



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**ESTIMACIÓN DE UN MODELO MÚLTIPLE DISCRETO-CONTINUO QUE  
PERMITA DESCRIBIR EL USO DE TIEMPO Y LOS EFECTOS DE  
COMPLEMENTARIEDAD Y SUSTITUCIÓN ENTRE ACTIVIDADES DE  
LOS HABITANTES DEL GRAN CONCEPCIÓN**

POR

**Pedro Pablo Vergara Bonilla**

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de  
Concepción para optar al título profesional de Ingeniera Civil Industrial

Profesor Guía

Sebastián Astroza Tagle

Julio 2023

Concepción (Chile)

© 2023 Pedro Pablo Vergara Bonilla

© 2023 Pedro Pablo Vergara Bonilla

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a todas las personas que formaron parte de mi vida durante este proceso, compañeros, profesores, amigos, familia, y a todos quienes me brindaron su apoyo y contribuyeron durante mi formación universitaria. Mención especial a mi profesor guía Sebastián Astroza, quien tuvo la disposición para ayudarme en todo momento y depositó su confianza en mí incluso en los momentos más críticos de este largo proceso. Por último, agradezco a mis padres, quienes han sido el soporte incondicional en mi vida y gracias a ellos soy la persona que soy hoy en día.

¡Gracias totales!

## RESUMEN

Desde hace décadas, investigadores han desarrollado modelos para comprender la asignación del tiempo de las personas al realizar sus actividades cotidianas, y así identificar el comportamiento de viaje que pueden tener distintos tipos de personas u hogares dentro de la ciudad, por lo que se han transformado en un elemento clave para realizar estudios e implementación de metodologías de planificación del transporte, lo que podría traducirse en ahorros de tiempo de viaje.

Los autores Hess y Palma (2019) formularon una extensión al modelo Múltiple Discreto Continuo (MDC), incluyendo los efectos de complementariedad y sustitución entre actividades. El presente propone estimar un modelo econométrico en base al formulado por Hess y Palma (2019) con el objetivo de analizar la asignación de tiempo a diferentes actividades de las personas del Gran Concepción, Chile, considerando características socioeconómicas y demográficas como variables explicativas y efectos de complementariedad y sustitución entre actividades. Para el análisis se utilizó como fuente de datos una base generada por Valenzuela (2022), originada a través de una metodología proveniente del campo de Machine Learning a partir de Encuesta Origen Destino (EOD) y la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) las cuales fueron aplicadas en la región del Biobío el 2015.

El estudio comprende un análisis descriptivo del conjunto de datos considerando características socioeconómicas y demográficas individuales y del hogar, descripción de viajes y de uso del tiempo, haciendo la distinción según el tipo de día. Para luego realizar la estimación de la extensión de un modelo múltiple discreto continuo (eMDC) para un día de semana y para fin de semana.

En cuanto a los resultados, el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar dejan en claro que variables como el género, edad, nivel de ingresos, entre otras pueden ser determinantes sobre el uso del tiempo. Respecto a la complementariedad y sustitución entre actividades, es evidente los efectos de complementariedad entre los viajes y el resto de las actividades y de sustitución en los demás pares de actividades. Por último, las pruebas relacionadas a la representatividad de los modelos dan cuenta que las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar no son capaces de explicar adecuadamente la asignación de tiempo. Sin embargo, al ser un modelo explicativo y no predictivo, cumple con demostrar el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas.

## **ABSTRACT**

For decades, researchers have developed models to understand the allocation of people's time when performing their daily activities, and thus identify the travel behavior that different types of people or households may have within the city, so they have become a key element for studies and implementation of transportation planning methodologies, which could translate into travel time savings.

The authors Hess and Palma (2019) formulated an extension to the Continuous Discrete Multiple (CDM) model, including the effects of complementarity and substitution between activities. The present document proposes to estimate an econometric model based on the one formulated by Hess and Palma (2019) to analyze the allocation of time to different activities of people in Gran Concepción, Chile, considering socioeconomic and demographic characteristics as explanatory variables and complementarity and substitution effects between activities. For the analysis, a database generated by Valenzuela (2022) was used as a data source, which was generated using a methodology from the field of Machine Learning from the Origin Destination Survey (EOD) and the National Time Use Survey (ENUT) which were applied in the Biobío region in 2015.

The study involves a descriptive analysis of the dataset considering individual and household socioeconomic and demographic characteristics, description of trips and time use, distinguishing by type of day. Then, the extension of a multiple discrete-continuous model (eMDC) for a weekday and for a weekend is estimated.

As for the results, the effect of the socioeconomic and demographic variables of the individual and the household make it clear that variables such as gender, age, and income level, among others, can be determinants of time use. Regarding complementarity and substitution between activities, the effects of complementarity between travel and the rest of the activities and substitution in the other pairs of activities are evident. Finally, the tests related to the representativeness of the models show that the socioeconomic and demographic variables of the individual and the household are not able to explain the allocation of time adequately; however, since it is an explanatory and not a predictive model, it is able to demonstrate the effect of the socioeconomic and demographic variables.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Estructura de la Memoria de Título.....	2
<b>CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 Introducción.....	3
2.2 Enfoque Microeconómico .....	3
2.3 Enfoque basado en actividades.....	5
2.3.1 Modelos de ecuaciones estructurales .....	5
2.3.2 Modelos de ecuaciones de tiempo .....	6
2.4 Complementariedad y la sustitución a través de nuevas formas funcionales.....	7
2.5 Complementariedad y la sustitución a través de la función de utilidad indirecta .....	8
2.6 Complementariedad y la sustitución a través de la correlación en las funciones de utilidad.....	9
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1 Introducción.....	11
3.1.1 Encuesta Nacional sobre Uso del Tiempo (ENUT) .....	11
3.1.2 Encuesta Origen Destino (EOD) .....	12
3.2 Comparación entre la EOD y la ENUT.....	14

3.3 Muestra para la estimación.....	15
3.3.1 Random Forest Regressor .....	15
3.4 Descripción de base de datos.....	17
3.4.1 Descripción socioeconómica y demografía muestras día laboral y fin de semana .	17
3.4.2 Descripción uso del tiempo .....	22
3.5 Definición del modelo a estimar .....	28
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1 Resultados modelo Múltiple Discreto Continuo extendido (eMDC).....	31
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 6: REFERENCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO 7: ANEXOS.....</b>	<b>44</b>
7.1 Anexo A: Clasificación de actividades por concepto.....	44
7.2 Anexo B: Variables y características sociodemográficas.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Participación y tiempo promedio de actividades .....	22
Tabla 4.1: Estimación parámetros de saciedad de actividades para día de semana y de fin de semana.....	31
Tabla 4.2: Resultados estimación extensión modelo múltiple discreto continuo día laboral ..	34
Tabla 4.3: Resultados estimación extensión modelo múltiple discreto continuo día de fin de semana.....	35
Tabla 4.4: Estimación parámetros de complementariedad y sustitución del modelo según tipo de día .....	36
Tabla 4.5: Rho cuadrado ajustado de eMDC para día laboral y de fin de semana .....	37
Tabla 7.1: Clasificación de actividades por concepto (continua en la próxima página) .....	44
Tabla 7.2: Variables de control .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Área de estudio y ubicación de las comunas del Gran Concepción .....	13
Figura 3.2: Distribución porcentual de los individuos de las muestras por comunas .....	18
Figura 3.3: Distribución porcentual de los individuos según sexo y rango etario .....	19
Figura 3.4: Distribución porcentual del nivel educacional los individuos según nivel de ingresos.....	20
Figura 3.5: Distribución porcentual de la cantidad de vehículos por hogar según nivel de ingresos.....	20
Figura 3.6: Distribución porcentual de la cantidad de integrantes por hogar según nivel de ingresos.....	21
Figura 3.7: Tiempo promedio asignado a las actividades según sexo .....	23
Figura 3.8: Distribución porcentual del tiempo asignado por actividades y tipo de día .....	24
Figura 3.9: Tiempo promedio asignado a las actividades durante un día laboral según edad .	25
Figura 3.10: Tiempo promedio asignado a las actividades durante un día de fin de semana según edad.....	26
Figura 3.11: Tiempo promedio asignado a las actividades según nivel de ingreso .....	27

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Motivación

Durante décadas, investigadores han propuesto modelos de uso de tiempo para comprender la asignación y el valor del tiempo de las personas. Estos modelos intentan explicar el tiempo asignado a actividades en función de distintas variables explicativas, tales como el género, edad, nivel educacional o de ingresos. La conclusión general es que viajar es una demanda derivada que refleja el deseo y la necesidad de las personas de participar en las actividades. Es por ello por lo que los modelos de uso del tiempo se han transformado en un elemento clave para el desarrollo de la próxima generación de metodologías de planificación del transporte, lo que podría traducirse en ahorros de tiempo de viaje (Kitamura R, Fujii S, Pas E. I, 1997)

En los últimos años, se han desarrollado varios modelos para estudiar este tipo de decisiones, sin embargo, la mayoría de éstos omiten los efectos de complementariedad y/o sustitución entre actividades, es decir, si el tiempo demandado por una actividad aumenta, entonces el de otra también lo hace en el caso de ser actividades complementarias y disminuye en el caso de ser sustituyentes (Hicks & Allen, 1934); No obstante, Hess & Palma (2022) formularon una extensión al modelo Múltiple Discreto Continuo de Valores Extremo (MDCEV) previamente formulado por (Bhat, 2008), incluyendo la complementariedad explícita y efectos de sustitución, de tal manera enriquece la interpretabilidad de los modelos y se logra una representación más realista del comportamiento en aplicaciones tan diversas como el uso del tiempo (Palma & Hess, 2022).

En este estudio se estima un modelo econométrico en base al propuesto por Hess & Palma (2022) para analizar la asignación de tiempo a diferentes actividades de las personas del Gran Concepción considerando características socioeconómicas y demográficas como variables explicativas y efectos de complementariedad y sustitución entre actividades.

En Chile existen dos fuentes de datos útiles para la estimación del modelo, la Encuesta Origen Destino (EOD) y la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT), por un lado. La EOD caracteriza patrones de los viajes urbanos, sin embargo, no describe las actividades que ocurren dentro del hogar, por otro lado, la ENUT permite caracterizar el tiempo destinado por las personas a las distintas actividades de la vida diaria, no obstante, algunas observaciones suman más de 24 hrs. Por consiguiente, el modelo a estimar utilizará como fuente de datos una base de datos generada por Valenzuela (2022), la cual se elaboró utilizando una metodología

proveniente del campo de Machine Learning llamada Random Forest Regressor (RF) a partir de la información proveniente de la Encuesta Origen Destino (EOD) y la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) aplicadas en la región del Biobío el 2015.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estimar un modelo econométrico de uso de tiempo en base al propuesto por Hess & Palma (2022) que permita describir el uso del tiempo y los efectos de complementariedad y sustitución entre actividades durante los días de semana y de fin de semana, utilizando información proveniente de la Encuesta Origen Destino (EOD) y la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) aplicadas en la región del Biobío el 2015.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- I. Realizar una revisión bibliográfica respecto a los modelos de uso de tiempo.
- II. Elaborar un análisis descriptivo del conjunto de datos considerando características socioeconómicas y demográficas individuales y del hogar, descripción de viajes y de uso del tiempo.
- III. Estimar un modelo múltiple discreto continuo (eMDC) que permita reflejar efectos de sustitución y complementariedad entre pares actividades.
- IV. Comprender y analizar los resultados del modelo y entender su impacto.

## **1.3 Estructura de la Memoria de Título**

El primer capítulo se da a conocer la motivación, objetivo general, específicos y la estructura del documento. En el segundo capítulo se presenta la revisión bibliográfica del estudio, la cual incluye los distintos enfoques y modelos que existen para estudiar el uso del tiempo. Luego, en el tercer capítulo se desarrolla la metodología a utilizar, la definición del modelo a estimar y la descripción de la base de datos. En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos, en el quinto capítulo se muestran las conclusiones del estudio y por último en el sexto y séptimo se muestran las referencias y anexos respectivamente.

## **CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS**

### **2.1 Introducción**

Comprender y modelar la forma en que las personas asignan el tiempo en diferentes actividades es un tema clave en la investigación del comportamiento de viaje (Calastri C, Hess S, Pinjari, A. R, Daly A, 2020). Desde 1960 data el estudio sobre modelos de uso de tiempo, los cuales intentan establecer ecuaciones donde el tiempo asignado a una actividad es función de variables explicativas. Actualmente, existen dos enfoques para abordar la asignación de tiempo: (1) enfoque microeconómico y (2) enfoque basado en actividades. Estos últimos a su vez se dividen en dos categorías: modelos de ecuaciones de tiempo y modelos de ecuaciones estructurales.

En este capítulo se describen los diferentes enfoques y modelos reportados en la literatura para estudiar el uso del tiempo, enfatizando en aquellos que incluyan los efectos de sustitución y complementariedad entre actividades. De tal forma, toda la información recopilada permitirá determinar el mejor modelo para estudiar la distribución del tiempo de los habitantes del Gran Concepción.

### **2.2 Enfoque Microeconómico**

Los modelos microeconómicos se sustentan en la teoría clásica del comportamiento del consumidor, pero se agrega la dimensión temporal a la función de utilidad. En términos generales los individuos son vistos como si maximizasen una función de utilidad la cual depende del tiempo asignado a las actividades y los bienes consumidos, sujeto a una restricción de ingreso y tiempo disponible. Se distinguen entre ellos esencialmente por dos cosas: como ingresan el tiempo a la función de utilidad y como definen relaciones entre consumo de bienes y asignación de tiempo a actividades. Al considerar adicionalmente una restricción de ingreso, son capaces de determinar el valor del tiempo en sus diversos tipos: valor del tiempo como recurso, valor del tiempo de trabajo y valor de asignar tiempo a una actividad. Sin embargo, los modelos se estiman de manera segmentada, es decir, dentro de grupos cuyos elementos tengan preferencias parecidas (Astroza, 2012). Además, no capturan directamente aquellas diferencias socioeconómicas que pareciesen maximizar la utilidad de las personas (Morales, 2021).

Becker (1965) fue el primero en introducir el tiempo en la teoría clásica del comportamiento del consumidor. Becker postuló que la utilidad de las personas está determinada por el consumo de bienes finales, producto de una combinación de bienes de mercado y tiempo. Al considerar esta última, enriquece la toma de decisiones del individuo y agrega una nueva dimensión en la modelación, lo que se traduce en una nueva restricción del tipo temporal, donde se establece que el individuo tiene ciclos para consumir y trabajar. Se concluye que el valor subjetivo del tiempo es equivalente a la tasa salarial, o sea, el salario como costo de oportunidad de consumir bienes finales.

Un año más tarde, Johnson (1966) postuló un modelo muy similar al modelo de Becker, donde la función de utilidad no sólo está asociada al tiempo de ocio y al consumo, sino que además considera el tiempo de trabajo remunerado. Finalmente, se concluyó que el valor subjetivo del tiempo equivale a la tasa salarial más el valor subjetivo del trabajo, y que el valor subjetivo del trabajo es igual al del ocio. Luego, Oort (1969) presenta una ampliación a la modelación de Johnson (1966) incluyendo el tiempo de viaje en la función de utilidad, dando origen a un concepto llamado subjective value of travel time savings (SVTTS) o valor subjetivo de ahorrar tiempo de viaje.

Posteriormente, DeSerpa (1971) modifica el modelo de Becker (1965) agregando directamente los bienes y el tiempo asignado a las actividades como argumento de la utilidad. Además, agregó un conjunto de restricciones que establecen un mínimo de tiempo para el consumo de un bien en particular. DeSerpa definió el concepto de ocio como todas las actividades a las que se les asigna más tiempo que el mínimo esperado.

Luego, Train & McFadden (1978) plantearon por primera vez un modelo que permitió trabajar de manera conjunta las asignaciones de tiempo y elección discreta del modo de transporte (elección modal). A diferencia de todos los autores anteriores quienes consideran variables continuas relacionadas con las asignaciones de tiempo dentro de la modelación, dejando de lado las decisiones del tipo discreto que podían realizar los individuos.

Jara-Díaz & Guevara (2003) proponen un modelo de elección modal, el cual permite calcular las dos componentes del valor subjetivo del tiempo de viaje: el valor de hacer otra cosa y el valor de asignar tiempo al viaje. Por último, Jara-Díaz et. al. (2008) continúa trabajando el modelo, pero excluye la elección modal, de tal manera que trabaja con un modelo continuo de actividades.

## **2.3 Enfoque basado en actividades**

Los modelos basados en actividades buscan entender el contexto en el cual se toma la decisión de viajar, reconociendo principalmente que la demanda por viajes deriva de la necesidad de realizar actividades (Astroza, 2012). Dentro de estos modelos se pueden identificar dos grandes categorías: (1) modelos de ecuaciones estructurales y (2) modelos de ecuaciones de tiempo.

### **2.3.1 Modelos de ecuaciones estructurales**

Los modelos de ecuaciones estructurales intentan capturar la influencia que ciertas variables exógenas tienen sobre las variables endógenas y a su vez la influencia de las variables endógenas entre sí mismas (Astroza, 2012). Estos modelos han sido muy utilizados para modelar de manera conjunta el uso del tiempo y el comportamiento de viaje, considerando características socioeconómicas y/o demográficas como variables exógenas, y tiempos asignados a actividades y comportamiento de viaje como variables endógenas (Morales, 2021).

Los primeros en aplicar los modelos estructurales al estudio de la asignación de tiempo fueron Lu & Pas (1999) quienes desarrollaron un modelo de ecuaciones estructurales que relaciona simultáneamente características sociodemográficas, uso del tiempo y comportamiento de viaje. Identificaron el tiempo dedicado a actividades y comportamientos turísticos como variables endógenas y las características sociodemográficas de los individuos y hogares como variables exógenas.

Luego, Kuppam & Pendyala (2001) desarrollaron tres modelos comprobando relaciones entre: características sociodemográficas, actividades dentro y fuera del hogar, número de viajes diarios, viajes con propósito múltiple y frecuencia de actividades.

Dos años más tarde, Kim (2003) realiza un modelo de ecuaciones estructurales utilizando variables latentes, basado en comprobar cómo se relacionan distintas características socioeconómicas en la movilidad de adultos mayores, considerando movilidad como una variable que relaciona tiempo asignado a actividades fuera del hogar, tiempo de viaje y distancia de viaje.

### 2.3.2 Modelos de ecuaciones de tiempo

Los modelos de ecuaciones de tiempo modelan si una actividad se realiza o no y, si es que se realiza, su duración. El origen de estos modelos se atribuye a Kitamura (1984), presentados como una extensión de la teoría de maximización de la utilidad, quien realiza dos grandes críticas al enfoque microeconómico clásico. En primer lugar, hace referencia a que la utilidad de una determinada actividad tiende a variar a diario en virtud de las necesidades del individuo. En segundo lugar, se refiere a que algunas actividades no siempre se realizan a diario, viéndose en la necesidad de discretizar y no necesariamente asignar tiempo a todas las actividades.

Considerando esto, Kitamura (1984) se basó en el concepto de maximización de la utilidad aleatoria y desarrolló un modelo Tobit para modelar la asignación de tiempo discreta/continua entre actividades discrecionales y obligatorias, considerando el siguiente supuesto: si la participación en una actividad discrecional no mejora la utilidad total, la actividad no se seleccionará y por lo tanto no se le asignará tiempo.

Luego, Kitamura et al. (1996) desarrollaron un modelo Tobit doblemente restringido, permitiéndole ampliar el modelo de Kitamura (1984) al incluir dos tipos de actividades discrecionales (dentro y fuera del hogar), y heterogeneidad no observada entre los individuos al incluir un término de error específico para cada individuo.

Los modelos anteriores solo se pueden utilizar en los casos donde un individuo tenga que elegir una de un conjunto de alternativas mutuamente excluyentes. Además, la forma lineal de sus funciones de utilidad no refleja rendimientos marginales decrecientes (saciedad) a medida que aumenta el consumo de cualquier alternativa. Teniendo esto en cuenta, Bhat (2005) desarrolló un modelo múltiple discreto continuo de valores extremos (MDCEV) basándose en la teoría de maximización de la utilidad aleatoria para modelar las asignaciones de tiempo a múltiples actividades durante un día de fin de semana, permitiendo la elección de múltiples actividades, soluciones de esquina y rendimientos marginales decrecientes a medida que aumenta el consumo de cualquier alternativa.

El problema del MDCEV es que, al tomar en cuenta la función de utilidad aditivamente separable, supone que la utilidad marginal de un bien no depende de las cantidades de consumo de otros bienes, lo que descarta la posibilidad de complementariedad y sustitución entre ellos. Por ejemplo, considere un individuo que tiene tres opciones de actividades recreativas: (1) mirar

televisión, (2) visitar a un amigo e (3) ir al cine. Si la persona pasa todo su tiempo viendo televisión, la formulación del modelo MDCEV reconoce que hay saciedad y que la utilidad marginal de una unidad adicional de tiempo dedicada a esta actividad disminuye. Sin embargo, supone que la utilidad de visitar amigos no se ve afectada por la cantidad de tiempo que pasa viendo televisión, cuando en realidad una mayor cantidad de tiempo viendo televisión podría perfectamente aumentar la utilidad marginal de visitar amigos (Bhat et al., 2015).

Para resolver lo anterior, se han desarrollado diversos modelos múltiples discretos continuos que intentan capturar los efectos de complementariedad y/o sustitución entre alternativas. A continuación, se presentan los principales modelos que incorporan los efectos de complementariedad y sustitución con diferentes enfoques.

## 2.4 Complementariedad y la sustitución a través de nuevas formas funcionales

Bhat et al. (2015) desarrollaron distintas formulaciones de funciones de utilidad separables no aditivas capaces de acomodar efectos de complementariedad y patrones de sustitución más ricos que en los modelos múltiples discretos continuos (MDC) tradicionales. A esta formulación la llamaron el modelo NASUF (non additively separable utility form) o función de utilidad no aditivas separables, el cual se define como se describe en la ecuación 2.1.

$$u_0 = \psi_0 \log(x_0 + \gamma_0) \quad (2.1)$$

$$u_k = \psi_k \gamma_k \log\left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1\right) \quad (2.2)$$

$$u_{kl} = \theta_{k,l} \gamma_k \left(\log\left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1\right)\right) \left(\gamma_l \log\left(\frac{x_l}{\gamma_l} + 1\right)\right) \quad (2.3)$$

Donde, el vector  $x_n = [x_0, x_1, \dots, x_k]$  es el vector que agrupa la cantidad consumida por cada alternativa,  $\psi$  representa la utilidad base de la alternativa  $k$ , los parámetros  $\gamma_k$ , se relacionan principalmente con la saciedad del consumo, al alterar la curvatura de la función de utilidad de la alternativa  $k$ . Un  $\gamma_k$  más alto indica un mayor consumo de la alternativa  $k$ . La definición de  $u_{kl}$  hace que la función de utilidad NASUF no sea aditiva, introduciendo efectivamente efectos de complementariedad y sustitución. Un valor positivo de  $\theta_{kl}$  es indicativo de complementariedad, mientras que uno negativo representa sustitución, y  $\theta_{kl} = 0$  no implica complementariedad o sustitución. Sin embargo, esta formulación presenta tres inconvenientes.

El primer inconveniente es que la función de utilidad es válida sólo para algunos valores de  $\theta_{kl}$ . Esto dificulta la utilización del modelo de un conjunto de datos a otro ya que solo los escenarios que cumplen la condición anterior deben ser pronósticos permisibles.

El segundo problema es que la estocasticidad se introduce a mitad de camino a través de la derivación del modelo en las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker, y no en la formulación inicial del modelo (Palma & Hess, 2022). Si bien esto es simplemente una cuestión formal, implica que el origen de la aleatoriedad no está claro, y no es posible asociarlo fácilmente con variables no observadas, como sería el caso en modelos econométricos más tradicionales.

Por último, la tercera cuestión es que los parámetros  $\gamma$  tienen un papel tanto en la saciedad como en el término de interacción (es decir, complementariedad y sustitución) de la utilidad, lo que dificulta su interpretación. Pellegrini A, Pinjari A.R, Maggi R (2021a) amplían aún más el modelo NASUF al permitir dos restricciones presupuestarias en una solicitud en la que tanto las restricciones de tiempo como las monetarias se consideran conjuntamente.

Una formulación similar fue propuesta por Lee & Allenby (2009), pero utilizando una función cuadrática para incorporar saciedad, complementariedad y sustitución. Además, solo considera bienes internos. De todas formas, este lleva al mismo problema ya discutido en el contexto del modelo NASUF propuesto por Bhat et al. (2015). El modelo se define como sigue:

$$U = \sum_k \psi_k x_k - \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \theta_{kl} \psi_k x_k \psi_l x_l \quad (2.4)$$

Finalmente, Lee S, Kim J, Allenby, G.M. (2010) proponen un modelo que permita la complementariedad asimétrica y la sustitución entre categorías de productos. Sin embargo, la formulación del modelo no satisface el principio de complementariedad débil, es decir, que la utilidad de un individuo no está influenciada por los atributos de los bienes no consumidos o, en otras palabras, que los bienes proporcionan utilidad solo a través de su uso.

## 2.5 Complementariedad y la sustitución a través de la función de utilidad indirecta

Para modelar tales opciones discretas-continuas múltiples, la mayoría de los modelos en la literatura utilizan una función de utilidad aditivamente separable, con la suposición de que la utilidad marginal de un bien es independiente del consumo de otro bien.

Song & Chintagunta (2007) proponen un modelo MDC siguiendo el enfoque de utilidad indirecta<sup>1</sup>, considerando no solo un conjunto de alternativas, sino agrupándolas en categorías, y asumiendo que se consume como máximo una alternativa dentro de cada categoría. Además, este modelo impone una restricción de simetría a sus parámetros de complementariedad y sustitución, como se describe en la siguiente ecuación.

$$\sum_{l=0}^M \theta_{kl} = 0, \forall k \quad (2.4)$$

Donde  $\theta_{kl}$  representa los parámetros de complementariedad y sustitución. La Ec. (2.4) obliga a que, para cada producto, la cantidad de complementariedad y sustitución con otros productos debe sumar cero. Pero no hay razones teóricas para que este sea necesariamente el caso en una aplicación dada. Este requisito impide, por ejemplo, que un producto sólo tenga complementariedad con otro producto, mientras que no tiene sustitución con ningún otro producto.

## 2.6 Complementariedad y la sustitución a través de la correlación en las funciones de utilidad

Una forma alternativa de introducir la complementariedad y la sustitución en un modelo es mediante la introducción de la correlación a través de la utilidad de las alternativas. Esto se puede hacer de dos maneras: (i) correlacionando directamente el término de error aleatorio  $\varepsilon$  en la función de utilidad de cada alternativa a través de múltiples alternativas, o (ii) agregando nuevos términos de error aleatorio comunes a la utilidad de múltiples alternativas. Pinjari & Bhat (2010) utilizan el primer enfoque, utilizando distribuciones de valores extremos para anidar alternativas juntas en subconjuntos mutuamente excluyentes, lo que permite sustitutos perfectos, pero no complementarios. Este enfoque fue generalizado por Pinjari (2011), al permitir la superposición de nidos no exclusivos, pero aun limitando su aplicabilidad a la complementariedad. Bhat et al. (2013) hace  $\varepsilon$  seguir una distribución normal multivariante entre alternativas, lo que permite patrones de correlación flexibles. Por otro lado, Calastri et al. (2020a) sigue el segundo enfoque, mediante el uso de intercepciones aleatorias y coeficientes correlacionados entre alternativas.

---

<sup>1</sup> Valor máximo de la función correspondiente al problema de maximización de la utilidad del consumidor.

Como discuten Pellegrini et al. (2021a), la principal limitación de introducir complementariedad y sustitución a través de la correlación en las funciones de utilidad de diferentes alternativas son los efectos de confusión. De hecho, utilizando este enfoque es imposible discriminar entre la correlación debida a la heterogeneidad común en las preferencias, de la correlación debida a la complementariedad y la sustitución.

Últimamente, Palma & Hess (2022) han propuesto una extensión al modelo múltiple discreto continuo que considere efectos directos de complementariedad y sustitución. A diferencia de la formulación propuesta por Bhat (2015), derivan condiciones más generales para los parámetros, facilitando la estimación del modelo, también consideran parámetros diferenciados para la saciedad e interacción, brindando una mejor interpretación de los parámetros. El modelo se define en las ecuaciones 2.5 y 2.6 y se explica en mayor detalle en el capítulo 3.5.

$$\text{Max } u_0(t_0) + \sum_{k=1}^K u_k(t_k) + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=k+1}^K u_{kl}(t_k, t_l) \quad (2.5)$$

$$\text{s. a } t_0 + \sum_{k=1}^K t_k = T \quad (2.6)$$

Donde,  $t_k = [t_0, \dots, t_k]$  es el vector que agrupa la cantidad consumida de cada alternativa o tiempo asignado a cada actividad,  $T$  el presupuesto de tiempo total disponible, y  $t_0 > 0$  un bien externo. Para el caso de estudio, la variable dependiente corresponde al tiempo asignado en minutos a cada actividad ( $tk$ ), siendo  $k$  el conjunto de actividades: viaje, trabajo, educación, recreación, quehaceres, salud, otros y hogar.

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA**

### **3.1 Introducción**

En Chile existe dos grandes encuestas que suelen ser utilizadas para modelar el uso del tiempo, la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) y la Encuesta Origen Destino (EOD). La ENUT permite caracterizar el tiempo destinado por las personas a las distintas actividades de la vida diaria, mientras que la EOD caracteriza los patrones de viajes de los residentes de una ciudad durante un tiempo determinado. La ENUT es una encuesta que se enfoca en las actividades realizadas por los individuos, en tanto que la EOD se enfoca en la movilidad y los patrones de viaje de las personas. Ambas encuestas son útiles para entender mejor el comportamiento y las necesidades de la población en una ciudad.

#### **3.1.1 Encuesta Nacional sobre Uso del Tiempo (ENUT)**

La Encuesta Nacional sobre Uso del Tiempo (ENUT) es una encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas el año 2015 y abarcó las ciudades más importantes de todas las regiones que componen Chile, que en conjunto representan el 85% de la población total del país. La encuesta se aplicó a personas mayores de 12 años, con el objetivo principal de caracterizar y analizar sus asignaciones de tiempo a diferentes actividades de la vida cotidiana. La muestra consiste en 10.706 hogares y 21.690 personas. La encuesta es realizada mediante un cuestionario donde el período de referencia de dos días (un día de semana y un día de fin de semana) y se consulta sobre 105 actividades en total, las cuales se dividen en siete módulos:

1. Trabajo remunerado
2. Cuidado a integrantes del hogar
3. Trabajo doméstico
4. Ayuda no remunerada a otros hogares y la comunidad
5. Cuidados personales
6. Aprendizaje y educación
7. Ocio y vida social

El cuestionario se estructura en 3 secciones previamente definida propuesta por el Clasificador de Actividades para América Latina y el Caribe (CAUTAL). La primera sección comprende todas las actividades laborales remuneradas, es decir, las actividades relacionadas con la producción de bienes y servicios. La segunda sección presenta todas las actividades laborales

no remuneradas, como el cuidado del hogar y el trabajo voluntario. Por último, la tercera sección lo componen las actividades personales, que se definen como el complemento del tiempo empleado en las actividades productivas. Estas incluyen actividades de cuidado personal, necesidades fisiológicas, recreación y otras.

Los datos que se encuentran en la ENUT se recopilan con el uso de dos cuestionarios:

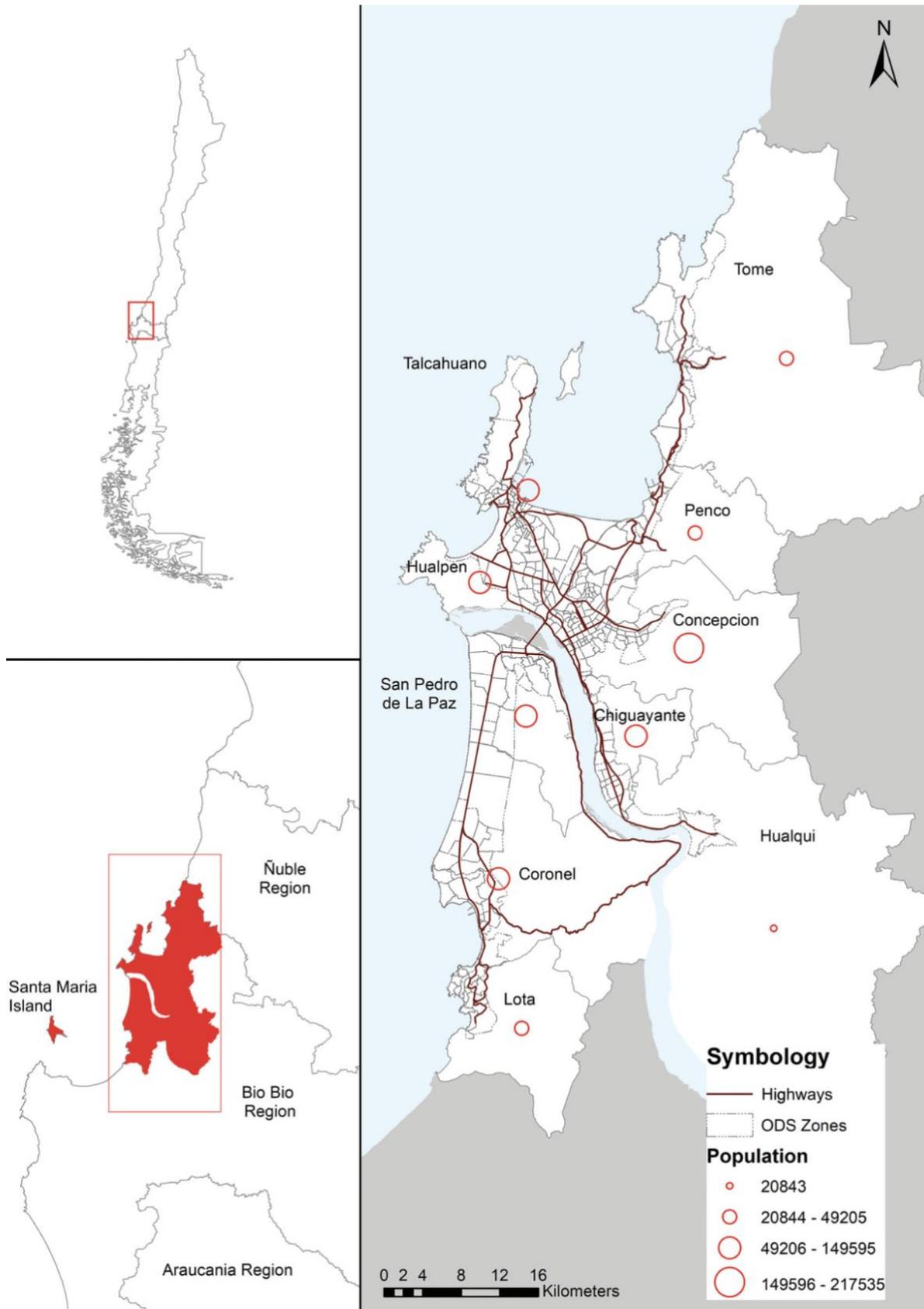
1. Cuestionario de Hogar: Esta parte de la encuesta cubre las variables de clasificación y caracterización de cada hogar. Identifica a los miembros de cada hogar entrevistados y muestra atributos socioeconómicos como sexo, edad, nivel educativo y origen étnico. Además, retrata la estructura de cada hogar en cuanto a cuidados permanentes necesarios, ayuda recibida e ingresos del hogar.

2. Cuestionario de Uso del Tiempo: Esta parte de la encuesta contiene los diferentes módulos de uso del tiempo, junto con la ocupación de cada miembro del hogar. Además, cuenta con un módulo de percepción de la satisfacción del uso del tiempo.

### **3.1.2 Encuesta Origen Destino (EOD)**

Por otro lado, esta se encuentra la Encuesta Origen Destino (EOD) de Concepción, fue realizada entre julio y noviembre del año 2015 como parte del estudio “Actualización Plan de Transporte del Gran Concepción, Etapa I” impulsado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Su principal objetivo es recopilar toda la información necesaria para caracterizar los viajes urbanos de las personas y sus requerimientos sobre el sistema de transporte, caracterizar el tiempo destinado por las personas a las distintas actividades de la vida cotidiana. La figura 3.1 muestra el área de estudio, el cual corresponde al límite urbano de las 10 comunas de la provincia de Concepción: Tomé, Penco, Talcahuano, Hualpén, Concepción, Chiguayante, Hualqui, San Pedro de la Paz, Coronel y Lota.

Figura 3.1: Área de estudio y ubicación de las comunas del Gran Concepción



Fuente: Accessibility Indicators to Fresh Food: A Quantitative Insight from Concepción, Chile (2023)

La recolección de datos se realizó mediante el uso de diarios de viaje diarios, es decir, las personas deben describir su día en función de los distintos viajes que realiza durante un día laboral o de fin de semana. Para ello deben declarar hora de salida y llegada de cada propósito de viaje, junto con el medio de transporte. Al igual que la ENUT, para la recolección de datos involucró tanto los días de semana como los días de fin de semana.

Los 14 propósitos presentes en la EOD son:

1. Al trabajo
2. Por trabajo
3. Al estudio
4. Por estudio
5. Salud
6. Visitar 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. Otro

La muestra total obtenida considera un total de 6.924 hogares para periodo laboral y 1.379 para periodo de fin de semana.

### **3.2 Comparación entre la EOD y la ENUT**

La principal diferencia entre ambas encuestas es la metodología que utilizan para recopilar la información. La EOD utiliza la metodología de diario de viajes, donde las personas deben describir su día en función de los distintos viajes que realizan. Esto, permite una mayor exactitud en los tiempos declarados como propósitos de viaje ya que las personas tienen una noción más clara respecto a los horarios de inicio y término de cada propósito. Sin embargo, al ser una encuesta enfocada en viajes, solo se pueden desagregar actividades que se realizan fuera del hogar, dejando de lado una parte importante del día de las personas, las actividades dentro del hogar. En cambio, la ENUT utiliza listas de actividades, donde las personas deben declarar

cuanto tiempo les dedican a todas las actividades presentes en la lista. El problema de esta modalidad es que muchas veces el tiempo total reportado entre todas las actividades supera las 24 horas de un día (Jara-Díaz & Candia, 2017) lo que resulta ilógico. Por ende, ambas encuestas resultan ser bases de datos no fiables.

### **3.3 Muestra para la estimación**

Para este estudio se utilizó como fuente de datos un estudio realizado por Valenzuela (Valenzuela E, 2022) en el cual se generó una nueva base de datos utilizando como fuente ambas encuestas a través de una metodología proveniente del campo de Machine Learning llamada Random forest regressor (RF), la cual tiene el objetivo de calcular una predicción de salida múltiple respecto del uso de tiempo para diferentes actividades. Estas predicciones producen gemelos de muestras individuales, capaces de representar el comportamiento del día de la semana/fin de semana y permitir la fusión de datos que describen el uso del tiempo en el hogar. Algo importante a destacar es que ambas bases de datos se pudieron fusionar debido a que ambas pertenecían al mismo periodo, de lo contrario no se pudiese haber hecho.

La información contenida en esta base de datos corresponde a la distribución del tiempo (horas) asignadas a lo largo de un día de semana (lunes a viernes) y un día de fin de semana (sábado o domingo). Las actividades diarias se dividieron en siete grandes grupos, estos son: Viaje, Trabajo, Educación, Recreación, Quehaceres, Salud, y Otro. El detalle de la desagregación de actividades para cada grupo se detalla en el Anexo A.

#### **3.3.1 Random Forest Regressor**

Los Random Forest Regressor (RF) son modelos de aprendizaje automático que hacen predicciones de salida combinando resultados de una secuencia de árboles de decisión de regresión. Cada árbol se construye de forma independiente y depende de un vector aleatorio muestreado a partir de los datos de entrada, con todos los árboles en el bosque que tienen la misma distribución. Las predicciones de los bosques se promedian mediante la agregación de bootstrap y la selección aleatoria de características. Se ha demostrado que los modelos de RF son predictores robustos tanto para tamaños de muestra pequeños como para datos de alta dimensión (Biau y Scornet, 2016).

Sus principales ventajas de este método son las siguientes:

- Utiliza múltiples árboles de decisión: en lugar de depender de un solo árbol de decisión, un regresor de bosque aleatorio combina las predicciones de múltiples árboles de decisión para hacer una predicción final. Esto ayuda a reducir la varianza y mejorar la precisión general del modelo.
- Utiliza una técnica llamada "bagging" para crear los árboles de decisión, en la que se muestrean aleatoriamente múltiples subconjuntos de los datos y se entrena un árbol de decisión en cada subconjunto. Esto ayuda a reducir la correlación entre los árboles de decisión, por lo tanto, mejora la precisión general del modelo.
- Utiliza una técnica llamada "feature randomness" para seleccionar de forma aleatoria las características.
- Puede manejar variables categóricas y numérica.
- No es sensible a la presencia de valores atípicos, y sólo predecirá valores dentro del rango de observaciones.

El modelo se guía por la siguiente metodología de trabajo:

- I. Muestrea aleatoriamente los datos y crea múltiples árboles de decisión utilizando los subconjuntos de datos.
- II. Entrena cada árbol de decisión en diferentes subconjuntos de datos y características.
- III. Utiliza el promedio de la salida de todos los árboles de decisión como predicción final.

### **3.4 Descripción de base de datos**

La siguiente sección presenta un análisis descriptivo de la muestra obtenida a partir de la Encuesta Origen Destino Concepción y la Encuesta Nacional sobre Uso de Tiempo del año 2015. El análisis incluye una caracterización a nivel socioeconómico y demográfico, de viajes y de uso del tiempo. El detalle sobre las variables y características sociodemográficas utilizadas en los modelos se detallan en el Anexo B.

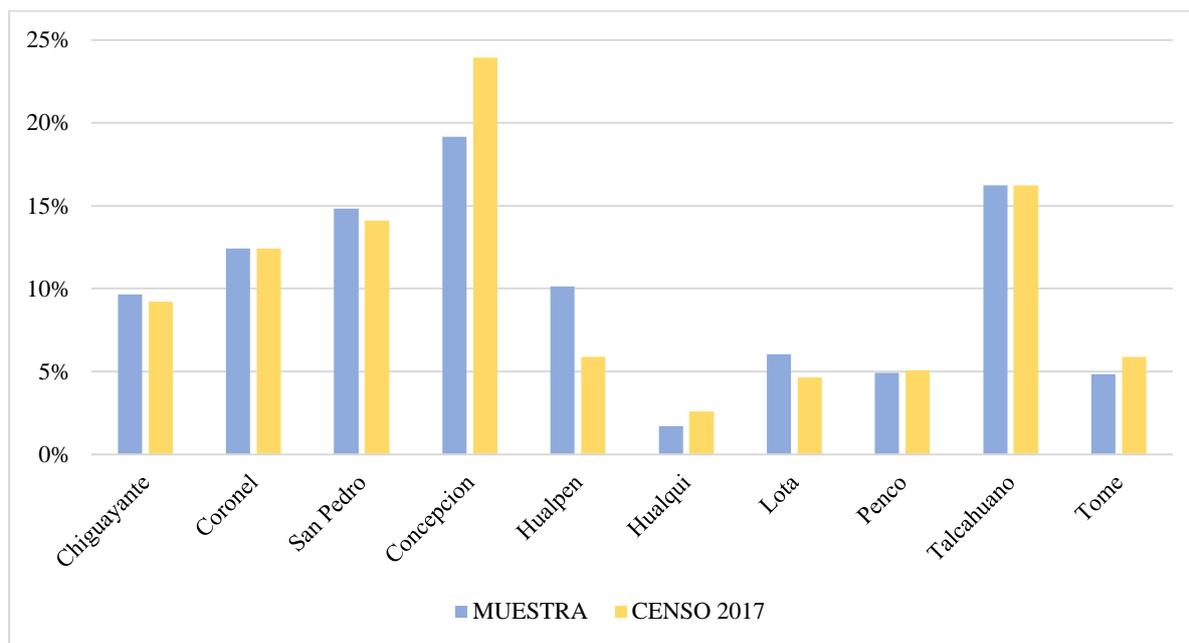
#### **3.4.1 Descripción socioeconómica y demografía muestras día laboral y fin de semana**

La muestra considera un total de total de 14.140 observaciones, las cuales corresponden a individuos seleccionados de forma aleatoria dentro del Gran Concepción. Las personas encuestadas pertenecen a 10 comunas del Gran Concepción, siendo Concepción, Talcahuano y San Pedro de la Paz las comunas con mayor cantidad de encuestados y a la vez las dos primeras son en las que se observa mayor variación entre los conjuntos de datos con una variación de 4,8% y 4,2% respectivamente. Al analizar la distribución por comuna la cual se ve ilustrada en la Figura 3.1, se observa que la muestra presenta proporciones similares a las obtenidas en el Censo 2017<sup>2</sup>, lo que lo hace ser una muestra representativa de las comunas del Gran Concepción.

---

<sup>2</sup> <http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas>

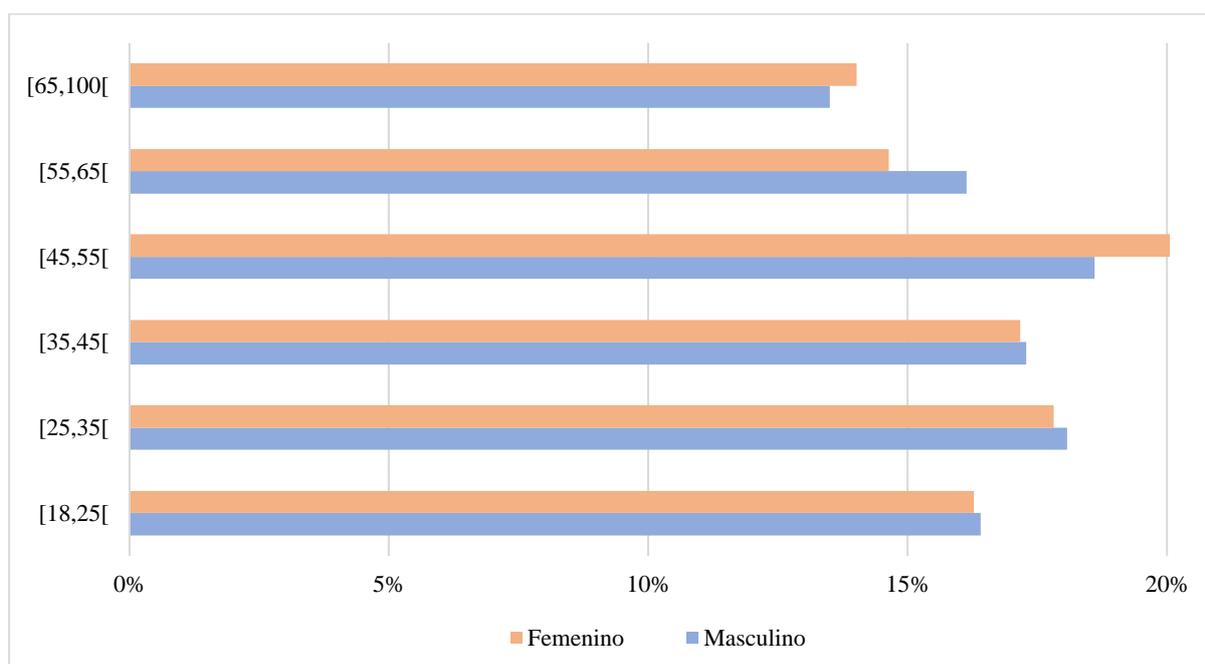
Figura 3.2: Distribución porcentual de los individuos de las muestras por comunas



Fuente: Elaboración propia

Para asegurar la consistencia del modelo, se consideraron individuos mayor o igual a 18 años, ya que a partir de esta edad se asume que tener criterio para contestar la encuesta correctamente. De la muestra, aproximadamente el 48% corresponden a hombres y el 52% restante a mujeres. Por otro lado, respecto al rango etario, en la Figura 3.2 se puede observar que la mayor parte de los encuestados se encuentran entre los 45 a 55 años, rango en el que también se observa una mayor diferencia entre la cantidad de hombre y mujeres, siendo los hombres superados por un 1,5% por las mujeres. Caso similar ocurre en el rango entre 55 y 65 años, sin embargo, esta vez los hombres superan por un 1,5% a las mujeres. A pesar de que fueron encuestadas más mujeres que hombres y no haber una diferencia sustancia entre el rango etario, la cantidad de hombre predomina en cuatro de los seis rangos.

Figura 3.3: Distribución porcentual de los individuos según sexo y rango etario

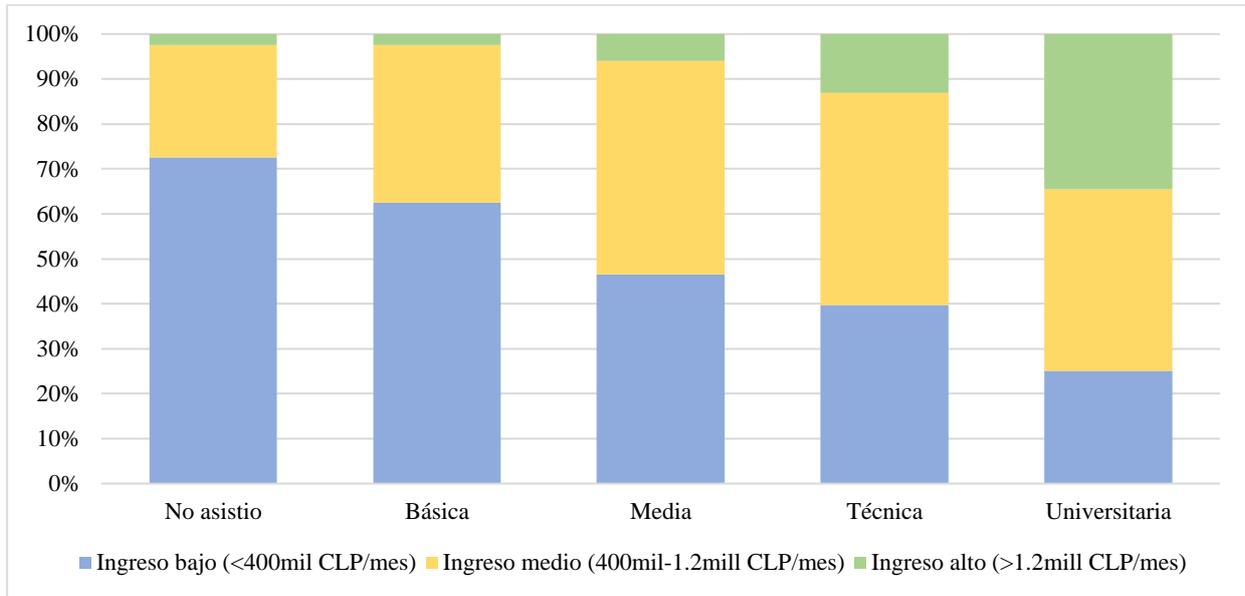


Fuente: Elaboración propia

Respecto al nivel de ingresos por hogar, mayoría de las personas vive en hogares con niveles de ingreso bajo (inferior a \$400.000 mensuales), representando el 45%, muy de cerca lo siguen con un 44% las personas que viven en hogares con niveles de ingreso medio (entre \$400.000 y \$1.200.000 mensuales) y por último solo el 11% de los encuestados vive en hogares con niveles de ingreso alto (superior a \$1.200.000).

Respecto al nivel educacional, el 18% de las personas posee solo estudios de enseñanza básica, el 42% de educación media, el 39% de educación superior (26% educación técnica y 13% educación universitaria) y por último solo el 1% no asistió a ningún establecimiento educacional. En la muestra se evidencia una clara diferencia entre el nivel de ingresos y nivel educacional. Se observa la tendencia que, a mayor nivel de ingreso, mayor será el un nivel educacional, y viceversa. En la figura 3.3 se puede observar que, las personas que no poseen ningún tipo estudios, el 72,5% de ellos pertenece al tramo de ingresos más bajo mientras que solo el 2,5% pertenece al tramo de ingresos más alto, mientras que las personas que poseen estudios universitarios, estas cifras ahora son un 25,1% y 34,6% respectivamente.

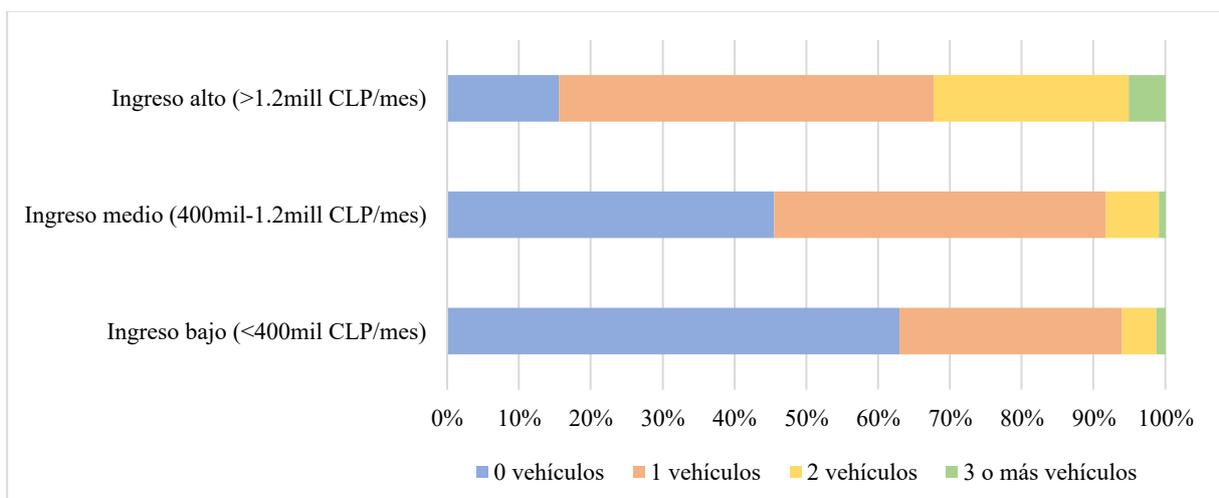
Figura 3.4: Distribución porcentual del nivel educacional los individuos según nivel de ingresos



Fuente: Elaboración propia

Continuando con el análisis de los encuestados en torno a su nivel de ingresos, se contrastó con la cantidad de vehículos por hogar, se pudo observar que también existe una relación directa entre ambas variables, es decir, a mayor nivel de ingreso mayor número de vehículos por hogar. En la figura 3.4, un 6% de los encuestados de ingreso bajo posee al menos 2 vehículos, 8,3% para los de ingreso medio y 32% para los que pertenecen al tramo de ingresos más alto. Del mismo modo, se observa una tendencia hacia la baja a menor ingreso por hogar, un 63% las personas de ingreso bajo no posee vehículos, esta cifra decae a un 45,5% en el tramo de ingresos de nivel medio y tan solo un 15,6% para el tramo de ingresos más alto.

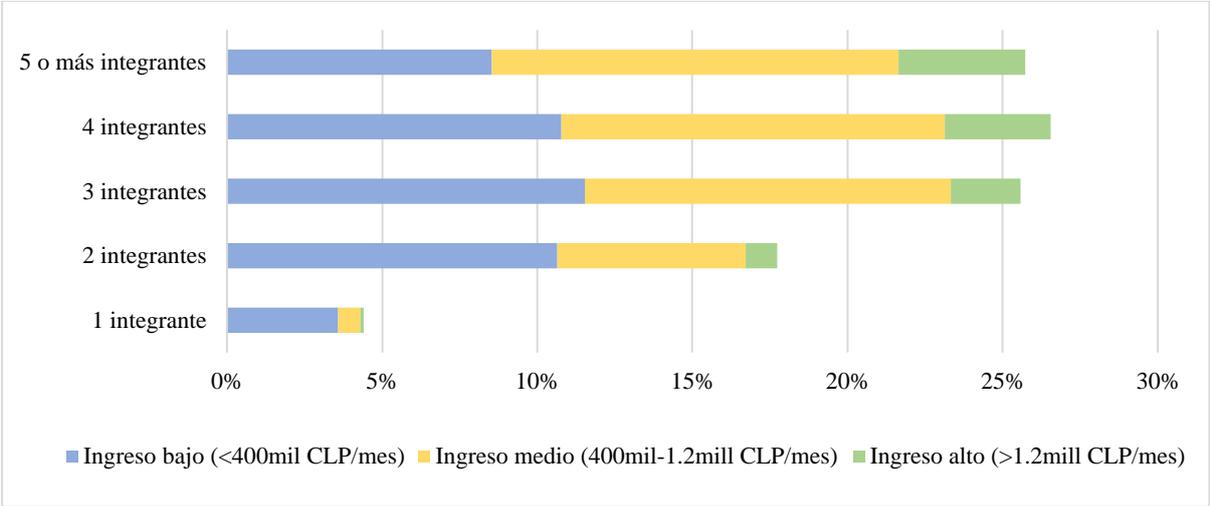
Figura 3.5: Distribución porcentual de la cantidad de vehículos por hogar según nivel de ingresos



Fuente: Elaboración propia

Respecto al número de integrantes por hogar, al igual que la cantidad de vehículos por hogar también se evidencia una tendencia hacia el alza ante un mayor poder adquisitivo, lo cual se puede justificar por el gasto que conlleva mantener una persona más en la familia. De la figura 3.5, la mayor parte de los hogares está conformada por 4 integrantes, representando aproximadamente el 27% de la muestra. Luego, lo siguen los hogares con 5 y 3 integrantes, ambos con un 25,5%, posteriormente se encuentran los hogares conformados por 2 integrantes con un 17,7% y por último solo un 4,4% se conforma por 1 integrante. Algo interesante a destacar es que en los hogares de 1 y 2 integrantes predominan persona de ingreso bajo, mientras que en los hogares conformados por 3 o más integrantes son en su mayoría personas de ingreso medio.

Figura 3.6: Distribución porcentual de la cantidad de integrantes por hogar según nivel de ingresos



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Descripción uso del tiempo

El siguiente análisis de uso de tiempo considera características sociodemográficas de los encuestados en contraste con el tiempo invertido durante el día en las siguientes actividades: viaje, trabajo, educación, recreación, quehaceres, salud, otro y hogar. Cada uno de estos conceptos agrupa ciertas actividades específicas, las cuales se detallan en el Anexo A.

Tabla 3.1: Participación y tiempo promedio de actividades

Actividades	Laboral		Fin de semana	
	Participación	Tiempo promedio (hrs)	Participación	Tiempo promedio (hrs)
Viaje	5.9%	1.41	5.3%	1.27
Trabajo	17.0%	4.08	8.5%	2.04
Educación	3.5%	0.83	1.0%	0.23
Recreación	1.7%	0.40	7.7%	1.86
Quehaceres	1.9%	0.45	1.9%	0.45
Salud	0.6%	0.15	0.2%	0.04
Otro	0.5%	0.11	1.3%	0.31
Hogar	69.0%	16.56	74.2%	17.80

Fuente: Elaboración propia

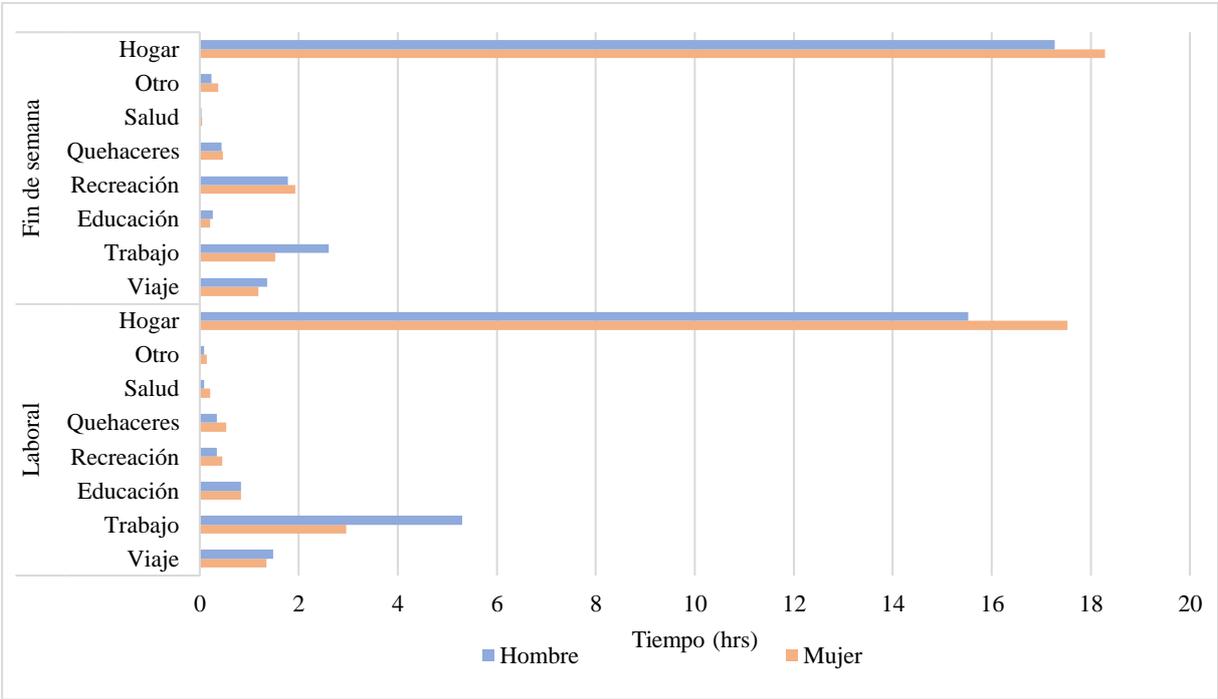
De la tabla 3.1, en cuanto a participación, para día laboral las actividades con mayor participación en el día son hogar (69%), trabajo (17%) y viaje (5,9%), mientras que para día de fin de semana estas son hogar (74%), trabajo (8,5%) y recreación (7,7%).

Al comparar la participación de las actividades, tanto para día laboral como para fin de semana se observa una amplia superioridad por parte de la actividad hogar, ambas con 17hrs aproximadamente, sin embargo, las diferencias más amplias se observan en la actividad trabajo, donde hay una reducción en un 50% de día laboral a un día de fin de semana, por el contrario, la actividad recreación aumenta un 6% de un día laboral a un día de fin de semana.

En la Figura 3.7 se pueden distinguir diferencias en la asignación de tiempo a las actividades según el género. Por ejemplo, una de las diferencias más sustanciales se puede observar en la actividad trabajo, los hombres dedican 2,3 hrs más a esta actividad durante un día laboral, mientras que 1 hrs más más un día de fin de semana. Por otro lado, las mujeres las mujeres dedican 2 hrs más al hogar durante la semana, mientras que 1 más para un día de fin de semana. Las demás actividades no demuestran una diferencia tan notable entre hombres y mujeres, sin

embargo, para todas las demás actividades las mujeres superan por una leve diferencia a los hombres.

Figura 3.7: Tiempo promedio asignado a las actividades según sexo

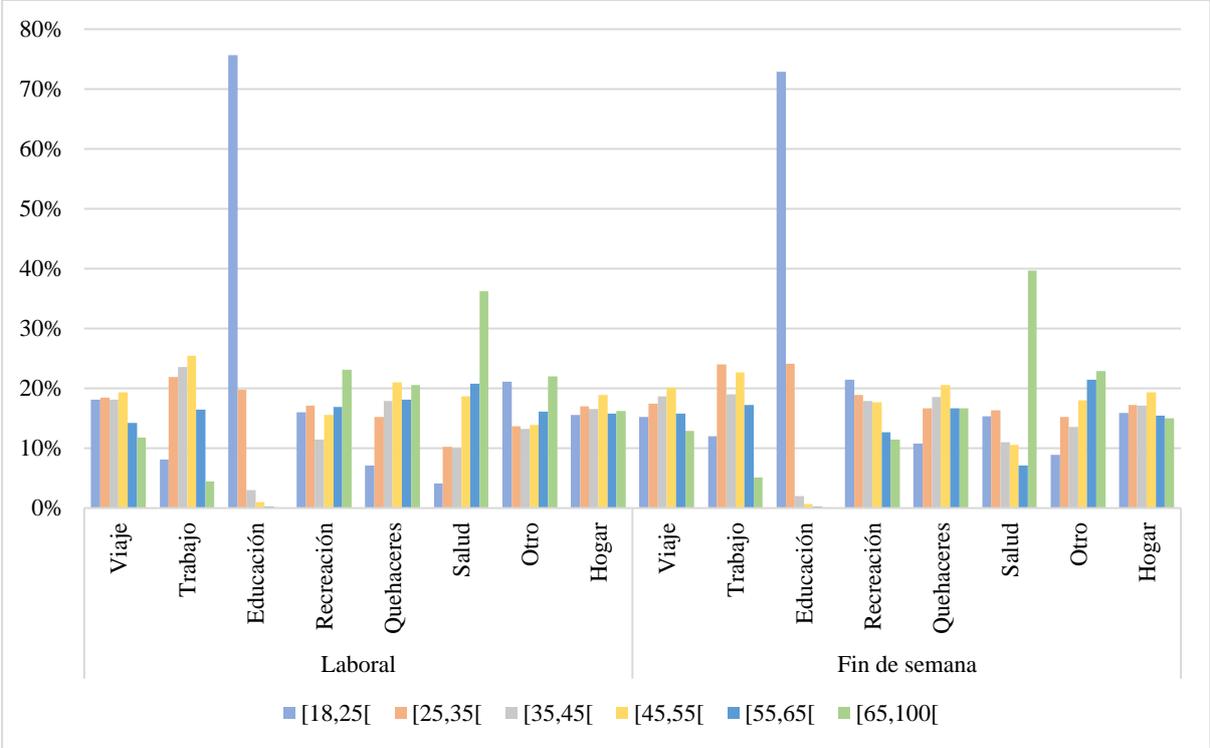


Fuente: Elaboración propia

La figura 3.8 muestra las horas promedio asignadas a las diferentes actividades según rango etario, en donde se pueden observar diferencias dependiendo del tipo de día. Para la actividad recreación, en un día laboral en el transcurso de los años la participación por esta actividad disminuye hasta los 35-45 años, posterior a eso se observa un crecimiento exponencial, mientras que en un día de fin de semana la participación por esta actividad tiende a la baja de manera lineal. Caso similar sucede en la actividad salud, en un día laboral hay una relación directamente proporcional, es decir, a medida que avanza la edad, la participación por esta actividad al igual aumenta, sin embargo, sucede todo lo contrario para un día de fin de semana, se observa una tendencia negativa en la participación de esta actividad a medida que pasan los años, a excepción del rango etario de los 65 años en adelante, quienes mantienen su participación por esta actividad independiente del tipo de día, ocupando el 40% aproximadamente de todos los rangos etarios. Es importante notar que la actividad otro, para las personas que se encuentran entre los 18 y los 25 años presentan una participación aproximada al 20%, mientras que para el para un día de fin de semana, esta decae a un 9% aproximadamente. Por último, para la actividad trabajo, en el tiempo promedio de la jornada de trabajo entre hombre y mujeres es de 6,2 hrs,

lo que discrepa de las 7,5 hrs publicadas por la Organización Internacional del Trabajo<sup>3</sup>. Tal diferencia se explica porque en la actividad trabajo solo se consideran las horas trabajadas fuera del horas, por ende, el diferencial está incluido en la actividad hogar.

Figura 3.8: Distribución porcentual del tiempo asignado por actividades y tipo de día



Fuente: Elaboración propia

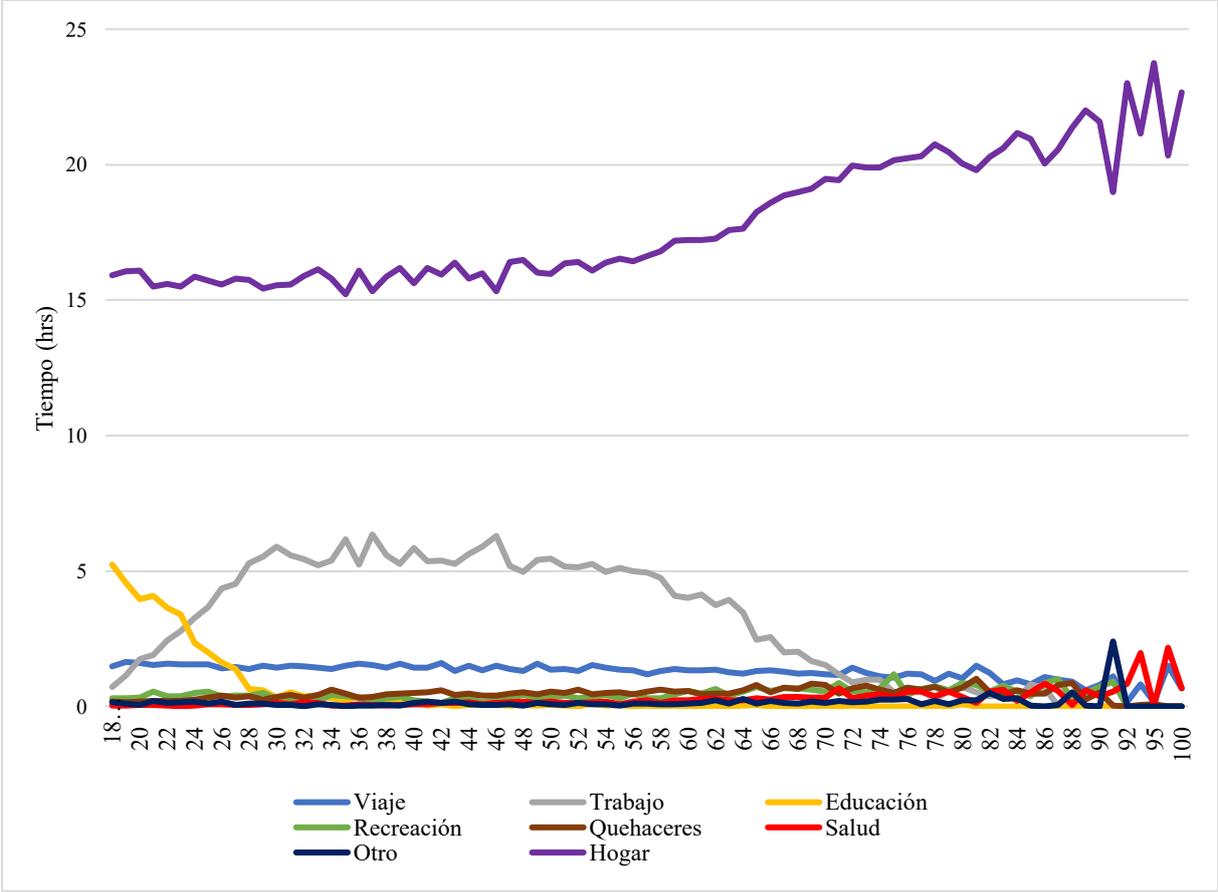
En las figuras 3.9 y 3.10 se ve representado de una manera diferente el tiempo dedicado por los encuestados a las diferentes actividades. A través de las siguientes figuras se puede observar de manera continua e individualmente según el tipo de día el tiempo dedicado en horas a cada actividad.

En la figura 3.9, se puede observar que las curvas con mayor protagonismo son las de hogar, trabajo y educación. La actividad hogar se mantiene en las 16 hrs con pequeños altibajos hasta los 50 años, posteriormente posee un crecimiento sostenido en el tiempo hasta los 78 años, alcanzando las 20 hrs, el tramo restante de la curva tiene un comportamiento irregular a la largo del tiempo. Por otro lado, la actividad trabajo tiene un crecimiento lineal hasta los 30 años y se mantiene alrededor de la 5 hrs hasta los 50 años y luego desciende de manera paulatina. Por último, la actividad educación comienza a los 18 años dedicándole en promedio de 5 hrs y luego

<sup>3</sup> <https://ilostat.ilo.org/es/topics/working-time/>

comienza a decrecer de forma lineal hasta los 28 años, edad a la que por lo general la mayoría de las personas ya finaliza sus estudios. Las demás actividades no demuestran cambios significantes a largo del tiempo.

Figura 3.9: Tiempo promedio asignado a las actividades durante un día laboral según edad

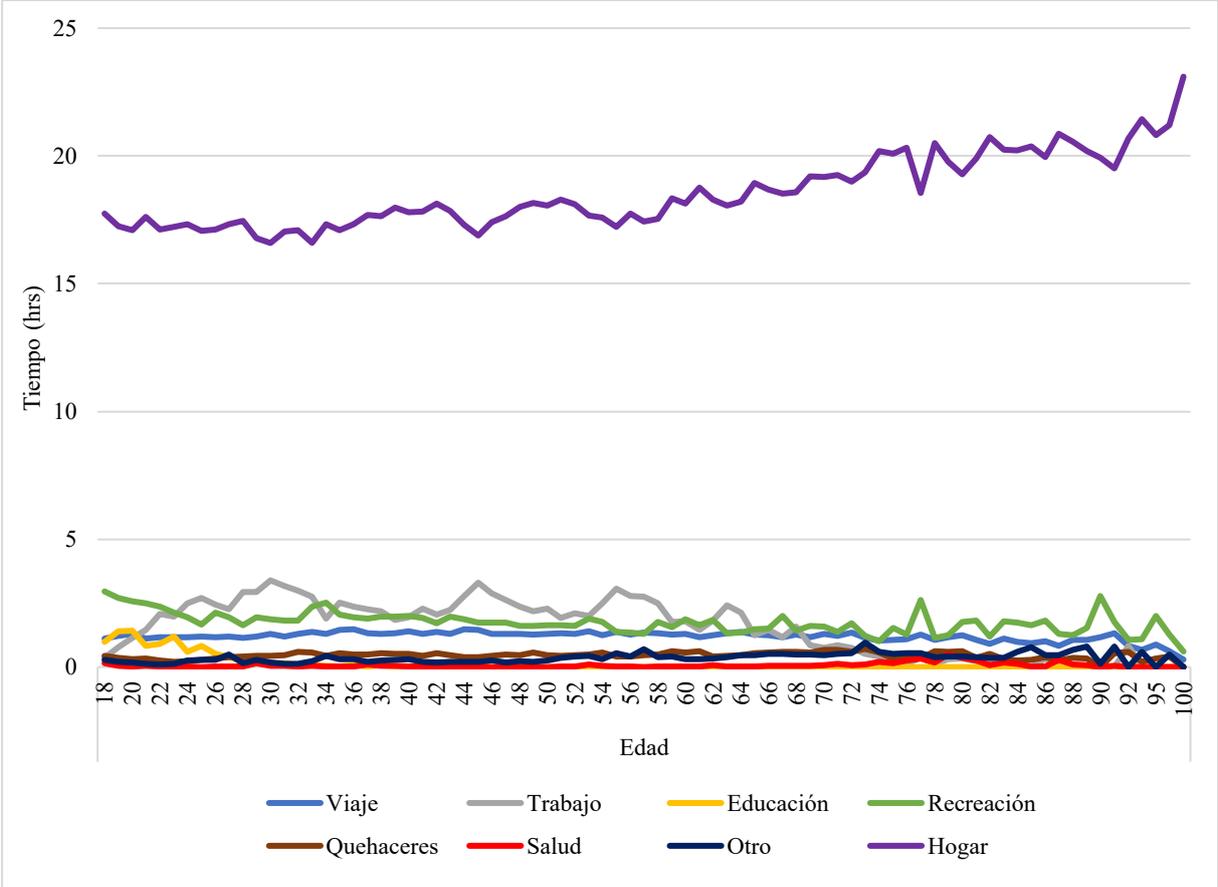


Fuente: Elaboración propia

El tiempo promedio asignado a las actividades durante un día de fin de semana, el cual se ve ilustrado en la figura 3.10 percibe un par de diferencias respecto a la de día laboral. Una de las grandes diferencias entre ambos se observa en la actividad trabajo, la cual anteriormente se distinguía un patrón definido, ahora la curva posee un comportamiento muy irregular, en donde se observan máximos de 3 hrs a lo largo del tiempo. Otra actividad a la que se le asigna menor tiempo en un día de fin de semana es la actividad educación, curva que mantiene la misma forma al pasar de los años, pero disminuida en una quinta parte. Finalmente, una actividad a la que los encuestados si le dedican mayor tiempo en los fines de semana es recreación, curva que oscila de manera frecuente en el tiempo, pero se mantiene entre las 3 y 5 hrs.

Recientemente, el departamento del trabajo de Estados Unidos realizó una publicación los resultados de la encuesta de uso de tiempo<sup>4</sup> realizada en el 2022. En una sección se detalla el “Promedio de horas diarias dedicadas a actividades seleccionadas por edad” la cual por lo general mantiene patrones similares a los obtenidos en la muestra, sin embargo, se observa una gran diferencia es que la en la encuesta norteamericana la actividad más demandante es cuidado personal, mientras que en la muestra es hogar, la razón de aquello es porque la actividad cuidado personal incluye dormir, ítem que se incluye en la categoría hogar en la muestra.

Figura 3.10: Tiempo promedio asignado a las actividades durante un día de fin de semana según edad



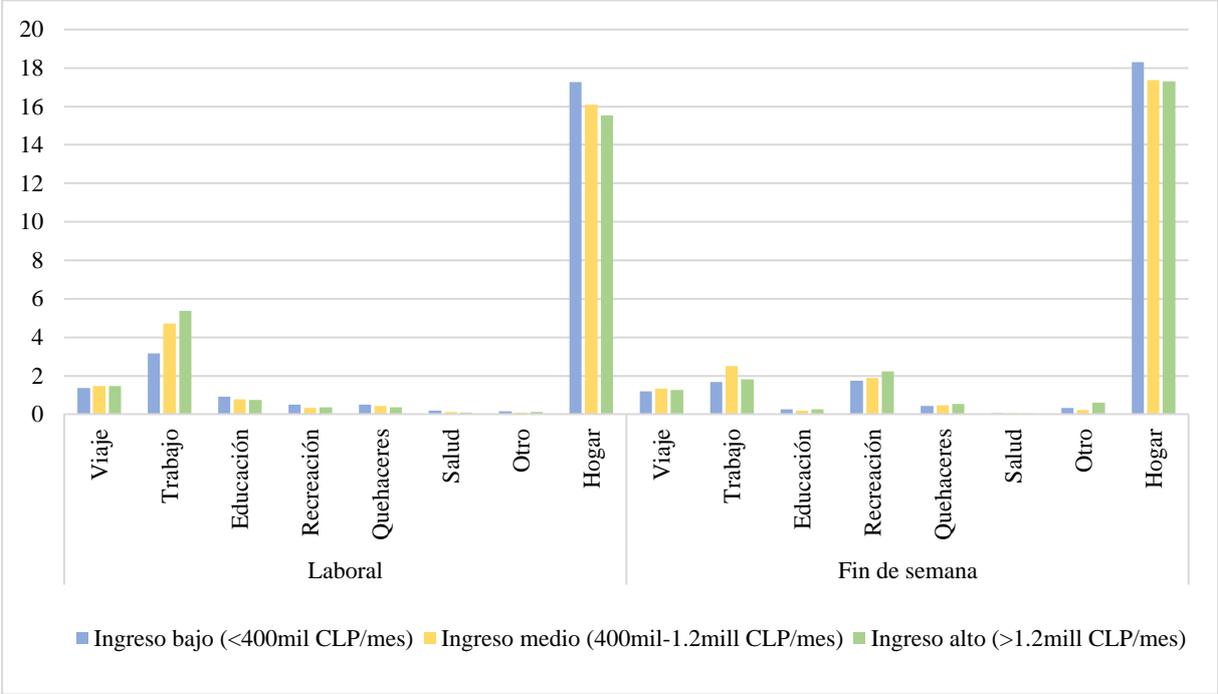
Fuente: Elaboración propia

Estudiando la dedicación de tiempo a actividades según el nivel de ingreso, la Figura 3.11 revela que una menor dedicación a la actividad hogar a medida que aumenta el ingreso, tanto para día laboral como fin de semana. Caso contrario ocurre en la actividad trabajo para un día laboral, a mayor ingreso, mayor tiempo se dedica a esta actividad, en cambio para un día de fin de semana las personas con ingreso medio son las que más tiempo le dedican al trabajo, seguido por los de ingreso alto y por ultimo los de ingreso bajo. Las actividades recreación y quehaceres son

<sup>4</sup> <https://www.bls.gov/charts/american-time-use/activity-by-age.htm>

las únicas en que se invierten completamente para un día laboral y día de fin de semana. En un día laboral para ambas actividades ante un mayor ingreso menor tiempo se les dedican a estas actividades. Caso contrario ocurre en un día de fin de semana.

Figura 3.11: Tiempo promedio asignado a las actividades según nivel de ingreso



Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Definición del modelo a estimar

Teniendo en cuenta todos los modelos mencionados anteriormente, se decide utilizar el propuesto por Palma & Hess (2022), ya que como se mencionó anteriormente derivan condiciones más generales para los parámetros y consideran parámetros diferenciados lo que facilita la estimación del modelo.

La función de utilidad busca maximizar la utilidad aleatoria de que las personas asignen una cierta cantidad de tiempo a un conjunto de actividades  $k$ . Para el caso de estudio el valor de  $k$  corresponde a ocho, ya que se van a considerar las siguientes actividades, (1) viaje, (2) trabajo, (3) educación, (4) recreación, (5) quehaceres, (6) salud, (7) otro y (8) hogar. El problema puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{Max } u_0(t_0) + \sum_{k=1}^K u_k(t_k) + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=k+1}^K u_{kl}(t_k, t_l) \quad (3.1)$$

$$\text{s. a } t_0 + \sum_{k=1}^K t_k = T \quad (3.2)$$

Donde,  $U(t_k)$  es la función de utilidad aditiva,  $t_k$  es el tiempo asignado a la actividad  $k$  expresado en horas ( $t_k > 0$ ).  $T$  es el presupuesto de tiempo total disponible, equivalente a 24 horas, las horas totales de un día. Para permitir soluciones de esquina, el consumo es cero para  $(k - 1)$  actividades. Esto implica que para una de las actividades se deba invertir una cantidad positiva de tiempo, más conocido como bien externo. Para el caso de estudio, el bien externo se define como la actividad “Hogar”.

Las formas funcionales para las diferentes partes de la función de utilidad son:

$$u_0(t_0) = \psi_0 \log(t_0) \quad (3.3)$$

$$u_k(t_k) = \psi_k \gamma_k \log\left(\frac{t_k}{\gamma_k} + 1\right) \quad (3.4)$$

$$u_{kl}(t_k, t_l) = \delta_{kl}(1 - e^{-t_k})(1 - e^{-t_l}) \quad (3.5)$$

Tomando la misma definición de  $u_k$  que propone Bhat (2008),  $\psi_k (> 0)$  representa la utilidad marginal de referencia (utilidad base) en el punto de consumo cero e  $\gamma_k$  los parámetros de

saciedad. Un mayor  $\gamma_k$  indica un menor efecto de saciedad, por ende, un mayor consumo de la alternativa  $k$ , cuando se consume. Para asegurar la positividad del parámetro  $\psi_k$  e incluir la aleatoriedad al modelo, utilizan la siguiente parametrización:

$$\psi_0(z_0) = \exp(\alpha z_0) \quad (3.6)$$

$$\psi_k(z_k, \varepsilon_k) = \exp(\beta_k z_k + \varepsilon_k) \quad (3.7)$$

Donde,  $z_0$  es el vector de atributos del bien externo,  $\alpha$  el vector de filas de parámetros que representan los pesos de esas características sobre la utilidad marginal del bien externo,  $z_{nk}$  es el vector de atributos de la alternativa  $\alpha$ ,  $\beta_k$  vectores de parámetros que representan el peso de los atributos en la utilidad base del resto de alternativas ( $k > 0$ ), y  $\varepsilon_k$  el término del error para capturar las características no observadas o los errores de medición.

El ultimo componente de la función de utilidad,  $u_{kl}(t_k, t_l)$ , captura los efectos de sustitución y complementariedad entre los bienes internos. El cual se interpreta de la siguiente manera:

- Si  $\delta_{kl} > 0$ , existe complementariedad entre las alternativas  $k$  y  $l$ .
- Si  $\delta_{kl} < 0$ , existe un efecto de sustitución entre las alternativas  $k$  y  $l$ .
- Si  $\delta_{kl} = 0$ , el consumo de ambas alternativas es independiente el uno del otro.

Para determinar que parámetros se incluyen en la especificación de la función de utilidad, se aplica la prueba de significancia t-test en base a la tabla de distribución t-Student. Esta prueba indica que los coeficientes con un t-test en valor absoluto mayores o iguales a 1,645 son significativos con un 90% de confianza, y, por ende, deben ser incluidos en la especificación.

Un valor positivo del coeficiente indica que la variable aumenta la utilidad de la alternativa, por el contrario, un valor negativo que la disminuye.

Para evaluar la representatividad del modelo, es decir, que tan bien explicadas están las variables dependientes, se realiza el análisis de  $\rho^2$  ajustado, el cual se define de la siguiente manera:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta}) - K}{LL(c) - K_c} \quad (3.8)$$

Donde,  $LL(\beta)$  es la función de densidad de probabilidad de la muestra del modelo estimado,  $LL(c)$  es la función de densidad de probabilidad de la muestra del modelo solo constantes,  $K$  el número de parámetros del modelo estimado y  $Kc$  el número de parámetros del modelo de constantes. Los valores que puede tomar  $\rho^2$  varían entre 0 y 1. Mientras más cercano a 0, menor es la variabilidad explicada, por el contrario, mientras más cercano a 1, mayor es la variabilidad explicada.

La estimación del modelos se lleva a cabo con el Software R, específicamente con la librería Apollo, la cual contiene la implementación de ambos modelos (Palma & Hess, 2022). La construcción del modelo se realiza estimando el modelo base como punto de partida, es decir únicamente constituido por constantes de las variables de las actividades, luego se incorpora una a una las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar de acuerdo la intuición sobre cual podría ser determinante en el modelo y finalmente se mantendrán solo las significativas a un nivel de confianza del 90%.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo se especificarán los resultados obtenidos del modelo eMDC utilizando los datos de la muestra caracterizada anteriormente en el capítulo anterior. Se realizaron dos estimaciones, la primera en base a los datos de día laboral mientras que la segunda para un día de fin de semana. Ambos modelos se estimaron considerando las características socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar. Para ello, en un principio se estimaron los modelos base para ambos, es decir únicamente constituido por constantes de las variables de las actividades, luego se incorporaron una a una las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar, manteniendo solo las significativas a un nivel de confianza del 90%. El criterio utilizado a la hora de agregar las variables fue intuitivo, de manera que las primeras en incluir fueron las que se pensaron que podían ser más significativas para el modelo. Algo importante a mencionar es que en ninguno de los modelos se calculan parámetros relacionados con la actividad hogar ya que se considera como el bien externo.

### 4.1 Resultados modelo Múltiple Discreto Continúo extendido (eMDC)

La tabla 4.1 muestra los valores del parámetro gama para cada actividad según el tipo de día, el cual refleja la satisfacción hacia esa actividad en contraste a la actividad hogar. Un mayor valor de gama significa una mayor preferencia por la actividad correspondiente sobre la actividad hogar. Por tanto, el orden decreciente de preferencias para la muestra de día laboral es: (1) trabajo, (2) educación, (3) recreación, (4) otro, (5) salud, (6) quehaceres y (7) viaje. Mientras que, para un día de fin de semana, el orden es el siguiente: (1) trabajo, (2) educación, (3) salud, (4) otro, (5) recreación, (6) quehaceres y (7) viaje. La diferencia entre ambos tipos de días radica en las actividades recreación y salud, para un día de semana se prefiere la actividad recreación sobre salud, caso contrario para el día de fin de semana.

Tabla 4.1: Estimación parámetros de saciedad de actividades para día de semana y de fin de semana

Actividad	Día de Semana		Día de Fin de Semana	
	Coef.	t-test	Coef.	t-test
Viaje	0.33	51.39	0.07	30.36
Trabajo	9.52	39.39	2.93	30.90
Educación	6.24	24.42	1.06	23.97
Recreación	1.45	28.80	0.29	44.60
Quehaceres	0.55	42.15	0.25	57.91
Salud	1.15	21.83	0.49	19.96
Otro	1.39	15.77	0.44	46.28

Fuente: Elaboración propia

Las Tablas 4.1 y 4.2 presentan las estimaciones de los parámetros para las características socioeconómicas y demográficas de la muestra de día laboral y de fin de semana, respectivamente.

Un signo negativo para los coeficientes de cada actividad demuestra una mayor preferencia por el bien externo, para este caso se consideró la actividad hogar, por lo tanto, todos los coeficientes se estimaron en contraste esa actividad.

Al estudiar las variables relacionadas a las características individuales, comenzando por la variable edad, se puede observar una relación directa con las actividades salud, otro y quehaceres ordenados de manera decreciente, es decir a medida que aumenta la edad uno dedica más tiempo a estas actividades tanto para día de semana como de fin de semana, caso contrario ocurre con las actividades viaje y educación durante la semana y educación y recreación para los días de fin de semana. Por otro lado, el coeficiente de la actividad viaje y trabajo resultaron tomar el valor cero para los días de semana, por lo que no se distingue mayor relación según esa actividad y la variable edad. Los resultados del modelo son consistentes con la descripción de datos para las actividades viaje, quehaceres, salud para día de semana, para día de fin de semana coinciden las actividades recreación y otro y la actividad educación para ambos tipos de días. Por lo general coinciden aquellas en que se observa una tendencia definida a lo largo de la variable edad.

Analizando la variable género dentro del modelo, tanto para día laboral como fin de semana, el coeficiente de género resulta positivos para actividades viaje, trabajo y educación, indicando que los hombres les dedican más tiempo a estas actividades, mientras que las mujeres dedican más tiempo a las actividades quehaceres, salud y otro, tanto para día de semana como fin de semana, a excepción de la actividad salud, que resultó ser no significativa para los días de fin de semana al igual que la actividad recreación para ambos tipos de días. Los hombres asignan la mayor parte de su tiempo a la actividad trabajo durante un día de semana como de fin de semana, mientras que las mujeres prefieren dedicar su tiempo a la actividad salud de lunes a viernes y la actividad otro para un día de fin de semana. Información consistente con la descripción para los hombres, no así para las mujeres, según la descripción de datos ellas dedican mayor tiempo al trabajo durante la semana laboral y a la actividad recreación para los fines de semana, resultados que son más consistentes según los estudios realizados por Lu & Pas (1999), Kuppam & Pendyala (2001), Olguín (2008), Astroza et al. (2018) y Morales (2021).

Respecto al nivel educacional, era de esperar una relación directa entre el nivel educacional y la actividad trabajar, es decir a mayor nivel educacional, mayor será el tiempo dedicado al trabajo. De los modelos estimados, para día de semana los individuos con educación universitaria son los que dedican mayor tiempo a actividades, es más, el parámetro estimado para ellos fue el único que resulto ser significativo para el modelo, sin embargo, para los días de fin de semana el panorama es totalmente distinto, las personas que alcanzaron la educación media dedican más tiempo que las personas con educación universitaria. Rubio (2016) avala lo anterior afirmando que en Chile niveles educacionales bajos se asocian a mayores tasas de desempleo, de forma contraria, niveles educacionales altos se asocian a mayores tasas de participación dentro del mercado laboral. Además, se puede evidenciar que las personas con niveles educacionales más altos dedican mayor tiempo a actividades asociadas a la educación y recreación durante los días de semana, mientras que en los días de fin de semana dedican más tiempo a los quehaceres y otras actividades.

Durante la semana completa, los individuos remunerados, tal como lo denota su nombre de los demás muestran ser más participativos en las actividades relacionadas al trabajo y los viajes, que también pueden ser atribuibles a los traslados a su ocupación laboral. Para las demás actividades no demostraron tener una importante participación.

En cuanto a aquellos que poseen licencia de conducir, de lunes a viernes dedican mayor parte de su tiempo a los quehaceres y otras actividades. En cambio, en días de fin de semana, las personas que disponen de licencia para conducir prefieren invertir su tiempo en actividades recreacionales, lo que puede atribuirse a traslado de forma particular para llegar a los centros de actividades. Hallazgos que concuerdan con Bhat (2005) y Calastri et al. (2017).

Referente al vínculo de los integrantes del hogar, estos poseen un comportamiento relativamente similar en cuanto a la distribución de sus tiempos hacia cada actividad, sin embargo, una de las pocas diferencias que se puede observar de los resultados del modelo es que los dueño/a de casa prefieren realizar sus actividades relacionadas con la salud durante un día laboral a un día de fin de semana. Por último, durante los fines de semana los dueños/as de casa prefieren dedicar más tiempo a otras actividades, caso opuesto a las personas que ocupan el lugar de esposo/a dentro del hogar.

Por otro lado, los resultados obtenidos sobre las variables asociadas a las características al hogar dan a entender que existe una relación directa entre el tamaño de hogar y el tiempo dedicado a la actividad trabajo, es decir a mayor número de integrantes, mayor será el tiempo dedicado al trabajo, aseveración que resulta ser lógica, ya que mientras más grande sea el tamaño familiar mayor serán los gastos, por ende, los integrantes que dan sustento económico al hogar deberán dedicar más tiempo al trabajo para cubrir tales gastos. Misma lógica se da con las actividades relacionadas a los quehaceres, un mayor tamaño de hogar conlleva más deberes y necesidades por lo que el tiempo dedicado a los quehaceres de igual manera aumenta, así deja en evidencia que el trabajo y los quehaceres podrían ser actividades complementarias entre sí. De forma análoga, el tiempo invertido en trabajo y quehaceres debió haber sido sacrificado por otro el tiempo dedicado a otras actividades, durante los días de semana la actividad que se ve perjudicada es la de recreación, por lo que podría ser una posible sustitución de actividades.

Respecto al nivel de ingresos, aquellos hogares de menor ingreso dedican menos tiempo a actividades asociadas a los quehaceres durante la semana y a actividades recreacionales durante los fines de semana. De forma contraria ocurre con las actividades laborales durante los fines de semana, hogares con menor nivel de ingresos dedican más tiempo a esta actividad que aquellos de mayores ingresos, resultados consistentes con los de Astroza et. al. (2018). Durante los fines de semana también se observa que aquellas personas de ingreso menor a \$1.200.000 tienen una menor participación en actividades recreacionales, lo que Bhat et. al. (2006) demuestra justificar porque los hogares de bajos ingresos son más propensos a realizar actividades recreativas en el hogar debido a los elevados costos que tienen actividades recreacionales fuera del hogar.

Por último, se puede evidenciar una relación inversa entre el número de vehículos por hogar y el tiempo dedicado al trabajo, hogares con mayor número de vehículos dedican menos tiempo al trabajo, no obstante, durante los fines de semana, se puede notar que el tiempo dedicado a las actividades recreacionales aumenta a medida que aumenta el número de vehículos por hogar, en consecuencia, al igual que el análisis realizado sobre el tamaño de hogar, el trabajo y recreación podrían ser posibles candidatos de actividades sustitutas entre sí.

En general, los resultados son consistentes con el análisis de descripción de datos realizado en el capítulo anterior. La principal diferencia radica en la variable de género relacionadas con el trabajo en las mujeres durante los días de semana y la variable correspondiente al nivel de ingresos relacionada con la actividad quehaceres ingreso. Del análisis descriptivo de la muestra

se puede notar que las actividades favoritas de las mujeres durante los fines de semana son las recreacionales, laborales y de viaje, incluso en la primera las mujeres superan en mayoría a los hombres. Mientras que la estimación del modelo indica que la variable género en la actividad recreación o es significativa para el modelo. Por otro lado, de la caracterización de la muestra se aprecia que durante la semana laboral la participación por la actividad quehaceres disminuye a medida que el nivel de ingresos aumenta, sin embargo, en el modelo el coeficiente estimado para la actividad quehaceres en aquellos de nivel bajo socioeconómico está acompañado por un signo un signo negativo, en otras palabras, las personas de nivel de ingresos bajo dedican menor tiempo a los quehaceres que las personas con un nivel de ingresos alto, resultados contrarios a los obtenidos en el análisis de la muestra. Tales discordancias pueden atribuirse a la consideración de factores no observados y efectos simultáneos de múltiples variables que pueden alterar la utilidad sobre una actividad.

Tabla 4.2: Resultados estimación extensión modelo múltiple discreto continuo día laboral

Variables	Viaje		Trabajo		Educación		Recreación		Quehaceres		Salud		Otro		
	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	
Parámetros utilidad base	-1.16	-26.62	-5.44	-93.66	0.97	9.01	-3.77	-48.14	-4.08	-49.49	-6.19	-55.89	-5.70	-48.68	
<b>Características Individuales</b>															
Edad	-0.01	-10.39			-0.13	-30.05			0.01	7.99	0.03	14.15	0.01	3.05	
Sexo (base: Mujer)															
<i>Hombre</i>	0.15	5.15	0.29	8.52	0.18	3.32			-0.35	-8.48	-0.60	-8.36	-0.18	-2.17	
Nivel Educacional (Base: Técnica)															
<i>Básica</i>	-0.27	-6.91			-1.39	-8.75			-0.12	-2.73	0.30	3.50	0.25	2.58	
<i>Media</i>	-0.23	-8.50			-1.09	-18.55					0.16	2.16			
<i>Universitaria</i>			0.14	3.65	-0.72	-7.58	0.48	7.73							
<i>Sin estudios</i>	-0.42	-3.65			-1.16	-4.04							0.68	2.98	
Remuneración Individual	0.42	15.38	3.21	68.35	-1.40	-21.11	-0.81	-16.32	-0.95	-24.45	-1.00	-13.12	-1.02	-10.84	
Licencia de conducir	-0.07	-2.56			-0.14	-2.28			0.28	6.57			0.18	1.90	
Vínculo con el Hogar (Base: Otro miembro)															
<i>Dueño/a de casa</i>			-0.06	-1.91	-0.31	-3.87	0.14	2.46	0.81	15.75	0.22	3.12			
<i>Esposo/a</i>	-0.11	-3.29			-1.15	-9.94	0.18	3.03	0.78	15.29					
<b>Características del hogar</b>															
Tamaño de hogar			0.08	7.23			-0.14	-8.37	0.03	2.24					
Nivel de ingresos (Base: Ingreso Alto, más de 1,200,000 CLP mensuales)															
<i>Ingreso Bajo (Menos de 400,000 CLP mensuales)</i>									-0.07	-2.01					
Número de vehículos			-0.06	-2.75											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3: Resultados estimación extensión modelo múltiple discreto continuo día de fin de semana

Variables	Viaje		Trabajo		Educación		Recreación		Quehaceres		Salud		Otro	
	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test	Coef.	t-test
Parámetros utilidad base	-0.23	-3.70	-6.42	-64.12	0.30	2.38	-0.26	-4.60	-3.39	-57.14	-6.46	-52.14	-3.98	-44.30
<b>Características Individuales</b>														
Edad	0.00	-2.09	0.00	-2.07	-0.12	-33.89	-0.01	-13.36	0.01	12.08	0.03	13.62	0.02	18.04
Sexo (base: Mujer)														
<i>Hombre</i>	0.06	2.58	0.15	4.51	0.66	12.67			-0.21	-7.07			-0.38	-10.60
Nivel Educativo (Base: Técnica)														
<i>Básica</i>	-0.14	-3.97			-1.29	-8.20	-0.18	-4.66	-0.28	-6.41			0.28	6.34
<i>Media</i>	-0.05	-1.75	0.25	7.45	-1.38	-22.45	-0.16	-5.69	-0.11	-3.24	-0.32	-4.37		
<i>Universitaria</i>			-0.38	-8.81	0.41	4.84			0.22	5.69	-0.81	-5.61	1.04	23.47
<i>Sin estudios</i>													0.28	2.36
<i>Remuneración Individual</i>	0.38	14.88	5.85	66.31	-3.15	-34.51	-0.42	-15.85	-0.31	-10.65	-0.15	-2.01	-0.87	-23.91
Licencia de conducir			-0.09	-2.67			0.11	4.04	0.24	7.87				
Vínculo con el Hogar (Base: Otro miembro)														
<i>Dueño/a de casa</i>			-0.28	-7.66					0.32	9.13	-1.22	-12.51	0.12	2.65
<i>Esposo/a</i>	-0.08	-2.66	-0.15	-3.26	-0.92	-8.33			0.26	7.00	-0.43	-4.84	-0.10	-2.25
<b>Características del hogar</b>														
Tamaño de hogar	0.02	2.01			0.10	5.47			0.10	11.60			0.12	10.57
Nivel de ingresos (Base: Ingreso Alto, más de 1,200,000 CLP mensuales)														
<i>Ingreso Bajo (Menos de 400,000 CLP mensuales)</i>							-0.28	-7.52						
<i>Ingreso Medio (Entre 400,000 y 1,200,000 CLP mensuales)</i>	0.07	3.08	0.06	2.03	-0.14	-2.63	-0.17	-4.46			0.33	4.76	-0.76	-15.72
Número de vehículos	-0.04	-2.07	-0.33	-13.44	0.10	2.91	0.12	6.04	0.20	9.87	0.14	2.83	0.04	1.60

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de los parámetros de complementariedad y sustitución, se consideraron todas las combinaciones posibles entre pares de actividades y calcula el efecto que tiene una sobre la utilidad de la otra. Un valor negativo indica sustitución entre ellas y, por el contrario, uno positivo la complementariedad entre las actividades. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.4: Estimación parámetros de complementariedad y sustitución del modelo según tipo de día

Parámetros	Día de Semana		Día de Fin de Semana	
	Coef.	t-test	Coef.	t-test
Viaje - Trabajo	0.003	3.05	0.030	14.18
Viaje - Educación	0.015	9.24	0.087	15.27
Viaje - Recreación	0.013	6.95	0.058	27.23
Viaje - Quehaceres	0.016	7.73	0.019	3.95
Viaje - Salud	0.027	8.30	0.006	4.62
Viaje - Otro	0.010	3.45	0.034	7.23
Trabajo - Educación	-0.037	-14.41	-0.074	-6.73
Trabajo - Recreación	-0.027	-13.22	-0.084	-29.32
Trabajo - Quehaceres	-0.065	-26.69	-0.095	-23.13
Trabajo - Salud	-0.046	-13.19	-0.039	-4.10
Trabajo - Otro	-0.023	-9.00	-0.061	-13.40
Educación - Recreación	-0.024	-9.62	-0.083	-14.44
Educación - Quehaceres	-0.070	-20.94	-0.130	-12.15
Educación - Salud	-0.046	-8.02	-0.066	-2.69
Educación - Otro	-0.023	-6.38	-0.069	-5.71
Recreación - Quehaceres	-0.020	-7.51	-0.072	-18.55
Recreación - Salud	-0.017	-4.15	-0.029	-4.35
Recreación - Otro	-0.009	-1.92	-0.069	-4.85
Quehaceres - Salud	-0.034	-7.46	-0.039	-9.32
Quehaceres - Otro	-0.022	-5.43	-0.060	-7.43
Salud - Otro	-0.020	-2.83	-0.012	-0.72

Fuente: Elaboración propia

Todos los parámetros entre pares de actividades resultaron ser significativos excepto la interacción entre las actividades salud y otro durante los días de fin de semana. De la tabla, se puede observar que los únicos parámetros en que existe complementariedad son entre los viajes y el resto de las actividades, lo cual tiene bastante sentido, pues la actividad hogar se utilizó como bien externo para realizar la estimación para las demás actividades, por ende, todas las

demás actividades consideradas en la estimación se realizan fuera del hogar, en consecuencia, requieren de viajes para realizarlas.

Como era de esperar, existe sustitución entre el trabajo y la educación ya que pocas personas son las que pueden realizar ambas actividades de forma paralela debido a la gran exigencia de tiempo para ambas, Hess & Palma (2022) obtuvieron resultados similares entre este par de actividades y llegaron a la misma conclusión del motivo por el cual son sustitutas. Lo mismo ocurre para las actividades trabajo y educación al interactuar con las demás actividades, ya que, por lo general, ambas actividades son la prioridad número uno de las personas que las realizan y, además, demandan la mayor parte del tiempo, por ende, el tiempo restante es muy acotado para realizar de otras actividades.

Resulta muy complejo analizar las relaciones que existen entre la actividad otra cosa y salud con las demás actividades, ya que la actividad otra agrupa actividades que no se interrelacionan entre ellas, y la actividad salud incluye el acto de dormir, que es la actividad mayoritaria dentro de salud. En consecuencia, es muy difícil buscar el motivo que explica los efectos de sustitución de actividades al ser agrupaciones de actividades de distinta índole.

Finalmente, para evaluar la bondad de ambos modelos, se estimó y posteriormente se realizó un análisis del coeficiente Rho Cuadrado, el cual determina la efectividad que tienen las variables en explicar la variable dependiente. Mientras más cercano a cero, menor es la variabilidad explicada, por el contrario, mientras más cercano a uno, mayor es la variabilidad explicada. En la tabla 4.5 se presentan los valores de los coeficientes utilizados para el cálculo del coeficiente rho cuadrado ajustado, tanto para día laboral como fin de semana.

Tabla 4.5: Rho cuadrado ajustado de eMDC para día laboral y de fin de semana

<b>Modelo</b>	<b>LL(B)</b>	<b>K</b>	<b>LL(C)</b>	<b>Kc</b>	<b>Rho Cuadrado ajustado</b>
eMDC Día Laboral	-23243.40	87	-29137.80	36	0.2002
eMDC Día de Fin de Semana	-80263.71	88	-87919.67	36	0.0864

Fuente: Elaboración propia

Así, el valor del rho cuadrado ajustado ( $\rho^2$ ) tiene un valor de 0.20 y 0.08 para día laboral y de fin de semana, respectivamente. Ambos valores son más cercanos a cero que uno, los que significa que las variables dependientes no se pueden predecir adecuadamente utilizando las variables independientes, pero como el modelo es explicativo y no predictivo, cumple con

demostrar el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y el hogar sobre el uso del tiempo.

Un estudio realizado por Bravo (2022), demuestra que la incorporación de funciones de utilidad no aditivas permite efectos de complementariedad y sustitución, mejorando el ajuste e interpretabilidad de los modelos, ya que, además de reflejar el efecto de distintas variables socioeconómicas y demográficas sobre el uso del tiempo, entregan patrones ricos de sustitución y complementariedad entre diferentes actividades, asemejándose más a la realidad (Bravo L, 2022).

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

La importancia de la asignación de tiempo y el valor del tiempo en la demanda por transporte y la evaluación de proyectos de infraestructura hace que sea fundamental estudiarla en profundidad. En el presente estudio se estimaron modelos múltiple discretos continuos de uso de tiempo que permitieron describir el uso del tiempo y los efectos de complementariedad y sustitución entre actividades durante los días de semana y de fin de semana. El caso de estudio abarca las 10 comunas del Gran Concepción, Región del Biobío y las fuentes de datos utilizadas son la EOD y la ENUT de Chile aplicadas en el año 2015.

Los modelos estimados dejaron en evidencia el efecto significativo de distintas variables sociodemográficas sobre el uso de tiempo en los diferentes tipos de días; En cuanto a género, en la semana las mujeres dedican menos tiempo al trabajo en comparación a los hombres y prefieren invertirlo en actividades del hogar. Además, a mayor nivel de ingresos implica significa menor tiempo dedicado al hogar y mayor tiempo dedicado al trabajo. Por último, se puede notar que posterior a la edad de jubilación promedio (60 mujeres y 65 hombres) ocurren significativos cambios respecto al comportamiento en algunas actividades, cumplida esa edad, evidentemente el tiempo dedicado al trabajo disminuye, de igual manera ocurre con el tiempo de viaje, y tal tiempo deciden reinventarlo en actividades recreacionales.

En cuanto a la complementariedad y sustitución entre las actividades, los resultados del modelo indican que existe complementariedad entre la actividad viaje y todas las demás actividades, y sustitución entre todos los demás pares de actividades, válido para día de semana como fin de semana. El único par de que no fue significativo fue la relación entre las actividades salud y otro para día de fin de semana.

Los resultados obtenidos, además de mejorar el ajuste e interpretabilidad de los modelos, también entregan información relevante en cuanto a la implementación de políticas públicas. Por ejemplo, en la muestra evidencian brechas de género, especialmente en los tiempos dedicados a la actividad trabajo. Por consiguiente, se podrían implementar políticas públicas para combatir tales brechas y tratar de equipararlas. Casos similares ocurren con el nivel educacional y salarial con la participación de diversas actividades.

El bajo valor del rho cuadrado ajustado indica que las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar no son capaces de explicar adecuadamente la asignación de tiempo, sin embargo, al ser un modelo explicativo y no predictivo, cumple con demostrar el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas del individuo. Adicionalmente, las pruebas que miden la representatividad de los modelos indican que el modelo estimado para el día de semana presenta un mayor ajuste que el del fin de semana, por tanto, tal modelo explica de manera más apropiada la asignación de tiempo para el día de semana.

Finalmente, para tener en consideración en futuros estudios relacionados con este tema, es sumamente conveniente clasificar la muestra de acuerdo con rangos etarios al momento de realizar la estimación, así la interpretabilidad y el análisis que se puede realizar por rango etario puede ser más específico y se puede obtener un patrón de comportamiento más detallado sobre la asignación de tiempo de viaje que pueden tener distintos tipos de personas. Por último, otro punto para tener en cuenta es la categorización de las actividades, en el anexo 7.1 se puede observar las subactividades que componen cada actividad, no obstante, no se está a disposición la proporcionalidad de estas subactividades, por lo que alguna podría opacar o tender a una mala interpretación dentro del modelo, como es el caso de la actividad salud, la cual está compuesta casi en su totalidad por la subactividad dormir; En estos casos es conveniente excluirla de la actividad y analizarla de forma separada.

## CAPÍTULO 6: REFERENCIAS

Astroza Tagle, S. (2012). Análisis Comparativo de Modelos de Uso de Tiempo.

Astroza, S., Bhat, C. R., Pendyala, R. M., & Garikapati, V. M. (2018). Understanding activity engagement across weekdays and weekend days: A multivariate multiple discrete- continuous modeling approach. *Journal of choice modelling*, 28, 56-70.

Bhat, C. (2005). "A Multiple Discrete-Continuous Extreme Value Model: Formulation and Application to Discretionary Time-Use Decision," *Transportation Research Part B* (39), pp. 679-707.

Bhat, C. R. (2005). A multiple discrete–continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 39(8), 679-707.

Bhat, C. R. Castro, M., & Pinjari, A. R. (2015). Allowing for complementarity and rich substitution patterns in multiple discrete–continuous models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 81, 59-77.

Bhat, C.R., Castro, M., Khan, M. (2013). A new estimation approach for the multiple discrete–continuous probit (MDCP) choice model. *Transp. Res. B* 55, 1–22.

Bhat, C. R., Srinivasan, S., & Sen, S. (2006). A joint model for the perfect and imperfect substitute goods case: application to activity time-use decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(10), 827-850.

Biau, G., Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *TEST*, 25, 197-227.

Bravo, L. (2022). Comparación de modelos múltiples discretos continuos para describir el uso del tiempo de las personas del Gran Concepción.

Calastri, C., Hess, S., Daly, A., & Carrasco, J. A. (2017). Does the social context help with understanding and predicting the choice of activity type and duration? An application of the Multiple Discrete-Continuous Nested Extreme Value model to activity diary data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 104, 1-20.

Calastri, C., Hess, S., Pinjari, A. R., & Daly, A. (2020). Accommodating correlation across days in multiple discrete-continuous models for time use. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 8(1), 108-128.

Calastri, C., Hess, S., Pinjari, A.R., Daly, A. (2020a). Accommodating correlation across days in multiple discrete-continuous models for time use. *Transp. B* 8 (1), 108–128.

Carolina Rojas Quezada, Michael J. Widener, Juan Antonio Carrasco, Fernando Meneses & Tiara Rodríguez (2023) Accessibility Indicators to Fresh Food: A Quantitative Insight from Concepción, Chile, *The Professional Geographer*, 75:3, 345-360, DOI: 10.1080/00330124.2022.2094423

- Hicks, J.R., Allen, R.G., (1934). A reconsideration of the theory of value. Part I. *Economica* 1 (1), 52–76.
- Jara-Díaz, S. R., Munizaga, M. A., Greeven, P., Guerra, R., & Axhausen, K. (2008). Estimating the value of leisure from a time allocation model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(10), 946-957.
- Jara-Díaz, S., & Candia, D. (2017). Uso del tiempo en Chile: Análisis preliminar y posibilidades de modelación. *INGENIERÍA DE TRANSPORTE*, 21(02), 103-116.
- Kitamura, R., Fujii, S., & Pas, E. I. (1997). Time-use data, analysis and modeling: toward the next generation of transportation planning methodologies. *Transport Policy*, 4(4), 225-235.
- Kuppam, A. R., & Pendyala, R. M. (2001). A structural equations analysis of commuters' activity and travel patterns. *Transportation*, 28(1), 33-54.
- Lee, S., Allenby, G.M. (2009). A Direct Utility Model for Market Basket Data. Fisher College of Business Working Paper.
- Lee, S., Kim, J., Allenby, G.M. (2010). A Category-Level Model of Asymmetric Complements. Fisher College of Business Working Paper.
- Lu, X., & Pas, E. I. (1999). Socio-demographics, activity participation and travel behavior. *Transportation Research part A: policy and practice*, 33(1), 1-18.
- Morales Flores, M. P. (2021). Efectos estructurales del tiempo de transporte y características socioeconómicas sobre el trabajo y el ocio en Chile.
- Olguín, J. E. (2008). Modelos De Uso De Tiempo Para El Gran Santiago.
- Palma, D., & Hess, S. (2022). Extending the Multiple Discrete Continuous (MDC) modelling framework to consider complementarity, substitution, and an unobserved budget. *Transportation Research Part B: Methodological*, 161, 13-35.
- Pellegrini, A., Pinjari, A.R., Maggi, R. (2021a). A multiple discrete continuous model of time use that accommodates non-additively separable utility functions along with time and monetary budget constraints. *Transp. Res. A* 144, 37–53.
- Pellegrini, A., Saxena, S., Pinjari, A., Dekker, T. (2019). Alternative non-additively separable utility functions for random utility maximization based multiple discrete continuous models. In: 6th International Choice Modelling Conference.
- Pinjari, A.R., (2011). Generalized extreme value (GEV)-based error structures for multiple discrete-continuous choice models. *Transp. Res. B* 45 (3), 474–489.
- Pinjari, A.R., Bhat, C. (2010). A multiple discrete–continuous nested extreme value (MDCNEV) model: Formulation and application to non-worker activity time-use and timing behavior on weekdays. *Transp. Res. B* 44 (4), 562–583.
- Rubio, E. (2016). Desigualdades laborales: El empleo y la calificación de la mano de obra en Chile (No. 446). *Centro de Estudios Públicos*.

Song, I., Chintagunta, P.K. (2007). A discrete–continuous model for multicategory purchase behavior of households. *J. Mar. Res.* 44 (4), 595–612.

Valenzuela, E. (2022). Dataset merging and twin generation of Concepcion’s time-use data through machine learning.

## CAPÍTULO 7: ANEXOS

### 7.1 Anexo A: Clasificación de actividades por concepto

Tabla 7.1: Clasificación de actividades por concepto (continua en la próxima página)

<b>Viaje</b>	Tiempo dedicado a trasladarse de un lugar a otro por cualquier medio
<b>Trabajo</b>	Tiempo dedicado a trabajar fuera del hogar
<b>Educación</b>	Tiempo dedicado a la asistencia a la institución de aprendizaje
	Tiempo dedicado a participar en clases extracurriculares
	Tiempo dedicado a hacer tareas e investigaciones fuera de la escuela
<b>Recreación</b>	Tiempo dedicado a hablar con amigos, parejas o familiares
	Tiempo dedicado a practicar alguna forma de arte
	Tiempo dedicado a jugar cualquier tipo de juegos
	Tiempo dedicado a hacer deporte
	Tiempo dedicado a la lectura
	Tiempo dedicado a ver la televisión
	Tiempo dedicado a escuchar la radio
Tiempo dedicado a navegar por la web	
<b>Quehaceres</b>	Tiempo dedicado a cocinar para los miembros del hogar
	Tiempo dedicado a poner la mesa del comedor
	Tiempo dedicado a limpiar la mesa del comedor
	Tiempo dedicado a limpiar la cocina y lavar los platos
	Tiempo dedicado a limpiar la casa
	Tiempo dedicado a clasificar y tirar la basura
	Tiempo dedicado al lavado de ropa
	Tiempo dedicado a secar y recoger la ropa
	Tiempo dedicado a reparar ropa y zapatos
	Tiempo dedicado a llevar y recoger ropa de los servicios de lavandería
	Tiempo dedicado a reparar o instalar elementos menores en la casa
	Tiempo dedicado a reparar o instalar las principales características de la casa
	Tiempo dedicado a llevar el coche al taller de reparación
	Tiempo dedicado a reparar o lavar el coche
	Tiempo dedicado a hacer pagos relacionados con el hogar
	Tiempo dedicado a planificar los gastos del hogar
	Tiempo dedicado a la compra de comestibles y artículos de limpieza
Tiempo dedicado a comprar ropa	
Tiempo dedicado al cuidado de mascotas domésticas	
Tiempo dedicado al cuidado de las plantas del hogar	

Tabla 7.1: Clasificación de actividades por concepto

<b>Salud</b>	Tiempo dedicado a dormir
	Tiempo dedicado a bañarse y vestirse
	Tiempo dedicado a desayunar
	Tiempo dedicado a almorzar
	Tiempo dedicado a comer "once"
	Tiempo dedicado a cenar
	Tiempo dedicado a citas médicas y exámenes de salud
<b>Otro</b>	Tiempo dedicado a visitar el cementerio
	Tiempo dedicado a ir a la peluquería
	Tiempo dedicado a la iglesia
<b>Hogar</b>	Considera todas las actividades de Trabajo, Educación, Recreación, Quehaceres y Salud, pero realizadas en el hogar

Fuente: Elaboración propia

## 7.2 Anexo B: Variables y características sociodemográficas

Tabla 7.2: Variables de control

<b>Características del individuo</b>		<b>Definición</b>
<b>Edad</b>		Discreta, edad del individuo
<b>Genero</b>	Hombre (base: mujer)	Binaria, 1 si es hombre; 0 eoc
<b>Nivel educacional</b>	Básica	Binaria, 1 si posee estudios de básica completa; 0 eoc
	Media	Binaria, 1 si posee estudios de media completa; 0 eoc
	Técnica	Binaria, 1 si posee estudios técnicos completos; 0 eoc
	Universitaria	Binaria, 1 si posee estudios universitaria completos; 0 eoc
	Sin estudios	Binaria, 1 si no posee estudios; 0 eoc
<b>Remunerado</b>		Binaria, 1 si no posee remuneración; 0 eoc
<b>Licencia de conducir</b>		Binaria, 1 si posee licencia de conducir; 0 eoc
<b>Vínculo con el Hogar</b>	Dueño de casa	Binaria, 1 si es el dueño de casa; 0 eoc
	Esposo/a	Binaria, 1 si es la esposa/o del dueño de casa; 0 eoc
	Otro miembro	Binaria, 1 si es miembro y no esposo/a del dueño de casa; 0 eoc
<b>Características del hogar</b>		
<b>Tamaño de hogar</b>		Discreta, número de miembros en el hogar
<b>Nivel de ingresos</b>	Bajo	Binaria, 1 si su ingreso es menor a \$400.000; 0 eoc
	Medio	Binaria, 1 si su ingreso esta entre \$00.000 y \$1.200.000; 0 eoc
	Alto	Binaria, 1 si su ingreso es superior a \$1.200.000; 0 eoc
<b>Número de vehículos</b>		Discreta, numero de vehículo en el hogar

Fuente: Elaboración propia

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA  
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

<b>Departamento:</b>	Departamento de Ingeniería Industrial
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Civil Industrial
<b>Nombre del memorista:</b>	Pedro Pablo Vergara Bonilla
<b>Título de la memoria:</b>	Estimación de un modelo múltiple discreto-continuo que permita describir el uso de tiempo y los efectos de complementariedad y sustitución entre actividades de los habitantes del Gran Concepción.
<b>Fecha de la presentación oral:</b>	
<b>Profesor Guía:</b>	Sebastián Astroza Tagle
<b>Profesor Revisor:</b>	Cristian Mardones
<b>Concepto:</b>	
<b>Calificación Resumen:</b>	

**Resumen**

El presente propone estimar un modelo econométrico en base al formulado por Hess y Palma (2019) con el objetivo de analizar la asignación de tiempo a diferentes actividades de las personas del Gran Concepción, Chile. Para el análisis se utilizó una fuente de datos generada a partir de Encuesta Origen Destino (EOD) y la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) aplicadas en el año 2015.

El estudio comprende un análisis descriptivo del conjunto de datos considerando características socioeconómicas y demográficas individuales y del hogar, descripción de viajes y de uso del tiempo.

En cuanto a los resultados, el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar dejan en claro que variables como el género, edad, nivel de ingresos, entre otras pueden ser determinantes sobre el uso del tiempo. Respecto a la complementariedad y sustitución, es evidente los efectos de complementariedad entre los viajes y el resto de las actividades y de sustitución en las demás actividades. Por último, las pruebas de representatividad de los modelos evidencian que las variables socioeconómicas y demográficas del individuo y del hogar no son capaces de explicar adecuadamente la asignación de tiempo, sin embargo, al ser un modelo explicativo y no predictivo, cumple con demostrar el efecto de las variables socioeconómicas y demográficas.