistema democrático, porque de acuerdo con los datos del INEGI (2020) el número de viviendas que cuentan con un automóvil, en toda la metrópolis representa el 55% de las mismas. Y tampoco es sustentable porque a medida que su uso se intensifica aumentan los impactos sociales, como la desigualdad social y segregación de clases.

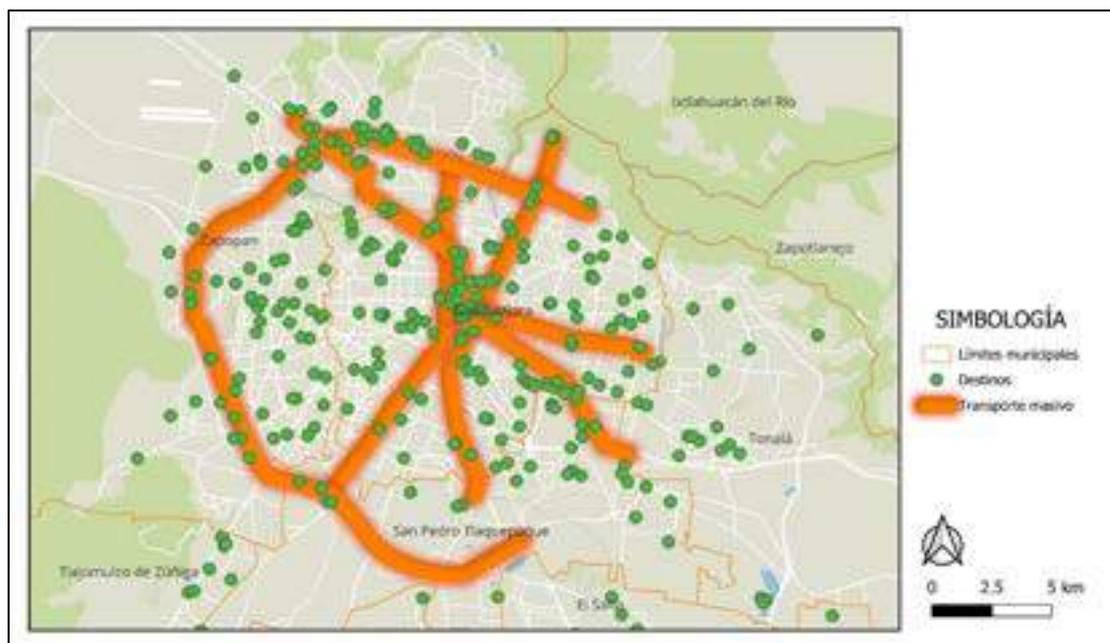
Para lograr un modelo de ciudad y movilidad sustentable, se debe seguir trabajando en la ampliación del sistema de transporte masivo, reconocido por los usuarios como un medio de transporte eficiente y de calidad. Según la encuesta de satisfacción de los usuarios del transporte

público realizada por el IMEPLAN (2023), el sistema de Tren Ligero y Macrobus son los mejores calificados.

Por ejemplo, si analizamos los destinos de las automovilidades cotidianas de esta investigación y los superponemos a las líneas del transporte masivo con una cobertura de 800 metros a la redonda, se observa que el 20% de los destinos de la automovilidad cotidiana coinciden con estas ubicaciones. Este dato podría tener implicaciones positivas para el metabolismo de la urbe, como se detalla en los siguientes apartados.

### ***Ilustración 50.***

*Mapa con los destinos de las automovilidades cotidianas según la cobertura del transporte masivo*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

### **6.1.2 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad laboral**

Cuando se inició esta investigación se supuso que las desigualdades de la automovilidad giraban entorno hacia quienes no eran usuarios del automóvil, sin embargo, este análisis ha demostrado que entre los usuarios del automóvil existen otras desigualdades. Por ejemplo, los residentes de la

periferia, especialmente los que habitan en zonas con alta marginación, tienden a desplazarse a los centros económicos de la ciudad para trabajar.

Esto resalta una desigualdad en términos de acceso a empleo y oportunidades laborales, ya que aquellos que residen en áreas más marginadas enfrentan desafíos adicionales para acceder a empleos ubicados en áreas más centrales, esto implica que destinen más recursos, tiempo y aumenten el metabolismo urbano.

Adicionalmente las zonas de alta marginación carecen de infraestructura vial, lo que puede dificultar aún más su automovilidad laboral para aquellos que residen en estas áreas. Esto resalta una desigualdad en términos de acceso a infraestructura básica y oportunidades laborales para comunidades marginadas. Esto limita sus posibilidades a encontrar fuentes de empleos más remunerados y aumentar su calidad de vida.

A pesar de que la mayoría de los desplazamientos laborales se realizan en distancias de 30 minutos, pero estos presentan una variación significativa en los tiempos de viaje. Esto sugiere que hay diferencias en la accesibilidad al trabajo y en la calidad de los desplazamientos según la ubicación geográfica y la infraestructura vial disponible.

Aquellos usuarios del automóvil tanto hombres como mujeres se distribuyen por el AMG para trabajar, lo que sugiere una mayor disposición de los usuarios a trabajar en cualquier parte de la metrópolis gracias a la independencia que brinda el automóvil como medio de transporte. Esto indica que las personas con mayores recursos económicos tienen más probabilidades de poder costear el uso del automóvil para ir al trabajo, mientras que aquellos con recursos limitados pueden enfrentar dificultades adicionales en términos de transporte.

La categoría de automóviles está vinculada a estereotipos sociales, como el uso de vehículos coupé y pickup por parte de hombres y vehículos hatchback por parte de mujeres. Esto puede reflejar desigualdades en

términos de acceso a ciertos tipos de vehículos y cómo estos estereotipos influyen en las decisiones de compra de automóviles. Esto puede influir en la compra de automóviles menos eficientes en consumo de combustible y emisiones entre diferentes grupos socioeconómicos.

En relación con las emisiones de gases contaminantes producidas por la combustión de vehículos, emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), desafortunadamente las personas más expuestas a estas son aquellas que andan a pie, son quienes enfrentan mayores riesgos para la salud. Esto genera una desigualdad en la distribución de la contaminación ambiental.

### **6.1.3 Desigualdades y exclusiones sociales la automovilidad escolar**

La concentración de instituciones educativas principalmente universitarias, como centros atractores ubicados en áreas específicas, como Guadalajara y Zapopan, resalta la intensa actividad educativa en estas zonas. Sin embargo, esta concentración implica que los estudiantes que viven en otras áreas, especialmente en el sur-oriente con alto índice de marginación y menos infraestructura urbana, enfrenten mayores dificultades y tiempos de traslado. Esto puede afectar negativamente la accesibilidad a la educación y aumentar la posibilidad de abandono escolar entre aquellos que no tiene los recursos económicos para pertenecer a la automovilidad.

Guadalajara y Zapopan, tienen una oferta educativa vinculada a la automovilidad más amplia y favorable. Esto significa que los estudiantes que pueden acceder al automóvil como medio de transporte tienen mayores oportunidades educativas en estas áreas en comparación con aquellos que viven en otras partes de la ciudad con menos infraestructura y opciones educativas.

Que el flujo vehicular se concentra en ciertas arterias de la ciudad, favorece para la asignación desigual de recursos en infraestructura urbana y movilidad. Esto puede perpetuar la desigualdad al beneficiar principalmente

a aquellos que tienen acceso a estas vías principales, mientras que otros enfrentan mayores dificultades de movilidad debido a la falta de inversión en infraestructura en sus áreas.

Existe una clara disparidad de género en el uso de la automovilidad escolar. Mientras que un mayor porcentaje de hombres utiliza su propio automóvil para ir a la escuela, las mujeres dependen de alguien más para ser llevadas a pesar de estar en grados universitarios. Esto refleja roles de género arraigados en la sociedad y la cultura, donde las mujeres son menos independientes y tardan en edad para integrarse a la automovilidad.

Los estudiantes mayores de edad tienden a recorrer distancias más largas, lo que puede reflejar la necesidad de acceder a instituciones educativas específicas para su nivel de educación. Además, los tiempos de viaje son más cortos en la automovilidad escolar de cuidado, lo que puede estar influenciado por la necesidad de garantizar la seguridad y comodidad de los estudiantes más jóvenes, lo que indica una menor autonomía y mayor dependencia en este grupo de edad.

#### **6.1.4 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad de cuidado**

Se ha encontrado que la mayoría de los lugares de abastecimiento están distribuidos uniformemente en el AMG, la realidad es que algunos municipios pueden tener menos acceso a infraestructura comercial, especialmente en áreas de alta marginación. Esto crea una brecha en el acceso a recursos básicos como alimentos frescos y asequibles, lo que afecta desproporcionadamente a las comunidades más marginadas, especialmente de quienes son parte de la automovilidad.

En esta automovilidad reproductiva, el uso del automóvil es imprescindible para realizar estas actividades, lo que crea una desigualdad entre quienes tienen acceso a un vehículo y quienes no. Esto refleja una segregación territorial, ya que la infraestructura vial y los centros de

abastecimiento están diseñados principalmente para quienes poseen automóvil.

Los hogares especialmente los ubicados en el sur-oriente, caracterizados por su alta marginación, tienden a realizar sus compras en establecimientos cercanos. Si bien esto puede ser beneficioso en términos del metabolismo urbano por una menor distancia, también refleja una limitación en las opciones disponibles, ya que pueden no tener acceso diferentes tipos de establecimientos

Esto puede indicar que, a pesar de la disponibilidad de opciones locales, muchas personas aún dependen de los centros comerciales ubicados en áreas más céntricas o accesibles, lo que puede estar influenciado por factores socioeconómicos y culturales.

Esto se debe a que parte de los centros comerciales se ubican en Guadalajara y Zapopan, lo que sugiere que los habitantes de otros municipios periféricos se vean excluidos de esta oferta o enfrenten mayores dificultades para acceder a estos lugares. Esto implica que las personas que viven en áreas más marginadas o periféricas pueden tener un acceso limitado a ciertos establecimientos comerciales y, por lo tanto, a una variedad de productos y servicios.

La cantidad de veces que las familias realizan la automovilidad para la compra de alimentos varía según la calidad de vida de cada familia, lo que sugiere que las capacidades socioeconómicas influyen en el acceso y la frecuencia de estas actividades. Además, se observa una diferencia en la frecuencia de las compras de alimentos entre hogares de zonas de alta marginación y aquellos de zonas con baja marginación.

En relación con el género, la movilidad de cuidado, ha descrito que la compra de alimentos y el transporte de los hijos a la escuela han sido responsabilidades asociadas principalmente al género femenino, sin embargo, el estudio muestra una participación más equitativa entre padres y

madres en estas actividades. Esto plantea una pregunta sobre cómo el uso del automóvil influye en esta distribución de responsabilidades, y si esto sugiere un cambio en los roles de género en las actividades reproductivas de la vida cotidiana o solo es una coincidencia del análisis.

### **6.1.5 Desigualdades y exclusiones sociales de la automovilidad de ocio**

La automovilidad de ocio se manifiesta de diferentes formas, como acudir a centros comerciales, corredores gastronómicos o cines. Al igual que el resto de las automovilidades, los puntos atractores se concentran principalmente en los municipios de Guadalajara y Zapopan. Esto sugiere que quienes viven en áreas urbanas menos desarrolladas pueden tener acceso limitado a estas opciones de entretenimiento, lo que contribuye a la segregación territorial.

El análisis revela que las personas están dispuestas a viajar distancias más largas en busca de recreación y entretenimiento, lo que implica un consumo adicional de recursos. Este comportamiento parece estar asociado a un nivel socioeconómico más alto, ya que aquellos que participan en esta forma de automovilidad tienden a vivir en áreas con un índice de marginación más bajo. Esto sugiere que aquellos que tienen la capacidad de realizar viajes más largos pueden disfrutar de una gama más amplia de opciones de entretenimiento en comparación de quienes no son parte de la automovilidad.

La atracción hacia los municipios de Guadalajara y Zapopan desde áreas menos desarrolladas refleja desigualdades territoriales en términos de desarrollo urbano y económico. Esta concentración de actividades de ocio en áreas específicas resalta la influencia de la cultura de la automovilidad, donde ciertos lugares son vistos como destinos preferidos para el entretenimiento.

Aunque la automovilidad de ocio no ocurre necesariamente a diario, su impacto es significativo, especialmente durante los fines de semana. Esto sugiere que las actividades de ocio pueden tener un efecto trascendental en

la movilidad urbana en ciertos días, lo que puede influir en la congestión vehicular y otros aspectos de la vida urbana.

## **6.2 Impactos ambientales de la automovilidad cotidiana**

En el contexto urbano moderno, la automovilidad se ha convertido en un factor determinante del dinamismo económico y social de los sistemas urbanos, pero desafortunadamente, a su vez ha generado impactos ambientales, lo que ha llevado a reconocer al uso del automóvil como una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero y un sistema no sustentable.

Su contribución al cambio climático es cada vez más alarmante, y debe preocupar a todos por igual, especialmente a los que forman parte de este sistema de automovilidad. Además de los impactos sociales, la automovilidad impacta al medio ambiente, contribuye al calentamiento global y cambio climático.

En este sentido, como último producto del estudio se presenta un análisis del impacto ambiental de la automovilidad cotidiana en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), centrándose especialmente en la huella de carbono, un indicador comúnmente usado para expresar la contribución al calentamiento global. Se han usado los mismos datos descritos en el apartado modelo del metabolismo urbano para cada automovilidad.

Aunque estos datos pueden contener incertidumbres en las descripciones específicas del metabolismo de la automovilidad, proporcionan una visión clara y general de los procesos metabólicos involucrados. El balance energético estimado no excede los niveles de consumo de combustibles registrados por el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

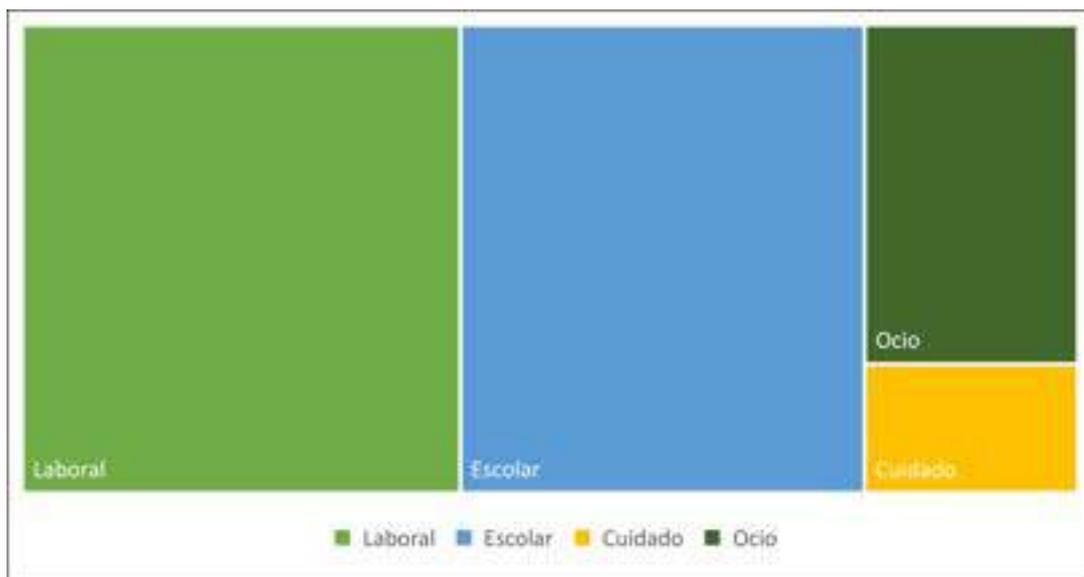
La huella de carbono se representa como la cantidad teórica de hectáreas de bosques que se necesitan para absorber la cantidad de CO<sub>2</sub>e liberado a causa de la automovilidad y se expresa en hectáreas por año. En

este sentido, el estudio cuantificó tres fuentes de emisiones de los procesos relacionados al consumo de energía: primero, la refinación del combustible; segundo, el transporte; y, por último, el consumo directo del combustible.

En la siguiente gráfica se comparan las huellas de carbono de las diferentes automovilidades cotidianas, se aprecia como las laborales y escolares representan el mayor impacto ambiental, es decir, son los procesos metabólicos que mayor contribuyen al cambio climático, cuyos estragos hasta el momento son irreversibles, porque la mitigación de estos contaminantes requiere cantidades monumentales de bosque. En cada sección de las anteriores se especifica cada una de estas huellas.

#### **Gráfica 40.**

*Huella de carbono para las diferentes automovilidades cotidianas del AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Realizar estudios de este tipo resulta crucial para comprender mejor el impacto ambiental de la automovilidad cotidiana y así desarrollar estrategias más efectivas que puedan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos análisis ofrecen un panorama diferente para la planificación urbana sustentable, así mismo puede ser implementado en el

diseño de políticas y estrategias que promuevan una movilidad más eficiente y menos contaminante.

### **6.2.1 Huella de carbono de la automovilidad laboral**

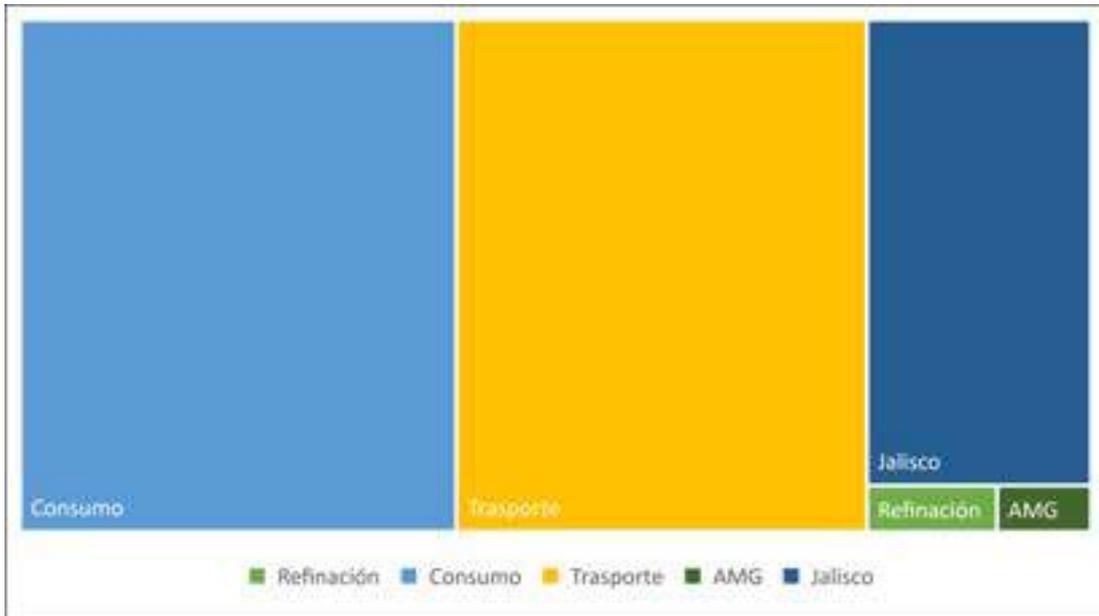
Conocer la huella de carbono de la automovilidad laboral es crucial porque permite entender el impacto ambiental de los desplazamientos diarios relacionados con actividades productivas, que son inevitables y siempre aumentaran conforme crezca la población económicamente activa.

Este conocimiento es esencial, para la conciencia particular de quienes usan el automóvil a pesar de tener diferentes opciones de transporte para llegar al trabajo. Así mismo puede ser útil para el diseño políticas y estrategias que fomenten prácticas de transporte menos contaminantes. Porque de lograrse tales propósitos, el beneficio es para todos; se reducen los gases que provocan el cambio climático, se mejorara la calidad del aire y la salud pública.

De acuerdo con los datos obtenidos en el capítulo V, se estimó que aproximadamente 1,103,488 automóviles circulan diariamente (lunes a viernes) en el AMG con propósitos laborales, consumiendo un total de 4,082,905 litros de combustible. La contaminación producida directamente por el consumo e indirectamente por la refinación y transporte de este año, son 172,244,640 toneladas de CO<sub>2</sub>e. De los cuales 2,351,760 tCO<sub>2</sub>e corresponde a la refinación; 82,311,360 tCO<sub>2</sub>e por el transporte; y por el consumo 87,581,520 tCO<sub>2</sub>mase.

### Gráfica 41.

#### Huella de carbono de la automovilidad laboral para el AMG



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Los resultados obtenidos revelan la magnitud del impacto ambiental de la automovilidad laboral en el AMG. Como se había descrito anteriormente, esta automovilidad es la que mayor demanda energética tiene en comparación con otras automovilidades cotidianas. Se aprecia que solo las huellas del consumo y transporte son el doble de la superficie del estado de Jalisco, esto quiere decir, que para mitigar o absorber el CO<sub>2</sub>e que produce por esta automovilidad se necesitan cuatro bosques del tamaño del estado de Jalisco.

El estudio del metabolismo, no solo se enfoca en los consumos y emisiones directas, al contrario, la aplicación de esta metodología reconoce la importancia de considerar no solo las emisiones directas de los vehículos, sino también las emisiones asociadas a la cadena de suministro del combustible. En otras palabras, el análisis del metabolismo nos muestra el impacto que tienen nuestras actividades más allá de los límites urbanos, rastrea los orígenes y destinos de los flujos de energía y materia.

En conclusión, el análisis de la huella de carbono de la automovilidad laboral en el AMG subraya la necesidad de implementar medidas efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a este fenómeno. Esto incluye la promoción del transporte público, la incentivación del uso de vehículos eléctricos y la implementación de políticas que fomenten la reducción del consumo de combustibles fósiles en la ciudad.

### **6.2.2 Huella de carbono de la automovilidad escolar**

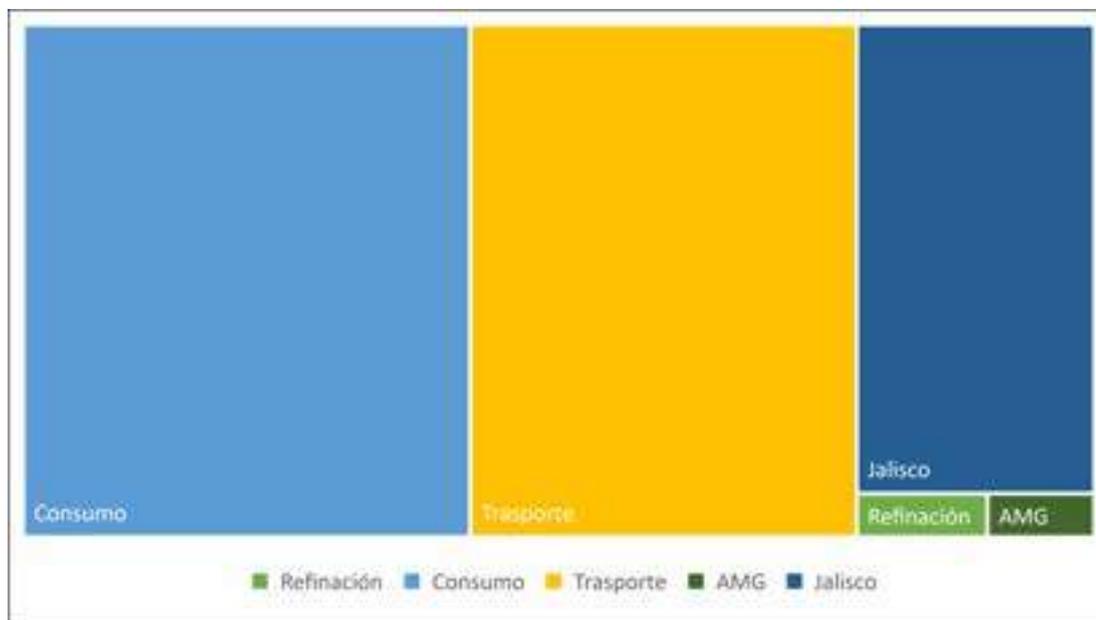
Conocer la huella de carbono de la automovilidad escolar es crucial para dimensionar el impacto ambiental relacionado a estas actividades, que suelen ocurrir a diario (lunes a viernes). Estas actividades, al igual que las laborales, son imprescindibles y aumentarán conforme crezca la población estudiantil y el uso del automóvil.

Este análisis es esencial para crear conciencia entre las familias que optan por uso del automóvil, a pesar de disponer de otras opciones de transporte, pero en especial a los jóvenes de las etapas universitarias quienes tienen una formación más amigable con el ambiente y el uso de los recursos. Esta información puede ayudar a diseñar políticas y estrategias que promuevan prácticas de transporte más sustentable, no solo desde la parte gubernamental, sino también desde las instituciones educativas.

De acuerdo con los datos obtenidos, se estima que aproximadamente 693,217 automóviles circulan diariamente en el AMG con propósitos escolares, y consumen un total de 3,604,728 litros de combustible. La contaminación producida directamente por el consumo e indirectamente por la refinación y transporte de este mismo, equivale anualmente a 158,865,120 toneladas de CO<sub>2</sub>e, de las cuales 2,076,240 tCO<sub>2</sub>e corresponden a la refinación; 72,671,280 tCO<sub>2</sub>e al transporte; y 84,117,600 tCO<sub>2</sub>e al consumo.

### Gráfica 42.

#### Huella de carbono de la automovilidad escolar para el AMG



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Los resultados obtenidos revelan la magnitud del impacto ambiental de la automovilidad escolar en el AMG. Esta automovilidad es la segunda en volumen de demanda energética, comparable con la automovilidad laboral. La huella de carbono por el consumo es el doble del tamaño de estado de Jalisco, y la huella relacionada al transporte de combustible es 1.7 veces más grande que el estado. Dicho de otra manera; para mitigar o absorber el CO<sub>2</sub>e que se produce por la automovilidad escolar se necesitan cuatro bosques del tamaño del estado de Jalisco.

El estudio del metabolismo urbano no solo se enfoca en los consumos y emisiones directas. La metodología aplicada también considera las emisiones asociadas a la cadena de suministro de combustible. Esto implica rastrear el origen y destino de los flujos de energía y materia, proporcionando una visión integral del impacto ambiental de nuestras actividades. En el caso de la automovilidad escolar, esto incluye desde la extracción de recursos hasta el consumo final en los vehículos.

El análisis detallado del consumo de energía y las emisiones relacionadas con la refinación, transporte y consumo del combustible revela solo una fracción de la complejidad y el alcance que brinda el estudio del metabolismo urbano. Estas cifras subrayan la importancia de considerar todas las etapas del proceso para comprender plenamente el impacto ambiental de la automovilidad escolar.

### **6.2.3 Huella de carbono de la automovilidad de cuidado**

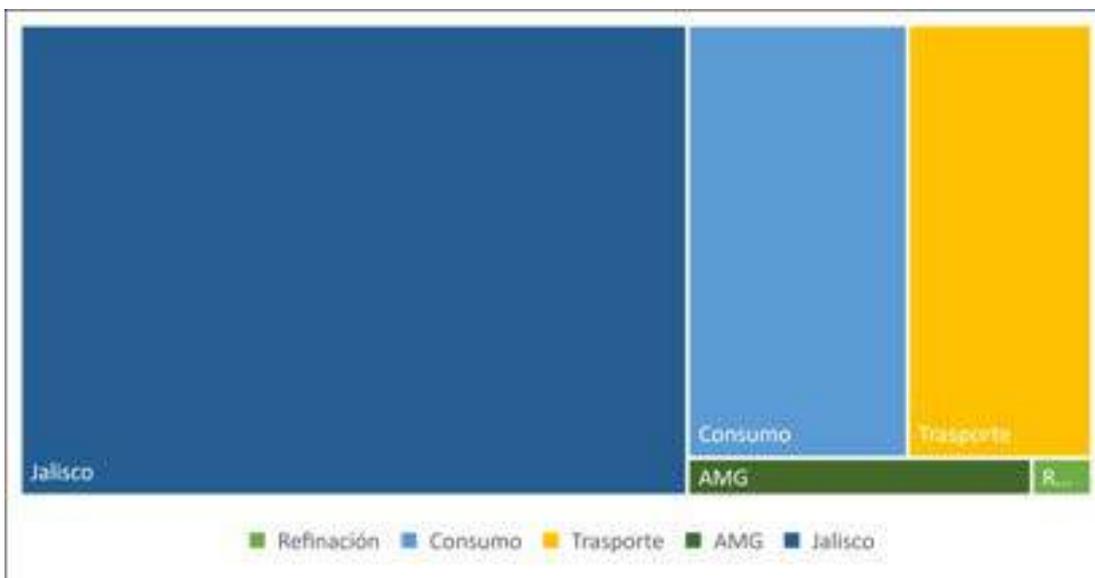
Conocer la huella de carbono de la automovilidad relacionada con el cuidado (compra de alimentos) es esencial para comprender el impacto ambiental de la automovilidad cotidiana asociada con actividades de adquisición de alimentos. Estas actividades, aunque vitales, contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que afecta la calidad del aire y el cambio climático en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

Este análisis es crucial para crear conciencia entre quienes realizan estos desplazamientos, sobre todo aquellos que acuden más de cuatro veces a la semana, esto implica que sus niveles de consumo están por encima de la media, porque no solo es el hecho del impacto de la automovilidad por el consumo de energía, también se debe considerar que todos los alimentos pasan por diferentes procesos que generan impactos ambientales.

Según los datos recopilados, se estima que alrededor de 194,019 automóviles circulan diariamente en el AMG con propósitos de cuidado, consumiendo un total de 368,636 litros de combustible. Estas actividades generan emisiones directas de 23,120,496 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. De los cuales 297,360 tCO<sub>2</sub>e corresponde a la refinación; 10,404,240 tCO<sub>2</sub>e por el transporte; y por el consumo 12418896 tCO<sub>2</sub>e.

### Gráfica 43.

#### Huella de carbono de la automovilidad de cuidado para el AMG



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La huella de carbono para esta automovilidad es considerablemente menor a las automovilidades laborales y escolares. Sin embargo, no se debe subestimar su magnitud del impacto. Si bien, la huella de las diferentes etapas del consumo de combustible no supera la superficie del estado de Jalisco, si es mucho mayor que la del territorio que comprende el AMG.

Se aprecia que solo las huellas del consumo y transporte son 6 veces más grandes que de la superficie del AMG, esto quiere decir, que para mitigar o absorber el CO<sub>2</sub>e que produce por esta automovilidad se necesitan siete bosques del tamaño del AMG para cada etapa. El tamaño de este bosque teórico debe ser suficiente motivo para generar conciencia de nuestras automovilidades.

El análisis del metabolismo urbano nos permite comprender el alcance completo de estas actividades más allá de los límites urbanos, rastreando los flujos de energía y materia asociados con la adquisición y consumo de alimentos. Esta comprensión es fundamental para desarrollar estrategias

efectivas que mitiguen el impacto ambiental de la movilidad relacionada con el cuidado en el AMG.

#### **6.2.4 Huella de carbono de la automovilidad de ocio**

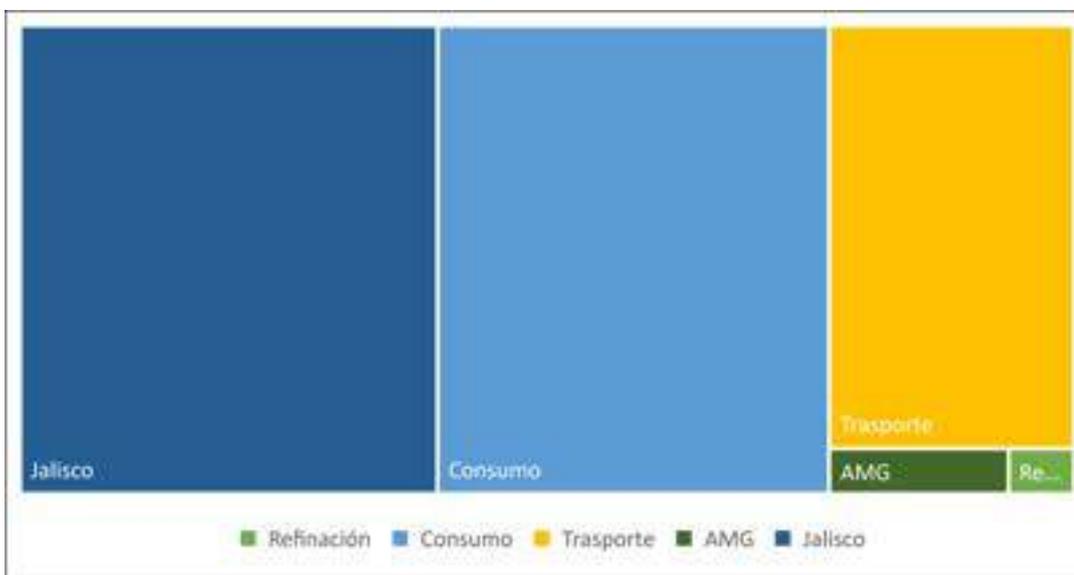
Conocer la huella de carbono de la automovilidad de ocio es esencial para comprender su impacto ambiental y tomar medidas para mitigarlo, es especial porque no es una actividad obligada, es reconocida como una forma de recreación y desarrollo personal. Cómo muchas de estas actividades suelen ocurrir los fines de semana, puede generar una idea errónea sobre su impacto, pero caso contrario, los datos, reflejan grandes consumos a escala metropolitana y representa una parte significativa del metabolismo urbano.

Este análisis no busca solo plasmar un cálculo de huella de carbono, de igual manera plantea crear conciencia sobre el impacto que genera esta automovilidad, especialmente entre aquellos que ha adoptado estilos de vida con varias actividades de ocio. Si esta información es utilizada como preámbulo del estudio de la automovilidad, puede aportar en el diseño de políticas y estrategias que promuevan prácticas de movilidad más sustentable y amigables con el medio ambiente.

Según los datos recopilados, aproximadamente 383,997 automóviles circulan diariamente en el Área Metropolitana de Guadalajara con propósitos de ocio, consumiendo un total de 1,535,988 litros de combustible por día. La contaminación producida directamente por el consumo e indirectamente por la refinación y transporte de este año, es de 60,718,056 toneladas de CO<sub>2</sub>e. De los cuales 619,248 tCO<sub>2</sub>e corresponde a la refinación; 21,675,864 tCO<sub>2</sub>e por el transporte; y por el consumo 38,422,944 tCO<sub>2</sub>e.

#### **Gráfica 44.**

##### *Huella de carbono de la automovilidad de ocio para el AMG*



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Esta automovilidad es la tercera en cuanto al impacto ambiental que genera, no tanto porque sean actividades de corto desplazamiento, todo lo contrario, es porque solo suceden pocas veces a la semana, sin embargo, suelen tener las distancias más largas en comparación con otras automovilidades cotidianas. El impacto ambiental se aprecia en las huellas relacionadas al consumo y transporte del combustible, la del transporte es la mitad del territorio del estado de Jalisco y la del consumo, es prácticamente igual a la del estado. Estos datos nos indican que para mitigar o absorber el CO<sub>2</sub>e que produce por esta automovilidad se necesitan caso dos bosques del tamaño del estado de Jalisco.

El estudio del metabolismo urbano no se limita únicamente a los consumos y emisiones directas de los vehículos. También considera las emisiones relacionadas con la cadena de suministro de combustible, desde su extracción hasta su consumo final. Esta visión integral del proceso proporciona una comprensión más completa del impacto ambiental de la automovilidad de ocio.

En resumen, la automovilidad de ocio en el Área Metropolitana de Guadalajara tiene un importante impacto en el metabolismo urbano, tanto en términos de consumo de combustible como de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, su impacto per cápita es menor en comparación con otras formas de movilidad, ya que estas actividades solo ocurren dos veces por semana.

### **6.3 Aumento de la temperatura por la automovilidad cotidiana**

La contaminación derivada de la automovilidad además de provocar el cambio climático tiene múltiples efectos locales, uno de los más destacados es la formación de islas de calor urbano. Estas islas de calor se caracterizan por temperaturas significativamente más altas en áreas urbanas en comparación con sus alrededores rurales, debido a la concentración de partículas contaminantes, el suelo impermeable y los materiales de construcción que atrapan la energía del sol.

A continuación, se presenta un análisis de la superficie media anual de temperatura para los años 2020 y 2023 en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y se compara con la concentración de óxidos de nitrógeno (NOX), en el cual se demuestra que existen cambios significativos en la intensidad de las islas de calor, influenciados directamente por los niveles de contaminación especialmente por los de la automovilidad.

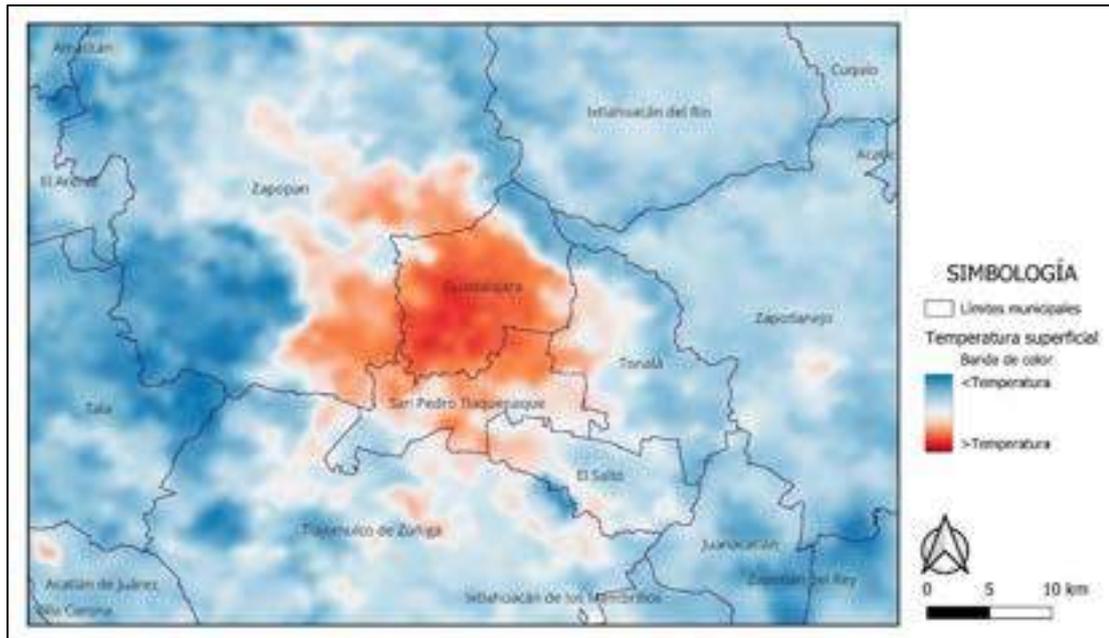
El año 2020, marcado por la pandemia de COVID-19, experimentó una notable restricción en las automovilidades cotidianas debido a las medidas de confinamiento y reducción de actividades presenciales. Este descenso en el tráfico vehicular contribuyó a una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, resultando en una reducción palpable de las islas de calor.

Los datos del análisis representado en el siguiente mapa muestran que la temperatura media superficie anual de en 2020 era considerablemente menor en comparación con otros años, destacando los efectos positivos de

la disminución de la automovilidad. Esta menor automovilidad repercute positivamente en las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente los NOX que se pueden medir con información satelital.

### **Ilustración 51.**

*Mapa de la temperatura media de 2020 del AMG*

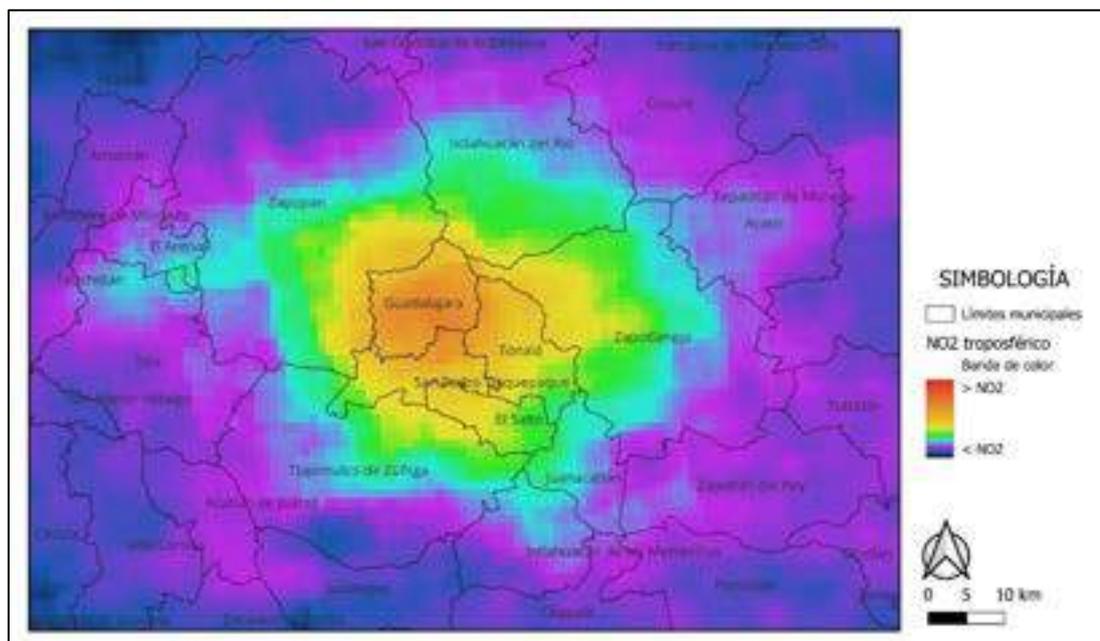


Fuente: Elaboración propia con datos del Satelitales Modis (Terra Y Aqua)

Existe una relación irrefutable entre la disminución de los contaminantes con el efecto isla de calor. En el siguiente mapa se representa la concentración de emisiones de NOX para diciembre de ese mismo año, que fueron mucho menores en comparación con diciembre de 2023. Esta disminución en 2020 se debe a la menor cantidad de vehículos en circulación, lo que también contribuyó a que las temperaturas fueran más bajas y menos intensas las islas de calor

**Ilustración 53.**

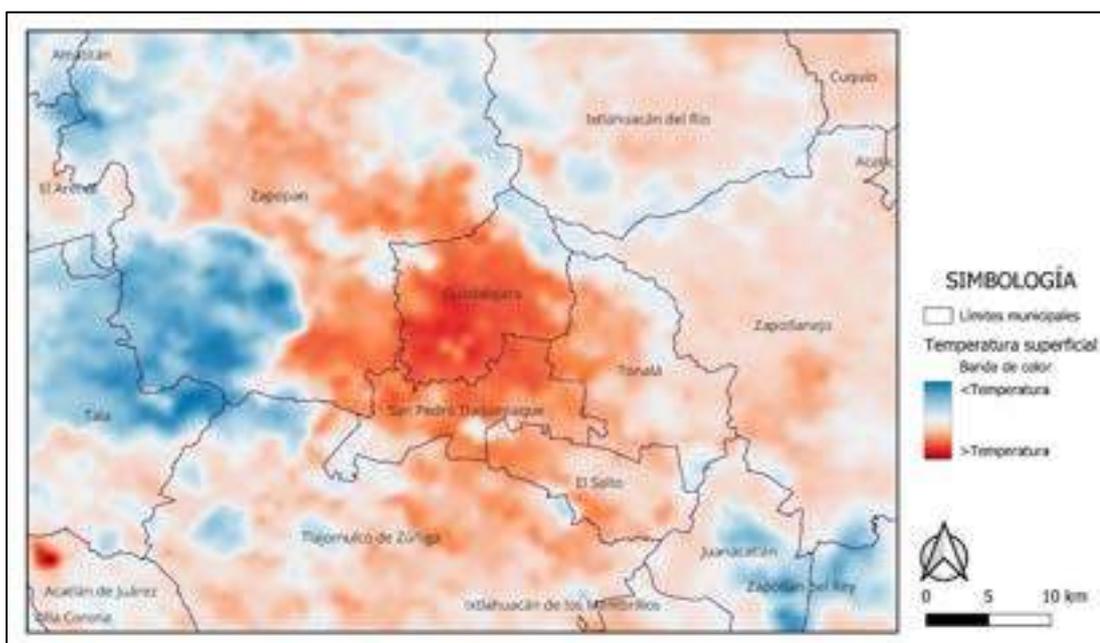
*Mapa de la concentración de NOX para el AMG para diciembre 2020*



Fuente: Elaboración propia con datos del Satélite Sentinel 5P

**Ilustración 52.**

*Mapa de la temperatura media de 2023 del AMG*



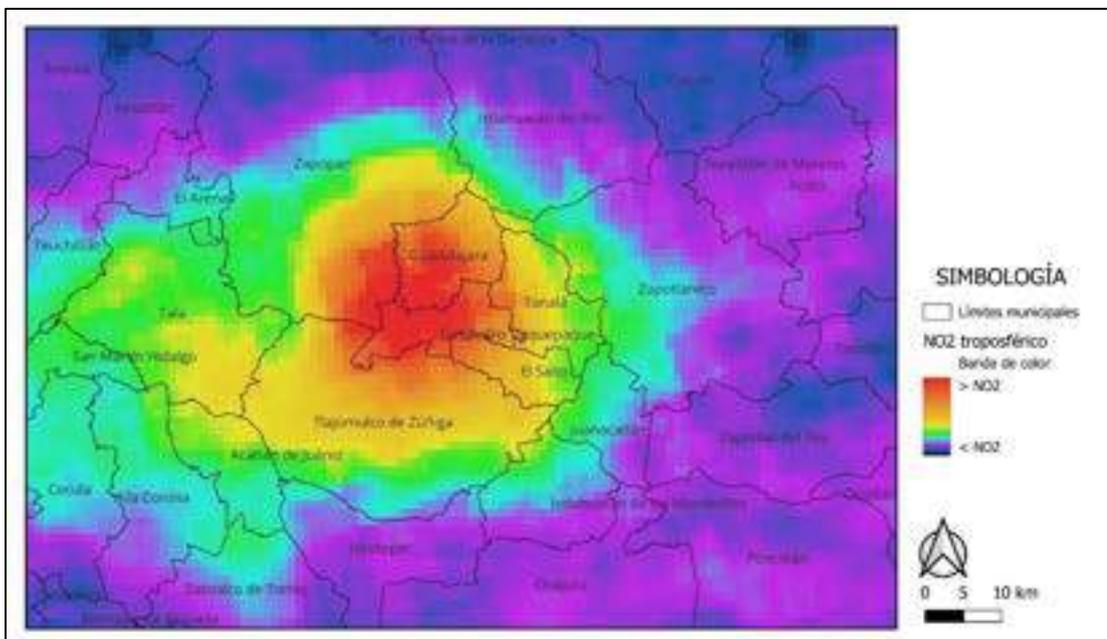
Fuente: Elaboración propia con datos del Satelitales Modis (Terra Y Aqua)

Para el año 2023 se observa un escenario diferente. Con la reanudación completa de las actividades económicas y sociales, la automovilidad regresó a niveles similares o incluso superiores a los previos a la pandemia. Este aumento en el tráfico vehicular ha provocado un incremento en las emisiones de NOX, contribuyendo nuevamente a la intensificación de las islas de calor.

El análisis de la superficie media anual de temperatura en 2023 muestra un aumento significativo en comparación con 2020, evidenciando la relación directa entre el volumen de automovilidad, las emisiones de NO2 y la severidad de las islas de calor en el AMG. En contraste, las altas emisiones de NOX en diciembre de 2023 están correlacionadas con un aumento en la temperatura urbana, exacerbando las islas de calor debido a la mayor automovilidad.

#### **Ilustración 54.**

*Mapa de la concentración de NOX para el AMG para diciembre 2023*



Fuente: Elaboración propia con datos del Satélite Sentinel 5P

La comparación de las emisiones de NOx y las temperaturas de ambos años refuerza esta observación. En diciembre de 2020, la menor

actividad vehicular se tradujo en una notable reducción de las emisiones de NOX, lo que ayudó a mantener temperaturas más bajas. Sin embargo, en diciembre de 2023, las emisiones de NOX aumentaron significativamente debido al retorno de la actividad normal, lo que a su vez elevó las temperaturas y agravó las islas de calor en la ciudad. Esta relación entre la automovilidad, las emisiones de NOX y las temperaturas destaca la importancia de reducir la automovilidad para mitigar el impacto ambiental.

Este análisis comparativo subraya la importancia de seguir promoviendo estrategias de movilidad sustentable, cómo más líneas del transporte masivo, mayor infraestructura de movilidad no motorizada, promover y concientizar sobre el valor de la naturaleza cómo secuestradora de CO2 entre otras más acciones.

Y muestra de ello es la diferencia en las temperaturas registradas gracias a la disminución de las emisiones de NOX y CO2 entre 2020 y 2023. Este análisis pone de manifiesto el impacto positivo que las políticas de reducción de la automovilidad pueden tener sobre el clima urbano. Implementar medidas cómo la promoción del transporte público, el uso de vehículos eléctricos y el fomento de alternativas de movilidad no motorizada podría ayudar a reducir las islas de calor, las emisiones de NOX y CO2, y mejorar la calidad de vida en las áreas urbanas.

## Conclusiones

## **Resumen de los principales hallazgos**

La investigación aborda los desafíos y las oportunidades relacionadas con la automovilidad cotidiana en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la crisis ambiental global. Este estudio busca entender y gestionar el consumo de recursos en las movilidades de las esferas de la vida cotidiana, utilizando el concepto de metabolismo urbano para analizar la automovilidad y su impacto social y ambiental.

La automovilidad no solo se refiere al uso del automóvil como medio de transporte, sino que también incluye una serie de reformas a la infraestructura urbana que permiten su circulación. En el AMG, esta infraestructura se ha desarrollado principalmente en municipios con mayor consolidación social y económica, como Guadalajara y Zapopan, lo que ha generado una desigualdad social en materia de accesibilidad.

El mapa de la infraestructura vial del AMG muestra que las zonas con baja marginación tienen una mejor infraestructura, mientras que las áreas con alta marginación enfrentan mayores dificultades para la automovilidad cotidiana. Esto también afecta a quienes no utilizan automóviles, y deben lidiar con una infraestructura urbana deficiente y un transporte público limitado.

Al analizar cada una de las automovilidades cotidianas, se encontró que la desigualdad también se manifiesta en términos de acceso a empleo y oportunidades laborales, ya que aquellos que residen en áreas más marginadas y periféricas enfrentan desafíos adicionales para acceder a empleos ubicados en áreas más centrales. Esto implica que destinen más recursos, tiempo y aumenten el metabolismo urbano.

En materia de oportunidades de desarrollo personal, la desigualdad se manifiesta en el acceso a las ofertas educativas, dado que Guadalajara y Zapopan concentran una mayor oferta educativa vinculada a la

automovilidad. Esto significa que los estudiantes que pueden acceder al automóvil como medio de transporte tienen mayores oportunidades educativas en estas áreas en comparación con aquellos que viven en otras partes de la ciudad con menos infraestructura y opciones educativas.

En la automovilidad de cuidado para la compra de alimentos, el uso del automóvil es imprescindible para realizar estas actividades, lo que crea una desigualdad entre quienes tienen acceso a un vehículo y quienes no. Esto refleja una segregación territorial, ya que la infraestructura vial y los centros de abastecimiento están diseñados principalmente para quienes poseen automóvil.

El análisis reveló que las personas están dispuestas a viajar distancias más largas en busca de recreación y entretenimiento, lo que implica un consumo adicional de recursos. Este comportamiento parece estar asociado a un nivel socioeconómico más alto, ya que aquellos que participan en esta forma de automovilidad tienden a vivir en áreas con un índice de marginación más bajo. Esto sugiere que aquellos que tienen la capacidad de realizar viajes más largos pueden disfrutar de una gama más amplia de opciones de entretenimiento en comparación con quienes no son parte de la automovilidad.

En cuanto a los impactos ambientales, el estudio encontró que las automovilidades laborales y escolares representan la mayor contribución al cambio climático con una mayor huella de carbono, esto se debe a que sus desplazamientos ocurren con frecuencia en el territorio metropolitano. Por ejemplo, solo para absorber la cantidad de CO<sub>2</sub>e que produce el consumo de combustible de la automovilidad laboral se necesitarían más de dos bosques del tamaño del estado de Jalisco.

Asimismo, el estudio demostró que las emisiones de gases contaminantes tienen efecto en el clima urbano. En diciembre de 2020, la menor actividad vehicular se tradujo en una notable reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub>, lo que ayudó a mantener temperaturas más bajas. Sin

embargo, en diciembre de 2023, las emisiones de NOX aumentaron significativamente debido al retorno de la actividad normal, lo que a su vez elevó las temperaturas y agravó las islas de calor en toda la ciudad.

### **Principales aportaciones de la investigación**

En el desarrollo del marco teórico, se encontró un vacío que ayudará a conectar los conceptos de automovilidad y movilidad cotidiana. Si bien ambos abordan temas similares, la movilidad cotidiana es tan amplia que puede derivar en una infinidad de aristas. Así surge esta nueva categoría de análisis, denominada automovilidad cotidiana.

La automovilidad cotidiana tiene el propósito de describir de manera más precisa un fenómeno de movilidad que ha estado presente en los entornos urbanos desde la década de los sesenta en Estados Unidos y que se ha esparcido por el resto de las ciudades del mundo.

"Automovilidad cotidiana" o "everyday automobility" se define cómo los desplazamientos sucesivos que realiza una sociedad con propósitos laborales, educativos, de cuidado o recreativos, en los cuales el automóvil constituye el único medio de transporte. Este concepto se analiza a través de sus componentes materiales, tecnológicos, culturales, energéticos y ambientales.

La introducción de este nuevo concepto nos proporciona una comprensión más profunda de cómo ha evolucionado la movilidad urbana con la llegada, uso y democratización del automóvil. Asimismo, nos permite visualizar cómo el capital, la política y la cultura se entrelazan en torno a un sistema de transporte que, aunque puede ser visto cómo un objeto, en realidad se manifiesta en la práctica diaria a través de la automovilidad cotidiana. Esta última abarca no solo al vehículo en sí mismo, sino también al individuo con sus condiciones económicas, su cultura, la infraestructura urbana y el uso de la energía.

La automovilidad cotidiana no es una forma negativa de describir un fenómeno socio-urbano, sino una mirada objetiva de una realidad que en un principio reflejó los beneficios del uso del automóvil: mayor independencia en autonomía, rapidez, confort, desplazamiento puerta a puerta, etc. No obstante, con una mayor democratización en su uso y una diversificación de las actividades de la vida cotidiana, han surgido una serie de desigualdades sociales e impactos ambientales asociados.

Con esta nueva categoría de análisis, surge la necesidad de crear un modelo metodológico que ayude a estudiar este fenómeno, ya no desde una visión general de la movilidad, sino desde su propio marco conceptual y metodológico. Este estudio solo ha sembrado las bases para futuros estudios que ayuden a complementar esta metodología.

### **Limitaciones de la investigación**

La automovilidad cotidiana tiene profundas implicaciones sociales y ambientales. Comprender y abordar estos desafíos es crucial para el desarrollo de ciudades más sostenibles y equitativas. Este estudio contribuye a esta comprensión y ofrece una base para futuras investigaciones y políticas públicas.

La investigación sobre la automovilidad cotidiana en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) resalta la necesidad de abordar los desafíos de movilidad desde una perspectiva multidisciplinaria y sustentable. Las desigualdades en la infraestructura vial y la alta dependencia del automóvil privado exacerban las desigualdades sociales y aumentan los impactos ambientales. Una planificación urbana que promueva la equidad y la sustentabilidad es esencial para mitigar estos problemas y mejorar la calidad de vida en el AMG.

Es imperativo que la política de transporte masivo se siga expandiendo y mejorando, junto con políticas que consideren la equidad en la distribución de la infraestructura urbana. Estos son pasos cruciales para

avanzar hacia un modelo de ciudad más sustentable y justo. Las políticas urbanas deben enfocarse en mejorar la infraestructura para el transporte público y la movilidad no motorizada como el sistema de bicicletas públicas.

Los tomadores de decisiones deben considerar estrategias para reducir la dependencia del automóvil, fomentando alternativas de transporte más sostenibles y accesibles. En este sentido, el transporte masivo sigue siendo la alternativa más viable porque ayudaría a enfrentar la crisis climática y las desigualdades socioeconómicas derivadas de la automovilidad cotidiana. Fomentar el uso de transporte público eficiente y de calidad, junto con el desarrollo de infraestructura para modos de transporte alternativos, puede reducir significativamente la huella de carbono de la automovilidad y contribuir a una sociedad más justa y sostenible.

En conclusión, para avanzar hacia un AMG más equitativa y sustentable, es esencial que las políticas públicas se centren en mejorar el transporte masivo, reducir la dependencia del automóvil privado y garantizar una distribución equitativa de la infraestructura urbana. Esto no solo ayudará a mitigar los impactos ambientales de la automovilidad cotidiana, sino que también promoverá una mayor equidad social y una mejor calidad de vida para todos los residentes del AMG.

## Bibliografía

- Aceves, J., de la Torre, R., & Safa, P. (2004). Fragmentos urbanos de una misma ciudad: Guadalajara. *Espiral, estudio sobre Estado y Sociedad*, 277-320.
- Agüero, H. (2010). *Historia del Automóvil*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.
- Aguilar, A. G. (2009). Urbanización periférica e impacto ambiental. El suelo de conservación en la Ciudad de México. En A. G. Aguilar, & I. Escamilla, *Periferia urbana deterioro ambiental y restructuración metropolitana* (págs. 21-96). México: Miguel Ángel Porrúa.
- Aguilar, A. G., & Escamilla, I. (2011). *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Alviso Carranza, C. (2017). Transformaciones de la masculinidad de los tranviarios de Guadalajara durante el Porfiriato. *Historiolo; Revista de Historia Regional y Local*, 165-196. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/historiolo.v9n18.59125>
- Alviso-Carranza, C. (2017). Transformaciones de la masculinidad de los tranviarios de Guadalajara durante el Porfiriato. *Revista de historia regional y local*, 165-196.
- Arias, P. (1979). El proceso de industrialización en Guadalajara, Jalisco: siglo XX. *CISINAH / El Colegio de Michoacán*, 1-47.
- Ávila Ramírez, D. (2019). Implicaciones del metabolismo urbano en el cambio climático. *Vivienda y comunidades sustentables*, 79-98. doi:<https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.104>

- Banco Mundial. (20 de Abril de 2020). *Desarrollo urbano*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>
- Banco Mundial. (2021). *Datos Banco Mundial*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021, de Emisiones de CO2 del consumo de combustible líquido: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.LF.KT>
- Barragan, E. (2017). *El autoabastecimiento energético en los países en vías de desarrollo en el marco del metabolismo urbano: caso Cuenca, Ecuador*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Bohman, H., Ryan, J., Stjernborg, V., & Nilsson, D. (2021). A study of changes in everyday mobility during the Covid-19 pandemic: As perceived by people living in Malmö, Sweden. *Transport Policy*, 109-119. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.03.013>
- Borkowski, P., Jażdżewska-Gutta, M., & Szmelter-Jarosz, A. (2021). Lockdowned: Everyday mobility changes in response to COVID-19. *Journal of Transport Geography*, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102906>.
- Bruegmann, R. (2005). *Sprawl : A Compact History*. Chicago: University of Chicago Press. Obtenido de <https://web-a-ebscobhost-com.wdg.biblio.udg.mx:8443/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMjYwMDgxX19BTg2?sid=f86cdb21-0981-443a-a842-b5785d430e93@sessionmgr4010&vid=8&format=EB&rid=2>
- Cabrales Barajas, L. F., & Canosa Zamora, E. (2001). Segregación residencial y fragmentación urbana: los fraccionamientos cerrados en Guadalajara. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 223-253.

- Calonge Reillo, F. (2019). *Hacia la periferia: las movildades de las clases populares*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá.
- Caudillo Cos, C. (2016). De la casa al Trabajo, evolución de la movilidad laboral. En A. Mohar, *Tendencias territoriales determinantes del futuro de la Ciudad de México* (págs. 117-151). México: Consejo Económico y Social de la Ciudad de México / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología .
- Ceballos Herrera, F. A. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 413-423.
- CEPAL. (25 de Noviembre de 2020). *Descripción de los conceptos utilizados en el estudio del desplazamiento interno de la población: migración interna, movilidad cotidiana y segregación residencial*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/enfoques/descripcion-conceptos-utilizados-estudio-desplazamiento-interno-la-poblacion-migracion>
- Cernuschi, E. (2005). *Cuatro siglos en cuatro ruedas*. Montevideo: IDEJO.
- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis : A Global Inquiry*. Washington, D.C: Island Press.
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2004). *Water footprints of nations*. Unesco-IHE Institute for Water Education.
- Ciocoletto, A. (2014). *Urbanismo para la vida cotidiana : herramientas de análisis y evaluación urbana a escala de barrio desde la perspectiva de género*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- CONAHCYT. (24 de enero de 2024). *Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad*. Obtenido de <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/demanda>

- CONAPO. (04 de octubre de 2021). *Índices de marginación 2020*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Cresswell, T. (2006). *On the Move: Mobility in the Modern Western World*. London: Routledge.
- Delgado Ramos, G. C. (2012). Metabolismo urbano y transporte. En G. C. Delgado Ramos, *Transporte, ciudad y cambio climático* (págs. 129-196). Ciudad de México: UNAM.
- Delgado Ramos, G. C. (2016). Metabolismo Urbano y ecología política del agua en el valle de México. En L. Álvarez, *Ciudadanía y nuevos actores en las grandes ciudades. México* (págs. 103-136). México: UNAM/CEIICH/ UAM/Juan Pablos Editor.
- Delgado Ramos, G., Campos Chávez, C., & Rentería Juárez, P. (2012). Cambio Climático y el Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas. *Hábitat Sustentable*, 2-25.
- Derrible, S., Arora, M., Wei Yeow, L., & Cheah, L. (2021). Urban Metabolism. En W. Shi, M. Goodchild, M. Batty, M.-P. Kwan, & A. Zhang, *Urban Informatics* (págs. 85-114). Springer.
- Díaz Álvarez, C. J. (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *Interdisciplina*, 51-70.
- Divall, C. (2014). Mobilities and transport history. En P. Adey, D. Bissell, K. Hannam, P. Merriman, & M. Sheller, *The Routledge Handbook of Mobilities* (págs. 36-41). London: Routledge.
- Duarte Heiber, R. F. (2018). *Automovilidad misantrópica: motilidad, riesgo y ciudadanía*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

- EIA. (10 de abril de 2023). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- EPA. (15 de Mayo de 2020). *Green Vehicle Guide*. Obtenido de <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-rating>
- Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca en América Latina*. México D.F.: Editorial Nueva Imagen.
- Feiferytė-Skirienė, A., & Stasiškienė, Ž. (2021). Seeking Circularity: Circular Urban Metabolism in the Context of Industrial Symbiosis. *Sustainability*, 1-33. doi:<https://doi.org/10.3390/su13169094>
- Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H. (2000). El metabolismo socioeconómico. *Ecosistemas humanos y biodiversidad*, 21-33.
- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society's Metabolism: On the Childhood and Adolescence of a Rising Conceptual Star. En M. & Redclift, *The International Handbook of Environmental Sociology* (págs. 119-137). Cheltenham: Edward Elgar.
- Flamm, M., & Kaufmann, V. (2006). Operationalising the Concept of Motility: A Qualitative Study. *Mobilities*, 167-189. doi:<https://doi.org/10.1080/17450100600726563>
- Foster, B. J. (2000). *Marx's Ecology. Materialism and Nature*. España: El Viejo Topo .
- Gagneten, A., Imhof, A., Mairini, M., Zabala, J., Amavet, P., Ravera, L., & Ojea, N. (2015). *Biología conceptos básicos*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.
- Gasparatos, A. (2018). Urban metabolism. Conceptualizing the city as an organism. En D. Iossifova, C. Doll, & A. Gasparatos, *Defining the*

*urban. Interdisciplinary and professional perspectives* (págs. 223-233).  
New York: Routledge.

Gaviria, J., Mora, J., & Agudelo, J. (2002). Historia de los motores de combustión interna. *Revista Facultad de Ingeniería*, 68-78.

Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Infinito.

Goberna, J. (2004). La Enfermedad a lo largo de la historia. Un punto de mira entre la biología y la simbología. *Index Enferm*, 49-53.

Gobierno de Jalisco. (2022). *Plan Estatal De Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018-2024*. Guadalajara: Gobierno de Jalisco. Obtenido de <https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/03-22-22-iv.pdf>

Gobierno de Jalisco. (09 de junio de 2024). *visor Logístico*. Obtenido de <https://visorlogistico.jalisco.gob.mx/>

Granados Muñoz, R. (2020). Revisión teórica de herramientas metodológicas aplicadas en la investigación criminológica. *Derecho y Cambio Social*, 501-511.

Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S., Krausmann, F., Müller, D., & Fischer-Kowalski, M. (2019). Contributions of socio-metabolic research to sustainability science. *Nature Sustainability*, 173–184.

Hall, P. (1996). *Ciudades del mañana, historia del urbanismo en el siglo XX*. España: Ediciones del Serbal.

Hernandez Burbano, T. E. (2020). Metabolismo urbano y Conflictividad. *Termodinámica aplicada a los grupos humanos*, (págs. 1-10).

Hernández Moreno, S., Hernández Moreno, J., & Alcaraz Vargas, B. (2021). *Reducción de la huella de carbono en las ciudades mexicanas*.

*Enfoque urbano-arquitectónico*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

Hoekstra, A., & Mekonnen, M. (2012). The water footprint of humanity. *PNAS*, 3232-3237.

IMEPLAN. (2020). *Plan de Acción climática del Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara .

IMEPLAN. (2023). *Encuesta de satisfacción a usuarios del transporte público en el AMG 2023*. Guadalajara: IMEPLAN. Obtenido de <https://www.imeplan.mx/movilidad/>

INEGI. (1970). *IX Censo General de Población 1970*. México: INEGI.

INEGI. (1980). *X Censo General de Población y Vivienda 1980*.

INEGI. (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda 1990*.

INEGI. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*.

INEGI. (2010). *XIII Censo de Población y Vivienda 2010*.

INEGI. (2020). *XIV Censo de Población y Vivienda 2020*.

INEGI. (2022). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Obtenido de [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158)

Infante-Amate, J., González de Molina, M., & Toledo, V. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 130-152.

IPCC. (2001). *Working Group I: The scientific basis*. New York: Cambridge University Press.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change; Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the*

*Intergovernmental Panel on Climate Chang.* New York: Cambridge University Press.

Jacobs, J. (2011). *Muerte y vida de las grandes ciudades.* Madrid: Capitan Swing .

Jaffe, R., & Koning, A. (2016). *Introducing Urban Anthropology.* London and New York: Routledge.

Jalisco, Gobierno del Estado de. (19 de mayo de 2024). *Área Metropolitana de Guadalajara.* Obtenido de <https://www.jalisco.gob.mx/jalisco/guadalajara>

Jirón, P. (2007). Implicaciones de género en las experiencias de movilidad cotidiana urbana en Santiago de Chile. *Revista venezolana de estudios de la mujer*, 173-197.

Krausmann, F., & Fischer-Kowalski, M. (2013). Global Socio-metabolic Transitions. En S. Singh, H. Haberl, M. Chertow, & M. Mirtl, *Long Term Socio-Ecological Research* (págs. 339-368). New York: Springer.

Ladd, B. (2008). *Autophobia Love and Hate in the Automotive Age* . Chicago: University of Chicago.

Lange, C. (2011). Dimensiones culturales de la movilidad urbana. *Revista INVI*, 87-106.

Lee, S., Quinn, A., & Rogers, C. (2016). Advancing City Sustainability via Its Systems of Flows: The Urban Metabolism of Birmingham and Its Hinterland. *Sustainability*, 1-24.

Lefebvre, H. (1972). *La vida cotidiana en el m undo moderno.* Madrid : Alianza Editorial.

Levy, B., Vachuska , K., Subramanian, S., & Sampson , R. (2022). Neighborhood socioeconomic inequality based on everyday mobility

predicts COVID-19 infection in San Francisco, Seattle, and Wisconsin. *Science Advances*, 1116-1144. doi:DOI:10.1126/sciadv.abl3825

Li, D., Lakshmanan, T. R., Ho, C.-Y., & Anderson, W. P. (2009). An empirical analysis of household choices on housing and travel mode in Boston. *Springer-Verlag*, 423-438.

Luengo-Duque, M. (2020). Ciudades costeras e indicadores de sostenibilidad: una aproximación desde el metabolismo urbano de la calle. *Revista de Arquitectura*, 94-105. doi: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2551>

Maldonado, C. E. (2014). ¿Qué es un sistema complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 71-93.

Manderscheid, K. (2009). Unequal Mobilities. En T. Ohnmacht, H. Maksim, & M. M. Bergman, *Mobilities and Inequality* (págs. 27-50). England: Ashgate Publishing Limited .

Marx, K. (1979). *El Capital Tomo I*. Ciudad de México: Siglo veintiuno.

Mekonnen, M., & Gerbens-Leenes, W. (2020). The Water Footprint of Global Food Production. *Water* , 1-12.

Meng, F., Liu, G., Yang, Z., Hao, Y., & Ulgiati, S. (2016). Assessment of Urban Transportation Metabolism from Life Cycle Perspective: A Multi-method Study. *Energy Procedia*, 243-249.

Menga, F., Liua, G., Yanga, Z., Haoa, Y., & Ulgiatiab, S. (2016). Assessment of Urban Transportation Metabolism from Life Cycle Perspective: A Multi-method Study. *El Sevier*, 243-249.

Miralles-Guasch, C. (1998). a movilidad de las mujeres en la ciudad. Un análisis desde la Ecología urbana. *Ecología Política*, 123-130.

- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2009). Movilidad cotidiana y sostenibilidad, una interpretación desde la geografía humana. *Boletín de la A.G.E.*, 193-216.
- Miralles-Guasch, C., Martínez, M., & Oriol, M. (2016). A gender analysis of everyday mobility in urban and rural territories: from challenges to sustainability. *Gender, Place & Culture*, 398-417. doi:10.1080/0966369X.2015.1013448
- Molano Camargo, F. (2016). El derecho a la ciudad: de Henri Lefebvre a los análisis sobre la ciudad capitalista. *Revista Folios*, 3-19.
- Molina-Prieto, L. F., Suárez-Serrano, M., & Villa-Camacho, M. E. (2019). Bucle multidisciplinar para la sustentabilidad urbana. *Revista de Arquitectura*, 76-88. doi:http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.2.2048
- Montezuma, R. (2003). La ciudad inclusiva. En M. Balbo, R. Jordán, & D. Simioni, *Ciudad y Transporte. La movilidad urbana* (págs. 175-189). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Mora, F. (2016). Guadalajara-pasado-presente-futuro. *II Coloquio de Invierno de la Red de Políticas Públicas* (págs. 1-55). Guadalajara: Instituto de Investigación en Políticas Públicas y Gobierno.
- Moreno López, R. (16 de 02 de 2020). La Sostenibilidad en el Proyecto Arquitectónico y Urbanístico. *La huella ecológica*. Madrid, Madrid, España. Obtenido de [http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/la\\_huella\\_ecologica.pdf](http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/la_huella_ecologica.pdf)
- Mraihi, R., Harizi, R., Mraihi, T., & Taoufik, M. (2015). Urban air pollution and urban daily mobility in large Tunisia's cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 315-320. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.022

- Mumford, L. (1971). *The City in the History*. (E. Revol , Trad.) New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Mumford, L. (2009). *Lewis Mumford: Textos Escogidos*. Buenos Aires: Ediciones Godot.
- NASA. (12 de ENERO de 2024). *El análisis de la NASA confirma que 2023 fue el año más cálido registrado*. Obtenido de <https://www.nasa.gov/news-release/el-analisis-de-la-nasa-confirma-que-2023-fue-el-ano-mas-calido-registrado/#:~:text=En%202023%2C%20cientos%20de%20millones,mes%20m%C3%A1s%20caluroso%20jam%C3%A1s%20registrado>.
- Nuestro Presupuesto. (09 de junio de 2024). *Nuestro presupuesto Jalisco*. Obtenido de <https://app.nuestropresupuesto.mx/JAL?v=19&i=2024>
- Núñez, B. (2007). Grandes desarrollos habitacionales en la Zona Conurbada de Guadalajara. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 111-137.
- ONU. (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Rio de Janeiro: ONU.
- ONU. (06 de junio de 2017). *Qué es el desarrollo sostenible y por qué es importante?* Obtenido de <https://www.onu.org.mx/que-es-el-desarrollo-sostenible-y-por-que-es-importante/>
- ONU. (Mayo de 16 de 2018). *ONU: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- ONU. (30 de abril de 2019). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

- ONU. (01 de Mayo de 2020). *Cambio climático*. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- ONU. (26 de Noviembre de 2021). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Springer Science+Business Media B.V.*, 135-160.
- Patiño Restrepo, J. F. (2006). *Metabolismo, Nutrición y Shock*. Bogotá: Editorial Medica Panamericana.
- PEMEX. (2023). *Informe de Sostenibilidad 2022*. Ciudad de México: Gobierno de México.
- Pengue, W. A. (2018). El metabolismo social urbano: la base de recursos de la ciudad y los flujos de materiales y energía. En J. L. Coraggio, & R. Muñoz, *Economía de las ciudades de América Latina hoy. Volumen I: Enfoques multidisciplinares* (págs. 331-363). Buenos Aires, Argentina: Ediciones UNGS.
- Rascón Chávez, O. (2012). Estado actual, perspectiva e impactos en el medio ambiente del transporte de México. En G. C. Delgado Raos, *Transporte, ciudad y cambio climático* (págs. 65-102). Ciudad de México: UNAM.
- Ress, W. (2000). Eco-Footprint Analysis: Merits and Brickbats. *Ecological Economics*, 371-374.
- Rojas, J. P. (2005). Zapopan, imágenes de una ciudad conurbada. En A. Peregrina, & E. García. Zapopan, Jalisco: El Colegio de Jalisco.

- Rosales Carreón, J., & Worrell, E. (2018). Urban energy systems within the transition to sustainable development. A research agenda for urban metabolism. *Resources, Conservation & Recycling*, 258-266.
- Rosenbloom, S. (2001). Sustainability and automobility among the elderly: An international assessment. *Transportation*, 375-408.
- Sánchez del Real, C. (2008). *Memoria histórica, patrimonio urbano y modelos de centralidad. La destrucción del centro histórico de Guadalajara*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Sánchez-Martínez, D. (2021). La huella ecológica, un indicador de sustentabilidad. *EPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 16-17. doi:<https://orcid.org/0000-0002-7660-7234>
- Santamarta, J. (2002). *El automóvil devora la ciudad*. Barcelona: Boletín CF+S 28.
- Santana, E., Platero, N., Castañón, H., Flores, R., Bernache, G., Alcocer, M., . . . Graf, S. (2017). El Área Metropolitana de Guadalajara y sus sistemas indispensable para lograr la prosperidad urbana. En O. HABITAT, *Guadalajara Metropolitana. Prosperidad urbana: oportunidades y propuestas* (págs. 131-154). Guadalajara: ONU HABITAT.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2014). *Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México*. Sanfandila: Gobierno de México. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt400.pdf>
- SEMADET. (2021). *Jalisco Reduce, Programa Estatal de Gestión Integral de Residuos*. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco. Obtenido de <https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/jaliscoReduce.pdf>

- SENER. (2022). *Sistema de información energética*. Ciudad de México: Gobierno de México.
- Sennett, R. (1994). *Carne y piedra*. Madrid: Alianza Editorial.
- Shahidan, A. A., & Shafie, F. A. (2020). Urban metabolism and transportation assessment of Kuala Lumpur, Malaysia . *Planning Malaysia*, 289-299.
- Sheller, m. (2011). Sustainable Mobility and Mobility Justice: Towards a Twin Transition. En M. Grieco, & J. Urry, *Mobilities: new perspectives on transport and society* (págs. 289-304). London: Ashgate publishing limited .
- Sheller, M. (2014). Sociology after the mobilities turn. En P. Adey, D. Bissell, K. Hannam, P. Merriman, & M. Sheller, *The Routledge Handbook of Mobilities* (págs. 45-54). London: Routledge .
- SIE. (15 de Abril de 2024). *Sistema de Información Energética*. Obtenido de Proceso de petróleo crudo y líquidos en refinería: <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=PMXC1C01>
- SMAOT. (2008). *Inventario de Emisiones Guanajuato 2008*. Guanajuato: Gobierno de Guanajuato. Obtenido de file:///C:/Users/DANIEL%20ISAAC/Downloads/20130809131147\_Inv entario\_de\_Emisiones\_Guanajuato\_2008.pdf
- SMAOT. (2017). *Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores*. Guanajuato: Gobierno de Guanajuato. Obtenido de file:///C:/Users/DANIEL%20ISAAC/Downloads/Inventario%20de%20Contaminantes%20Criterio\_2017.pdf
- Soto, P. (2017). Diferencias de género en la movilidad urbana. Las experiencias de viaje de mujeres en el Metro de la Ciudad de México. *Revista Transporte y Territorio*, 127-146.

- Swyngedouw, E. (1997). Neither Global Nor Local: 'Glocalization' and the Politics of Scale. En K. Cox, *Spaces of Globalization: Reasserting the Power of the Local* (págs. 137-166). New York/London: Guilford/Longman.
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*, 41-71.
- Urry, J. (2004). The 'System' of Automobility. *Theory, Culture & Society*, 25-39. doi:DOI: 10.1177/026327640404046059
- Vanham, D., & Bidoglio, G. (2013). A review on the indicator water footprint for the EU28. *Ecological Indicators* , 61-75.
- Vázquez Piombo, P. (2014). *El desarrollo urbano en Guadalajara*. Guadalajara.
- Von Bertalanffy, L. (1986). *Teoría General de los Sistemas, fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica .
- Wackernagel , M., & William, R. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Philadelphia: New Society.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). A Definition of "Carbon Footprint". *ISAUK Research & Consulting*.
- Woldeamanuel, M., Cyganski, R., Schulz, A., & Justen, A. (2009). Variation of households' car ownership across time: application of a panel data model. *Springer Science+Business Media*, 371-387.
- Wolman, a. (1965). The Metabolism of Cities. *Scientific American*, 179-190. doi:10.1038/scientificamerican0965-178
- WRI, & IMEPLAN. (2021). *Proyecto "Desarrollo de un inventario integrado de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero" año base 2018*. Guadalajara: WRI México:.

Zúñiga-Olave, C., & Herrmann-Lunecke, M. (2022). Labores de cuidado y covid-19: cambios en la movilidad cotidiana de mujeres en Santiago, Chile. *ÍCONOS Revista de Ciencias Sociales*, 15-33.