



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA COMPLEJIDAD DE  
LA AGENDA DE ACTIVIDADES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

MIGUEL ALBERTO VIELMA SEGURA

PROFESOR GUÍA:  
CRISTIÁN ÁNGELO GUEVARA CUE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
PEDRO DONOSO SIERRA  
CARLOS CARTES MORAGA

SANTIAGO DE CHILE  
2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: MIGUEL ALBERTO VIELMA SEGURA  
FECHA: 2020  
PROF. GUÍA: CRISTIÁN ÁNGELO GUEVARA CUE

## IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA COMPLEJIDAD DE LA AGENDA DE ACTIVIDADES

La demanda de transporte en un sistema urbano se deriva de la demanda por la realización de actividades. Por lo tanto, comprender los determinantes de la agenda de actividades es crucial para entender las componentes fundamentales de los sistemas de transporte. Así el objetivo general de esta investigación es identificar las principales variables causales que explican la complejidad de la agenda de actividades realizadas por individuos en un sistema urbano.

Para cumplir con dicho propósito se utilizarán los datos correspondientes a la Encuesta Origen Destino de los años 2001 y 2012 de la ciudad de Santiago de Chile. Con estos datos se derivan dos medidas para la complejidad de la agenda de actividades, adaptando y combinando las medidas que han propuesto Cadena et al. (2016) y Ben-Elia et al. (2014) en la literatura para medir la complejidad en diferentes contextos, incluyendo transporte. En el primer caso se consideran las actividades realizadas según propósito entregando una fórmula sencilla, con la desventaja de que no analiza los casos en los que personas hacen las mismas actividades, razón por la cual se trabaja en el segundo caso, en el que se incorpora también el tiempo de viaje de las personas. Este último caso permite rescatar las diferencias no logradas en el primero, y cumple con su fin comparativo.

A partir de esta información se analiza el impacto de diferentes variables en el grado de complejidad de la agenda realizada por una muestra de individuos y su evolución en el tiempo. Para estudiar las relaciones causales se desarrolla un análisis mediante una regresión de mínimos cuadrados ordinarios de la complejidad en el modo de viaje al trabajo y diversas variables tales como el ingreso familiar, la presencia de menores en el hogar, tener trabajo a tiempo completo, la edad y el modo usado para viajar al trabajo.

Sin embargo, considerar el modo de viaje al trabajo como una variable explicativa dificulta la estimación del modelo pues el modelo puede sufrir de endogeneidad debido a la autoselección. Siguiendo el enfoque propuesto por Guevara et al. (2019), este potencial problema de endogeneidad se abordó utilizando el enfoque de efecto de tratamiento (TE), donde la elección de un modo se puede considerar como el "tratamiento", cuyo impacto se busca evaluar. Al aplicar las medidas de complejidad propuestas, se comprueba que el ingreso familiar, la edad, ser hombre y el ratio de disponibilidad del automóvil impactan de manera positiva en el uso del automóvil, y este último combinado con la presencia de menores en el hogar implican una agenda más compleja, en el sentido de hacer más actividades, o bien, hacer tareas más exclusivas. Al analizar los cortes temporales, algunos de los postulados anteriores se mantienen, con ciertos cambios por la presencia de menores en el hogar y el género. El analizar un nuevo corte temporal con la EOD del 2012 permite ver qué cambios han ocurrido en las actividades de las personas, con la limitante de ver qué procesos sociales y de transporte han estado involucrados y que escapan de los alcances de este trabajo.



*Definitivamente meter a alguien especial en esta mini dedicatoria es difícil.*

*Excepto a mi familia.*

*Y a Chester Bennington por modelar mi ser desde la media.*



# Agradecimientos

Seré sincero. Dudo mucho que pueda resaltar a alguien o algo en específico a lo largo del paso por mi facultad. Y me he habituado tanto a su vida que no sólo se ha inserto en mí, sino que me ha sido muy, pero muy difícil dejarla. Y sí, hay muchos que me han acompañado en toda esta vida universitaria.

Probablemente la lista para agradecer sea larga y quizás se me quede a alguien en el tintero, pero las personas que considero importante para dedicarlas acá lo saben y/o lo sabrán en el momento que defienda este trabajo.

El primer agradecimiento va a mi familia. Ha sido fundamental en la construcción de mi persona y no hay duda de que siempre han buscado lo mejor para mí. Esto incluye a nuestra gata.

El segundo agradecimiento va a toda la gente que he tenido la oportunidad de conocer en mi paso por esta facultad, partiendo desde mis inicios en la gran sección 6, hasta toda la familia transportista, incluyendo alumnos, profesores y funcionarios en este grupo. Dentro de este grupo no puedo no mencionar a mi profesor guía Angelo, quien ha sido un impulso para poder terminar la carrera, y también a los profesores de mi comisión.

El tercer agradecimiento va a toda la gente de mi team *PvPobres* de Pokémon GO, quienes no sólo me han aguantado en esta etapa, sino que también me han acogido como grandes amigos en el juego y en la vida.

Por último, me gustaría poder agradecer a todo el equipo de monitores de la universidad, quienes me permitieron poder desarrollar habilidades que son realmente necesarias para poder desempeñarme con las personas.



# Tabla de Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introducción</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación . . . . .   | 1         |
| 1.2. Objetivos . . . . .  | 2         |
| 1.3. Metodología de Trabajo . . . . .   | 2         |
| 1.4. Estructura de la memoria . . . . .                                       | 3         |
| <b>2. Revisión bibliográfica</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1. Complejidad y Definiciones . . . . .                                     | 4         |
| 2.2. Método de la Reflexión . . . . .   | 6         |
| 2.3. Medidas de complejidad y adaptación del Método de la Reflexión . . . . . | 9         |
| 2.4. Fragmentación de las actividades . . . . .                               | 14        |
| <b>3. Metodología y obtención de medidas de complejidad</b>                   | <b>19</b> |
| 3.1. Encuestas Origen Destino . . . . .                                       | 19        |
| 3.2. La base de datos y el trabajo previo . . . . .                           | 19        |
| 3.3. Procedimientos para determinar complejidad . . . . .                     | 21        |
| <b>4. Resultados y análisis</b>   | <b>24</b> |
| 4.1. Medida de complejidad de Cadena et al. (2016) . . . . .                  | 24        |
| 4.1.1. Resultados . . . . .   | 24        |
| 4.1.2. Análisis y comentarios generales . . . . .                             | 38        |
| 4.2. Medida de complejidad basada en Ben-Elia et al. (2014) . . . . .         | 41        |
| 4.2.1. Resultados . . . . .   | 41        |
| 4.2.2. Análisis y comparación . . . . .                                       | 53        |
| <b>5. Conclusiones</b>  | <b>60</b> |
| 5.1. Comentarios generales . . . . .  | 60        |
| 5.2. Limitaciones y alcances futuros . . . . .                                | 61        |
| <b>Bibliografía</b>   | <b>63</b> |

# Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Ejemplo de matriz M para el Método de la Reflexión . . . . .  | 8  |
| 3.1. Codificación de propósitos de viaje según la EOD 2001 . . . . .   | 20 |
| 3.2. Codificación de propósitos de viaje según la EOD 2012 . . . . .   | 21 |
| 4.1. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 . . . . .  | 24 |
| 4.2. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 . . . . .  | 25 |
| 4.3. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por género . . . . .                            | 25 |
| 4.4. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por género . . . . .                            | 26 |
| 4.5. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por modo . . . . .                              | 27 |
| 4.6. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por modo . . . . .                              | 27 |
| 4.7. Comparación de los valores de complejidad para la primera medida . . . . .  | 29 |
| 4.8. Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y el género femenino . . . . .   | 29 |
| 4.9. Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y el género masculino . . . . .  | 29 |
| 4.10. Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y uso de transporte público . . . . .   | 29 |
| 4.11. Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y uso de transporte privado . . . . .   | 29 |
| 4.12. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar . . . . . | 32 |
| 4.13. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar . . . . . | 32 |
| 4.14. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial . . . . .       | 33 |
| 4.15. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial . . . . .       | 33 |
| 4.16. Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad . . . . .                    | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 4.17. Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad. Versión modificada para réplica de los datos de la EOD 2001 . . . . .         | 39 |
| 4.18. Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad. Versión modificada para réplica de los datos de la EOD 2012 . . . . .         | 40 |
| 4.19. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 . . . . .  | 42 |
| 4.20. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 . . . . .  | 43 |
| 4.21. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por género . . . . .  | 43 |
| 4.22. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por género . . . . .  | 44 |
| 4.23. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por modo . . . . .  | 45 |
| 4.24. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por modo . . . . .  | 45 |
| 4.25. Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida . . . . .   | 46 |
| 4.26. Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y el género femenino . . . . .  | 46 |
| 4.27. Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y el género masculino . . . . .   | 46 |
| 4.28. Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y uso de transporte público . . . . .   | 47 |
| 4.29. Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y uso de transporte privado . . . . .   | 47 |
| 4.30. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .  | 47 |
| 4.31. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .  | 47 |
| 4.32. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial . . . . .  | 49 |
| 4.33. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial . . . . .  | 49 |
| 4.34. Segunda medida de complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad - Versión para réplica de los datos de la EOD 2001 . . . . . | 54 |
| 4.35. Segunda medida de complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad - Versión para réplica de los datos de la EOD 2012 . . . . . | 55 |
| 4.36. Perfiles más frecuentes en la EOD 2001 . . . . .   | 55 |
| 4.37. Perfiles más frecuentes en la EOD 2012 . . . . .   | 56 |
| 4.38. Perfiles exclusivos de transporte privado con más complejidad en la EOD 2001 . . . . .   | 56 |
| 4.39. Perfiles exclusivos de transporte público con más complejidad en la EOD 2001 . . . . .   | 57 |
| 4.40. Perfiles exclusivos de transporte privado con más complejidad en la EOD 2012 . . . . .   | 57 |
| 4.41. Perfiles exclusivos de transporte público con más complejidad en la EOD 2012 . . . . .   | 57 |

# Índice de Ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Representación de las tres categorías de las definiciones de complejidad según su grado de ordenamiento . . . . .                                       | 5  |
| 2.2. Red bipartita y tripartita utilizada para cuantificar la economía de los países   | 6  |
| 2.3. Red bipartita y tripartita utilizada para cuantificar la complejidad de la agenda de actividades . . . . .  | 10 |
| 2.4. Dimensiones de fragmentación temporal . . . . .   | 15 |
| 2.5. Dimensiones de fragmentación espacial . . . . .   | 16 |
| 4.1. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 . . . . .  | 25 |
| 4.2. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 . . . . .  | 26 |
| 4.3. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por género . . . . .                              | 26 |
| 4.4. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por género . . . . .                              | 27 |
| 4.5. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por modo . . . . .                                | 28 |
| 4.6. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por modo . . . . .                                | 28 |
| 4.7. Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001 . . . . .  | 30 |
| 4.8. Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2012 . . . . .  | 30 |
| 4.9. Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001 y las personas de hogares con automóvil . . . . .              | 31 |
| 4.10. Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001 y las personas con automóvil y licencia de conducir . . . . . | 31 |
| 4.11. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .   | 32 |
| 4.12. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .   | 33 |
| 4.13. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial . . . . .         | 34 |
| 4.14. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial . . . . .         | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 4.15. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .                     | 35 |
| 4.16. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .                     | 35 |
| 4.17. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .          | 36 |
| 4.18. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .                     | 36 |
| 4.19. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .                     | 37 |
| 4.20. Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .          | 37 |
| 4.21. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 . . . . .  | 42 |
| 4.22. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 . . . . .  | 43 |
| 4.23. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por género . . . . .  | 44 |
| 4.24. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por género . . . . .  | 44 |
| 4.25. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por modo . . . . .  | 45 |
| 4.26. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por modo . . . . .  | 46 |
| 4.27. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .  | 48 |
| 4.28. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar . . . . .  | 48 |
| 4.29. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial . . . . .  | 49 |
| 4.30. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial . . . . .  | 50 |
| 4.31. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .            | 50 |
| 4.32. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .            | 51 |
| 4.33. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . . | 51 |

|  |    |
|--|----|
| 4.34. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .            | 52 |
| 4.35. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . .            | 52 |
| 4.36. Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar . . . . . | 53 |

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Motivación

La demanda de transporte en un sistema urbano se deriva de la demanda por la realización de actividades. Por lo tanto, comprender los determinantes de la agenda de actividades es crucial para entender las componentes fundamentales de los sistemas de transporte. Se busca así, por ejemplo, determinar las razones que gatillan que la gente haga más viajes distintos para cumplir sus propósitos, pues el aumento en el número de viajes implica un empeoramiento en los diversos aspectos de nivel de servicio que experimentan los usuarios.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es identificar las principales variables causales que explican la complejidad de la agenda de actividades realizadas por individuos en un sistema urbano. Con ese propósito, primero se derivará una medida para la complejidad de la agenda de actividades, adaptando las medidas que se han propuesto en la literatura para medir la complejidad en diferentes contextos, incluyendo transporte.

El concepto de complejidad ha sido ampliamente estudiado en la literatura, especialmente en el área de la física. Los conceptos de complejidad que se han propuesto difieren en varios aspectos, pero todos coinciden en su definición en función de alguna medida de desorden. Para el caso de transporte, se ha propuesto que las medidas de complejidad en la agenda de actividades guarde relación con la primera idea, puesto que una agenda de más actividades y más diversidad de las mismas se cataloga como más compleja.

Por ejemplo, Cadena et al. (2016) y Guevara et al. (2019) desarrollan una medida de complejidad basada en un trabajo de Hidalgo y Hausmann (2009), exponiendo un caso más sencillo en Guevara et al. (2019)

Esta propuesta parte reconociendo que si se realiza varias veces el mismo tipo de actividad, la medida de complejidad propuesta no debiera arrojar el mismo resultado, por ejemplo, en el caso en donde un individuo va únicamente al trabajo, y en otro va al trabajo, pero posee diversas reuniones de trabajo que se encuentran dispersas en el espacio y en el tiempo.

Por esta razón es que se hace necesario estudiar otros enfoques a la determinación de la

complejidad de la agenda de actividades. Mientras Cadena et. al (2016) y Guevara et. al (2019) consideran únicamente los tipos de actividades que hace un individuo, Ben-Elia et. al (2014) incorpora la fragmentación espacio-temporal de las actividades, definiendo dos familias de medidas de fragmentación que sugieren que una agenda es más compleja si actividades del mismo tipo se encuentran más dispersas.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal de la memoria de título es de identificar los factores que explican, determinan y afectan la complejidad de la agenda de actividades de los habitantes de Santiago. Para cumplir este objetivo, se detallan los siguientes objetivos específicos.

- Revisar y comparar las distintas medidas de complejidad existentes en la literatura, rescatando las que sean aplicables a transporte. Dentro de este punto, otro objetivo a considerar es de sugerir medidas de complejidad basada en las medidas ya existentes y estudiadas.
- Aplicar las medidas de complejidad seleccionadas y propuestas a datos reales (correspondientes a encuestas de movilidad tradicional) y hacer un análisis estadístico-descriptivo de los datos. En este caso, las encuestas de movilidad tradicional son las Encuestas Origen-Destino de los años 2001 y 2012.
- Mediante regresión lineal y corrigiendo por endogeneidad, determinar los factores que influyen en la complejidad de la agenda de actividades y analizar resultados en los distintos cortes temporales.

## 1.3. Metodología de Trabajo

Para cumplir con los objetivos propuestos en la sección anterior, se procederá con la siguiente metodología.

- **Revisión bibliográfica sobre medidas de complejidad:** Uno de los objetivos a cumplir es el de comparar las medidas de complejidad existentes. En esta etapa se abordarán las distintas medidas que se abordan en la literatura, analizando los diferentes enfoques de cada una, y eligiendo las que resulten ser aplicables a transporte, a la agenda de actividades y a encuestas de movilidad tradicional.

La revisión bibliográfica es constante, por cuanto a que pueden surgir nuevas metodologías de cálculo de complejidad para la agenda de actividades, para las cuales se deberá estudiar su pertinencia y aplicación.

- **Propuesta de medida de complejidad:** Basado en las medidas de complejidad estudiadas y elegidas, se debe sugerir una medida de complejidad acorde a la bibliografía analizada.

Las medidas de complejidad propuestas deben aplicarse a transporte y al contexto estudiado en esta memoria de título, pudiendo establecer diferencias específicas para casos particulares, por ejemplo, para capturar los efectos de la ubicación de las actividades o de los tiempos de viaje.

- **Aplicación a encuestas de movilidad tradicional:** Elegidas las medidas en la fase anterior, se procede a aplicarlas a las encuestas de Origen Destino de los años 2001 y 2012, para luego hacer un análisis estadístico-descriptivo de los resultados obtenidos.

En esta parte un desafío a considerar consiste en establecer las diferencias entre las medidas de complejidad utilizadas de modo de describir casos particulares. Por ejemplo, capturar fenómenos que no pueden ser descritos por alguna de las metodologías.

Un caso relevante a estudiar podría ser la variable geográfica. Se estima preliminarmente que la complejidad en una misma agenda de actividades debe variar si es que éstas se encuentran más distanciadas, lo cual influye en los tiempos de viaje y, por lo tanto, en la agenda misma.

- **Estudio de variables y factores:** Una vez efectuado el análisis estadístico con los datos de encuestas de movilidad, se procede a efectuar una regresión lineal, corrigiendo según endogeneidad, para determinar los factores que afectan la complejidad de la agenda de actividades. Además se separará por grupos de control y cortes temporales. El análisis hecho en la Encuesta Origen Destino del año 2001 incluyó el controlar por posesión de licencia de conducir, por presencia de menores, por ingreso per cápita, por género y alguna combinación de los anteriores.

## 1.4. Estructura de la memoria

En primer lugar se busca obtener una medida de complejidad en la agenda de actividades propuesta a partir de la literatura disponible. Dicha medida deberá incorporar elementos que se consideran en artículos relevantes aplicables a encuestas de movilidad tradicional.

En segundo lugar se considera el resultado principal de este trabajo, el cual consiste en el estudio del impacto de los factores que determinan la complejidad de la agenda de actividades, considerando ambos cortes temporales correspondientes a las encuestas Origen Destino de los años 2001 y 2012. Dado que se cuenta con la información del año 2001, se debe caracterizar la muestra de la encuesta del año 2012 para efectuar la comparación.

Por ello, este trabajo consta de diversos capítulos, partiendo por la introducción a la misma. En el segundo capítulo se consulta la literatura disponible referente a medidas de complejidad y los trabajos previos de este tema, que incluyen el Método de la Reflexión de Hidalgo & Hausmann (2009), la investigación hecha por Cadena et al. (2016) y Guevara et al. (2019) y el análisis de fragmentación espacio-temporal de Ben-Elia et al. (2014). En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de trabajo de esta memoria, para posteriormente explicitar todos los resultados y análisis de la misma, incluyendo las regresiones lineales, comparaciones de medidas con perfiles específicos y comentarios en base a los resultados. Finalmente se entregan las conclusiones y las limitaciones de la memoria en el capítulo final.

# Capítulo 2

## Revisión bibliográfica

En esta sección se efectúa el detalle del marco teórico necesario para poder desarrollar el presente trabajo de título. Dentro de los principales aspectos a abordar se mencionan la definición de complejidad, el Método de la Reflexión (Hidalgo & Hausmann, 2009) y las adaptaciones de lo anterior a medidas de la complejidad de la agenda de actividades.

### 2.1. Complejidad y Definiciones

Para el análisis de la memoria de título se hace uso de la definición de complejidad, la cual es un concepto que se aplica en distintas disciplinas, no teniendo una definición clara. La Real Academia Española define la complejidad como una cualidad de complejo, y este último término, a su vez, tiene acepciones variadas. Algunas de las que se hace mención (y que se estimaron que podían ser útiles para este trabajo) son las siguientes:

- Que se compone de elementos diversos.
- Complicado. (enmarañado, de difícil comprensión)
- Conjunto o unión de dos o más cosas que constituyen una unidad.

Incluso sin analizar aún este concepto dentro del área de transporte, ya hay diversas miradas dependiendo de la disciplina. Entre los ejemplos que entrega Cadena et al. (2013) es posible encontrar distintas aristas para las medidas de complejidad de los sistemas. En programación interesa así estudiar la complejidad que tienen distintos algoritmos, mientras que en termodinámica la complejidad de un sistema guarda relación con la entropía del mismo. A su vez, Edmonds (1999), en mención a la dificultad en la definición de complejidad, radica en que depende del aspecto que interesa observar.

Relacionado con la entropía es posible clasificar las definiciones de complejidad en tres categorías de acuerdo al grado de ordenamiento según Shiner, Davison & Landsberg (1999), de acuerdo a la figura 2.1.

En la subfigura (a) caben las definiciones de complejidad como funciones monótonas crecientes del desorden. En esta categoría es posible encontrar la complejidad algorítmica y

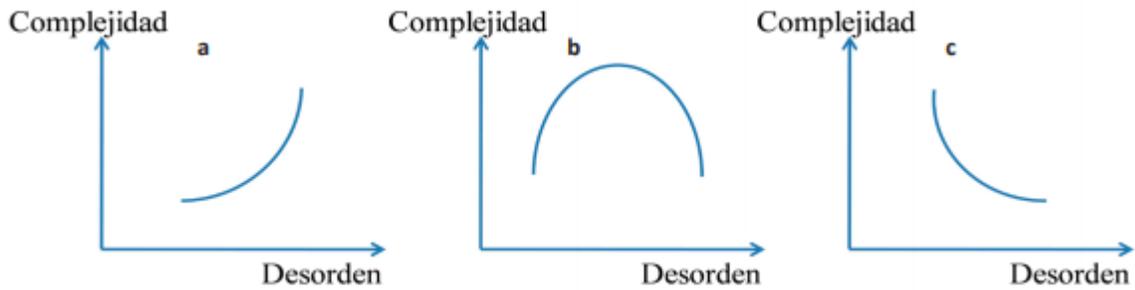


Figura 2.1: Representación de las tres categorías de las definiciones de complejidad según su grado de ordenamiento

Fuente: Shiner, Davison & Landsberg (1999)

algunas entropías, encontrando algunos ejemplos recurrentes como la Complejidad de Kolmogorov y la entropía de Shannon.

En la subfigura (b) es posible situar las definiciones en donde la complejidad es una función convexa del desorden, siendo la profundidad lógica (o *logical depth*, ver ejemplo en Xing & Manning, 2005) un ejemplo clave de esta categoría. En este caso, la profundidad lógica se aplica a strings y guarda relación con la compensación entre los tiempos de un programa y su tamaño. (Vitányi, 2019) Del mismo modo, se puede decir que es fácil generar un programa con un único carácter o bien con una combinación de caracteres regulares, pero generar el número  $\pi$  es extremadamente complejo.

En la subfigura (c) se clasifican las acepciones que relacionan el nivel de complejidad con la auto-organización y esta última con el orden. No constituye una categoría de fácil representación. En este caso, se puede considerar que las moléculas de un gas se encuentran más desordenadas, haciendo que no formen estructuras tan complejas, a diferencia de un sólido, en el que su nulo desorden permite, por ejemplo, formar redes covalentes como las existentes en el grafito.

En el contexto de la complejidad en la agenda de actividades, situarla en la categoría (a) de definiciones según la figura 2.1 parece más sensato a partir de los siguientes ejemplos.

- Suponer que existen dos personas que hacen la misma cantidad de actividades de igual duración y al mismo tiempo. Sin embargo, una persona hace actividades del mismo tipo, mientras que otra persona hace distintas actividades.

Se puede hacer una analogía con la complejidad de Kolmogorov utilizada en algoritmos computacionales (ver ejemplo en Xing & Manning, 2005): si se representa cada actividad con un número en un *string* o cadena de caracteres, resulta más complejo un *string* con muchos valores distintos a uno con los valores iguales. Es decir, un *string* 12345 es más complejo que uno 11111. Luego, hay más desorden en la persona que hace más actividades distintas y, por lo tanto, más complejidad.

- Suponer ahora que existen dos personas que hacen un número distinto de actividades del mismo tipo. Suponiendo que hay más dispersión en la agenda de la persona que hace más actividades, hay mayor desorden y así, mayor complejidad en esta última persona.

Es cierto que realizar actividades diversas es la definición misma de complejidad, sin embargo, hay reparos al considerar la repetición de una actividad. Ninguna actividad está 100 % controlada, por lo que la misma no es determinística. Uno como persona no puede controlar todas las variables de una actividad, por lo que al hacer más veces una actividad, uno está dispuesto a aceptar eventualidades, que pueden ser accidentes, actividades de última hora, entre otros.

En el caso que una persona hace actividades que son cada vez más exclusivas, si la exclusividad hace que su distribución de actividades esté más desordenada, tiene sentido la categoría (a). Sin embargo, no resulta sencillo categorizar la exclusividad en función del desorden.

## 2.2. Método de la Reflexión

Las medidas de complejidad utilizadas cronológicamente a partir de Cadena (2013) con la información de la Encuesta Origen Destino del año 2001 provienen de una adaptación del Método de la Reflexión propuesto por Hidalgo y Hausmann (2009), la cual caracteriza la complejidad de la economía de los países.

En dicho artículo se establece el supuesto de que la complejidad nace de la interacción entre las diversas actividades individuales (cuyo número se encuentra en crecimiento). De la misma forma se asume que la eficiencia (y productividad) de una economía aumenta cuando las personas y las firmas se pueden especializar en más actividades distintas.

La cuantificación de la complejidad de una economía se efectúa mediante una red bipartita que relaciona los países con los distintos productos que éstos exportan. A su vez, esto resulta de una extensa red tripartita que relaciona los países con sus capacidades disponibles y los productos con las capacidades que se requieren, de acuerdo a lo que se muestra en la figura 2.2.

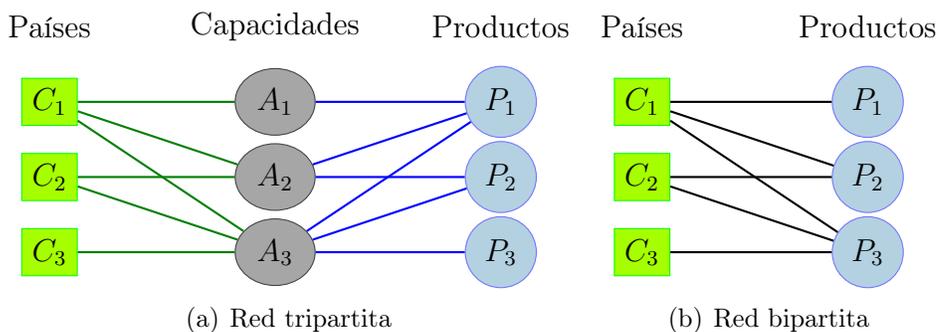


Figura 2.2: Red bipartita y tripartita utilizada para cuantificar la economía de los países  
Fuente: Hidalgo & Hausmann (2009)

Para formular el Método de la Reflexión se representa la red mediante una matriz  $M$ , en donde el elemento  $M_{cp}$  vale 1 si el país  $c$  exporta el producto  $p$ , y 0 en cualquier otro caso. El método entrega como resultado un set simétrico de variables para los dos tipos de nodos de la red: productos y países (Hidalgo & Hausmann, 2009).

Se procede de manera iterativa siguiendo los valores de las ecuaciones 2.1 y 2.2, en donde  $N$  es la iteración correspondiente.

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} k_{p,N-1} \quad (2.1)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} k_{c,N-1} \quad (2.2)$$

Las cuales están sujetas a las condiciones iniciales representadas por el nivel de diversificación  $k_{c,0}$  de un país  $c$  (el número de productos exportados por el país  $c$ ) y la ubicuidad  $k_{p,0}$  de un producto  $p$  (el número de países que exportan un producto  $p$ ), representadas por las ecuaciones 2.3 y 2.4, respectivamente.

$$k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (2.3)$$

$$k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (2.4)$$

De este modo es posible caracterizar cada país mediante un vector  $\vec{k}_c = (k_{c,0}, k_{c,1}, \dots, k_{c,N})$  y cada producto mediante un vector  $\vec{k}_p = (k_{p,0}, k_{p,1}, \dots, k_{p,N})$ . No obstante, para los países las variables pares  $(k_{c,0}, k_{c,2}, \dots)$  son medidas generalizadas de diversificación, mientras que las variables impares  $(k_{c,1}, k_{c,3}, \dots)$  son medidas generalizadas de ubicuidad. Para los productos se da el caso contrario, ya que las variables pares  $(k_{p,0}, k_{p,2}, \dots)$  son medidas generalizadas de ubicuidad, mientras que las variables impares  $(k_{p,1}, k_{p,3}, \dots)$  son medidas generalizadas de diversificación.

A medida que se va desarrollando cada iteración, se espera que los valores de  $k_c$  y  $k_p$  logren converger a un valor determinado.

Para representar lo anterior se detalla el siguiente ejemplo basado en un caso base mostrado en Cadena (2013) para tres países y cuatro productos.

Siguiendo el ejemplo anterior, la diversificación del país 1 ( $k_{c1,0}$ ) es 2, la del país 2 ( $k_{c2,0}$ ) es 3 y la del país 3 ( $k_{c3,0}$ ) es 3. Por otro lado, la ubicuidad del producto 1 ( $k_{p1,0}$ ) y la del producto 2 ( $k_{p2,0}$ ) es 2, la del producto 3 ( $k_{p3,0}$ ) es 3 y la del producto 4 ( $k_{p4,0}$ ) es 1.

Para la iteración siguiente, los productos exportados por los distintos países ( $k_{ci,1}$ ) tienen las siguientes ubicuidades promedio:

Tabla 2.1: Ejemplo de matriz M para el Método de la Reflexión

|                     | Producto 1 | Producto 2 | Producto 3 | Producto 4 | Diversificación $k_{c,0}$ |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| País 1              | 1          | 0          | 1          | 0          | 2                         |
| País 2              | 0          | 1          | 1          | 1          | 3                         |
| País 3              | 1          | 1          | 1          | 0          | 3                         |
| Ubicuidad $k_{p,0}$ | 2          | 2          | 3          | 1          |                           |

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Cadena (2013)

$$k_{c1,1} = \frac{1 \cdot 2 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 0 \cdot 1}{2} = \frac{2 + 0 + 3 + 0}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad (2.5)$$

$$k_{c2,1} = \frac{0 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 1}{3} = \frac{0 + 2 + 3 + 1}{3} = \frac{6}{3} = 2 \quad (2.6)$$

$$k_{c3,1} = \frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 0 \cdot 1}{3} = \frac{2 + 2 + 3 + 0}{3} = \frac{7}{3} = 2,33 \quad (2.7)$$

Mientras que los distintos productos se exportan por países con las siguientes diversificaciones promedio:

$$k_{p1,1} = \frac{1 \cdot 2 + 0 \cdot 3 + 1 \cdot 3}{2} = \frac{2 + 0 + 3}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad (2.8)$$

$$k_{p2,1} = \frac{0 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 3}{2} = \frac{0 + 3 + 3}{2} = \frac{6}{2} = 3 \quad (2.9)$$

$$k_{p3,1} = \frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 3}{3} = \frac{2 + 3 + 3}{3} = \frac{8}{3} = 2,67 \quad (2.10)$$

$$k_{p4,1} = \frac{0 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 0 \cdot 3}{1} = \frac{0 + 3 + 0}{1} = \frac{3}{1} = 3 \quad (2.11)$$

Para la siguiente iteración, los países que exportan los distintos productos poseen las siguientes diversificaciones promedio:

$$k_{c1,2} = \frac{1 \cdot \frac{5}{2} + 0 \cdot \frac{6}{2} + 1 \cdot \frac{8}{3} + 0 \cdot \frac{3}{1}}{2} = \frac{\frac{5}{2} + 0 + \frac{8}{3} + 0}{2} = \frac{31}{12} = 2,58 \quad (2.12)$$

$$k_{c2,2} = \frac{0 \cdot \frac{5}{2} + 1 \cdot \frac{6}{2} + 1 \cdot \frac{8}{3} + 1 \cdot \frac{3}{1}}{3} = \frac{0 + \frac{6}{2} + \frac{8}{3} + \frac{3}{1}}{3} = \frac{52}{18} = 2,89 \quad (2.13)$$

$$k_{c3,2} = \frac{1 \cdot \frac{5}{2} + 1 \cdot \frac{6}{2} + 1 \cdot \frac{8}{3} + 0 \cdot \frac{3}{1}}{3} = \frac{\frac{5}{2} + \frac{6}{2} + \frac{8}{3} + 0}{3} = \frac{49}{18} = 2,72 \quad (2.14)$$

Y del mismo modo, los productos exportados por los países que producen los distintos productos tienen las siguientes ubicuidades promedio:

$$k_{p1,2} = \frac{1 \cdot \frac{5}{2} + 0 \cdot \frac{6}{3} + 1 \cdot \frac{7}{3}}{2} = \frac{\frac{5}{2} + 0 + \frac{7}{3}}{2} = \frac{29}{12} = 2,42 \quad (2.15)$$

$$k_{p2,2} = \frac{0 \cdot \frac{5}{2} + 1 \cdot \frac{6}{3} + 1 \cdot \frac{7}{3}}{2} = \frac{0 + \frac{6}{3} + \frac{7}{3}}{2} = \frac{13}{6} = 2,17 \quad (2.16)$$

$$k_{p3,2} = \frac{1 \cdot \frac{5}{2} + 1 \cdot \frac{6}{3} + 1 \cdot \frac{7}{3}}{3} = \frac{\frac{5}{2} + \frac{6}{3} + \frac{7}{3}}{3} = \frac{41}{18} = 2,28 \quad (2.17)$$

$$k_{p4,2} = \frac{0 \cdot \frac{5}{2} + 1 \cdot \frac{6}{3} + 0 \cdot \frac{7}{3}}{1} = \frac{0 + \frac{6}{3} + 0}{1} = \frac{6}{3} = 2 \quad (2.18)$$

Y así se sigue construyendo el conjunto de vectores de países y productos según lo expuesto anteriormente.

Las conclusiones de este método radican en que si un país que posee una gran diversificación de exportaciones posee muchas capacidades, puede combinar otras capacidades generando productos más complejos.

### 2.3. Medidas de complejidad y adaptación del Método de la Reflexión

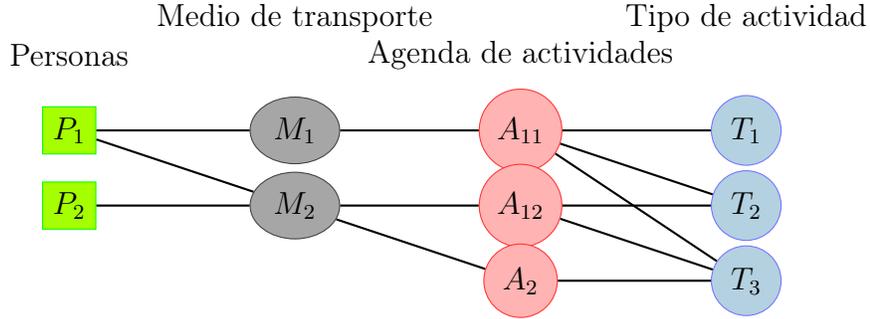
Un primer intento por desarrollar una medida de complejidad de la agenda de actividades se logra en Cadena (2013), adaptando el Método de la Reflexión explicado en la sección anterior a este caso de transporte, basado en la idea de que la complejidad en la agenda de actividades se relaciona con el modo de viaje de las personas, siendo uno de los factores principales que permite que las personas ejecuten un cierto conjunto de actividades ya que el uso de transporte público está sujeto a las rutas que abarcan, mientras que el uso de transporte privado tiene más alcance.

Esta adaptación utiliza los datos de la Encuesta Origen Destino del año 2001, la cual muestra información relacionada con los hogares, las personas y los viajes. De toda la muestra se seleccionó un subconjunto necesario para poder concluir sobre las agendas de actividades.

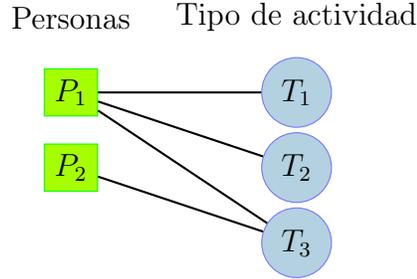
La adaptación tiene el siguiente tratamiento. Una persona tiene acceso a un determinado conjunto de medios de transporte, cada uno de los cuales le permite acceder a una agenda de actividades, desarrollando un conjunto de actividades determinado. Lo anterior se refleja en la figura 2.3.

En el ejemplo de la figura, se consideran 2 individuos. Uno puede acceder a ambos medios de transporte, lo que le permite acceder a alguna de las dos agendas de actividades disponibles  $A_{11}$  y  $A_{12}$ , para poder hacer un cierto conjunto de actividades. Por otra parte, el otro individuo sólo puede elegir un único modo, debiendo elegir una única agenda de actividades  $A_2$  que le permite desarrollar un conjunto específico de actividades.

La matriz  $M$  que se trabaja ahora es tal que el elemento  $M_{ap}$  toma el valor 1 si es que una persona  $p$  efectúa una actividad  $a$ , y cero en caso contrario. Así las ecuaciones 2.1, 2.2,



(a) Red tripartita adaptada



(b) Red bipartita adaptada

Figura 2.3: Red bipartita y tripartita utilizada para cuantificar la complejidad de la agenda de actividades

Fuente: Cadena (2013)

2.3 y 2.4 se representan exactamente de la misma forma, pero aplicadas a la complejidad de la agenda de actividades.

$$k_{a,N} = \frac{1}{k_{a,0}} \sum_p M_{ap} k_{a,N-1} \quad (2.19)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_a M_{ap} k_{p,N-1} \quad (2.20)$$

Las cuales están sujetas a las condiciones iniciales representadas por el nivel de diversificación  $k_{c,0}$  (el número de actividades que efectúa una persona  $p$ ) y la ubicuidad  $k_{p,0}$  (el número de personas que efectúan una actividad  $a$ ), representadas por las ecuaciones 2.3 y 2.4, respectivamente.

$$k_{a,0} = \sum_p M_{ap} \quad (2.21)$$

$$k_{p,0} = \sum_a M_{ap} \quad (2.22)$$

El procedimiento inicial sigue el mismo ordenamiento del Método de la Reflexión de Hi-

dalgo & Hausmann (2009), con la muestra de la Encuesta Origen Destino que reconoció un número de 734 perfiles distintos de actividades, acorde a los propósitos enlistados en la misma encuesta. Cadena (2013) ordena todos los perfiles de acuerdo a su diversificación según  $k_{a,2N}$ , debiendo identificar (para 100 iteraciones) desde qué valor de  $N$  no existen variaciones. En dicho trabajo se llegó a la conclusión de que el promedio obtenido en cada iteración no cambia desde  $N = 50$ .

Sin embargo, aún cuando el promedio no cambia desde ese dicho valor, el ránking de perfiles no se logra estabilizar, no pudiendo determinar una medida de diversificación que permitiera ordenar cada uno de los perfiles de actividades y permitiera estudiar la complejidad de las agendas de actividades. Dicho lo anterior, algunos perfiles experimentarían un grado de complejidad alta para cierto valor de  $N$ , pero sería baja para otro valor.

Así el Método de la Reflexión no resulta ser óptimo para estudiar la complejidad de la agenda de actividades, partiendo por la variación de dimensiones de las matrices. Mientras la cantidad de productos es mucho mayor que la cantidad de propósitos, la cantidad de personas es mucho mayor que la cantidad de países. Esto no solo no permitió estabilizar el ranking de perfiles, sino que no se pudo representar adecuadamente la complejidad de la agenda de actividades, impidiendo además efectuar un análisis por categorías.

Así Cadena (2013) propone una medida de la complejidad de la agenda de actividades la cual tiene como premisas el hecho de que una persona que realiza muchas actividades en un día dado tiene una agenda más compleja que una persona que realiza pocas actividades, y el hecho de que si una persona realiza muchas veces una misma actividad resulta en una agenda más compleja que otra en donde desarrolla la misma actividad sólo una vez.

En primera instancia se trabaja con una matriz  $M$ , en donde cada celda representa el número de viajes que una persona  $n$  efectúa con propósito  $j$  (o bien, para hacer una actividad del tipo  $j$ ). Define así un primer elemento correspondiente a la repetición relativa  $R_{nj}$  de la actividad  $j$  para la persona  $n$  según la ecuación 2.23.

$$R_{nj} = \frac{M_{nj}}{F_j} \quad (2.23)$$

En donde  $F_j$  representa la frecuencia del propósito o actividad  $j$ . Con dicho término, calculado según la ecuación 2.24, se puede determinar la exclusividad de dicha actividad más adelante.

$$F_j = \sum_n M_{nj} \quad (2.24)$$

Así, la exclusividad de la agenda de actividades de una persona  $n$  se logra calcular utilizando la ecuación 2.25. Aquí se puede observar que si una persona realiza una actividad que es muy habitual en la población, esa actividad aporta menos a la complejidad de su agenda que el desarrollo de una actividad menos habitual.

$$E_n = \sum_j R_{nj} = \sum_j \frac{M_{nj}}{F_j} \quad (2.25)$$

Y así Cadena (2013) mide la complejidad de la agenda de actividades de la persona  $n$  de forma bidimensional, representando el número de viajes de dicha persona según la ecuación 2.26, y de la exclusividad  $E_n$ . Dicho par ordenado es representado por la ecuación 2.27, siendo  $C_n$  la complejidad ya mencionada, en donde corresponde al par ordenado que en el eje  $x$  representa el número de actividades que hace dicha persona  $n_n$ , mientras que en el eje  $y$  es representada la medida de exclusividad de la agenda de actividades,  $E_n$ .

$$n_n = \sum_j M_{nj} \quad (2.26)$$

$$C_n = (n_n, E_n) \quad (2.27)$$

A partir de este trabajo, Cadena et al. (2016) analizan estos resultados de modo de estudiar el impacto que tiene dicha medida de complejidad en ciertos grupos de control, respondiendo a la pregunta de si existiera evidencia que sugiera que la agenda del transporte privado es más compleja que la del transporte público, separando por:

- Ingreso per cápita
- Presencia de menores
- Género
- Posesión de licencia de conducir
- Mezcla de grupos anteriores.

Para dicho trabajo anterior es posible expresar la exclusividad de la agenda de actividades de un individuo  $n$  según la siguiente expresión.

$$C_n = (n_n, E_n) = \left( \sum_j M_{nj}, \sum_j \frac{1}{\sum_n M_{nj}} M_{nj} \right) \quad (2.28)$$

Un nuevo trabajo de Guevara et al. (2019), incorporando todo lo antes mencionado, realiza una simplificación de lo mostrado en la ecuación 2.28, ahora considerando una variable binaria  $y_{in}$  que toma el valor 1 si el individuo  $n$  realiza una actividad  $i$  que, para este caso, siguen siendo los propósitos de la encuesta Origen Destino.<sup>1</sup> De esta manera, la complejidad de la agenda de actividades para el individuo  $n$ ,  $C_n$ , que queda representada por la ecuación 2.29, aumenta al aumentar el número de actividades realizadas por la persona  $n$  ( $\sum_i y_{in}$ ), pero también aumenta cuando esta persona desarrolla actividades que hacen menos personas. En este caso, la complejidad resulta ser inversamente proporcional al número de personas que realizan dicha actividad ( $\sum_n y_{in}$ ).

---

<sup>1</sup>Es necesario recordar que de los propósitos de viaje se derivan las actividades que realizan las personas.

$$C_n = \sum_i \frac{1}{\sum_n y_{in}} y_{in} \quad (2.29)$$

Se menciona que una agenda es más compleja cuando la gente hace actividades que desarrolla un número reducido de personas. Una idea intuitiva es pensar que son actividades más difíciles de realizar, pero no siempre es así. Puede pasar que una actividad no sea complicada, pero que requiera que personal calificado en alguna área determinada desarrolle la actividad, lo que hace que menos personas accedan a realizar dicha tarea. Puede pasar además que haya alguna tarea muy fácil, pero que sea poco placentera, socialmente no aceptable o muy riesgosa, entre otras razones.

En Guevara et al. (2019) la idea es identificar las principales variables causales que explican la complejidad de la agenda de actividades de las personas, efectuando una regresión lineal de la complejidad expresada en la última ecuación.

$$\ln(C) = \beta_0 + \beta_1 \ln(INCP) + \beta_2 1_{private} + \beta_3 1_{minors} + \beta_4 1_{male} + \beta_5 \ln(AGE) + \beta_6 1_{full-time} + \varepsilon \quad (2.30)$$

En donde, en orden,  $C$  es la complejidad a estudiar,  $INCP$  es el ingreso per-cápita del hogar,  $1_{private}$ ,  $1_{minors}$ ,  $1_{male}$  y  $1_{full-time}$  son variables binarias que valen 1 si el individuo usa un modo privado, si en su hogar hay menores de edad, si es hombre y si tiene un trabajo a tiempo completo, respectivamente, y  $AGE$  es la edad del individuo. Rechazar la hipótesis nula asociada a  $\beta_2 = 0$  significa que la gente que elige modos privados puede desarrollar una agenda de actividades más compleja.

Sin embargo, en el mismo artículo se mencionan problemas de endogeneidad que provienen de dos posibles fuentes. La primera debido a la auto selección, y la segunda debido a que algunas variables explicaban la elección de modo, y a la vez, la complejidad misma. Para corregir dicho problema se usa un modelo tratamiento-efecto basado en Maddala (1986), en donde la elección de un modo privado se puede ver como un tratamiento y se quiere estudiar su impacto.

Para ello se considera el modelo de la ecuación 2.30, y además se utiliza la ecuación 2.31.

$$w_n^* = Z_n \alpha + u_n \quad (2.31)$$

El término  $w_n^*$  es definido en Guevara et al. (2019) como una variable latente tal que  $1_{private} = 1$  (para que dicha variable sea positiva),  $Z_n$  es un vector de variables exógenas,  $\alpha$  es un vector de coeficientes y además se consideran  $u_n$  y  $\varepsilon_n$ , variables normales bivariadas con media cero y una matriz de covarianza tal que la varianza de  $u_n$  se normaliza a 1 para su identificación.

Acorde a lo mostrado en la ecuación 2.31,  $w_n^*$  resulta ser un nuevo modelo, para el cual

se intenta explicar la elección de modo de transporte. Para efectos del problema, el nuevo modelo es:

$$w_n^* = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(INCP) + \alpha_2 1_{\text{minors}} + \alpha_3 1_{\text{male}} + \alpha_4 \ln(AGE) + \alpha_5 1_{\text{full-time}} + \alpha_6 CARCOMP + u_n \quad (2.32)$$

Acá se incluyen las mismas variables del modelo de la ecuación 2.30 más *CARCOMP* que representa el ratio entre el número de autos y de conductores en un hogar respectivo.

Algunos de los resultados más relevantes guardan relación con el impacto positivo que genera el ingreso, la edad, el género (más específicamente ser hombre) y el ratio de disponibilidad de auto tienen efecto directo en el uso del automóvil (y más notorio que el trabajo a tiempo completo, que también tiene un efecto positivo, aunque más débil) y, por lo tanto, en la ejecución de tareas más complejas.

## 2.4. Fragmentación de las actividades

Uno de los aspectos a estudiar en la memoria de título es la fragmentación de actividades. Al relacionarla con la complejidad de la agenda de actividades, se incorpora una de las ideas que explica que hacer más actividades agrega complejidad. Sin embargo, el hecho de hacer actividades más exclusivas no se captura de sobremanera.

Basado en las dos dimensiones de la fragmentación que son el tiempo y el espacio, Ben-Elia et al. (2014) considera un análisis alternativo de las actividades desde este punto de vista, con el propósito de estudiar los efectos de distintos tipos de actividades laborales (correo, navegación web, comunicaciones y conversaciones).

Para ello es necesario comprender dos dimensiones de la fragmentación de actividades. Por un lado, la fragmentación temporal se refiere al hecho de que una actividad se divide en tareas que se desarrollan en diferentes instantes, como por ejemplo, trabajar fuera de horarios de oficina. Por el otro lado, la fragmentación espacial se refiere al dónde se desarrollan estas tareas, y en el contexto del artículo, a la forma (trabajar en casa, durante viajes de trabajo o mientras se viaja).

Sin embargo, los estudios previos respecto a la investigación empírica de la fragmentación han sido pocos. Un primer intento lo asocia con Lenz & Nobis (2007), para el cual consideraron una muestra de 1612 trabajadores en Alemania en función de siete variables relacionadas con viajes y tecnologías de información y comunicación como la frecuencia de viajes de trabajo, el número de horas de trabajo, incluyendo el número de horas de trabajo en el hogar, el grado de uso de Internet, de teléfonos móviles y de computadores portátiles para fines comerciales. En ella identificaron cuatro grupos con distintos tipos de fragmentación, no entregando un indicio de que la fragmentación aumente el número de viajes.

Para el análisis de indicadores de fragmentación, se recurre a la revisión de Hubers et al. (2008) y Alexander et al. (2010), aún cuando no se relacionan con la demanda de viajes. No obstante, ambos definen las mismas tres dimensiones para estudiar la fragmentación espacial

y temporal: el número de fragmentos, la distribución del tamaño de los fragmentos y su configuración. La distribución del tamaño de los fragmentos está representada por la fracción del total que ocupa una actividad, mientras que la configuración indica la manera en la que se encuentran ordenados cada uno de los fragmentos (los que pueden estar más juntos o separados según sea el caso).

Por un lado, se reconoce que Hubers et al. (2008) derivó las dimensiones ya mencionadas del campo de la ecología (la cual posee una vasta literatura en fragmentación de bosques). Con ello, se muestran las figuras 2.4 y 2.5 que explican las distintas dimensiones de las fragmentaciones temporal y espacial.

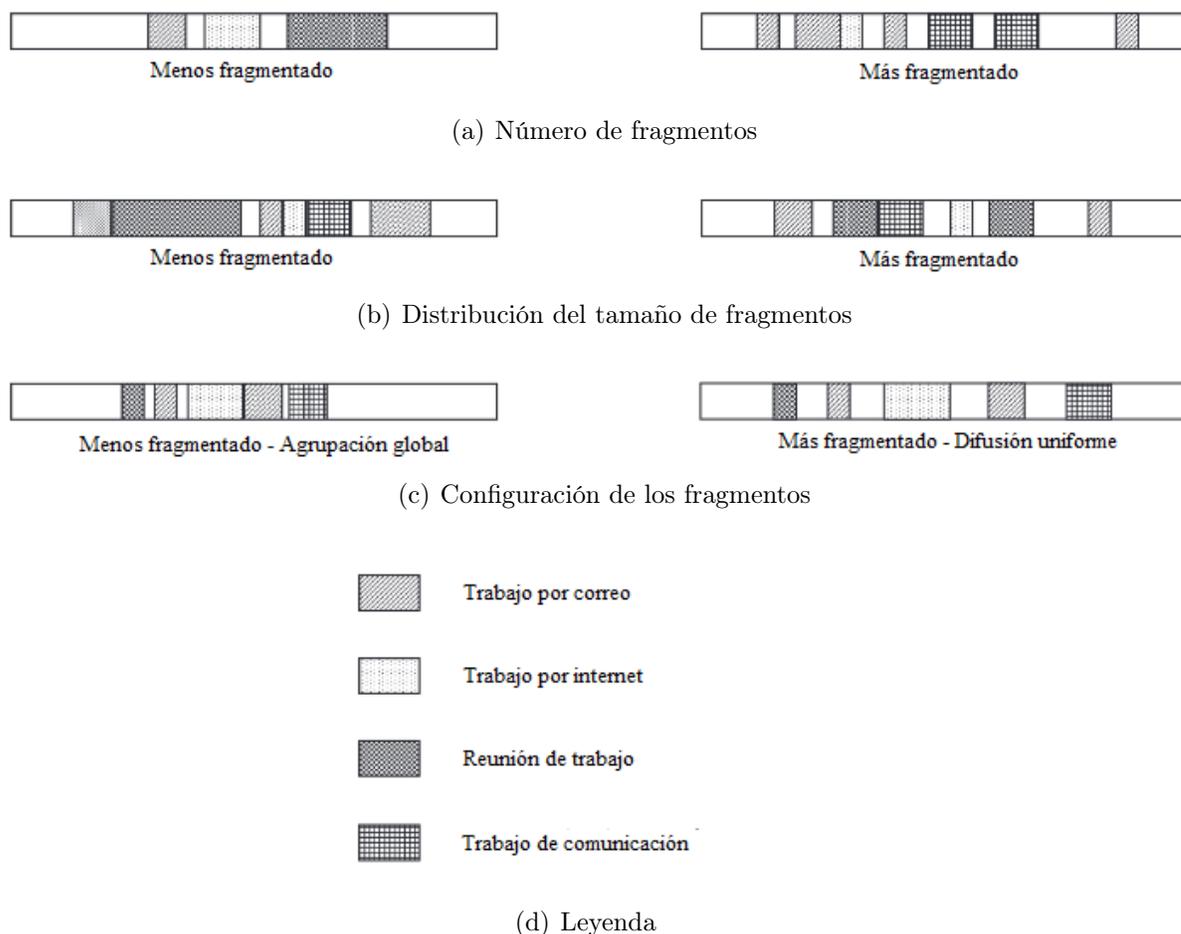


Figura 2.4: Dimensiones de fragmentación temporal

Fuente: Hubers et al. (2008)

Respecto a la subfigura 2.4-a, es directo que un patrón de actividades con más episodios está más fragmentado que uno con menos episodios. Respecto a la subfigura 2.4-b, la lógica que hay detrás de la figura es que, acorde al planteamiento de Rutledge (2003), un patrón de actividades dividido en partes iguales está más fragmentado que otro patrón en donde hay una pieza que acapara gran parte de la agenda, incluso si en el primer caso hay una menor cantidad de fragmentos. Finalmente, respecto a la subfigura 2.4-c, es posible observar que si las actividades están más concentradas (imagen izquierda) se está en un grado de fragmentación menor que el caso en donde las actividades están más dispersas. Notar que

las actividades más fragmentadas no necesariamente son más complejas en términos de la dificultad para hacerlas o entenderlas. Una actividad muy extensa y demandante de gran concentración puede ser mucho más compleja, en el sentido antes señalado, que si se fragmenta permitiendo el descanso del ejecutante.

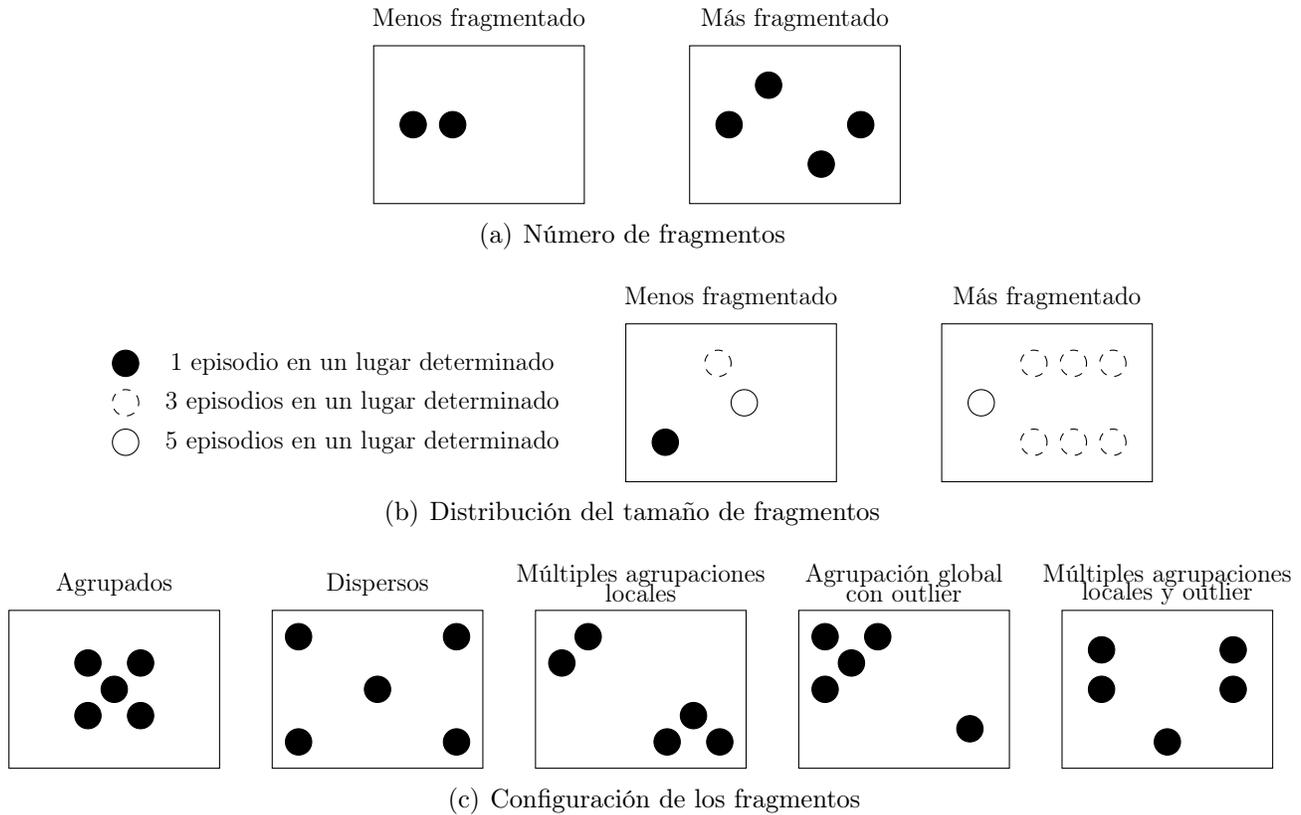


Figura 2.5: Dimensiones de fragmentación espacial  
Fuente: Hubers et al. (2008)

Para la fragmentación espacial se hace un análisis similar. Respecto a la subfigura 2.5-a, la lógica es la misma que el análisis de la fragmentación temporal: es directo que un patrón de actividades dividido entre más ubicaciones está más fragmentado que uno desarrollado en menos lugares. Con respecto a lo anterior, se puede pensar en la idea de que la presencia de más fragmentos es equivalente a la idea de más actividades, concordando con una de las ideas de complejidad. No obstante, respecto a la otra variante de complejidad que indica que una agenda es más compleja cuando se hacen actividades más exclusivas, es más difícil de estudiar.

Respecto a la subfigura 2.5-b, se sigue la misma idea de Rutledge (2003), en donde hay mayor fragmentación si ninguna actividad concentra el mayor tiempo disponible. Finalmente, respecto a la subfigura 2.5-c, es posible observar de igual forma que si las actividades están más concentradas se está en un grado de fragmentación menor que el caso en donde las actividades están más dispersas.

Por otro lado, para cada dimensión de ambos tipos de fragmentación, Alexander et al. (2010) define un set de indicadores definidos a continuación.

- La primera dimensión constituye al número de fragmentos de actividades. En ella se hace la distinción del número de *episodios* y de *ubicaciones*, representadas por las ecuaciones 2.33 y 2.34, respectivamente.

$$E = \sum_{i=1}^n e_i \quad (2.33)$$

$$L = \sum_{j=1}^n l_j \quad (2.34)$$

En donde el número de episodios  $E$  cuantifica los diversos sucesos de una actividad determinada, mientras que el número de ubicaciones  $L$  cuantifica el número de lugares en el que se puede desarrollar un tipo de actividad en particular.

Notar bien que han definido un episodio como un período ininterrumpido de tiempo dedicado a una tarea laboral remunerada.

- La segunda dimensión hace alusión a la distribución de los tamaños de los fragmentos, definiendo dos variables en particular. En primer lugar se define  $T - index$  basado en el número de minutos asignados a un determinado episodio. Por otro lado,  $S - index$  describe la distribución espacial del tiempo invertido en cada episodio.

El cálculo secuenciado de  $T - index$  y  $S - index$  es representado mediante las ecuaciones 2.35 y 2.36, las cuales tienen una formulación física por cuanto a que se busca estudiar el nivel de fragmentación de los lugares y episodios.

$$T - index = \begin{cases} \frac{1 - \sum_{i=1}^E \left(\frac{t_{ei}}{T}\right)^2}{1 - \frac{1}{E}} & \text{si } E > 1 \\ 0 & \text{si } E = 1 \end{cases} \quad (2.35)$$

$$S - index = \begin{cases} \frac{1 - \sum_{j=1}^L \left(\frac{t_{lj}}{T}\right)^2}{1 - \frac{1}{L}} & \text{si } L > 1 \\ 0 & \text{si } L = 1 \end{cases} \quad (2.36)$$

Para el desarrollo de ambas ecuaciones se define  $T$  como el tiempo total invertido en actividades de trabajo en un día determinado. Este tiempo total se ve representado por medio del tiempo  $t_{ei}$  invertido en un episodio  $i$ , y por medio del tiempo  $t_{lj}$  invertido en una ubicación  $j$ .

Se dice que el trabajo está más fragmentado del punto de vista temporal si los diferentes episodios tienen una duración similar, en desmedro de una combinación de un episodio de mayor duración y muchos de menor duración. Acá  $T - index$  está muy cercano a 1.

Por otro lado, se dice que el trabajo está más fragmentado del punto de vista espacial si se gasta el mismo tiempo en diferentes ubicaciones, en desmedro de una inversión mayor de tiempo en un único lugar. Acá  $S - index$  está muy cercano a 1.

- La tercera dimensión representa la configuración de los fragmentos, buscando ver si los múltiples episodios de las distintas actividades se encuentran concentradas en un período de tiempo determinado.

Para un episodio  $i$ , se define su punto medio según la ecuación 2.37 como el promedio entre el inicio  $S_{ei}$  y final  $F_{ei}$  de un episodio  $e_i$ .

$$M_{ei} = \frac{S_{ei} + F_{ei}}{2} \quad (2.37)$$

Para múltiples instantes se divide por el número de episodios  $E$ .

$$\bar{M} = \sum_{i=1}^E \frac{M_{ei}}{E} = \frac{M_{e1} + M_{e2} + \dots + M_{eE}}{E} \quad (2.38)$$

Así se define, para la fragmentación temporal, un índice de propagación de los episodios de trabajo según la ecuación 2.39, en donde  $D_i$  es la duración del episodio  $i$  y  $d_{M_{ei}, \bar{M}}$ . Notar que se ha asociado un mayor valor de este parámetro con una mayor dispersión de los episodios de trabajo durante todo el día.

$$T_{day} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^E D_i \cdot d_{M_{ei}, \bar{M}}^2}{\sum_{i=1}^E D_i}} \quad (2.39)$$

Y para la fragmentación espacial la configuración se determina según una distancia estándar, referida al centro de gravedad de las ubicaciones.

$$SD_{xy} = \sqrt{\sum_{j=1}^L \frac{(d_{j,MC})^2}{L}} \quad (2.40)$$

En la fórmula mostrada,  $MC$  es el centro de gravedad de las ubicaciones de las actividades, mientras que  $d_{j,MC}$  es la distancia que hay entre cada ubicación y el centro de gravedad.

Al definir una fragmentación espacial se estima preliminarmente que se podría incorporar esta dimensión en el análisis de la Encuesta Origen Destino, ya que cada actividad se encuentra georreferenciada, pudiendo determinar la dispersión de las ubicaciones para cada persona.

## Capítulo 3

# Metodología y obtención de medidas de complejidad

En esta sección se explica la metodología de trabajo empleada para desarrollar la memoria de título. Los principales aspectos a abordar en este punto guardan relación con el análisis de la base de datos referente a las encuestas de movilidad tradicional.

### 3.1. Encuestas Origen Destino

Cada cierto tiempo se desarrolla una encuesta Origen Destino de viajes, la cual tiene como propósito entregar información necesaria para los procesos de planificación de los sistemas de transporte, entregando antecedentes relevantes sobre los patrones de movilidad de una determinada ciudad y proporcionan los datos requeridos para la calibración de los modelos de análisis de transporte. (SECTRA)

En Chile algunas ciudades han desarrollado dichas encuestas de movilidad, tales como Santiago, Temuco, Puerto Montt, entre otras ciudades. Las más recientes se efectuaron en el año 2014, en el Gran Valparaíso y en la ciudad de Puerto Montt. En el caso del Gran Santiago, la más reciente se efectuó el año 2012.

Para efectos de la memoria de título, los trabajos de Cadena (2013), Cadena et. al (2016) y Guevara et. al (2019) utilizan la Encuesta Origen Destino de viajes del Gran Santiago (SECTRA, 2001) para poder estudiar la complejidad de la agenda de actividades. Sin embargo, es necesario entender los cambios que se han generado en los últimos años. Por dicha razón es que este trabajo utiliza la encuesta de movilidad más reciente en Santiago hecha el año 2012: la Encuesta Origen Destino Santiago (SECTRA, 2012).

### 3.2. La base de datos y el trabajo previo

Para el trabajo previo realizado por Cadena (2013) y los siguientes se intentó calcular la complejidad de la agenda de actividades de las personas para una muestra de la población de Santiago. Para ello se consideró la base de datos entregada por la Encuesta Origen Destino

de viajes del Gran Santiago 2001 (SECTRA, 2001), instrumento que fue desarrollado entre el mes de julio de 2001 y el mes de abril de 2002, a una muestra aleatoria de 15.000 hogares, equivalente a aproximadamente 60.000 personas, y 150.000 ocupantes de vehículos de las 32 comunas que componen el Gran Santiago más las comunas de Pirque, Calera de Tango, Lampa y Colina. (Cadena et. al, 2016)

Para la muestra se consideraron los viajes de las personas mayores de 18 años con viajes realizados en vehículos motorizados efectuados en días hábiles de cualquier mes (excepto enero y febrero), según los propósitos de la Encuesta Origen Destino detallados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Codificación de propósitos de viaje según la EOD 2001

| ID | Propósito                |
|----|--------------------------|
| 0  | Al trabajo               |
| 1  | Por trabajo              |
| 2  | Al estudio               |
| 3  | De salud                 |
| 4  | Ver a alguien            |
| 5  | Volver a casa            |
| 6  | Buscar o dejar a alguien |
| 7  | Comer o tomar algo       |
| 8  | Buscar o dejar algo      |
| 9  | De compras               |
| 10 | Trámites                 |
| 11 | Recreación               |
| 12 | Otra cosa                |

Fuente: Elaboración propia basado en la base de datos de la EOD 2001

Además se excluyeron los viajes de las personas que no presentan registros de la zona de origen o destino, y tampoco los realizados por 32 *outliers*<sup>1</sup>. Esto hace que la muestra original, luego de aplicar todos los filtros, se resume en los viajes de 7875 personas de 5553 hogares. (Cadena, 2013)

Se considera además una submuestra de personas que posee automóvil en el hogar pero que no necesariamente tiene licencia de conducir. Esta submuestra se dividió en dos grupos: los que tienen y no tienen licencia de conducir.

De la muestra de 7875 personas, se considera una fracción de 3750 individuos para una primera determinación de los factores que afectaban la complejidad en la agenda de actividades. Además se hizo un *ránking* con los perfiles individuales de más complejidad acorde a los procedimientos basados en el Método de la Reflexión (Hidalgo & Hausmann, 2009) y en las medidas adaptadas y propuestas a partir de él.

---

<sup>1</sup>Los outliers son definidos como las personas que presentan tiempos de viaje poco racionales en base a su origen y destino, o bien los datos de origen y destino no presentan relación alguna. (Cadena et. al, 2016) Cuando se dice viajes poco racionales se hace mención a viajes que no son directos o presentan tiempos de viaje que no concuerdan con las zonas de origen y destino

### 3.3. Procedimientos para determinar complejidad

Para la memoria actual se consideran los mismos filtros planteados anteriormente, vale decir, los viajes motorizados de personas mayores de 18 años, realizados en día hábil en cualquier mes de marzo a diciembre. No obstante se hizo énfasis en replicar la muestra para la medida de complejidad propuesta en Cadena (2013) y Guevara et al. (2019) con los datos de 2001.

Con la información anterior se obtiene una muestra de 6660 personas. De esta cantidad de personas, 4782 usan automóvil y de este último valor, 3808 poseen licencia de conducir.

Sin embargo, como se opta por un procedimiento distinto al de Cadena (2013), se estima la misma especificación para observar la estabilidad del fenómeno y del modelo, y así poder validarlo. Lo anterior se efectúa mediante regresión lineal efectuada en STATA. Esto con el propósito de ver si las variables tienen coeficientes del mismo signo, valores similares o significancia parecida.

Para la Encuesta Origen Destino del año 2012, los propósitos se mantienen, pero considerando los propósitos "al estudio" y "por estudio" de manera separada. Éstos se encuentran codificados de acuerdo a la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Codificación de propósitos de viaje según la EOD 2012

| ID | Propósito                |
|----|--------------------------|
| 1  | Al trabajo               |
| 2  | Por trabajo              |
| 3  | Al estudio               |
| 4  | Por estudio              |
| 5  | De salud                 |
| 6  | Ver a alguien            |
| 7  | Volver a casa            |
| 8  | Buscar o dejar a alguien |
| 9  | Comer o tomar algo       |
| 10 | Buscar o dejar algo      |
| 11 | De compras               |
| 12 | Trámites                 |
| 13 | Recreación               |
| 14 | Otra cosa                |

Fuente: Elaboración propia basado en la base de datos de la EOD 2012

Con respecto a la EOD 2001, para el registro del año 2012 se estudia un total de 113.591 viajes (en comparación a los 153.413 del corte temporal anterior) de 60.054 personas (en comparación a los 59.763 del corte temporal anterior) distribuidas en 18.264 hogares (en comparación a los 15.537 del corte temporal anterior). No obstante, los filtros utilizados son exactamente los mismos descritos con anterioridad.

Una vez que se encuentre validado todo lo anterior, se calcula en primer lugar las medidas de complejidad según Guevara et al. (2019) a los cortes temporales de 2001 y 2012. Esto

permite evaluar ambas situaciones para observar qué cambios han habido en dicho lapso de tiempo. Posterior a su cálculo, se efectúa un análisis estadístico descriptivo de los resultados obtenidos, centrándose en aspectos tales como el ingreso, el género, la presencia de automóvil y de licencia de conducir.

Sin embargo, la medida de complejidad anterior debe corregirse para incorporar algún aspecto adicional, puesto que dos personas que poseen el mismo valor de complejidad según Guevara et al. (2019) no necesariamente efectúan las mismas actividades con la misma duración. Por ende, la aplicación de lo visto según Ben-Elia et al. (2014) debe incorporar, o bien la duración, o bien las ubicaciones de las actividades.

Una opción posible para aplicar la fragmentación utilizada en Ben-Elia et al. (2014) es el uso de los tiempos de viaje. En primer lugar porque, a pesar de que las actividades en la Encuesta Origen Destino se encuentran georreferenciadas, las ubicaciones se encuentran seteadas en formato X-Y, por lo que se estimó que las ubicaciones no se podían obtener de forma adecuada. En segundo lugar porque los tiempos de viaje representan una aplicación sencilla de fragmentación, y éstos pueden variar dependiendo de muchos factores. Y por último porque la idea es aplicar una medida que permita estudiar los casos en los cuales la complejidad en la agenda de actividades es la misma, pero que por diversas razones (como por ejemplo el tiempo de viaje o los instantes en los que ocurren los viajes) pueden ser más o menos complejos.

Además, dadas las características que posee la base de datos utilizada, la EOD permite capturar los tiempos de las actividades, pero al comparar etapas de viajes distintas existen tiempos que no son capturados de forma correcta, que en algunos usuarios se traduce en tiempos de espera. Se usa, por lo tanto, la muestra ya filtrada: viajes motorizados de mayores de 18 años hechos en día y mes laboral.

Ben-Elia et al. (2014) incorpora la fragmentación de las actividades acorde a las ecuaciones 2.35 y 2.36 para las dimensiones temporal y espacial, respectivamente. La simplificación del modelo permite hacer una analogía para los tiempos de viaje, redefiniendo las siguientes variables:

- $V$ : Puede tratarse como el número de viajes realizados. En el documento original se considera como el número de ubicaciones  $L$  o instantes de tareas  $E$ .
- $T$ : Puede tratarse como el tiempo total invertido en viajes. En el documento original se considera como el tiempo total invertido en tareas.
- $t_{vi}$ : Puede tratarse como el tiempo invertido en el viaje  $i$ .

Así, el coeficiente que indica la fragmentación de la distribución de los tiempos de viaje se calcula de la misma forma que las ecuaciones 2.35 y 2.36, pero con la consideración anterior, formulando finalmente la ecuación 3.1.

$$\alpha = \begin{cases} \frac{1 - \sum_{i=1}^V \left(\frac{t_{vi}}{T}\right)^2}{1 - \frac{1}{V}} & \text{si } V > 1 \\ 0 & \text{si } V = 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

Dado que el objetivo de la medida basada en Ben-Elia et al. (2014) es principalmente comparativo en los casos en que la medida basada en Cadena et al. (2016) arroja el mismo resultado, se propone que la medida de complejidad creada sea igual a una ponderación de la medida basada en Cadena et al. (2016). No obstante, el caso  $\alpha = 0$ , que es cuando hay un solo viaje, se trata de la misma forma cuando hay tantos viajes distribuidos equitativamente en tiempo, ya que también se cumple que:

$$t_{vi} = \frac{T}{V} \quad (3.2)$$

Que, para el caso de un solo viaje, cuando se redefine  $\alpha$  como cero, es igual a  $T$ . Y como  $\alpha$  depende de la persona y no de todos los viajes, la EOD permite rescatar los tiempos de viaje de cada persona, el número de viajes y posteriormente el cuociente entre los tiempos de viaje y el total invertido, para luego aplicar la fórmula mostrada en 3.1. Finalmente, la medida de complejidad nueva queda reflejada en la ecuación 3.3.

$$C_2 = \begin{cases} \alpha \cdot C_1 & \text{si } \alpha \neq 0 \\ C_1 & \text{si } \alpha = 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Donde  $C_2$  es la medida nueva recalculada,  $C_1$  es la medida según Cadena (2013), Cadena et al. (2016) y Guevara et al. (2019) y  $\alpha$  es la ponderación.

# Capítulo 4

## Resultados y análisis

En esta sección se detallan todos los resultados que permiten estudiar la complejidad de la agenda de actividades según distintos parámetros, de modo de poder efectuar un análisis de los mismos, para observar si existe algún cambio significativo para el año 2012 con respecto al año 2001, así como observar si existe algún cambio relevante al incorporar una nueva medida de complejidad.

### 4.1. Medida de complejidad de Cadena et al. (2016)

#### 4.1.1. Resultados

Para esta subsección se muestra la medida de complejidad de la agenda de actividades basada en Cadena (2013), Cadena et al. (2016) y Guevara et al. (2019), considerando la información que muestran las Encuestas Origen Destino de los años 2001 y 2012.

A su vez, para cada corte temporal se consideró la data completa. De esta base se tomó la gente con automóvil, y de esta última se tomó la gente con licencia de conducir.

Para el cálculo de la complejidad en la agenda de actividades se tomó su valor y se multiplicó por 10000, al igual que en Cadena (2013), para trabajar con cifras no despreciables.

En la tabla 4.1 se presenta un resumen de los valores de complejidad comparando las submuestras para la EOD del año 2001. A su vez, en la figura 4.1 se representa de igual manera lo que se muestra a continuación, conforme a un intervalo de confianza del 95 %.

Tabla 4.1: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001

|                 | <b>Total</b> | <b>Auto</b> | <b>Auto y Licencia</b> |
|-----------------|--------------|-------------|------------------------|
| <b>n</b>        | 6660         | 4782        | 3808                   |
| <b>Promedio</b> | 19,520       | 22,051      | 24,476                 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

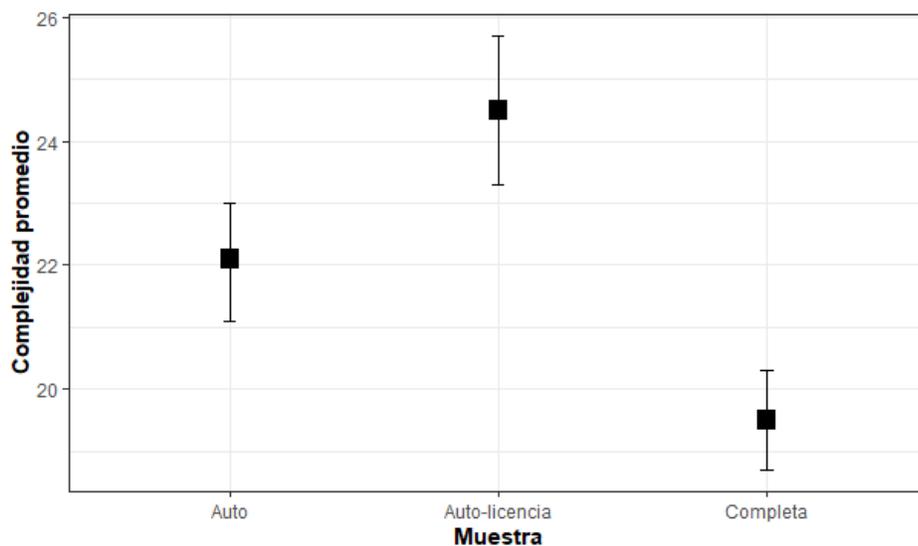


Figura 4.1: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

En la tabla 4.2 se presenta un resumen de los valores promedio de la medida de complejidad comparando las submuestras, pero para la EOD del año 2012. Junto con ello, se representa lo anterior en la figura 4.2.

Tabla 4.2: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012

|                 | Total  | Auto   | Auto y Licencia |
|-----------------|--------|--------|-----------------|
| <b>n</b>        | 7088   | 5480   | 4263            |
| <b>Promedio</b> | 19,752 | 22,457 | 25,115          |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Además se efectúa una separación por género, tomando los valores de complejidad en cada caso. Dicha situación es mostrada a continuación en las tablas 4.3 y 4.4. Para cada caso es posible representarlo gráficamente en las figuras 4.3 y 4.4, respectivamente.

Tabla 4.3: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por género

|                 | Completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total    | Mujer  | Hombre | Total    | Mujer  | Hombre | Total               | Mujer  | Hombre |
| <b>n</b>        | 6660     | 2325   | 4335   | 4782     | 1652   | 3130   | 3808                | 915    | 2893   |
| <b>Promedio</b> | 19,520   | 19,057 | 19,768 | 22,051   | 21,245 | 22,476 | 24,476              | 27,840 | 23,412 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

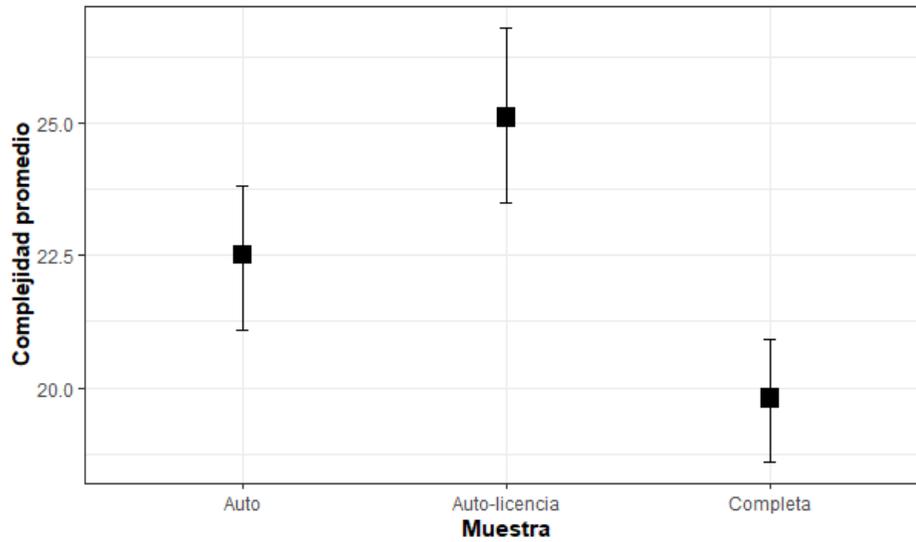


Figura 4.2: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

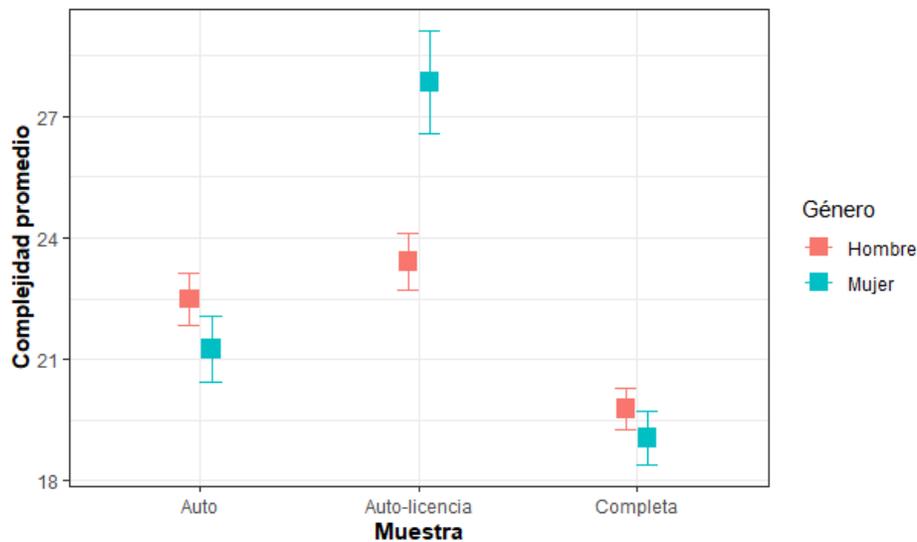


Figura 4.3: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por género

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.4: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por género

|                 | Completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total    | Mujer  | Hombre | Total    | Mujer  | Hombre | Total               | Mujer  | Hombre |
| <b>n</b>        | 7088     | 2522   | 4566   | 5480     | 1984   | 3496   | 4263                | 1214   | 3049   |
| <b>Promedio</b> | 19,752   | 21,063 | 19,027 | 22,457   | 24,022 | 21,570 | 25,115              | 31,906 | 22,411 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

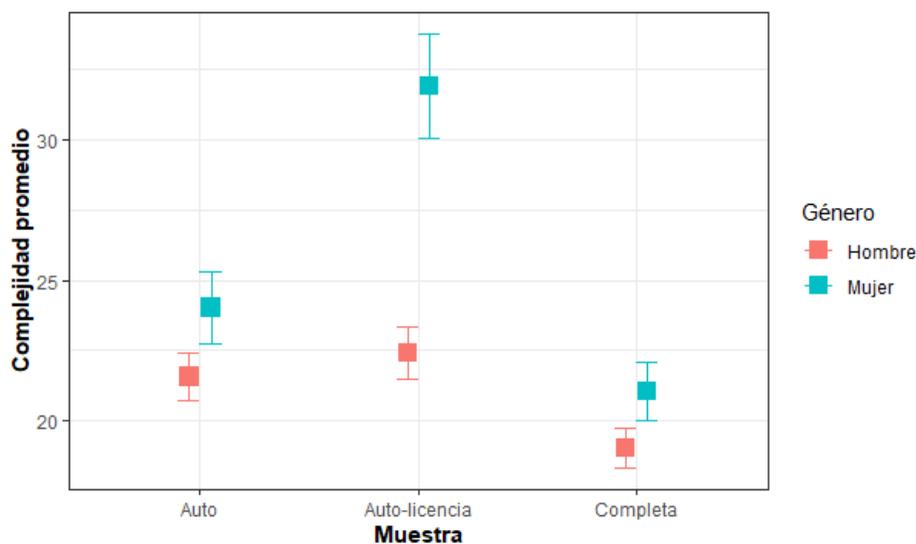


Figura 4.4: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por género

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Luego, se comparan perfiles públicos y privados. Se entiende por perfil público si esta persona registra al menos un viaje en transporte público en la muestra original antes de ser filtrada. La comparación se hace en las tres submuestras, ya que pueden existir viajes de gente con auto y/o con licencia que se deban hacer en transporte público, ya sea porque el auto de la casa es ocupado o se deban hacer otros viajes relevantes.

La comparación se muestra en las tablas 4.5 y 4.6, así como también en las figuras 4.5 y 4.6.

Tabla 4.5: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por modo

|                 | Completa |         |         | Con auto |         |         | Con auto y licencia |         |         |
|-----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|                 | Total    | Privado | Público | Total    | Privado | Público | Total               | Privado | Público |
| <b>n</b>        | 6660     | 3701    | 2959    | 4782     | 2068    | 2714    | 3808                | 1268    | 2540    |
| <b>Promedio</b> | 19,520   | 14,706  | 25,540  | 22,051   | 16,832  | 26,028  | 24,476              | 19,599  | 26,911  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.6: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por modo

|                 | Completa |         |         | Con auto |         |         | Con auto y licencia |         |         |
|-----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|                 | Total    | Privado | Público | Total    | Privado | Público | Total               | Privado | Público |
| <b>n</b>        | 7088     | 3734    | 3354    | 5480     | 2401    | 3079    | 4263                | 1424    | 2839    |
| <b>Promedio</b> | 19,752   | 13,805  | 26,372  | 22,457   | 15,918  | 27,557  | 25,115              | 18,490  | 28,438  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

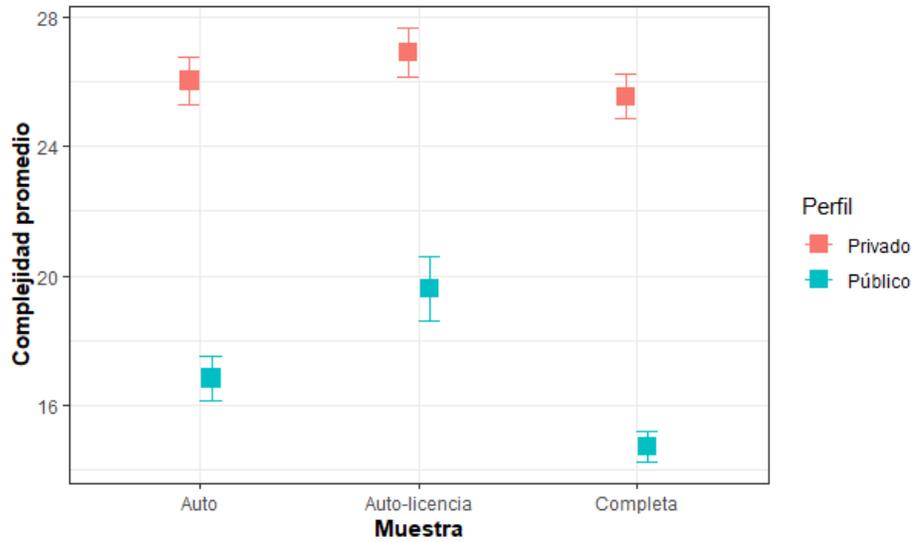


Figura 4.5: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por modo  
 Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

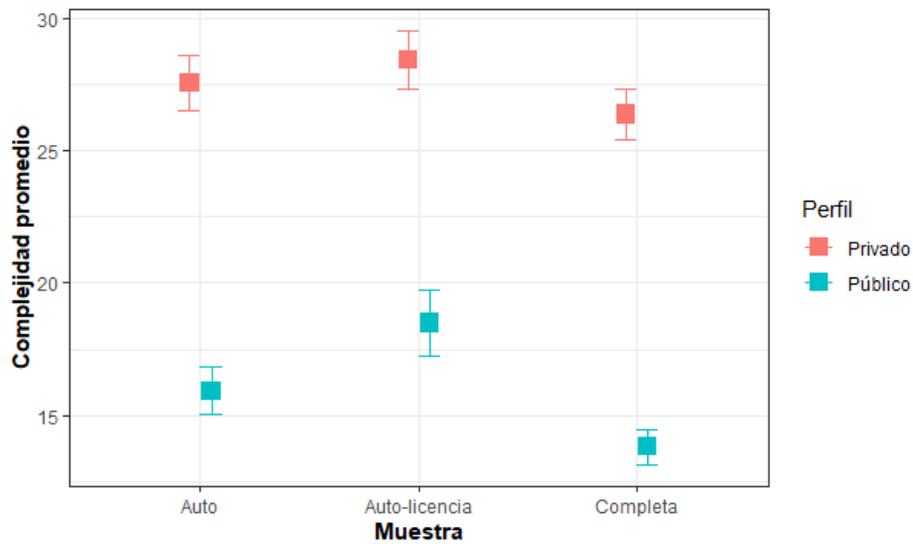


Figura 4.6: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por modo  
 Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

La separación hecha en las tablas anteriores fue realizada según categorías. Para observar la variación de cada ítem según cada corte temporal se reordenan las mismas.

Tabla 4.7: Comparación de los valores de complejidad para la primera medida

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 6660             | 7088   | 4782     | 5480   | 3808                | 4263   |
| <b>Promedio</b> | 19,520           | 19,752 | 22,051   | 22,457 | 24,476              | 25,115 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.8: Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y el género femenino

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 2325             | 2522   | 1652     | 1984   | 915                 | 1214   |
| <b>Promedio</b> | 19,057           | 21,063 | 21,245   | 24,022 | 27,840              | 31,906 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.9: Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y el género masculino

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 4335             | 4566   | 3130     | 3496   | 2893                | 3049   |
| <b>Promedio</b> | 19,768           | 19,027 | 22,476   | 21,570 | 23,412              | 22,411 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.10: Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y uso de transporte público

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 3701             | 3734   | 2068     | 2401   | 1268                | 1424   |
| <b>Promedio</b> | 14,706           | 13,805 | 16,832   | 15,918 | 19,599              | 18,490 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.11: Comparación de los valores de complejidad para la primera medida y uso de transporte privado

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 2959             | 3354   | 2714     | 3079   | 1268                | 1424   |
| <b>Promedio</b> | 25,540           | 26,372 | 26,028   | 27,557 | 19,599              | 18,490 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Si se estudia el efecto del ingreso per cápita en el valor de la complejidad, se tienen las figuras 4.7 y 4.8 que muestran una dispersión de los pares ordenados representados por el ingreso de las personas (en el eje X) y los valores de complejidad (en el eje Y).

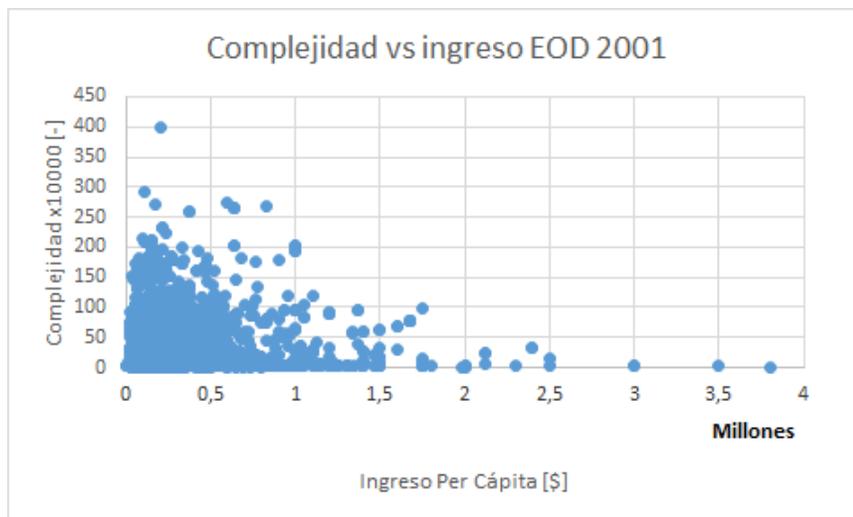


Figura 4.7: Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

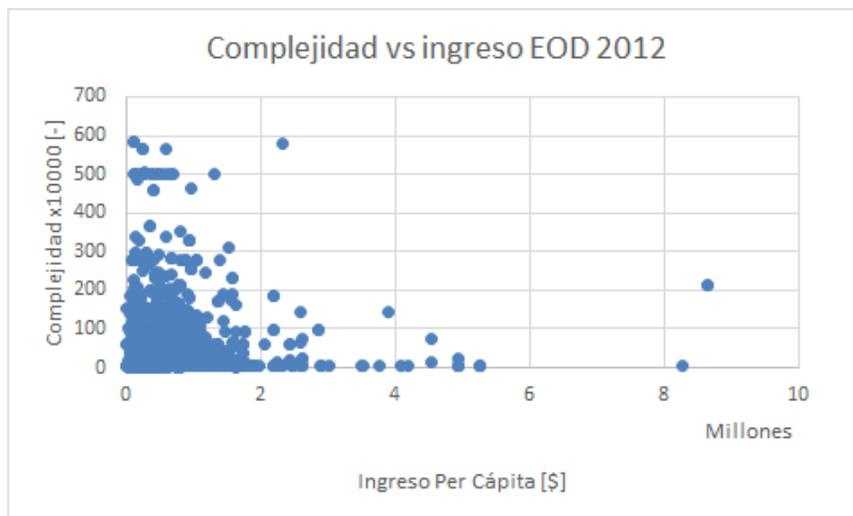


Figura 4.8: Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2012

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Notar bien que sólo se hace para la muestra completa, ya que al mostrar la dispersión de los valores de la complejidad, pero considerando las muestras de las personas con auto y/o con licencia de conducir, es posible notar, según las figuras 4.9 y 4.10, que no se observan diferencias apreciables.

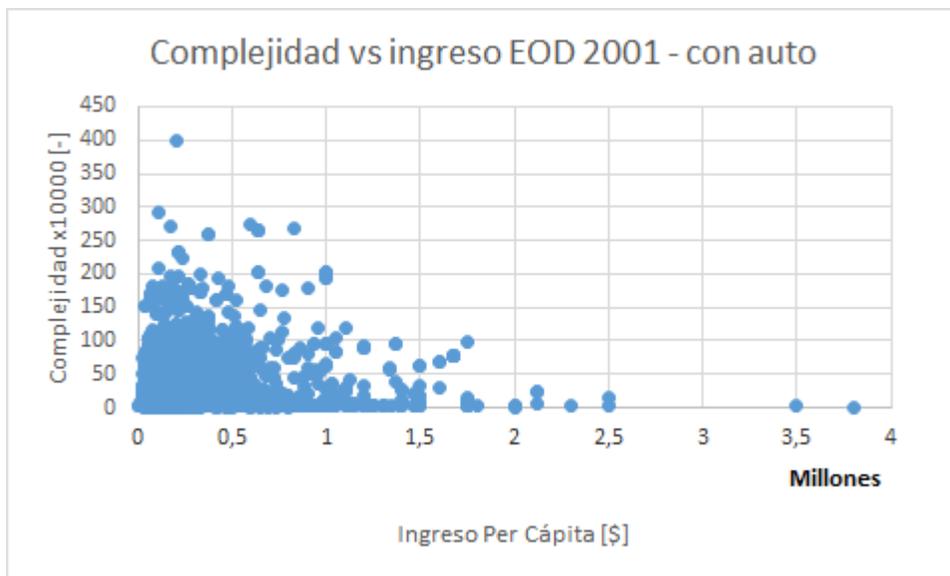


Figura 4.9: Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001 y las personas de hogares con automóvil  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

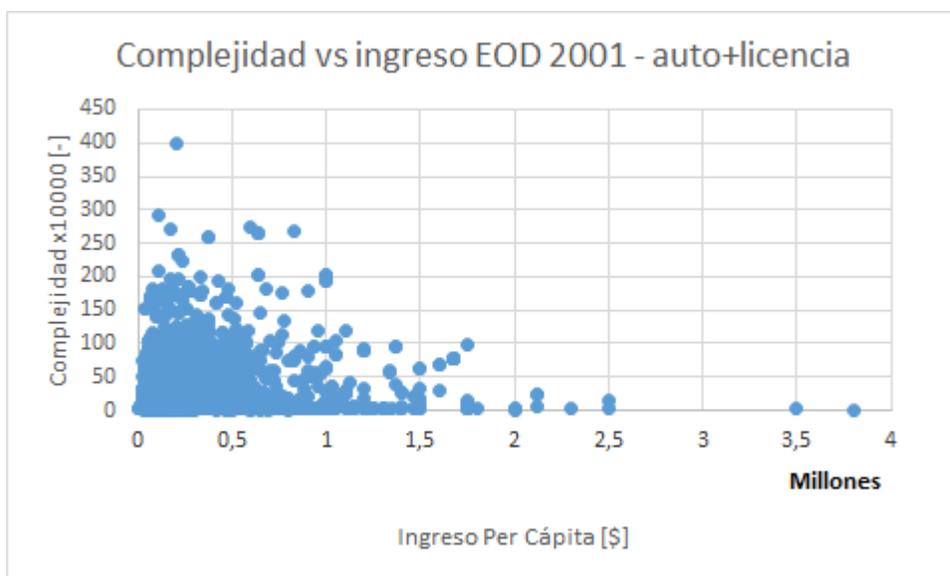


Figura 4.10: Representación de los valores de complejidad según ingreso para los datos de la EOD 2001 y las personas con automóvil y licencia de conducir  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Se efectúa una comparación entre perfiles cuyos hogares presentan menores de edad o, lo que es equivalente, menores de 18 años. Al igual que en las comparaciones anteriores, se estudian las tres submuestras. Se muestra a continuación cada resultado en las tablas 4.12 y 4.13 y de manera gráfica en las figuras 4.11 y 4.12, respectivamente. En las tablas, se define "Hay" para los perfiles con menores de edad en el hogar, y "No Hay" para el caso contrario.

Tabla 4.12: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar

|                 | Muestra completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|------------------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total            | Hay    | No Hay | Total    | Hay    | No Hay | Total               | Hay    | No Hay |
| <b>n</b>        | 6660             | 4394   | 2266   | 4782     | 3126   | 1656   | 3808                | 2482   | 1326   |
| <b>Promedio</b> | 19,520           | 19,908 | 18,767 | 22,051   | 22,833 | 20,575 | 24,476              | 25,549 | 22,467 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

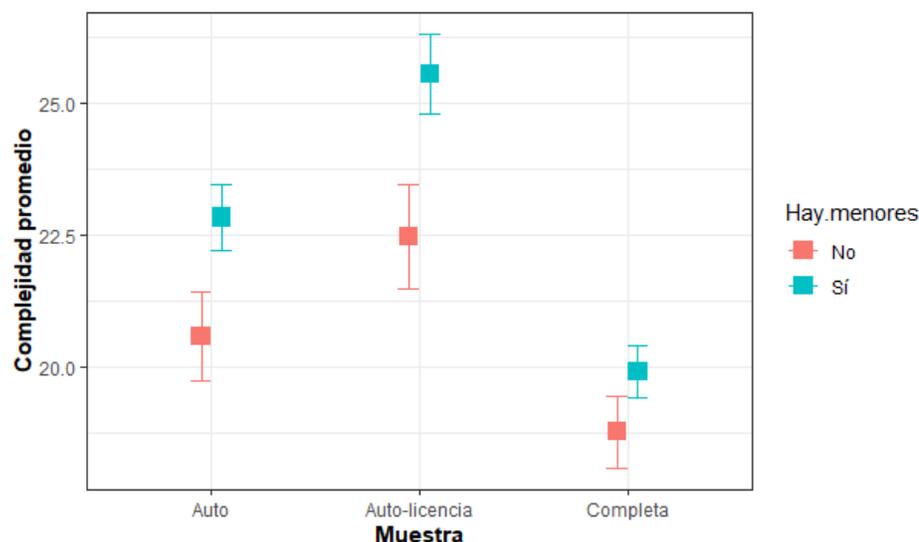


Figura 4.11: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.13: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar

|                 | Muestra completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|------------------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total            | Hay    | No Hay | Total    | Hay    | No Hay | Total               | Hay    | No Hay |
| <b>n</b>        | 7088             | 6405   | 683    | 5480     | 4959   | 521    | 4263                | 3890   | 373    |
| <b>Promedio</b> | 19,752           | 18,968 | 27,102 | 22,457   | 21,658 | 30,068 | 25,115              | 26,431 | 38,347 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

También se analizan los perfiles de las personas que desarrollan labores a jornada completa o no. Al igual que en las comparaciones anteriores, se estudian las tres submuestras. Se muestra a continuación cada resultado en las tablas 4.14 y 4.15 y de manera gráfica en las figuras 4.13 y 4.14, respectivamente. En las tablas, se define "Completa" para los perfiles que presentan trabajos a jornada completa, y "Parcial" para los perfiles que presentan trabajos a jornada parcial.

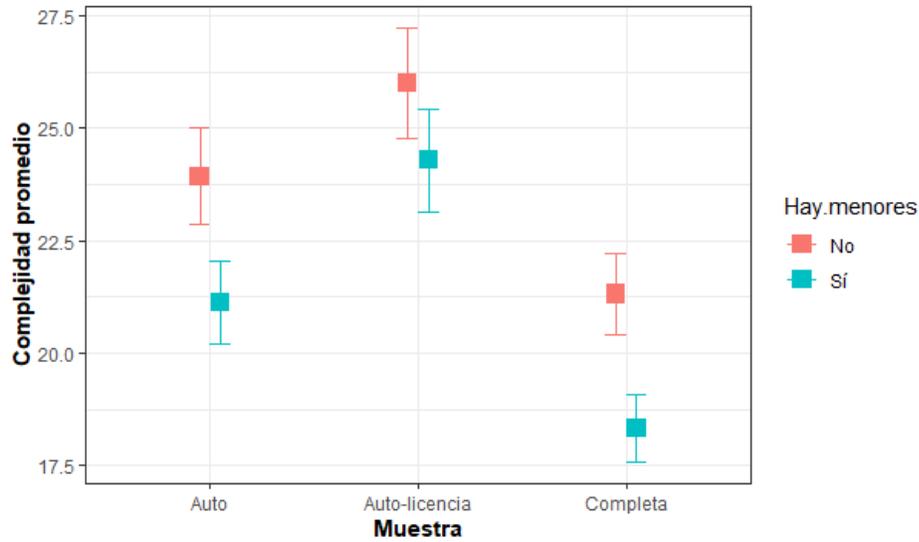


Figura 4.12: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Tabla 4.14: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial

|                 | Muestra completa |          |         | Con auto |          |         | Con auto y licencia |          |         |
|-----------------|------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------------------|----------|---------|
|                 | Total            | Completa | Parcial | Total    | Completa | Parcial | Total               | Completa | Parcial |
| <b>n</b>        | 6660             | 5762     | 898     | 4782     | 4142     | 640     | 3808                | 3346     | 462     |
| <b>Promedio</b> | 19,520           | 18,968   | 25,340  | 22,051   | 21,409   | 26,205  | 24,476              | 23,851   | 29,005  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.15: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial

|                 | Muestra completa |          |         | Con auto |          |         | Con auto y licencia |          |         |
|-----------------|------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------------------|----------|---------|
|                 | Total            | Completa | Parcial | Total    | Completa | Parcial | Total               | Completa | Parcial |
| <b>n</b>        | 7088             | 6405     | 683     | 5480     | 4959     | 521     | 4263                | 3890     | 373     |
| <b>Promedio</b> | 19,752           | 18,968   | 27,102  | 22,457   | 21,658   | 30,068  | 25,115              | 26,431   | 38,347  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

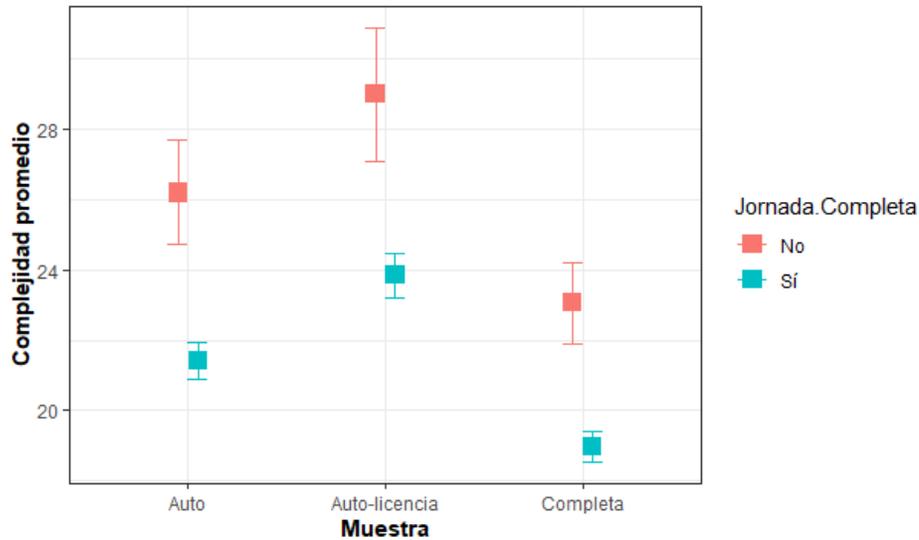


Figura 4.13: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

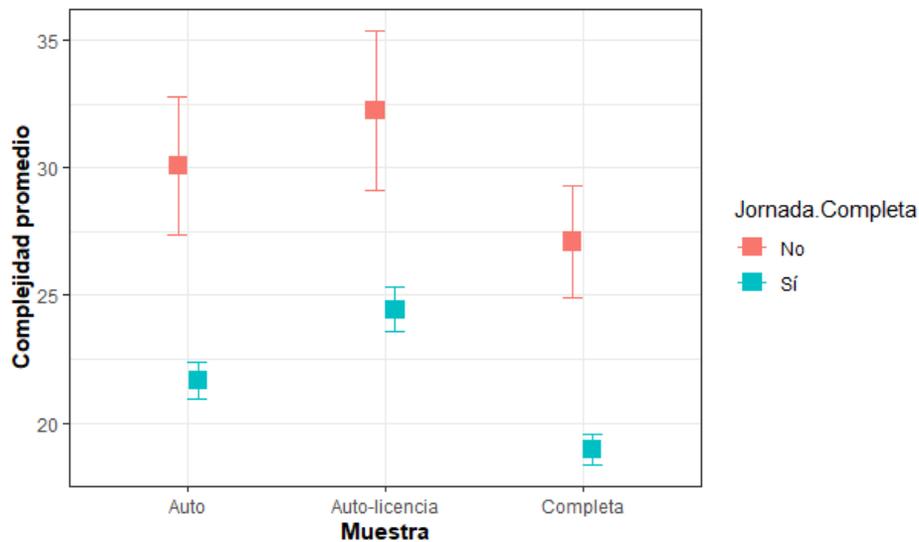


Figura 4.14: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Ahora se efectúa una separación múltiple, esta vez considerando género y presencia de menores en el hogar. A continuación se expone dicha consideración, en las figuras 4.15 a la 4.19 para el año 2001 y 4.16 a la 4.20 para el año 2012, para cada separación de muestra (completa, auto y auto-licencia).

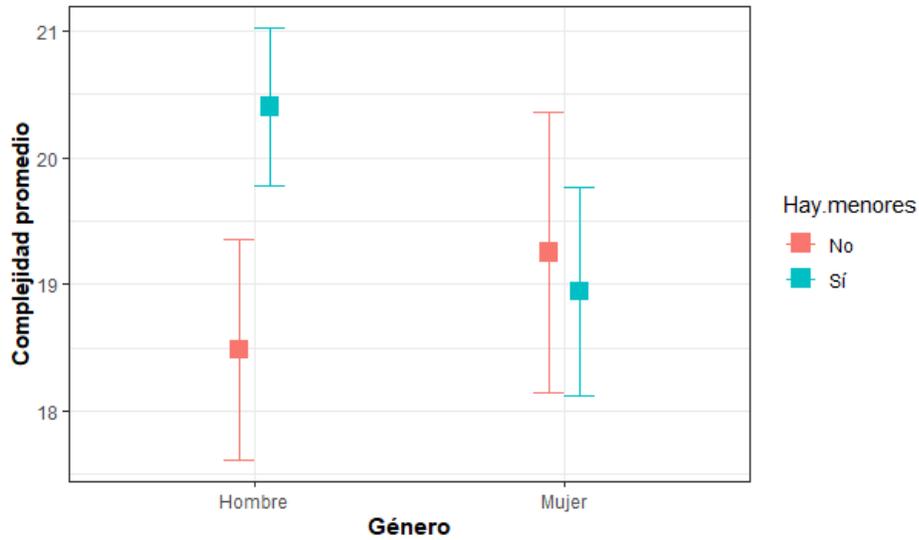


Figura 4.15: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

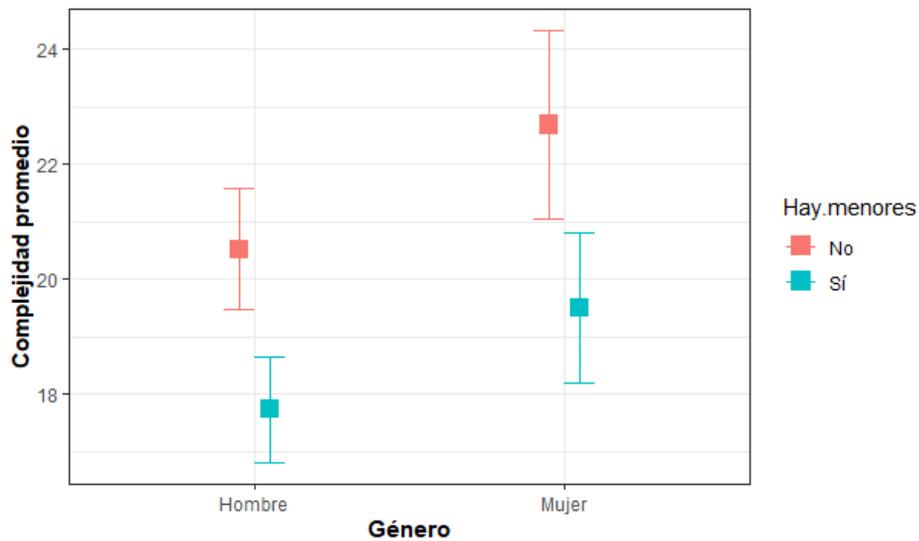


Figura 4.16: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

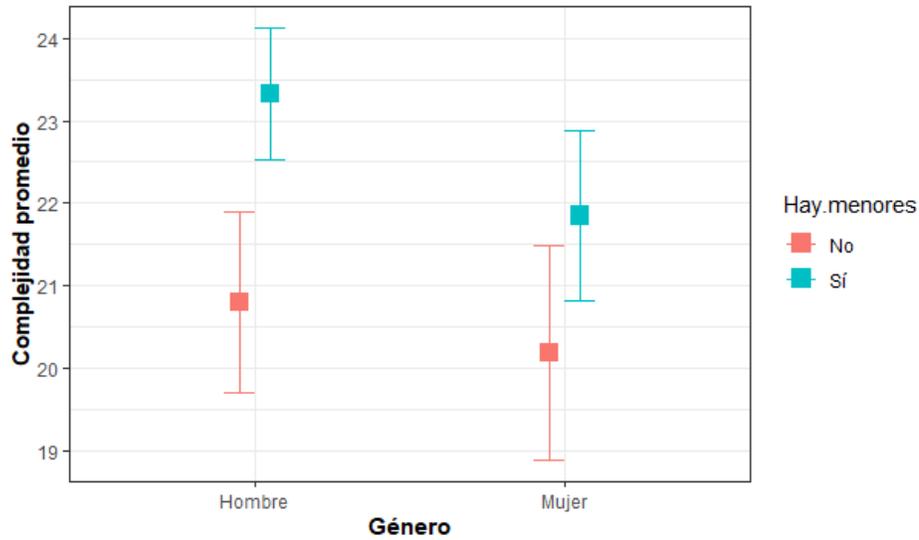


Figura 4.17: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2001 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

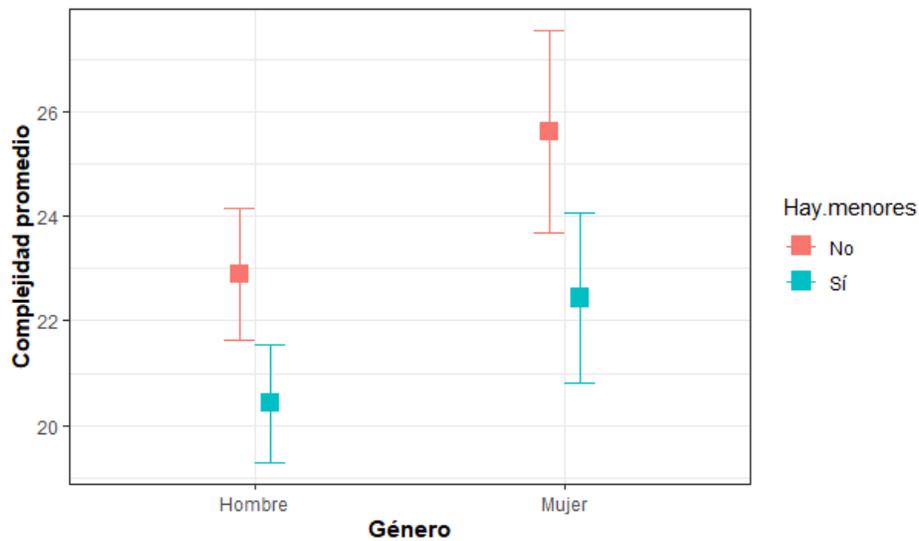


Figura 4.18: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

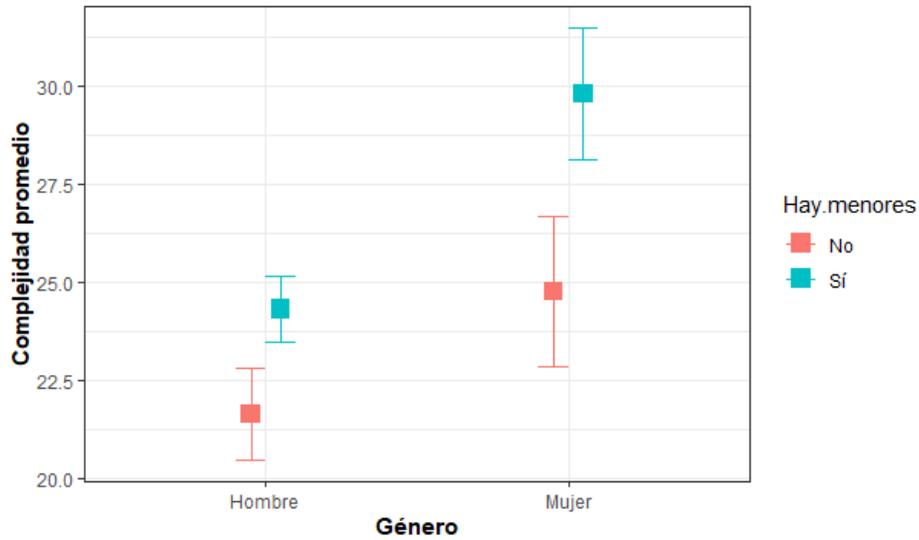


Figura 4.19: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

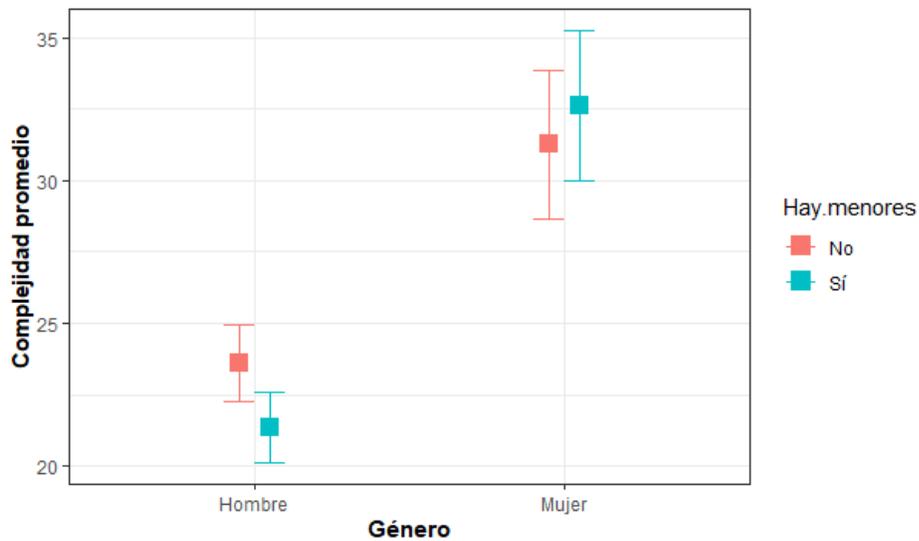


Figura 4.20: Valores promedio para la complejidad según medida de Cadena et al. (2016) para el año 2012 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

### 4.1.2. Análisis y comentarios generales

Es importante observar que a pesar de que el promedio de complejidad de la agenda de actividades de todos los individuos en todos los casos analizados tienen el mismo orden de magnitud, existen personas cuyo valor de complejidad escapa del promedio, alcanzando cifras muy superiores, razón por la que los gráficos mostrados no permitieron, de cierta forma, comparar de mejor manera cada caso.

Lo anterior se puede comprobar con lo mostrado en las figuras 4.7 a 4.10, ya que existen ciertos puntos que, incluso eliminándose como outliers, no se logra limpiar de forma clara.

Para poder efectuar lo anterior se intentó replicar la muestra, de modo que se obtuvieran parámetros similares en signo y magnitud que lo hecho en Guevara et al. (2019), en donde se ha desarrollado una regresión lineal acorde a lo mostrado en 2.30, y una corrección por endogeneidad acorde a lo mostrado en 2.32, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 4.16: Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad

|   | Ordinary Least Squares (OLS) |        |        | Treatment Effect Model (TE) |             |        |
|---|------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------------|--------|
|   | Estimador                    | s.e    | t-test | Estimador                   | Robust s.e. | t-test |
| <b>Logaritmo de la complejidad según 2.30</b> |                              |        |        |                             |             |        |
| $\beta_0$                                     | -8,81                        | 0,556  | -15,8  | -6,05                       | 0,83        | -7,27  |
| <b>ln(ingreso)</b>                            | 0,217                        | 0,0371 | 5,84   | 0,0280                      | 0,0566      | 0,495  |
| <b>Modo privado</b>                           | 0,868                        | 0,0615 | 14,1   | 2,13                        | 0,274       | 7,75   |
| <b>Hogar con menores</b>                      | 0,363                        | 0,0635 | 5,71   | 0,247                       | 0,0709      | 3,49   |
| <b>Hombre</b>                                 | 0,108                        | 0,0619 | 1,74   | -0,161                      | 0,0853      | -1,89  |
| <b>ln(edad)</b>                               | -0,252                       | 0,0949 | -2,66  | -0,519                      | 0,112       | -4,63  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   | -0,471                       | 0,0833 | -5,65  | -0,486                      | 0,0891      | -5,4   |
| $\sigma_\varepsilon$                          |                              |        |        | 1,83                        | 0,0425      | 43,1   |
| <b>Corrección según 2.32</b>                  |                              |        |        |                             |             |        |
| $\alpha_0$                                    |                              |        |        | -5,77                       | 0,473       | -12,2  |
| <b>ln(ingreso)</b>                            |                              |        |        | 0,238                       | 0,0340      | 7,00   |
| <b>Hogar con menores</b>                      |                              |        |        | 0,145                       | 0,0503      | 2,9    |
| <b>Hombre</b>                                 |                              |        |        | 0,587                       | 0,0468      | 12,5   |
| <b>Trabajador full-time</b>                   |                              |        |        | 0,0822                      | 0,0640      | 1,28   |
| <b>ln(edad)</b>                               |                              |        |        | 0,523                       | 0,0724      | 7,22   |
| <b>CARCOMP</b>                                |                              |        |        | 1,57                        | 0,123       | 12,8   |
| $\rho$  |                              |        |        | -0,440                      | 0,0812      | -5,41  |
| $LL$  |                              |        |        | -9573,81                    |             |        |
| $R^2$   | 0,0822                       |        |        |                             |             |        |
| <b>n</b>                                      | 3750                         |        |        | 3750                        |             |        |

Fuente: Guevara et al. (2019)

Al intento de réplica de los datos ya existentes se llegó a un resumen que se muestra a continuación en la tabla 4.17. En ella es posible observar que gran parte de los parámetros son similares en signo y en magnitud.

Para la regresión lineal según OLS, no se observan cambios significativos. Para el modelo TE, sin embargo, al efectuar la corrección por endogeneidad la significancia para una persona

que trabaja a tiempo completo cambia de signo. Su efecto es reducido, en magnitud, en comparación a los otros parámetros.

Dado que los parámetros son similares en signo y magnitud, a excepción del caso explicado con anterioridad y sin afectar los datos, la réplica de la muestra resulta ser válida y puede estudiarse sin mayores problemas de forma estadístico-descriptiva.

Dentro de las variables independientes, se puede observar el efecto de la elección de modo tanto en la regresión lineal normal como en la corregida por endogeneidad, puesto que es la que más influencia el valor de complejidad, seguido en parte por el ingreso y la presencia de menores en el hogar.

Para estudiar además los cambios que sucedieron al analizar ambos cortes temporales, se efectuó regresión lineal y corrección por endogeneidad para la muestra correspondiente a la EOD 2012, la cual se muestra en la tabla 4.18. Dado que el trabajo inicial de Guevara et al. (2019) no incorpora los datos de la EOD 2012, sólo se puede comparar con la regresión para los datos de la EOD 2001 de la réplica.

Tabla 4.17: Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad. Versión modificada para réplica de los datos de la EOD 2001

|   | Ordinary Least Squares (OLS) |        |        | Treatment Effect Model (TE) |             |        |
|---|------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------------|--------|
|   | Estimador                    | s.e    | t-test | Estimador                   | Robust s.e. | t-test |
| <b>Logaritmo de la complejidad según 2.30</b> |                              |        |        |                             |             |        |
| $\beta_0$                                     | -9,184                       | 0,3026 | -30,35 | -6,897                      | 0,7083      | -9,74  |
| <b>ln(ingreso)</b>                            | 0,218                        | 0,0202 | 10,79  | 0,064                       | 0,0474      | 1,342  |
| <b>Modo privado</b>                           | 0,594                        | 0,0338 | 17,55  | 1,638                       | 0,2858      | 5,73   |
| <b>Hogar con menores</b>                      | 0,249                        | 0,0360 | 6,93   | 0,148                       | 0,0474      | 3,12   |
| <b>Hombre</b>                                 | 0,044                        | 0,0344 | 1,28   | -0,157                      | 0,0673      | -2,33  |
| <b>ln(edad)</b>                               | -0,241                       | 0,0519 | -4,65  | -0,443                      | 0,0790      | -5,60  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   | -0,291                       | 0,0469 | -6,21  | -0,271                      | 0,0528      | -5,13  |
| $\sigma_\varepsilon$                          |                              |        |        | 1,384                       | 0,0486      | 28,49  |
| <b>Corrección según 2.32</b>                  |                              |        |        |                             |             |        |
| $\alpha_0$                                    |                              |        |        | -6,396                      | 0,3876      | -16,50 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            |                              |        |        | 0,314                       | 0,0290      | 10,81  |
| <b>Hogar con menores</b>                      |                              |        |        | 0,194                       | 0,0391      | 4,97   |
| <b>Hombre</b>                                 |                              |        |        | 0,560                       | 0,0358      | 15,65  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   |                              |        |        | -0,039                      | 0,0496      | -0,79  |
| <b>ln(edad)</b>                               |                              |        |        | 0,428                       | 0,0539      | 7,94   |
| <b>CARCOMP</b>                                |                              |        |        | 0,846                       | 0,0678      | 12,47  |
| $\rho$  |                              |        |        | -0,499                      | 0,1148      | -4,34  |
| $LL$  |                              |        |        | -15021,682                  |             |        |
| $R^2$   |                              | 0,0821 |        |                             |             |        |
| <b>n</b>                                      |                              | 6660   |        |                             | 6660        |        |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.18: Complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad. Versión modificada para réplica de los datos de la EOD 2012

|   | Ordinary Least Squares (OLS) |        |        | Treatment Effect Model (TE) |             |        |
|---|------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------------|--------|
|   | Estimador                    | s.e    | t-test | Estimador                   | Robust s.e. | t-test |
| <b>Logaritmo de la complejidad según 2.30</b> |                              |        |        |                             |             |        |
| $\beta_0$                                     | -12,425                      | 0,3384 | -36,71 | -11,254                     | 0,4317      | -26,07 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            | 0,410                        | 0,0228 | 17,94  | 0,336                       | 0,0287      | 11,72  |
| <b>Modo privado</b>                           | 0,448                        | 0,0319 | 14,07  | 1,061                       | 0,1132      | 9,37   |
| <b>Hogar con menores</b>                      | 0,196                        | 0,0340 | 5,75   | 0,133                       | 0,0370      | 3,59   |
| <b>Hombre</b>                                 | 0,003                        | 0,0330 | 0,10   | -0,094                      | 0,0379      | -2,47  |
| <b>ln(edad)</b>                               | -0,570                       | 0,0481 | -1,18  | -0,182                      | 0,0547      | -3,33  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   | -0,360                       | 0,0525 | -6,85  | -0,347                      | 0,0609      | -5,69  |
| $\sigma_\epsilon$                             |                              |        |        | 1,325                       | 0,0185      | 71,54  |
| <b>Corrección según 2.32</b>                  |                              |        |        |                             |             |        |
| $\alpha_0$                                    |                              |        |        | -5,801                      | 0,3658      | -15,86 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            |                              |        |        | 0,234                       | 0,0247      | 9,49   |
| <b>Hogar con menores</b>                      |                              |        |        | 0,213                       | 0,0346      | 6,17   |
| <b>Hombre</b>                                 |                              |        |        | 0,430                       | 0,0334      | 12,90  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   |                              |        |        | -0,064                      | 0,0536      | -1,20  |
| <b>ln(edad)</b>                               |                              |        |        | 0,530                       | 0,0496      | 10,70  |
| <b>CARCOMP</b>                                |                              |        |        | 0,801                       | 0,0384      | 20,87  |
| $\rho$  |                              |        |        | -0,304                      | 0,0518      | -5,88  |
| $LL$  |                              |        |        | -16225,846                  |             |        |
| $R^2$   |                              | 0,0869 |        |                             |             |        |
| <b>n</b>                                      |                              | 7082   |        |                             | 7082        |        |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Así, para esta medida de complejidad, se pueden verificar gran parte de los supuestos que se obtuvieron como conclusiones en Cadena et al. (2016), puesto que se muestran influencias en la complejidad de la agenda de actividades, al menos separando por género y por modo de viaje al trabajo.

En ambos casos es posible notar el claro impacto del modo de viaje al trabajo, ya que el valor de complejidad de la agenda de actividades de los usuarios que usan exclusivamente transporte privado (perfiles privados) es mayor que la de los usuarios de transporte público (perfiles públicos). Lo anterior se puede deber a que el hecho de tener automóviles (propios o por trabajo) permite hacer, o bien más actividades, o bien actividades más exclusivas que no se podrían hacer en transporte público debido a su cobertura. En este caso, el impacto del modo de viaje se mantiene con respecto al trabajo inicial de Guevara et al. (2019)

Ahora, si se comparan los datos entre 2001 y 2012, se observa una disminución en los valores de complejidad para las personas que usan transporte público, lo cual se puede deber a que la implementación del plan Transantiago (actual RED), dado su funcionamiento, ha inducido a que personas opten por usar Metro (ya sea por su confianza) o automóvil (para llegar a las zonas que ya no pueden llegar en transporte público) en desmedro del transporte público. Esto se refleja en que viajes más específicos (y que probablemente inducen a agendas más complejas) no se puedan hacer, disminuyendo la complejidad en promedio. El Ministerio de

Transportes y Telecomunicaciones estimó la tasa de decrecimiento de los viajes en transporte público en un 0,5% anual (SECTRA, 2012) con respecto a la información de 2001. No obstante, se mantiene la tendencia del párrafo anterior respecto a los viajes en transporte público y privado.

Ahora, si se observa a la gente con auto y licencia de conducir, esos viajes específicos que se perdieron en el párrafo anterior ahora resultan en viajes que son cada vez más comunes (gente que probablemente haya dejado de usar transporte público), justificando que la complejidad en la agenda de actividades disminuya acorde a la tabla 4.11.

Con respecto a la influencia del género, se puede ver un cambio que se puede considerar como el más significativo de esta sección del análisis, puesto que se observa que las mujeres logran hacer actividades que derivan en agendas más complejas, lo cual se puede reflejar en la gente con auto y licencia de conducir, en desmedro de las otras muestras que resultan ser similares en magnitud. Esto se puede deber a la existencia de actividades más exclusivas para ellas y que, sumado a un posible desencanto por el transporte público de ciertas personas, les motiva y permite realizar viajes más distintos y, por lo tanto, tener agendas más complejas.

No obstante a lo anterior, para esta medida, el análisis hecho en el año 2012 sí se presenta consistencia con la hipótesis de que las mujeres realizan actividades más exclusivas que los hombres según Cadena et al. (2016).

Con respecto a la presencia de menores, se mantiene la tendencia creciente de complejidad a medida que se incorpora el automóvil y la presencia de licencia de conducir en el análisis, y observando agendas más complejas para las personas con menores en el hogar en el año 2001, lo que confirma lo expuesto en Cadena et al. (2016)

La situación cambia para el año 2012, lo cual se puede deber principalmente a aspectos más sociales que escapan del alcance del estudio, como por ejemplo, cambios en los comportamientos de las personas, más allá de que algunos aspectos explicados en los párrafos anteriores no hayan presentado mayores variaciones. Esto se ve reflejado en los cambios de signo y significancias de la regresión lineal para ambos cortes temporales.

Una posible justificación a lo anterior radica que las actividades al tener menores están condicionadas a hacer actividades para ellos, lo cual será poco exclusivo para la gente con este perfil. Al no disponer de menores, una hipótesis probable es la variedad de actividades que uno puede hacer que no estén condicionadas a su presencia.

## **4.2. Medida de complejidad basada en Ben-Elia et al. (2014)**

### **4.2.1. Resultados**

Para esta subsección se mostrará la medida de complejidad de la agenda de actividades basada en Ben-Elia et al. (2014), acorde a lo indicado en la ecuación 3.1 y considerando la información que muestran las Encuestas Origen Destino de los años 2001 y 2012. Es interesante recordar que el objetivo de esta medida es meramente comparativo.

A su vez, para cada corte temporal se consideró la data completa. De esta base se tomó la gente con automóvil, y de esta última se tomó la gente con licencia de conducir.

Para el cálculo de la complejidad en la agenda de actividades se tomó su valor y se multiplicó por 10000, al igual que en Cadena (2013) y en la medida de Cadena et al. (2016), para trabajar con cifras no despreciables.

En la tabla 4.19 se presenta un resumen de los valores de complejidad comparando las submuestras para la EOD del año 2001. A su vez, en la figura 4.21 se representa de igual manera lo que se muestra a continuación, conforme a un intervalo de confianza del 95 %. Ya que la medida basada en Ben-Elia et al. (2014) es una ponderación de la medida de Cadena et al. (2016) según la ecuación 3.3, es de esperar que los resultados sean similares y menores a los mostrados en la subsección anterior, ya que  $\alpha$  se mueve entre 0 y 1, al igual que el  $T - index$  y  $S - index$  de Ben-Elia et al. (2014).

Tabla 4.19: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001

|                 | <b>Total</b> | <b>Auto</b> | <b>Auto y Licencia</b> |
|-----------------|--------------|-------------|------------------------|
| <b>n</b>        | 6660         | 4782        | 3808                   |
| <b>Promedio</b> | 18,259       | 20,674      | 22,954                 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

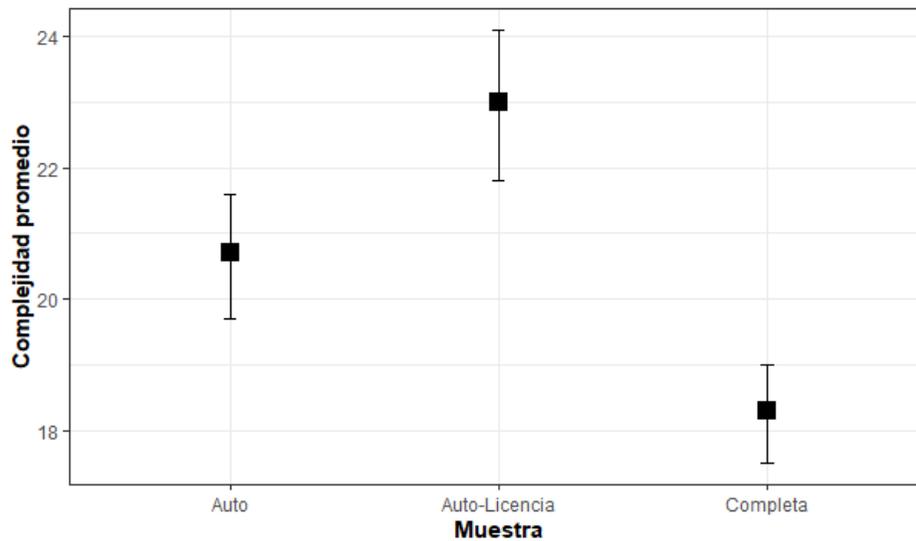


Figura 4.21: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

En la tabla 4.20 se presenta un resumen de los valores promedio de la medida de complejidad comparando las submuestras, pero para la EOD del año 2012. Junto con ello, se representa lo anterior en la figura 4.22.

Tabla 4.20: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012

|                 | <b>Total</b> | <b>Auto</b> | <b>Auto y Licencia</b> |
|-----------------|--------------|-------------|------------------------|
| <b>n</b>        | 7088         | 5480        | 4263                   |
| <b>Promedio</b> | 18,451       | 20,978      | 23,462                 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

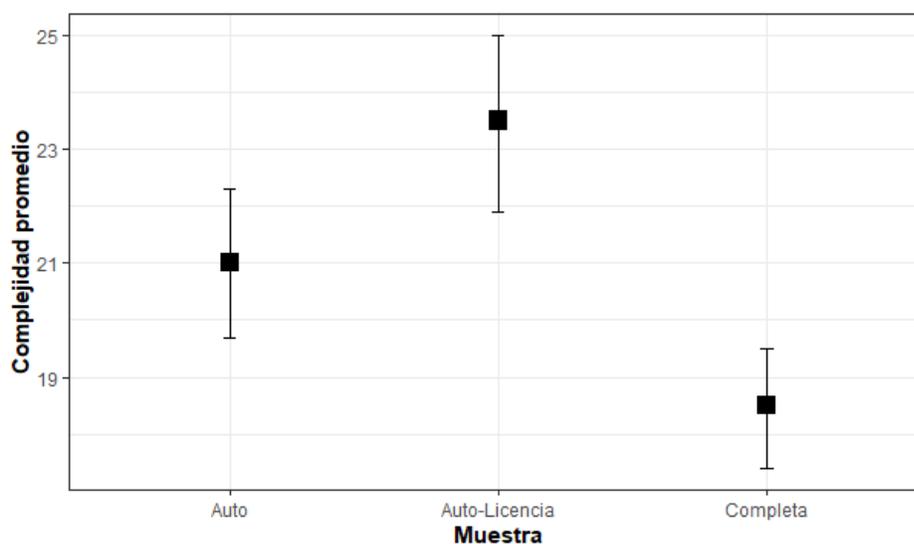


Figura 4.22: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Además se efectúa una separación por género, tomando los valores de complejidad en cada caso. Dicha situación es mostrada a continuación en las tablas 4.21 y 4.22. Para cada caso es posible representarlo gráficamente en las figuras 4.23 y 4.24, respectivamente.

Tabla 4.21: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por género

|                 | <b>Completa</b> |              |               | <b>Con auto</b> |              |               | <b>Con auto y licencia</b> |              |               |
|-----------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|
|                 | <b>Total</b>    | <b>Mujer</b> | <b>Hombre</b> | <b>Total</b>    | <b>Mujer</b> | <b>Hombre</b> | <b>Total</b>               | <b>Mujer</b> | <b>Hombre</b> |
| <b>n</b>        | 6660            | 2325         | 4335          | 4782            | 1652         | 3130          | 3808                       | 915          | 2893          |
| <b>Promedio</b> | 18,259          | 17,846       | 18,48         | 20,674          | 19,933       | 21,066        | 22,954                     | 26,173       | 21,936        |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

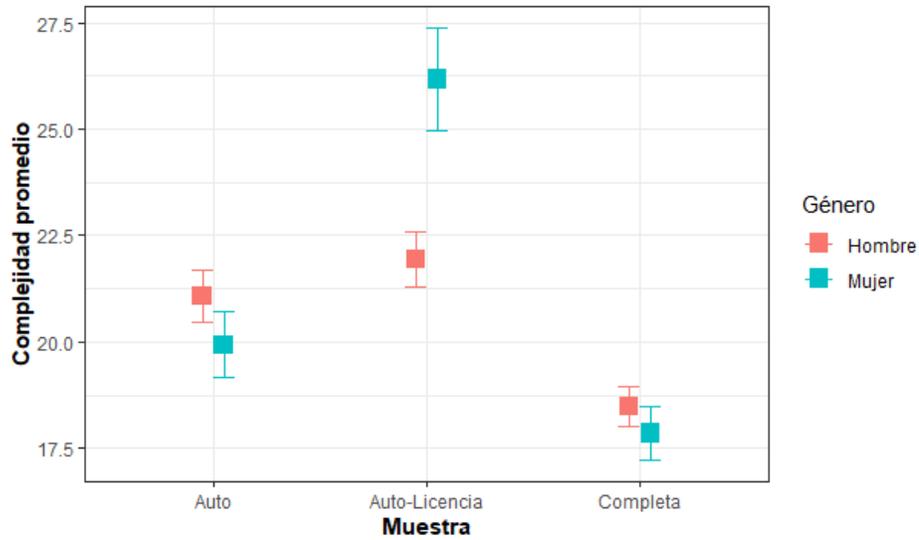


Figura 4.23: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por género  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.22: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por género

|                 | Completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total    | Mujer  | Hombre | Total    | Mujer  | Hombre | Total               | Mujer  | Hombre |
| <b>n</b>        | 7088     | 2522   | 4566   | 5480     | 1984   | 3496   | 4263                | 1214   | 3049   |
| <b>Promedio</b> | 18,451   | 21,063 | 17,756 | 20,978   | 24,022 | 20,139 | 23,462              | 31,906 | 20,912 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

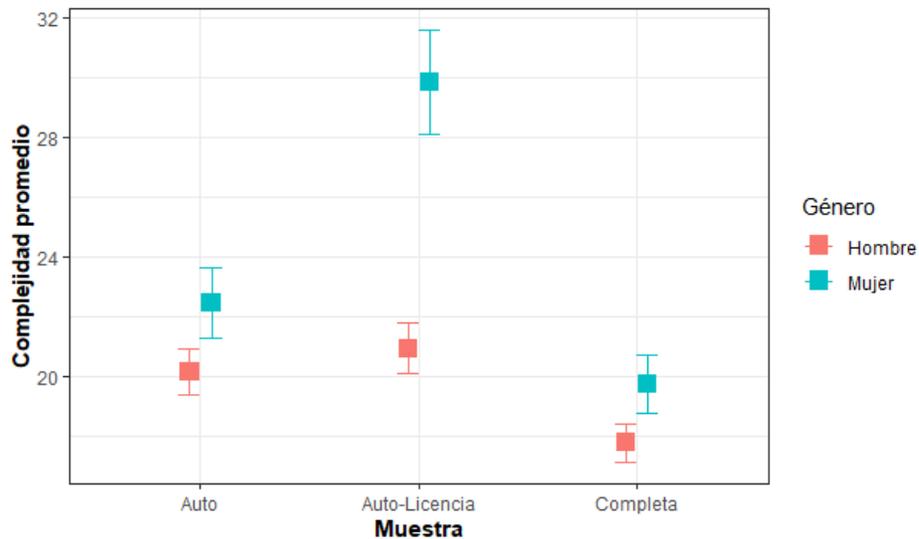


Figura 4.24: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por género  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Luego, se comparan perfiles públicos y privados. Se entiende por perfil público si esta persona registra al menos un viaje en transporte público en la muestra original antes de ser filtrada. La comparación se hace en las tres submuestras, ya que pueden existir viajes de gente con auto y/o con licencia que se deban hacer en transporte público, ya sea porque el auto de la casa es ocupado o se deban hacer otros viajes relevantes.

La comparación se muestra en las tablas 4.23 y 4.24, así como también en las figuras 4.25 y 4.26.

Tabla 4.23: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por modo

|                 | Completa |         |         | Con auto |         |         | Con auto y licencia |         |         |
|-----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|                 | Total    | Privado | Público | Total    | Privado | Público | Total               | Privado | Público |
| <b>n</b>        | 6660     | 3701    | 2959    | 4782     | 2068    | 2714    | 3808                | 1268    | 2540    |
| <b>Promedio</b> | 18,259   | 13,773  | 23,87   | 20,674   | 15,772  | 24,41   | 22,954              | 18,335  | 25,26   |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

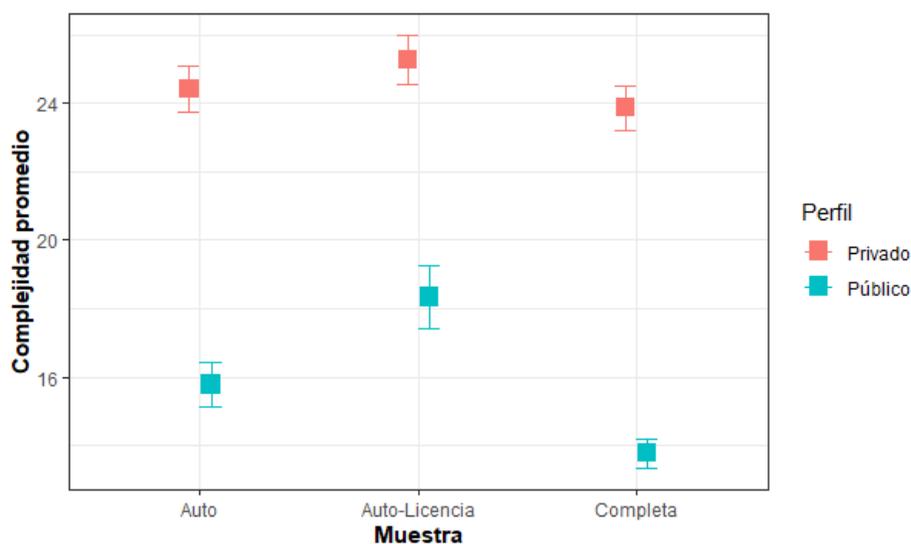


Figura 4.25: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por modo

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.24: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por modo

|                 | Completa |         |         | Con auto |         |         | Con auto y licencia |         |         |
|-----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|                 | Total    | Privado | Público | Total    | Privado | Público | Total               | Privado | Público |
| <b>n</b>        | 7088     | 3734    | 3354    | 5480     | 2401    | 3079    | 4263                | 1424    | 2839    |
| <b>Promedio</b> | 18,451   | 12,959  | 24,564  | 20,978   | 14,955  | 25,674  | 23,462              | 17,433  | 26,486  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

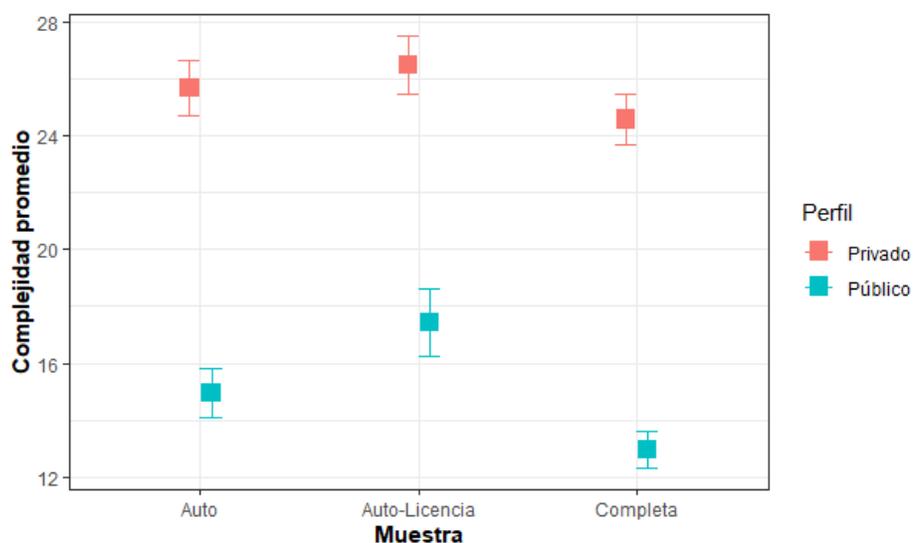


Figura 4.26: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por modo

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

La separación hecha en las tablas anteriores fue realizada según categorías. Para observar la variación de cada ítem según cada corte temporal se reordenan las mismas.

Tabla 4.25: Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 6660             | 7088   | 4782     | 5480   | 3808                | 4263   |
| <b>Promedio</b> | 18,259           | 18,451 | 20,674   | 20,978 | 22,954              | 23,462 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.26: Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y el género femenino

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 2325             | 2522   | 1652     | 1984   | 915                 | 1214   |
| <b>Promedio</b> | 17,846           | 21,063 | 19,933   | 24,022 | 26,173              | 31,906 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.27: Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y el género masculino

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 4335             | 4566   | 3130     | 3496   | 2893                | 3049   |
| <b>Promedio</b> | 18,480           | 17,756 | 21,066   | 20,139 | 21,936              | 20,912 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.28: Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y uso de transporte público

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 3701             | 3734   | 2068     | 2401   | 1268                | 1424   |
| <b>Promedio</b> | 13,773           | 12,959 | 15,772   | 14,955 | 18,335              | 17,433 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Tabla 4.29: Comparación de los valores de complejidad para la segunda medida y uso de transporte privado

|                 | Muestra completa |        | Con auto |        | Con auto y licencia |        |
|-----------------|------------------|--------|----------|--------|---------------------|--------|
|                 | 2001             | 2012   | 2001     | 2012   | 2001                | 2012   |
| <b>n</b>        | 2959             | 3354   | 2714     | 3079   | 1268                | 1424   |
| <b>Promedio</b> | 23,870           | 24,564 | 24,41    | 25,674 | 25,26               | 26,486 |

Fuente: Elaboración propia basado en las EOD 2001 y 2012

Para el análisis del ingreso, y dado que la medida de Cadena et al. (2016) se pondera para dar origen a la medida de complejidad basada en Ben-Elia et al. (2014), se puede asumir que el comportamiento de la complejidad con respecto al ingreso se mantiene, acorde a lo mostrado en las figuras 4.7 y 4.8 que mostraron una dispersión de los pares ordenados representados por el ingreso de las personas (en el eje X) y los valores de complejidad (en el eje Y), no observando diferencias apreciables. Esto se demuestra en la regresión lineal que se muestra más adelante.

Se efectúa una comparación entre perfiles cuyos hogares presentan menores de edad o, lo que es equivalente, menores de 18 años. Al igual que en las comparaciones anteriores, se estudian las tres submuestras. Se muestra a continuación cada resultado en las tablas 4.30 y 4.31 y de manera gráfica en las figuras 4.27 y 4.28, respectivamente. En las tablas, se define "Hay" para los perfiles con menores de edad en el hogar, y "No Hay" para el caso contrario.

Tabla 4.30: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar

|                 | Muestra completa |      |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|------------------|------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total            | Hay  | No Hay | Total    | Hay    | No Hay | Total               | Hay    | No Hay |
| <b>n</b>        | 6660             | 4394 | 2266   | 4782     | 3126   | 1656   | 3808                | 2482   | 1326   |
| <b>Promedio</b> | 18,259           | 18,6 | 17,598 | 20,674   | 21,412 | 19,282 | 22,954              | 23,961 | 21,071 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.31: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar

|                 | Muestra completa |        |        | Con auto |        |        | Con auto y licencia |        |        |
|-----------------|------------------|--------|--------|----------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|                 | Total            | Hay    | No Hay | Total    | Hay    | No Hay | Total               | Hay    | No Hay |
| <b>n</b>        | 7088             | 6405   | 683    | 5480     | 4959   | 521    | 4263                | 3890   | 373    |
| <b>Promedio</b> | 18,451           | 17,106 | 19,935 | 20,978   | 19,704 | 22,376 | 23,462              | 22,663 | 24,314 |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

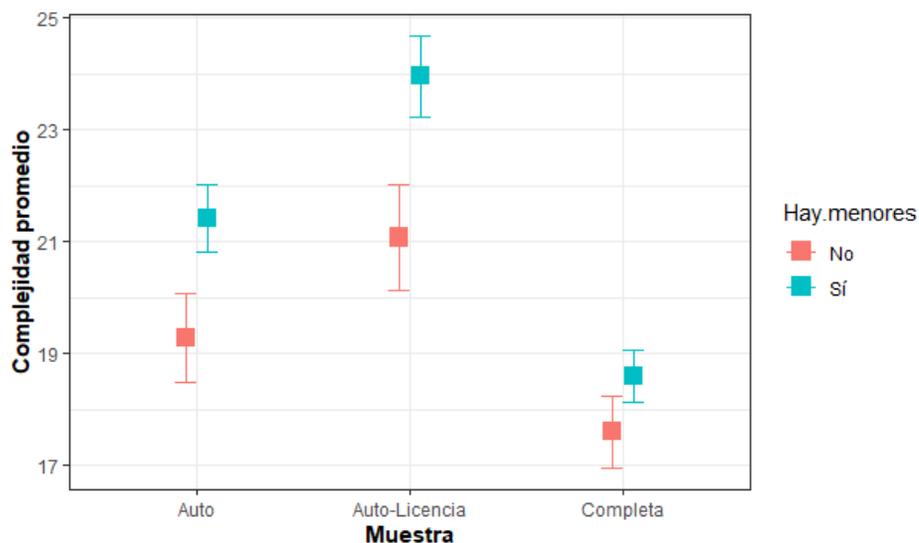


Figura 4.27: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por presencia de menores en el hogar  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

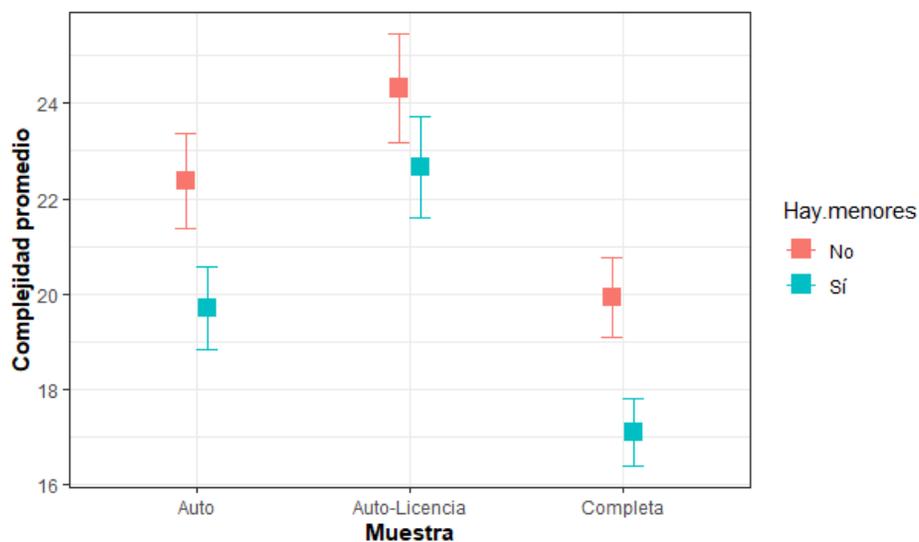


Figura 4.28: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por presencia de menores en el hogar  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

También se analizan los perfiles de las personas que desarrollan labores a jornada completa o no. Al igual que en las comparaciones anteriores, se estudian las tres submuestras. Se muestra a continuación cada resultado en las tablas 4.32 y 4.33 y de manera gráfica en las figuras 4.29 y 4.30, respectivamente. En las tablas, se define "Completa" para los perfiles que presentan trabajos a jornada completa, y "Parcial" para los perfiles que presentan trabajos a jornada parcial.

Tabla 4.32: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial

|                 | Muestra completa |          |         | Con auto |          |         | Con auto y licencia |          |         |
|-----------------|------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------------------|----------|---------|
|                 | Total            | Completa | Parcial | Total    | Completa | Parcial | Total               | Completa | Parcial |
| <b>n</b>        | 6660             | 5762     | 898     | 4782     | 4142     | 640     | 3808                | 3346     | 462     |
| <b>Promedio</b> | 18,259           | 17,743   | 21,567  | 20,674   | 20,073   | 24,566  | 22,954              | 22,365   | 27,22   |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

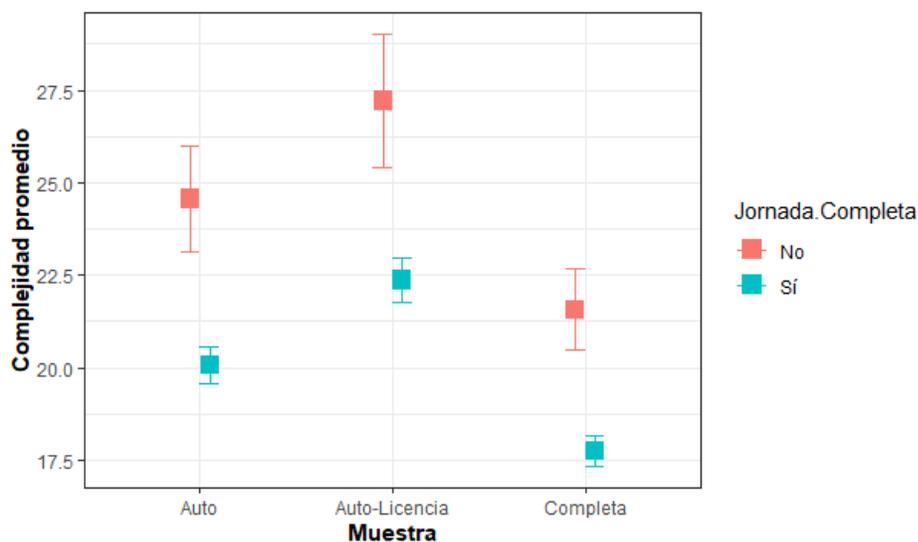


Figura 4.29: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001, separando por jornada completa o parcial

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Tabla 4.33: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial

|                 | Muestra completa |          |         | Con auto |          |         | Con auto y licencia |          |         |
|-----------------|------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------------------|----------|---------|
|                 | Total            | Completa | Parcial | Total    | Completa | Parcial | Total               | Completa | Parcial |
| <b>n</b>        | 7088             | 6405     | 683     | 5480     | 4959     | 521     | 4263                | 3890     | 373     |
| <b>Promedio</b> | 18,451           | 17,705   | 25,446  | 20,978   | 20,221   | 28,176  | 23,462              | 22,813   | 30,231  |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

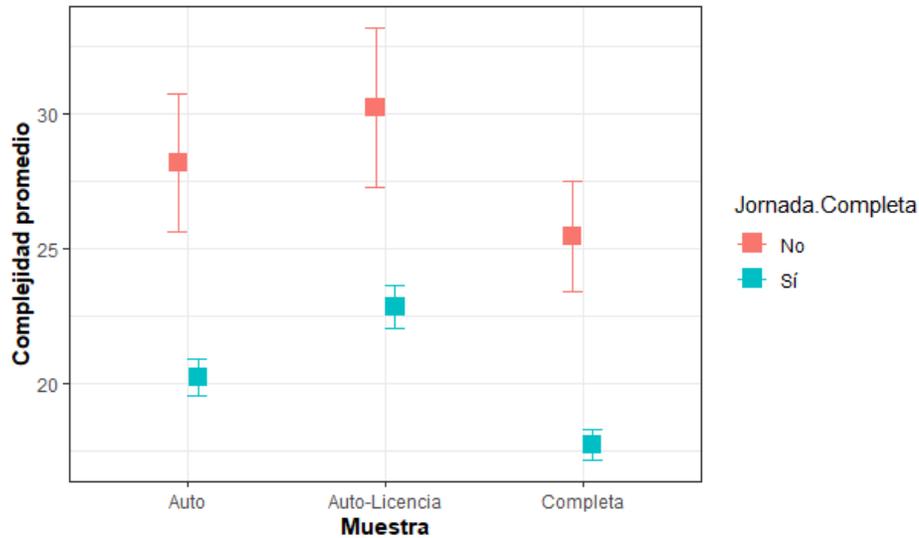


Figura 4.30: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012, separando por jornada completa o parcial  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Ahora se efectúa una separación múltiple, esta vez considerando género y presencia de menores en el hogar. A continuación se expone dicha consideración, en las figuras 4.31 a la 4.35 para el año 2001 y 4.32 a la 4.36 para el año 2012, para cada separación de muestra (completa, auto y auto-licencia).

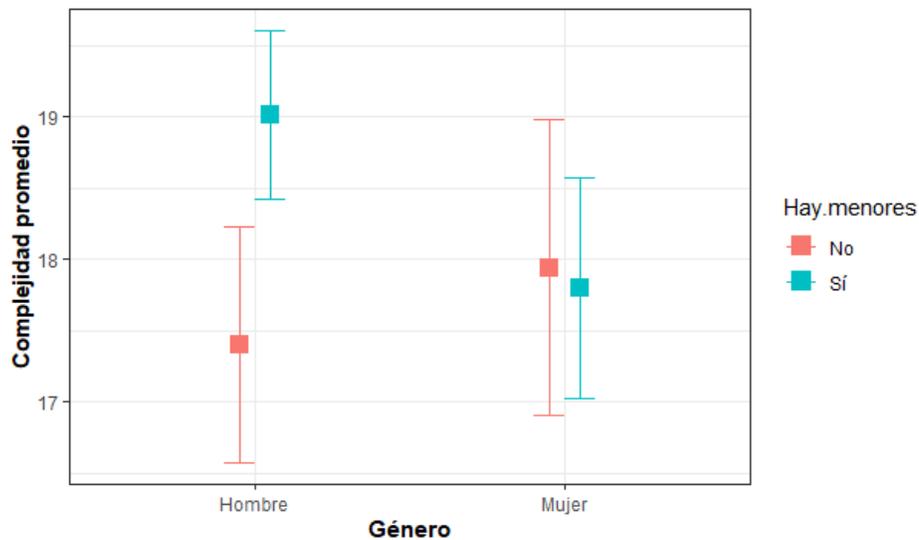


Figura 4.31: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar  
Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

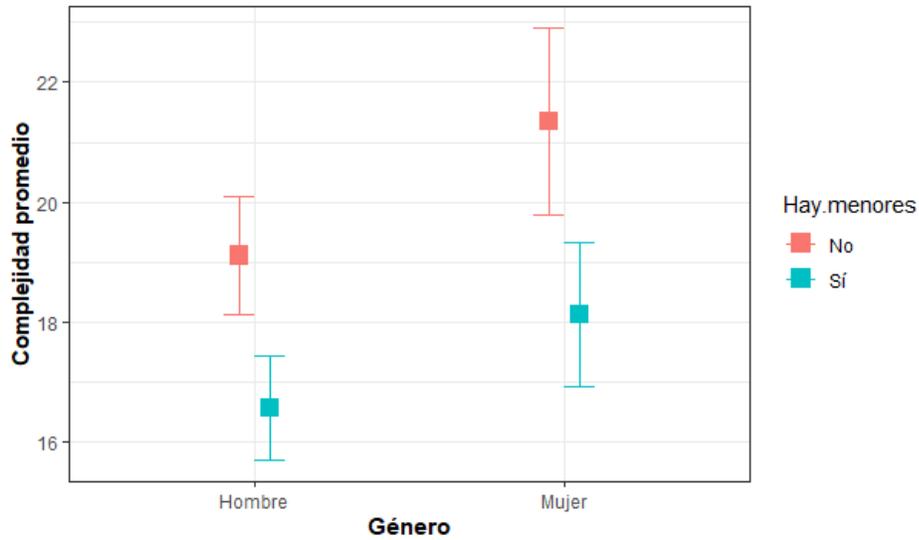


Figura 4.32: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

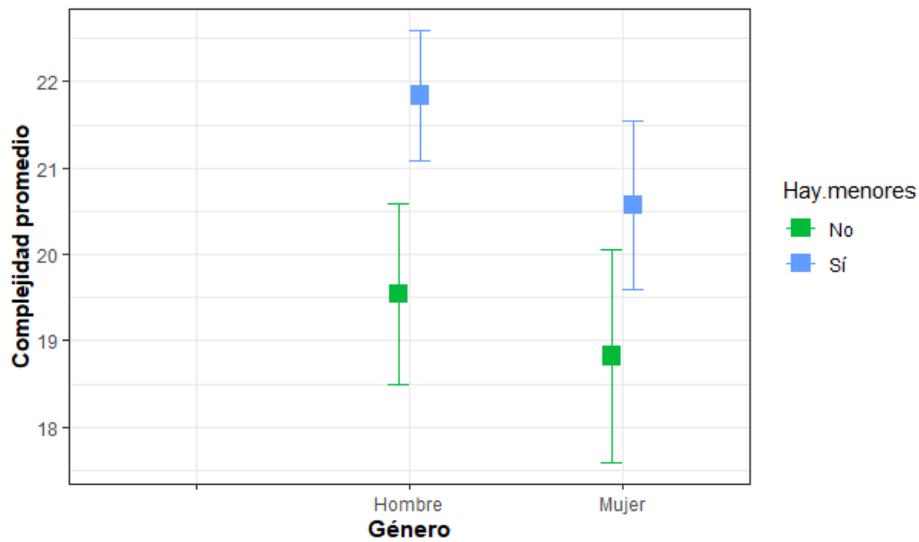


Figura 4.33: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2001 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

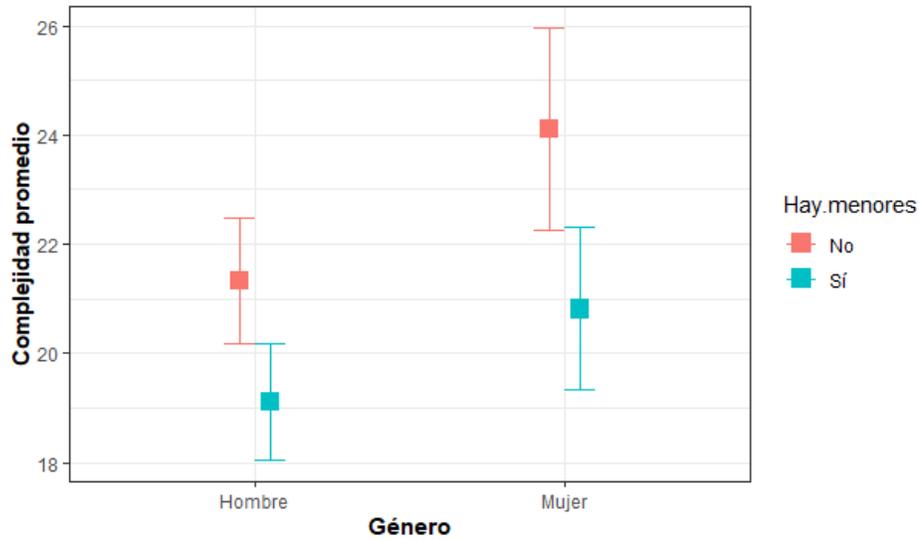


Figura 4.34: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra completa, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

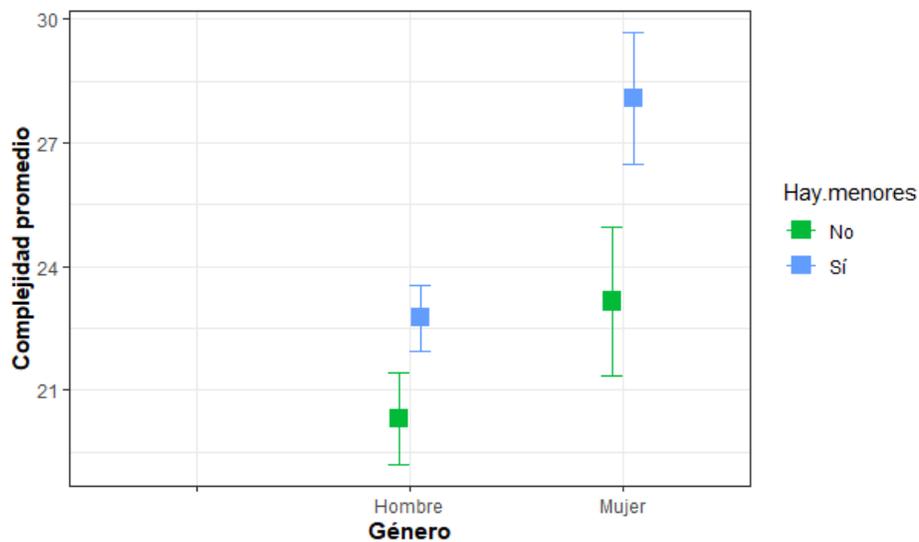


Figura 4.35: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra con auto, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

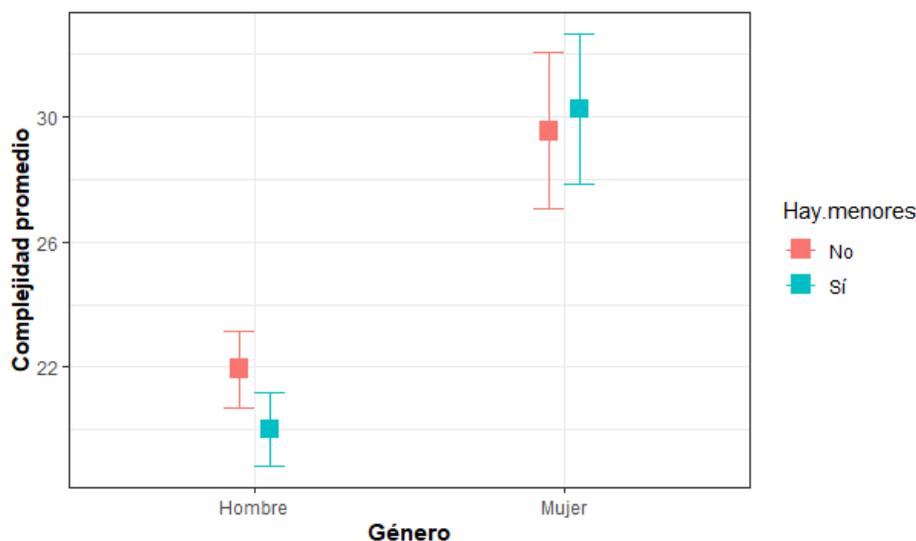


Figura 4.36: Valores promedio para la complejidad según medida basada en Ben-Elia et al. (2014) para el año 2012 y muestra con auto y licencia, separando por género y presencia de menores en el hogar

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

#### 4.2.2. Análisis y comparación

La medida basada en Ben-Elia et al. (2014) se construye con fines comparativos respecto de la medida de complejidad basada en Guevara et al. (2019). Corresponde, por lo tanto, cuantificar los cambios que se observan en los perfiles de actividades cuyo valor de complejidad es el mismo. Para efectuar dicho análisis, es relevante incorporar ciertas generalidades.

- **Regresión lineal**

Si bien esta medida corresponde a una ponderación de la medida de Cadena et al. (2016) acorde a las ecuaciones 3.1 y 3.3, se puede plantear la hipótesis que, al efectuar regresión lineal tal como se desarrolló para la primera medida, no habrían cambios significantes en signo y magnitud para cada variable independiente. Por ello, se entregan las tablas 4.34 y 4.35 que entrega tanto la regresión lineal como la corrección por endogeneidad, para las EOD de 2001 y 2012 respectivamente.

Si se compara con la regresión lineal hecha para los mismos cortes temporales, reflejada en las tablas 4.17 y 4.18 para los datos de la EOD 2001 y 2012, no solo se mantienen los signos sino que, en general, la magnitud de cada coeficiente para cada variable independiente. Para intentar explicar el uso del automóvil, variables como el género, la edad y el número de conductores entre el número de autos resultan relevantes para explicar los cambios en la conducta de los usuarios que eligen automóvil.

En general, dado que esta medida resulta ser una ponderación de la de Cadena et al. (2016), se puede comprobar que los supuestos para la primera medida y los cambios observados en la misma para el corte temporal de 2012 se mantienen.

Tabla 4.34: Segunda medida de complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad - Versión para réplica de los datos de la EOD 2001

|   | Ordinary Least Squares (OLS) |        |        | Treatment Effect Model (TE) |             |        |
|---|------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------------|--------|
|   | Estimador                    | s.e    | t-test | Estimador                   | Robust s.e. | t-test |
| <b>Logaritmo de la complejidad según 2.30</b> |                              |        |        |                             |             |        |
| $\beta_0$                                     | -9,32                        | 0,3016 | -30,92 | -7,03                       | 0,6965      | -10,09 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            | 0,226                        | 0,0202 | 11,24  | 0,071                       | 0,0466      | 1,53   |
| <b>Modo privado</b>                           | 0,567                        | 0,0337 | 16,81  | 1,615                       | 0,280       | 5,76   |
| <b>Hogar con menores</b>                      | 0,247                        | 0,0359 | 6,89   | 0,145                       | 0,0469      | 3,09   |
| <b>Hombre</b>                                 | 0,044                        | 0,0343 | 1,28   | -0,158                      | 0,0663      | -2,38  |
| <b>ln(edad)</b>                               | -0,244                       | 0,0517 | -4,72  | -0,447                      | 0,0781      | -5,72  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   | -0,285                       | 0,0467 | -6,11  | -0,265                      | 0,0528      | -5,02  |
| $\sigma_\varepsilon$                          |                              |        |        | 1,381                       | 0,0482      | 28,69  |
| <b>Corrección según 2.32</b>                  |                              |        |        |                             |             |        |
| $\alpha_0$                                    |                              |        |        | -6,40                       | 0,3875      | -16,5  |
| <b>ln(ingreso)</b>                            |                              |        |        | 0,313                       | 0,0289      | 10,83  |
| <b>Hogar con menores</b>                      |                              |        |        | 0,195                       | 0,0391      | 4,99   |
| <b>Hombre</b>                                 |                              |        |        | 0,560                       | 0,0358      | 15,64  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   |                              |        |        | -0,040                      | 0,0497      | -0,80  |
| <b>ln(edad)</b>                               |                              |        |        | 0,429                       | 0,0539      | 7,96   |
| <b>CARCOMP</b>                                |                              |        |        | 0,847                       | 0,0673      | 12,58  |
| $\rho$  |                              |        |        | -0,502                      | 0,1126      | -4,46  |
| $LL$  |                              |        |        | -14998,302                  |             |        |
| $R^2$   |                              | 0,0796 |        |                             |             |        |
| <b>n</b>                                      |                              | 6660   |        |                             | 6660        |        |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

• **Aspectos generales de los distintos perfiles**

Para la EOD del año 2001, es posible rescatar 574 perfiles distintos, los cuales se codifican de manera similar a lo realizado en Cadena (2013), de modo que un perfil 3000020001100 significa que esa persona efectúa:

- Tres veces actividades con propósito 0 (al trabajo).
- Dos veces actividades con propósito 5 (volver a casa).
- Una vez actividades con propósito 9 (de compras).
- Una vez actividades con propósito 10 (trámites).

Para la EOD del año 2012, es posible rescatar 348 perfiles distintos, codificándolos de igual forma que la mencionada anteriormente, pero con la diferencia que el primer ID para el propósito es igual a 1. Así, un perfil 10000032100000 significa que esa persona efectúa:

- Una vez actividades con propósito 0 (al trabajo).
- Tres veces actividades con propósito 7 (volver a casa).
- Dos veces actividades con propósito 8 (buscar o dejar a alguien).
- Una vez actividades con propósito 9 (comer o tomar algo).

Tabla 4.35: Segunda medida de complejidad como función de las características de los hogares y el modo de viaje, con y sin corrección de endogeneidad - Versión para réplica de los datos de la EOD 2012

|   | Ordinary Least Squares (OLS) |        |        | Treatment Effect Model (TE) |             |        |
|---|------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------------|--------|
|   | Estimador                    | s.e    | t-test | Estimador                   | Robust s.e. | t-test |
| <b>Logaritmo de la complejidad según 2.30</b> |                              |        |        |                             |             |        |
| $\beta_0$                                     | -10,97                       | 0,3076 | -35,65 | -10,00                      | 0,5480      | -18,24 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            | 0,292                        | 0,0200 | 14,64  | 0,236                       | 0,0394      | 5,98   |
| <b>Modo privado</b>                           | 0,469                        | 0,0317 | 14,79  | 1,110                       | 0,1126      | 9,86   |
| <b>Hogar con menores</b>                      | 0,116                        | 0,0331 | 3,50   | 0,064                       | 0,0415      | 1,55   |
| <b>Hombre</b>                                 | -0,022                       | 0,0329 | -0,67  | -0,120                      | 0,0381      | -3,15  |
| <b>ln(edad)</b>                               | -0,056                       | 0,0481 | -1,17  | -0,190                      | 0,0546      | -3,48  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   | -0,364                       | 0,0524 | -6,94  | -0,348                      | 0,0612      | -5,68  |
| $\sigma_\varepsilon$                          |                              |        |        | 1,329                       | 0,0194      | 68,42  |
| <b>Corrección según 2.32</b>                  |                              |        |        |                             |             |        |
| $\alpha_0$                                    |                              |        |        | -4,88                       | 0,4833      | -10,09 |
| <b>ln(ingreso)</b>                            |                              |        |        | 0,162                       | 0,0350      | 4,63   |
| <b>Hogar con menores</b>                      |                              |        |        | 0,164                       | 0,0386      | 4,25   |
| <b>Hombre</b>                                 |                              |        |        | 0,414                       | 0,0336      | 12,30  |
| <b>Trabajador full-time</b>                   |                              |        |        | -0,072                      | 0,0539      | -1,34  |
| <b>ln(edad)</b>                               |                              |        |        | 0,533                       | 0,0493      | 10,81  |
| <b>CARCOMP</b>                                |                              |        |        | 0,822                       | 0,0394      | 20,88  |
| $\rho$  |                              |        |        | -0,319                      | 0,0511      | -6,25  |
| $LL$  |                              |        |        | -16253,86                   |             |        |
| $R^2$   | 0,0726                       |        |        |                             |             |        |
| <b>n</b>                                      | 7088                         |        |        | 7088                        |             |        |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

- **Perfiles más y menos frecuentes**

Para la EOD del año 2001, de los 574 perfiles existentes, los diez perfiles más numerosos se muestran a continuación en la tabla 4.36.

Tabla 4.36: Perfiles más frecuentes en la EOD 2001

| Perfil        | Frecuencia |
|---------------|------------|
| 1000010000000 | 3568       |
| 2000020000000 | 258        |
| 1000011000000 | 164        |
| 1000000000000 | 114        |
| 1000020001000 | 101        |
| 1010010000000 | 85         |
| 1100010000000 | 83         |
| 2100010000000 | 77         |
| 1200010000000 | 72         |
| 2000010100000 | 68         |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Por otro lado, existen 213 perfiles únicos (y, por lo tanto, escapan de la comparación

entre medidas) y 160 perfiles con dos repeticiones.

Para la EOD del año 2012, de los 348 perfiles existentes, los diez perfiles más numerosos se muestran a continuación en la tabla 4.37.

Tabla 4.37: Perfiles más frecuentes en la EOD 2012

| Perfil         | Frecuencia |
|----------------|------------|
| 10000010000000 | 4965       |
| 10000000000000 | 175        |
| 10000011000000 | 168        |
| 20000020000000 | 136        |
| 10100010000000 | 105        |
| 20000010100000 | 76         |
| 20000010000000 | 54         |
| 10000021000000 | 54         |
| 11000010000000 | 54         |
| 10000020001000 | 53         |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Por otro lado, existen 139 perfiles únicos (y, por lo tanto, escapan de la comparación entre medidas) y 91 perfiles con dos repeticiones.

- **Perfiles exclusivos públicos y privados**

Para la EOD del año 2001, de los 574 perfiles existentes, hay 289 perfiles exclusivos de transporte privado y 109 perfiles exclusivos de transporte público. Para los perfiles exclusivos de transporte privado, se adjuntan los cinco perfiles más complejos según la medida de Cadena et al. (2016) de complejidad en la tabla 4.38.

Tabla 4.38: Perfiles exclusivos de transporte privado con más complejidad en la EOD 2001

| Perfil        | Complejidad x10000 | Número de actividades |
|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1000110032001 | 400,195            | 9                     |
| 1200121000003 | 291,946            | 10                    |
| 1001140010110 | 274,286            | 10                    |
| 3501025100110 | 265,622            | 19                    |
| 1000321012000 | 224,773            | 10                    |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Notar bien que todos los perfiles disponen de una única repetición, por lo que no es posible efectuar comparación alguna utilizando la segunda medida de complejidad. Notar que el perfil 3501025100110 aparece en este mismo ranking acorde al filtro efectuado en la base de datos en Cadena et al. (2016). Por otro lado, para los perfiles exclusivos de transporte público, se adjuntan los cinco perfiles más complejos según la medida de Cadena et al. (2016) de complejidad en la tabla 4.39.

Notar bien que, al igual que el caso anterior, todos disponen de una única repetición, por lo que no es posible efectuar comparación alguna utilizando la segunda medida de complejidad.

Tabla 4.39: Perfiles exclusivos de transporte público con más complejidad en la EOD 2001

| <b>Perfil</b> | <b>Complejidad x10000</b> | <b>Número de actividades</b> |
|---------------|---------------------------|------------------------------|
| 1301030100011 | 269,9022021               | 11                           |
| 1001010011100 | 197,363674                | 6                            |
| 1010023020000 | 259,5864624               | 9                            |
| 1000012010020 | 214,7665123               | 7                            |
| 1000025020010 | 269,4909118               | 11                           |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2001

Para la EOD del año 2012, de los 348 perfiles existentes, hay 136 perfiles exclusivos de transporte privado y 132 perfiles exclusivos de transporte público. Para los perfiles exclusivos de transporte privado, se adjuntan los cinco perfiles más complejos según la medida de Cadena et al. (2016) de complejidad en la tabla 4.40.

Tabla 4.40: Perfiles exclusivos de transporte privado con más complejidad en la EOD 2012

| <b>Perfil</b>  | <b>Complejidad x10000</b> | <b>Número de actividades</b> |
|----------------|---------------------------|------------------------------|
| 10100010010000 | 340,238                   | 4                            |
| 20000012010001 | 365,102                   | 7                            |
| 12000121010010 | 485,918                   | 9                            |
| 10000012020000 | 584,803                   | 6                            |
| 20110020000000 | 565,041                   | 6                            |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Notar bien que de estos cinco perfiles, tres poseen al menos dos repeticiones, por lo cual se pueden analizar y comparar con la segunda medida los perfiles 10000012020000, 20000012010001 y 20110020000000. Por otro lado, para los perfiles exclusivos de transporte público, se adjuntan los cinco perfiles más complejos según la medida de Cadena et al. (2016) de complejidad en la tabla 4.41.

Tabla 4.41: Perfiles exclusivos de transporte público con más complejidad en la EOD 2012

| <b>Perfil</b>  | <b>Complejidad x10000</b> | <b>Número de actividades</b> |
|----------------|---------------------------|------------------------------|
| 10010110000000 | 565,871                   | 4                            |
| 11010010000001 | 578,160                   | 5                            |
| 11000120110100 | 465,278                   | 8                            |
| 10010000000000 | 501,259                   | 2                            |
| 10010020000000 | 503,902                   | 4                            |

Fuente: Elaboración propia basado en la EOD 2012

Notar bien que de estos cinco perfiles, cuatro disponen de una única repetición, por lo que no es posible efectuar comparación alguna utilizando la segunda medida de complejidad. Sólo el perfil 10010000000000 posee, al menos, dos repeticiones, siendo las existentes, por lo que se analizará este caso.

Después del análisis de perfiles anterior, queda elegir los perfiles cuyas medidas de complejidad se compararán, ya que para la medida de Cadena et al. (2016) resultan ser iguales,

pero se desarrollan en distintos instantes o los tiempos e instantes de viaje varían. En este caso, los perfiles elegidos son los siguientes:

- Un perfil para 2001 de gran repetición: Perfil 2000020000000
- Un perfil para 2001 de poca repetición: Perfil 1100110000000
- Un perfil para 2012 de gran repetición: Perfil 20000010100000
- Un perfil para 2012 de poca repetición: Perfil 11000020001000
- Un perfil exclusivo para transporte privado en 2012: Perfil 10000012020000
- Un perfil exclusivo para transporte público en 2012: Perfil 100100000000000

Notar primero que no se consideran todos los casos al presentar principalmente una única repetición. Notar además que la elección en caso de presentar varias repeticiones fue arbitraria. Para cada perfil se eligen dos personas, se analizan los tiempos de viaje y se concluye. La elección de las personas, de preferencia (si se puede) una de ingreso bajo y otra de ingreso alto, también es arbitraria. Los valores de complejidad se multiplican por 10000.

- Análisis del perfil para 2001 de gran repetición: 2000020000000

Se elige una persona de bajo ingreso per cápita (11514-1) y una de alto ingreso per cápita (10429-2). La primera persona registra cuatro viajes, uno de 10 minutos y tres de 15 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 4,932. La segunda persona registra cuatro viajes, tres de 15 minutos y uno de 20 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 4,944.

El menor valor para la primera persona guarda relación con un viaje de menor duración, pudiendo validar en parte el supuesto de que tiempos de viaje más largos suponen una agenda más compleja para igual cantidad de actividades. Sin embargo, la diferencia de tiempos es mínima para poder confirmar dicha hipótesis.

- Análisis del perfil para 2001 de poca repetición: Perfil 1100110000000

Las únicas dos personas que poseen este perfil (10017-1 y 12070-3) tienen diferencias relevantes en el ingreso per cápita. La primera persona registra cuatro viajes, de 15, 35, 38 y 42 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 39,442. La segunda persona registra cuatro viajes, de 10, 20 y dos de 35 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 38,387.

En este caso hay una variación mejor observable, puesto que en todos los casos se registran tiempos de viaje para cada actividad diferentes, siendo para la primera persona mayor y, por lo tanto, se puede desprender que debe desplazarse más, elevando la complejidad de su agenda. Las distribuciones de los tiempos no son lo suficientemente parecidas ya que hay tiempos más grandes concentrados en la primera persona.

- Análisis del perfil para 2012 de gran repetición: Perfil 20000010100000

Se elige una persona de bajo ingreso per cápita (25452001) y una de alto ingreso per cápita (27942101). La primera persona registra cuatro viajes, uno de 8 minutos y tres de 5 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 58,082. La segunda persona registra cuatro viajes, de 15, 18, 20 y 40 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 55,565.

Es evidente que los viajes de la primera persona son de muy corta duración, lo que se puede traducir en que esta persona probablemente viva cerca de su trabajo, o los

lugares de servicios y/o donde efectúa trámites se encuentran cerca de su domicilio. Sin embargo, las duraciones de los tiempos de viaje son más equitativos (haciendo que  $\alpha$  sea muy cercano a 1).

- Análisis del perfil para 2012 de poca repetición: Perfil 11000020001000

Las únicas dos personas que poseen este perfil (25810201 y 27996101) tienen diferencias relevantes en el ingreso per cápita. La primera persona registra cinco viajes, dos de 5, dos de 30 y uno de 45 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 54,55. La segunda persona registra cinco viajes, de 10, 20, de 25 y dos de 5 minutos de duración, con un valor corregido de complejidad de 56.

La definición de  $\alpha$  descrita en este trabajo responde perfectamente a la diferencia de complejidad, ya que en la primera persona los viajes más largos ocupan gran parte del tiempo ocupado, en desmedro de la segunda persona, en donde las magnitudes de los tiempos de viaje son más comparables entre sí.

- Análisis del perfil exclusivo para transporte privado en 2012: Perfil 10000012020000

Aquí se da un caso particular, ya que la única forma en la que la segunda medida de complejidad fuese equivalente entre personas sería, o bien, que los tiempos de viaje sean exactamente iguales (modelo utilizado), o que los tiempos invertidos en cada actividad sean iguales (limitación del modelo). Se da el primer caso.

Lo anterior se puede generar por ciertos patrones de comportamiento que escapan del alcance de esta memoria o de la base de datos de las EOD, como puede ser que ambas personas se desempeñen en los mismos lugares de trabajo, ya sea porque son pareja y/o conviven juntos.

- Análisis del perfil exclusivo para transporte público en 2012: Perfil 10010000000000

Este perfil tiene la particularidad de que solo posee dos actividades (y el valor de exclusividad depende además de cuánta gente hace la actividad correspondiente al propósito 4 (por estudio)), por lo que la diferencia dependerá exclusivamente de los tiempos de viaje de cada caso. En esta situación, la persona 26860201 dispone de dos viajes de 15 y 25 minutos, con un valor corregido de complejidad de 469,93, mientras que la persona 27479201 dispone de dos viajes de 45 minutos. En este último caso, los dos viajes se encuentran equidistribuidos en tiempo, por lo que se mantiene el valor inicial de complejidad: 501,259.

En esta situación, al estar equidistribuida la duración de los viajes, el valor de  $\alpha$  es igual a 1, lo que hace que la fragmentación sea máxima, acorde al planteamiento de Ben-Elia et al. (2014).

# Capítulo 5

## Conclusiones

### 5.1. Comentarios generales

En el presente trabajo se buscó determinar los factores que afectan la complejidad en la agenda de actividades de las personas, haciendo una extensión al trabajo de Cadena (2013) y Guevara et al. (2019), puesto que se da la limitación de que no consideran otros factores como por ejemplo la duración de las actividades. En este caso, es evidente que si dos personas hacen las mismas tareas deberían de tener la misma complejidad según Cadena (2013), lo cual no es así en la práctica, ya que las actividades o tienen duración distinta, o se hacen en distintos instantes del día (con un impacto diferente), o se hacen en distintos lugares, o se puede dar el caso que teniendo la misma duración los tiempos de viajes sean distintos. Razón por la cual se hace necesario la implementación de una nueva medida de complejidad.

Con respecto a los cortes temporales, no se observaron cambios significativos en los factores que determinan la complejidad de las agendas de las personas. No obstante, si se considera la medida original de complejidad, las conclusiones que se obtuvieron en Cadena et al. (2016) son replicadas en gran medida, al punto que el género y la elección de modo al trabajo sí permiten explicar los cambios en la complejidad de la agenda de actividades en ambos períodos.

La separación por ingreso permite únicamente ver cómo se distribuyen las agendas de las actividades en un espacio 2D (con el eje X representado por el ingreso y el eje Y representado por la complejidad), pero no permiten un mayor análisis más que el estudio de puntos específicos de los mismos que escapan de, aproximadamente, el 90 % de toda la muestra en todos los casos. Para la EOD de 2012 se observan casos donde hay mayores ingresos, pero no permite discernir si su agenda es, en efecto, más compleja que otras en donde el ingreso per cápita es menor. Un estudio separando el ingreso del hogar del ingreso per cápita puede generar un abanico de conclusiones que pueden analizarse en trabajos futuros.

Con respecto a la implementación de la medida basada en Ben-Elia et al. (2014), las opciones eran variadas ya que se puede estudiar la fragmentación de los viajes de forma bastante expedita, pudiendo incluso analizar la duración de las actividades, pero con el problema de que muchas personas quedarían representadas con una sola tarea si es que se filtrara la mues-

tra. Si no se filtra al menos en la edad de las personas, quedarían viajes que no se estarían considerando (puesto que la diferencia en complejidad para los viajes no motorizados se hace evidente). Un paso inicial lo constituye el análisis por la duración de las actividades, ya que la misma Encuesta Origen Destino tiene ciertas limitaciones.

En ambas medidas la evidencia de que el uso del automóvil gatilla agendas más complejas en las personas se hace evidente, ya que en casi todas las situaciones mostradas, el promedio en la complejidad para la muestra completa era menor que para la muestra de gente con automóvil, y a su vez la complejidad en esta última es menor que en la muestra de gente con automóvil y licencia.

En ambas regresiones lineales es posible explicar el aumento de complejidad en el uso del automóvil, seguido por el género y la presencia de menores en el hogar, gatillados por una gran significancia en los coeficientes con signo positivo. Esto permite mantener, en parte, las conclusiones a las que llegaron los trabajos previos. En particular, en Cadena et al. (2016), se resuelve que estos elementos entregan evidencia de que los perfiles de transporte privado son más complejos que los perfiles de transporte público.

## 5.2. Limitaciones y alcances futuros

El planteamiento de Ben-Elia et al. (2014) incorpora el estudio de la fragmentación espacial y temporal de las actividades, acorde a estudios anteriores efectuados en el tema. Dada la estructura de la Encuesta Origen Destino, ésta no permite garantizar la obtención de todos los lugares o todas las duraciones de las actividades, precisamente por algunas de las limitaciones presentes.

Al hablar de la fragmentación espacial de las actividades, se habla de cómo están distribuidos los lugares de las tareas, en cantidad, distribución y configuración. Lo que significa rescatar la cantidad de ubicaciones de las actividades. Las zonas establecidas por ESTRAUS permiten una primera aproximación, la cual no es lo suficientemente precisa. Sin embargo, tampoco se requiere una precisión demasiado exacta. Es por ello que la caracterización geográfica de los viajes de las personas escapó de los alcances establecidos para este trabajo.

La fragmentación temporal de las actividades resulta mejor rescatable puesto que se dispone de las horas de inicio y término de los viajes en la Encuesta Origen Destino. Sin embargo, no todos los propósitos resultan en una actividad con duración no nula. Si una persona hace un viaje con propósito "ir a buscar o dejar a alguien", ese usuario lleva a una persona a su lugar y después se dirige a su destino, pero no al revés. Por lo cual la duración de las actividades no se puede rescatar de forma directa.

Una recomendación si es que se desea estudiar la complejidad en las agendas de actividades basado en lo anterior radica en efectuar una consulta que se dedique a recuperar toda la información relevante referente a los lugares de trabajo.

Incluso si se considera cualquier medida de complejidad, resulta útil evaluar no sólo el género o el modo de viaje al trabajo, pero se debe asegurar que los que respondan las futuras encuestas de movilidad respondan todo lo señalado, para evitar que existan registros que no

posean zona de origen o destino, por ejemplo. Para el año 2012, se consideran 7088 viajes, de un total de 113591. Con ello se permitiría desarrollar estudios bastante más rigurosos que los que se podrían completar en este trabajo con toda la información disponible (puesto que ya se efectuó el filtro correspondiente a eliminar los registros sin zona origen o destino).

# Bibliografía

Alexander, B., Ettema, D., & Dijst, M. (2010). Fragmentation of work activity as a multi-dimensional construct and its association with ICT, employment and sociodemographic characteristics. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 55-64.

Ben-Elia, E., Alexander, B., Hubers, C., & Ettema, D. (2014). Activity fragmentation, ICT and travel: An exploratory path analysis of spatiotemporal interrelationships. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 68, 56-74.

Cadena, J. (2013). *Medidas de Complejidad de la Agenda de Actividades*. (Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial). Universidad de Los Andes, Santiago.

Cadena, J., Guevara, C. A., & Cartes, C. (2016). *Medidas de Complejidad de la Agenda de Actividades*. *Ingeniería de Transporte*, 20(1).

Edmonds, Bruce M. *Syntactic measures of complexity*. Manchester, UK: University of Manchester, 1999.

Guevara, C. A., Cartes, C., & Cadena, J. (2019). *Determinants of the Complexity of the Agenda of Activities*. Working paper, Universidad de Chile.

Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570-10575.

Hubers, C., Schwanen, T., & Dijst, M. (2008). ICT and temporal fragmentation of activities: an analytical framework and initial empirical findings. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 99(5), 528-546.

Lenz, B., & Nobis, C. (2007). The changing allocation of activities in space and time by the use of ICT—"Fragmentation" as a new concept and empirical results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(2), 190-204.

Maddala, G. S. (1986). *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics* (No. 3). Cambridge university press.

Rutledge, D., 2003. *Landscape Indices as Measures of the Effects of Fragmentation: Can Pattern Reflect Process?* New Zealand Department of Conservation, Wellington, New Zealand.

SECTRA. (2001). *Encuesta origen y destino de viajes del Gran Santiago*. Estudio desa-

rrollado por DICTUC para la Secretaría de planificación y transporte, Santiago de Chile.

SECTRA. (2012). Encuesta origen y destino de viajes 2012 de Santiago. Estudio desarrollado por Universidad Alberto Hurtado para la Secretaría de planificación y transporte, Santiago de Chile.

Shiner, J., Davison, M. & Landsberg, P. (1999). Simple measure for complexity. *Physical Reviews E* , 59 (2), 1459-1464.

Vitányi, P. M. (2019). Logical depth for reversible Turing machines with an application to the rate of decrease in logical depth for general Turing machines. *Theoretical Computer Science*, 778, 78-80.

Xing, J., & Manning, C. A. (2005). Complexity and automation displays of air traffic control: Literature review and analysis (No. DOT/FAA/AM-05/4). FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION OKLAHOMA CITY OK CIVIL AEROMEDICAL INST.