

MODELACIÓN DE LAS FRONTERAS DEL BARRIO CAMINABLE CON MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA

Ignacio Guimpert, Pontificia Universidad Católica de Chile, iaguimpert@uc.cl

Ricardo Hurtubia, Pontificia Universidad Católica de Chile, rhg@ing.puc.cl

RESUMEN

La noción de barrio caminable es fundamental para el desarrollo de políticas públicas en diversas áreas. Involucra la caminata, la definición de barrio y la accesibilidad. Este trabajo busca responder la pregunta ¿Cómo impactan los elementos del uso de suelo y su distribución espacial en un área urbana a la percepción del límite de barrio caminable de sus habitantes? Se presentan resultados preliminares obtenidos a partir de una encuesta piloto que utiliza una técnica novedosa para la identificación del “barrio caminable” de un individuo. A partir de los resultados, se concluye la importancia de la distancia interactuada con el perfil social del individuo y la atractividad de los lugares a los que se desplaza.

Palabras claves: Barrio, Caminata, Accesibilidad

The notion of walkable neighborhood is fundamental for the development of public policies in several areas. Involves the walk, neighborhood definition and accessibility. This paper seeks to answer the question How do the elements of land use and its spatial distribution in an urban area affect the perception of the walkable neighborhood limit of its inhabitants? Preliminary results are obtained from a pilot survey that uses a novel technique for the identification of the "walkable neighborhood" of an individual. From the results, we conclude the importance of the distance interacted with the social profile of the individual and the attractiveness of the places to which he moves.

Keywords: Neighborhood, Walking, Accessibility

1 INTRODUCCIÓN

La planificación urbana se practica en distintos niveles, desde decisiones tomadas por el Estado a decisiones de organizaciones vecinales. En cualquiera, siempre habrá proyectos que involucren la noción de barrio. La construcción de áreas verdes, el posicionamiento de paraderos de transporte público o dónde convocar a los vecinos son ejemplos que, implícita o explícitamente, inciden en un barrio. Un ejemplo de esto corresponde al programa “Yo quiero mi barrio” del gobierno de Chile (MINVU, 2017). Distintos autores han buscado definir este concepto. Lee (1968) señala que una de las grandes dificultades es aunar la concepción física y social que determina al concepto de barrio. Propone la concepción fenomenológica e intenta validarla a través de encuestas, asegurando así que por un lado se abarcara el aspecto físico, pues consta de una delimitación geográfica y por otro lado la parte social, siendo definida a partir de la percepción de los individuos. Aquella metodología, basada en definir barrio a través de las respuestas de los encuestados, es también realizada por otros autores, quienes solicitan a los individuos dibujar sobre un mapa la frontera que lo delimita (Keller, 1968; Downs y Stea, 1973; Guest y Lee, 1984; Coulton et al, 2001; Jenks y Dempsey, 2007; Smith et al, 2010)

En particular, hay autores que hablan del barrio caminable (Humpel et al, 2004; Wen et al, 2007; Smith et al, 2010). La ventaja de este concepto, por sobre la difusa idea general de barrio, es que es una forma objetiva de medir el área que un individuo identifica como su barrio, pues está acotado a viajes iniciados o finalizados en el hogar, solo a través del modo caminata. Además, la propiedad fenomenológica sigue cumpliéndose. La percepción de barrio caminable de un individuo depende de sus características, del sistema de uso de suelo, de hitos geográfico o culturales, y de la accesibilidad a distintas actividades simultáneamente, por lo tanto, está asociada a las decisiones de localización (Martinez, 1992) y movilidad (Geurs & van Wee, 2004). Es así, que conocer este concepto, también es conocer y explicar, implícitamente, el potencial del modo caminata. Por lo tanto, a través del barrio caminable, se pueden generar impactos en transporte (Handy & Clifton, 2001), salud (Smith et al, 2010; Heath et al, 2006; Owen et al, 2007), urbanismo (Saelens & Handy, 2008) e incluso desarrollo comunitario (Fadda & Cortés, 2015).

Este trabajo buscará crear un modelo y una herramienta que permitan definir y caracterizar un barrio caminable. Esto guiado a través de la pregunta ¿Cómo impactan los elementos del uso de suelo y su distribución espacial en un área urbana a la percepción del límite de barrio caminable de sus habitantes?

El impacto y aporte que significa la propuesta de este trabajo está asociado a dos tópicos fundamentales: la accesibilidad y la caminata. A través de la modelación del barrio caminable, se pueden obtener nuevas formas de comprensión de la accesibilidad a actividades. Por otra parte, los resultados también pueden ser usados para saber qué elementos incentivan la caminata a nivel barrial como modo de transporte (sustentable) utilizado para realizar actividades. Se espera que este trabajo pueda ser un aporte para las políticas públicas a través de estas conclusiones, por lo tanto, el principal objetivo es que los resultados estén alineados con esta idea, es decir, que la herramienta y modelo propuestos sean capaces de que, al ser utilizados, contribuyan socialmente.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: La sección 2 posee una revisión bibliográfica de los temas que están involucrados en esta investigación. La sección 3 detalla la metodología utilizada, en la sección 4 se explica el caso de estudio, la sección 5 los resultados y finalmente, la sección 6 posee las conclusiones de este trabajo.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta sección se describirá una revisión de literatura. La primera parte, describirá qué es la accesibilidad y cómo se relaciona con este estudio. La segunda parte, ahondará en la caminata, explicando cómo se ha estudiado y cómo se relaciona con el concepto de barrio. Finalmente, se explicará los trabajos que se han relacionado con la metodología de dibujar el límite barrial.

2.1 Accesibilidad

La accesibilidad es un término ampliamente usado en distintas áreas de estudio asociadas a la movilidad y localización urbana. En particular, Geurs y Van Wee (2004) hacen una revisión bibliográfica, destacando algunas definiciones como “el potencial de lugares para interactuar” (Hansen, 1959), “La facilidad con que cualquier actividad puede ser alcanzada desde una localización usando un sistema de transporte en particular” (Dalvi & Martin, 1976), entre otras. A partir de las distintas definiciones que pudieron hallar, definen este concepto en base a sus componentes: de transporte, individual, de uso de suelo y temporal. Handy y Clifton (2001) plantean la accesibilidad a nivel barrial y destacan la importancia de atributos asociados a la componente de transporte, como la distancia, topografía o variables asociadas al nivel de servicio de la infraestructura vial, como señalética o conectividad de las rutas. Cole et al (2006) abordan la componente individual, señalando las características del individuo serán determinantes en sus hábitos de caminata. Saelens y Handy (2008) hacen énfasis en la componente de uso de suelo, donde destacan cómo el entorno condiciona los hábitos de movilidad.

2.2 Caminata

La caminata es un tópico que se estudia desde distintas áreas académicas. Consta de actividad física, lo cual tiene implicancias en salud; es una forma de movilización, lo cual impacta en el sistema de transporte; también implica muchas veces la interacción de individuos en la calle, lo cual puede ser abarcado desde las ciencias sociales y, por último, se desarrolla en un espacio urbano, lo cual involucra a los estudios urbanos. Lee y Moudon (2004) señalan que la mayor cantidad de viajes en el modo caminata se realizan en el barrio, por lo tanto, hay una estrecha relación entre el vecindario y la caminata. Handy et al (1998) estudian la frecuencia de caminata a nivel barrial, descubriendo que la iluminación, presencia de gente en las calles y seguridad son variables fundamentales que inciden en la decisión de caminar, lo cual demuestra esta estrecha relación entre barrio y caminata.

Existe vasta literatura que busca identificar los factores que influyen en la caminata. Noland et al (2011), a partir de modelos *probit* y *logit* binario buscan explicar la frecuencia de caminata, descubriendo en particular que la posesión de perro es una variable muy relevante al momento de modelar. Clifton (2001) busca determinar si se puede usar la construcción de comercio local como estrategia para reducir el uso del automóvil bajo la hipótesis de que esto aumentaría los viajes a pie. Para responder a esta pregunta, mediante regresiones lineales, modela la frecuencia de caminata. Larrañaga et al (2016) también buscan explicar la caminata, para esto, utilizan un modelo de variables latentes y un *logit* ordenado, con lo cual descubren que hay variables significativas como la densidad vial y poblacional. Otro estudio, asociado al mundo de la salud, realizado por Cole et al (2006) encuentra que hay atributos propios del individuo fundamentales en la caminata, como la edad, el sexo e incluso el nivel socioeconómico. Otros estudios asociados a cómo el

entorno construido incide en la caminata corresponden a Leslie et al (2007), Brownson et al (2009), Greenwald et al (2001), Matley et al (2000) y Saelens y Handy (2008).

2.3 Límite barrial

Uno de los primeros autores que busca definir barrio a partir de la percepción de los individuos es Lee (1968). En su trabajo, realizó una encuesta donde solicitó a los individuos dibujar en un mapa la frontera que delimita su barrio. Su análisis consistió en describir la muestra, haciendo énfasis en el comercio inmerso en el área, la extensión del área y las características de los individuos. Smith et al (2010), desde el área de la salud y Jenks y Dempsey (2007), desde el urbanismo, utilizan la misma metodología, con la intención de describir el barrio caminable y así crear una herramienta que permita comprender los hábitos de caminata en el entorno barrial. Uno de los objetivos del análisis que hacen, es comparar lo declarado por las personas con buffers de distinta amplitud y así obtener una aproximación de la distancia que mejor podría describir a un barrio. Coulton et al (2001), desde el área de la psicología, llevan a cabo el mismo procedimiento, pero esta vez con el objetivo de comparar los barrios declarados por la gente y los usados como zonas censales en la ciudad de Cleveland, USA, concluyendo que ambos difieren significativamente y que para caracterizar un barrio es necesario conocer la perspectiva de sus habitantes. Otros estudios que han sido desarrollados con la misma metodología corresponden a Downs y Stea (1973), desde la psicología, Guest y Lee (1984) y Keller (1968) desde la sociología. Uno de los aspectos que destacan de esta metodología, es que ha sido aplicada en variadas áreas, lo que significa que la pregunta que se busca responder es totalmente interdisciplinaria.

3 METODOLOGÍA

3.1 Premisas

Para responder a la pregunta central de este trabajo se utiliza una metodología empírica. Esto quiere decir que la investigación se basa en la percepción de individuos, tal como la reportan ellos. Por lo tanto, se propone una modelación tal que, a partir de la información declarada, permita obtener resultados respecto qué elementos influyen, y en qué magnitud, en la decisión de caminar desde o hacia sus hogares y en su entorno barrial inmediato.

Lo anterior establece una premisa fundamental para este trabajo; La percepción de la extensión del barrio caminable y su frontera serán modelados como una decisión y en particular, una decisión sobre el espacio. Esto quiere decir, que cada individuo escoge en cada punto si este pertenece o no a su barrio caminable. Esto justifica discretizar el espacio, utilizando una grilla compuesta de $M_1 \times M_2$ celdas donde cada una concentra toda la información correspondiente a su área. Esto a su vez provoca que la decisión de cada individuo sobre cada punto en el espacio se transforme en una decisión sobre cada celda, donde esta pertenece, o no, a su barrio caminable.

La figura 1 muestra un extracto de la ciudad de Santiago, donde se observa la red vial y sobre ésta una grilla con celdas cuadradas de lado 100 metros y con $M_1 = 25$ y $M_2 = 42$. Las celdas coloreadas indican que allí el individuo decidió hacerlas parte de su barrio caminable. El polígono que define el barrio es, entonces, determinado por el individuo encuestado, en función de su propia percepción.

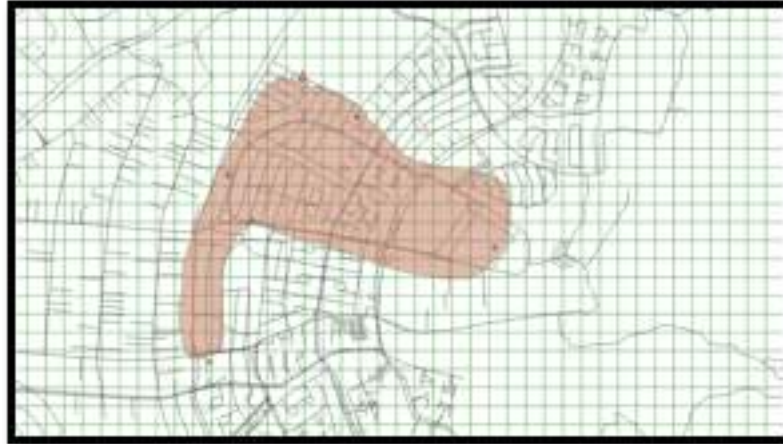


Figura 1: Barrio caminable de un individuo hipotético

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis

3.2 Modelación

Las dos alternativas para cada celda j en el proceso de elección corresponden a pertenecer o no al barrio del individuo n que tiene su residencia localizada en la celda i . Para esto usaremos el indicador c_{ijn} , que asume un valor igual a 1 cuando la celda j pertenece al barrio caminable declarado por el individuo n , de residencia ubicada en i , y 0 en caso contrario. El vector de decisiones de pertenencia sobre todas las celdas para n se denomina C_n . En base a la teoría de utilidad aleatoria (McFadden, 1974; Domencich & McFadden, 1975) la decisión c_{ijn} , sobre la celda j por parte del individuo n con residencia en i le reporta una utilidad B_{ijn} . El individuo decidirá que una celda j es parte de su barrio si se cumple la siguiente condición:

$$B_{ijn}(c_{ijn} = 1) \geq B_{ijn}(c_{ijn} = 0) \quad (1)$$

donde B_{ijn} es función del vector X_{ijn} , de elementos x_{ijn} , que contiene todas las variables asociadas al individuo n , a las celdas i y j , y a la interacción de todas estas variables. Se asume que hay una parte de la utilidad B_{ijn} que es modelable y dependiente de X_{ijn} y de los parámetros β_{ijn}^k asociados a cada variable y, además, un término de error o parte estocástica, ε_{ijn} , que representa la parte de la utilidad no observable. Esto provoca la siguiente relación:

$$B_{ijn} = U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k) + \varepsilon_{ijn} \quad (2)$$

Ahora, reemplazando (2) en (1):

$$U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k) + \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 1) \geq U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k) + \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 0) \quad (3)$$

Y al reescribir

$$U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k, c_{ijn} = 1) - U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k, c_{ijn} = 0) \geq \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 1) - \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 0) \quad (4)$$

No es posible conocer el valor de los términos de error, solo es posible modelar la probabilidad de la selección de alguna alternativa c_{ijn} . La expresión que refleja esto es:

$$P(c_{ijn} = 1) = P\left(U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k, c_{ijn} = 1) - U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijc}^k, c_{ijn} = 0)\right) \geq \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 1) - \varepsilon_{ijn}(c_{ijn} = 0) \quad (5)$$

Con esto, al asumir una cierta distribución para los términos de error, se pueden obtener distintas formas funcionales para la probabilidad.

Se observa que cada individuo toma tantas decisiones como celdas tenga la grilla que se utilice para modelar. Esto se conoce como efecto panel, donde se tendrán $M \times M \times N$ observaciones, con N el número de individuos observados o encuestados. Esto introduce un error de correlación en las respuestas, que si no es considerado en la modelación puede inducir a la estimación de parámetros sesgados. La forma de tratar esto es asumir que hay una correlación entre las decisiones de un mismo individuo y modelarla explícitamente mediante la incorporación de un término de error adicional (Revelt & Train, 1998).

Se asumirá que la parte observable de la utilidad tiene una forma lineal en los parámetros y, además, una constante asociada a la alternativa, individuo y celda. Esto es:

$$U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijn}^k, c_{ijn} = 1) = \beta_{ijn}^0(c_{ijn}) + \sum_{i,j,n} \sum_k \beta_{ijc}^k(c_{ijn}) * x_{ijn} \quad (6)$$

El efecto panel será representado agregando una variabilidad estocástica, específica para cada individuo, asociada a la constante. Por lo tanto, el término β_{ijc}^0 dejará de ser determinístico y poseerá una distribución normal con media ϕ y desviación γ . De este modo, la ecuación (6) se verá de la siguiente forma:

$$U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijn}^k, c_{ijn}) = \beta^0(\phi_i|\gamma_i, c_{ijn}) + \sum_{i,j,n} \sum_k \beta_{ijc}^k(c_{ijn}) * x_{ijn} \quad (7)$$

Ahora, se asume que los errores son independientes y distribuyen idénticamente valor extremo tipo 1 (EV1 por sus siglas en inglés) con media cero y desviación estándar σ , la cual se relaciona con el parámetro de escala μ . Gracias a esto, la probabilidad de que el individuo n tome la decisión c_{ijn} en la celda j estará dada por el modelo *logit* mixto o en inglés *mixed multinomial logit* (MMNL) (Boyd & Mellman, 1980; Cardell & Dunbar, 1980).

$$P_{ijn}(c_{ijn}) = \int L_{ijc}(\beta^0(c_{ijn})) f(\beta^0(c_{ijn})) d\beta_{ijn}^0(c_{ijn}) \quad (8)$$

Donde $L_{ijc}(\beta^0(c_{ijn}))$ corresponde a la ecuación del logit multinomial (MNL), dada por:

$$L_{ijc}(\beta^0(c_{ijn})) = \frac{e^{U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijn}^k, c_{ijn})}}{\sum_{c'_{ijn}} e^{U_{ijn}(X_{ij}|\beta_{ijn}^k, c'_{ijn})}} \quad (9)$$

Además, $f(\beta^0)$ corresponde a la función de densidad de β^0 , por lo tanto, la integral de la ecuación (8) evalúa la probabilidad $L_{ijc}(\beta^0)$ para todos los valores de β^0 y la multiplica por la probabilidad de tener cada uno de dichos valores de β^0 .

Posterior a esto, la forma de estimar los parámetros se basa en diferencias, por lo tanto, todos los parámetros, cuando $c_{ijn} = 0$, que corresponden a “no pertenece a la celda”, se fijan con valor igual a cero (Ortuzar & Willumsen, 2011). Con esto, la ecuación (9) se transforma en lo siguiente:

$$L_{ij}(\beta_{ij}^0) = \frac{e^{U_{ijn}(x_{ij}|\beta_{ijn}^k)}}{1 + e^{U_{ijn}(x_{ij}|\beta_{ijn}^k)}} \quad (10)$$

En conclusión, para este trabajo, se utilizará un modelo Logit Mixto Binario con Efecto Panel.

Debido a la aleatoriedad de β_{ijn}^0 y a que se debe resolver una integral, lo cual es muy costoso computacionalmente, se utiliza la técnica descrita en Train (2003) y Ortuzar y Willumsen (2011) en que, mediante simulación de Montecarlo, se escogen R valores para β^0 . Estos valores son promediados, transformando la ecuación (8) a lo siguiente:

$$\overline{P}_{ijn} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R L_{ij}(\beta_r^0) \quad (11)$$

Para estimar los parámetros se ocupa la técnica de maximización de verosimilitud, que consiste en encontrar los valores de parámetros para los cuales se maximiza la probabilidad de ocurrencia de los eventos observados. Para esto, se define la función simulada de logverosimilitud, dada por:

$$SLL = \sum_{n=1}^N \sum_{c_{ijn}=0}^1 d_{ijn} \ln(\overline{P}_{ijn}) \quad (12)$$

Donde d_{ijn} vale uno si el individuo n toma la decisión c_{ijn} y cero en otro caso. El mecanismo de estimación de parámetros consiste en maximizar (12).

3.3 Variables a utilizar

El conjunto de variables que serán utilizadas en la modelación, asociados al individuo n , celda i y celda j son:

E_{in} : Edad del individuo n ubicado en la celda i .

H_{in} : Tamaño del hogar del individuo n ubicado en la celda i .

$Mujer_n$: Variable muda que vale uno si el individuo n es de género femenino y cero en otro caso.

$M1_{in}$: Modo de transporte que más utiliza el individuo n en una semana habitual

t_{pub}_n : Variable muda que vale uno si n utiliza el transporte público como modo de transporte principal y cero en otro caso

U_i^{com} : Área dedicada al uso de suelo comercio en la celda i .

U_i^{arv} : Área dedicada al uso de suelo áreas verdes en la celda i .

U_i^{equ} : Área dedicada al uso de suelo áreas verdes en la celda i .

d_{ij} : Distancia entre las celdas i y j .

Cabe recalcar que se pueden utilizar muchas más variables, pero para esta versión preliminar solo serán utilizadas estas.

4 CASO DE ESTUDIO

4.1 Descripción de la muestra

Con el fin de probar de forma preliminar la modelación planteada y la herramienta creada, se realizó una encuesta piloto a 15 personas. Estas fueron contactadas a través de redes sociales, por lo tanto, hay un claro sesgo debido a que todos pertenecen a la misma red de contactos. Sin embargo, el objetivo de este trabajo no es mostrar resultados concluyentes, más bien, es mostrar que la herramienta funciona. Esta se realizó mediante una aplicación para Android desarrollada especialmente para este propósito. En el apéndice se encuentra la lista de preguntas que se realizó a cada individuo e imágenes de la encuesta utilizada.

La figura 2 muestra en simultáneo tres imágenes, la izquierda superior corresponde al área de delimitación, la derecha superior, al área de delimitación con la grilla superpuesta y la que está abajo, posee el área de delimitación con los nombres de las calles. La figura 3 muestra la distribución espacial de los encuestados en el área de análisis. Los barrios caminables de los encuestados se pueden ver en la figura 4. Los encuestados tienen en promedio 33 años, la ocupación promedio de las viviendas de los encuestados corresponde a 3.3 personas por hogar, con 1.4 autos y 1.6 bicicletas por hogar.

Para la grilla, se tiene que el lado de cada celda corresponde a 100 metros, $M_1 = 46$ y $M_2 = 56$

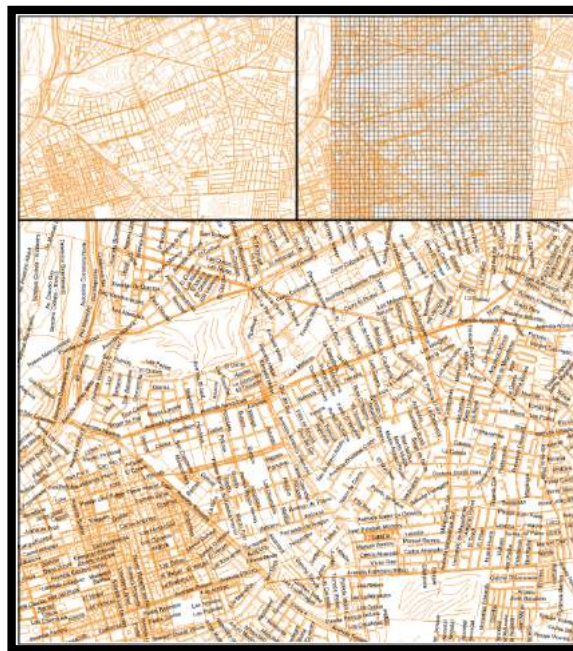


Figura 2: Imágenes de delimitación geográfica de estudio (Arriba izquierda: Red vial; Arriba derecha: Red vial con grilla superpuesta; Abajo: Red vial con nombres de calles)

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis* y *OpenStreetMaps*(2017)



Figura 3: Distribución espacial de la muestra

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis* y *OpenStreetMaps*(2017)



Figura 4: Barrios caminables de la muestra

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis* y *OpenStreetMaps*(2017)

En lo que respecta a la información de los barrios de los individuos, estos tienen un área promedio de 2.54 Km^2 con una desviación de 2.27 Km^2 , siendo el de menor valor de aproximadamente 0.1 Km^2 y el de mayor de 5.18 Km^2 .

4.2 Descripción del área de estudio

Se poseen dos fuentes de información para obtener los usos de suelo. Para áreas verdes, se utiliza OpenStreetMaps (2017), como herramienta de Qgis, y se consideran solo los polígonos que representan parques o plazas. A partir de estos, se obtiene el área que poseen y luego esta información es agregada a la grilla. Para todos los otros usos de suelo, se utiliza la información

entregada por el Sistema de Impuestos Internos (2017) a través de la Ley de Transparencia (Ley N°20.285), que consiste en la composición de todas las manzanas de las comunas pertenecientes al Gran Santiago.

A partir de esta información, se asignó a cada celda de la grilla la cantidad de metros cuadrados que posee para usos de suelo correspondientes a área verde, comercio, equipamiento (que considera salud, educación, culto y deporte), industria y habitacional. En particular, para el trabajo detallado en este artículo se usan solo los tres primeros. De la figura 5 a la 7, se puede visualizar cómo están distribuidos estos usos de suelo en el área de estudio.

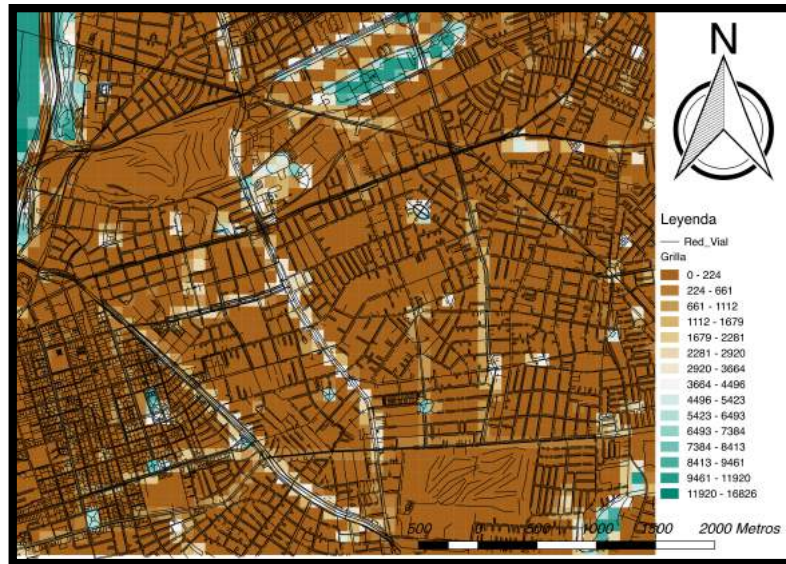


Figura 5: Visualización de metros cuadrados de áreas verdes en zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis*, *OpenStreetMaps*(2017) y SII(2017)

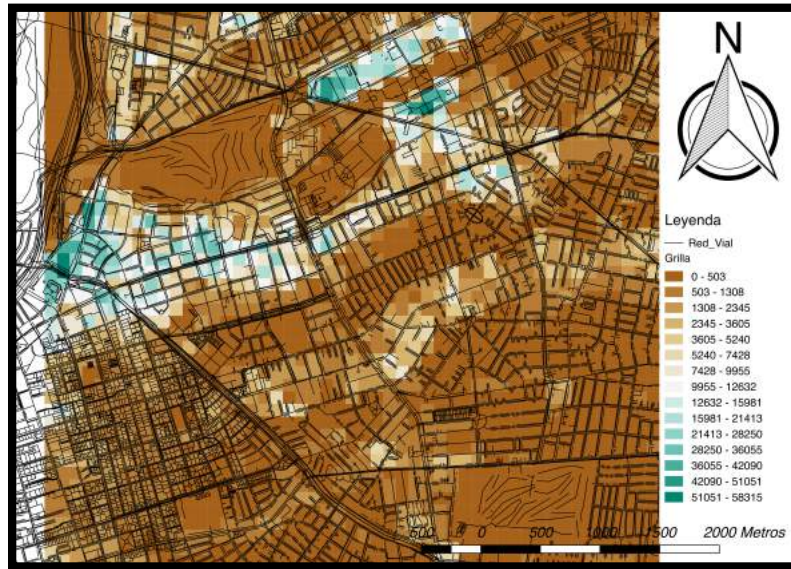


Figura 6: Visualización de metros cuadrados de comercio en zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis* y *OpenStreetMaps*(2017)) y SII(2017)

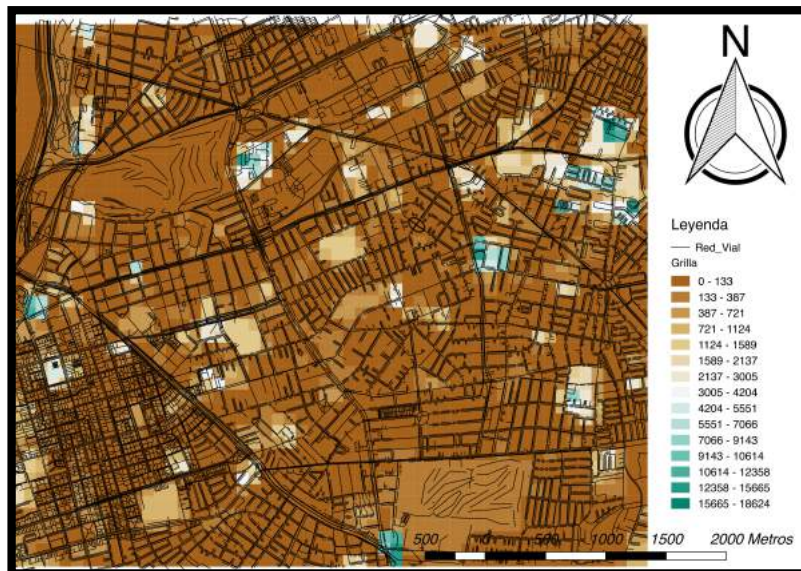


Figura 7: Visualización de metros cuadrados de equipamiento en zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de *Qgis*, *OpenStreetMaps*(2017) y SII(2017)

4.3 Estimación modelo

Para la estimación del modelo, se considera que en cada celda j , el individuo n (ubicado en i) toma la decisión $c_{ijn} = 1$ si el barrio que describe está superpuesto en la celda. Independiente de qué fracción comprenda de la celda, siempre la decisión será la descrita. Respecto a la decisión $c_{ijn} = 0$, se considerará que los individuos deciden solo sobre las celdas ubicadas a 200 metros o menos

de la frontera del barrio que describen. Es decir, se define un *buffer* de 200 metros para cada barrio y las celdas contenidas en dicho *buffer*, son en las cuales los individuos tomaron dicha decisión. La motivación tras este supuesto es que cuando un lugar no pertenece al barrio caminable, los puntos más alejados están imposibilitados de ser parte, pues este corresponde a un polígono convexo y continuo. Por lo tanto, si no se considerara así, se tergiversarían los resultados pues habría decisiones que no corresponden a una decisión, sino más bien a una restricción.

Se utilizan tres distintas especificaciones para la función de utilidad descritas a continuación:

Especificación 1:

$$U_{ijn} = \beta^0 + dist_{ij} * (\beta^1 + \beta^2 * Mujer_n) \quad (13)$$

Especificación 2:

$$U_{ijn} = \beta^0 + dist_{ij} * (\beta^1 + \beta^2 * Mujer_n) + \beta^3 * \frac{US_j^{com}}{dist_{ij}^2} + \beta^4 * \frac{US_j^{arv}}{dist_{ij}^2} \quad (14)$$

Especificación 3:

$$U_{ijn} = \beta^0 + dist_{ij} * (\beta^1 + \beta^2 * Mujer_n + \beta^5 * tpub_n) + \beta^3 * \frac{US_j^{com}}{dist_{ij}^2} + \beta^4 * \frac{US_j^{arv}}{dist_{ij}^2} + \beta^6 * \frac{US_j^{equ}}{dist_{ij}^2} \quad (15)$$

En todos los casos con $\beta^0 \sim N(\phi, \gamma)$.

La especificación 1 tiene como objetivo medir el impacto puro de la distancia, diferenciando por género. La especificación 2 considera dos nuevos parámetros que buscan considerar la accesibilidad a los usos de suelo comercio y áreas verdes. La especificación 3 considera un nuevo parámetro asociado a la accesibilidad a equipamiento y otro asociado a la distancia para personas que suelen desplazarse en transporte público. Para los parámetros de distancia se espera signo negativo, pues se espera que a mayor distancia menor probabilidad de que la celda sea parte del barrio caminable de un individuo.

5 RESULTADOS

5.1 Modelación

Para estimar los modelos, se utilizó la versión 2.2 del software *Biogeme*. Se utilizó $R = 100$. La tabla 1 posee los resultados.

	Valor (test – t)		
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
β^0 ó ϕ	3.49(25.03)	2.32(14.64)	2.96(22.93)

β^1	-0.00234(-24.68)	-0.00203(-19.95)	-0.00139(-14.8)
β^2	-0.000354(-2.48)	-0.000441(-2.26)	0.000353(3.06)
β^3		48.3(8.76)	51.6(9.39)
β^4	-	82.2(5.97)	80.7(5.82)
β^5	-	-	-0.00231(-17.43)
β^6	-	-	-22.9(-3.57)
γ	-1.85(-14.12)	-1.93(-12.76)	-1.94(-15.53)
Logverosimilitud	-3017.607	-2920.993	-2836.087
Rho – cuadrado ajustado	0.226	0.249	0.271
Parámetros estimados	4	6	8

Tabla 1: Valor de parámetros de modelos

Fuente: Elaboración propia

El test de verosimilitud, dado por el estadígrafo LR, está definido por la siguiente ecuación:

$$LR_{ij} = -2\{l_i^*(\beta) - l_j^*(\beta_r)\} \quad (16)$$

Donde el modelo j corresponde a una versión restringida del modelo i. Si la especificación del modelo j es correcta, el estadígrafo LR_{ij} distribuye asintóticamente χ^2 con r grados de libertad, con r el número de restricciones lineales (Ortuzar & Willumsen, 2011). Se tendrá que:

$$LR_{12} = 193.228 \text{ con } r = 2 \text{ y } \chi_{r;95\%}^2 = 5.9915$$

$$LR_{13} = 203.543 \text{ con } r = 4 \text{ y } \chi_{r;95\%}^2 = 7.8147$$

$$LR_{23} = 169.812 \text{ con } r = 2 \text{ y } \chi_{r;95\%}^2 = 5.9915$$

De esta manera, se acepta la hipótesis nula y las versiones restringidas de cada modelo son especificaciones correctas.

Para los modelos 1 y 2 la distancia tiene un efecto negativo en todos los casos, lo cual es coherente con lo esperado. En particular y uno de los principales resultados, es que el género establece diferencias en la percepción del barrio caminable, donde para las mujeres la distancia tendrá un mayor peso que para los hombres. En el modelo 3 sin embargo cambian los resultados, pues esta vez ser mujer tiene un efecto positivo que además es mayor en valor absoluto que β_1 y usar transporte público en mayor medida tiene un efecto negativo. Estos cambios no son coherentes con lo esperado. En los modelos 2 y 3, el comercio y las áreas verdes poseen una gran atraktividad, lo cual era esperable. En el modelo 3, el parámetro asociado a equipamiento tiene signo negativo, lo cual podría significar que los individuos de la muestra, en promedio, prefieren llegar en otros modos de transporte a este tipo de edificación. Sin embargo, la variable equipamiento comprende varios tipos de usos de suelo, por lo que se pierde precisión respecto a su atraktividad, por lo que tratar en detalle esta variable quedará pendiente.

5.2 Simulación

Para probar la herramienta, se posicionó a un individuo hipotético en una celda aleatoria y se calculó para cada celda la probabilidad de que esta pertenezca al barrio caminable de éste con el modelo 2. A partir de esto, es posible generar un mapa de calor, donde cada celda posee con un color asociado a la probabilidad que esta sea parte del barrio caminable del individuo.

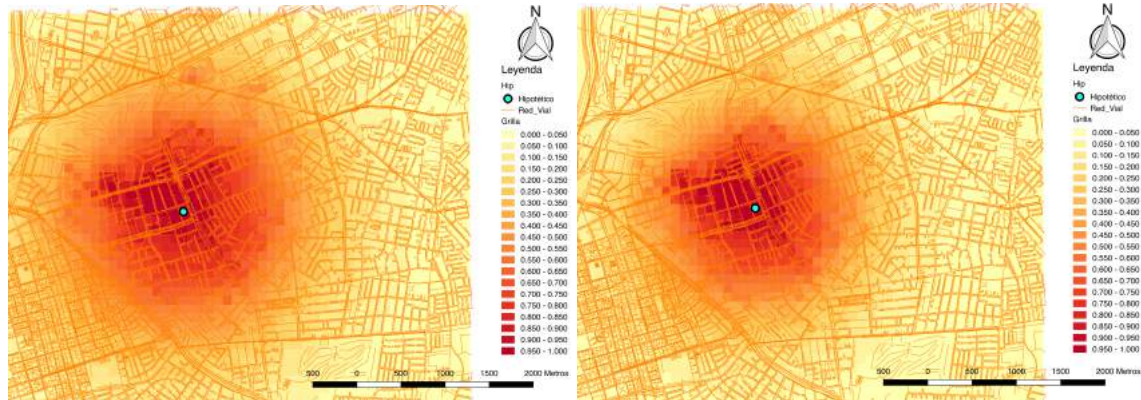


Figura 8: Mapa de calor del barrio caminable de dos individuos hipotéticos (izquierda hombre, derecha mujer)

Fuente: Elaboración propia a partir de Qgis y OpenStreetMaps(2017)

Los individuos de la figura 8 representan a una persona de género femenino(derecha) y masculino(izquierda). Los colores más oscuros representan mayores probabilidades de que la celda sea parte del barrio caminable del individuo.

6 CONCLUSIONES

A partir de los resultados es posible concluir que la herramienta es funcional y que la modelación permite extraer información respecto a lo que motiva a la gente a considerar un lugar parte de su barrio, lo que es equivalente a plantear que se puede conocer la atractividad de lugares. Con la simulación se confirmó la posibilidad de poder modelar el barrio.

Para continuar con esta investigación, se incluirán más variables de uso de suelo, en particular el desglose de la categoría equipamiento, que incluye colegios, salud, entre otros. Además, se incluirán más variables socioeconómicas, como ingreso y edad. También se agregarán variables latentes y otras que absorban fenómenos geográficos, como la presencia de barreras naturales (como grandes avenidas o ríos) y la correlación entre celdas continuas. Por otra parte, la encuesta se hará de forma más representativa, escogiendo áreas geográficas de otras partes de Santiago y que aporten mayor heterogeneidad a la muestra.

7 BIBLIOGRAFÍA

Ben-Akiva, M., Walker, J., Bernardino, A., Gopinath, D., Morikawa, T., & Polydoro-poulou, A. (2002). Integration of Choice and Latent Variable Models. *Perpetual motion: Travel behaviour research opportunities and application challenges*, 431-470.

- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models, *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland.
- Boyd, J. H., & Mellman, R. E. (1980). The effect of fuel economy standards on the US automotive market: an hedonic demand analysis. *ransportation Research Part A: General*, 14(5-6), 367-378.
- Cardell, N., & Dunbar, F. (1980). Measuring the societal impacts of automobile downsizing. *Transportation Research 14A(5-6)*, 423-434.
- Cole, R., Leslie, E., Bauman, A., Donald, M., & Owen, N. (2006). Sociodemographic variations in walking for transport and for recreation or exercise among adult Australians. *J Phys Activity Health*, 3:164-78.
- Contribuidores de OpenStreetMaps (15 de 5 de 2017). *Mapa recuperado de <https://planet.osm.org>*. Obtenido de OpenStreetMap: <http://www.openstreetmap.org/#map=12/-33.4544/-70.6242>
- Coulton, C. J., Korbin, J., Chan, T., & Su, M. (2001). Mapping resident's perceptions of neighborhood boundaries: A methodological note. *American journal of community psychology*, 371-383.
- Dalvi, M., & Martin, K. (1976). The measurement of accessibility: some preliminary results. *Transportation* 5, 17-42.
- Domencich, T., & McFadden, D. (1975). Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis. *North-Holland Publishing Company*.
- Downs, R. M., & Stea, D. (1973). Cognitive maps and spatial behavior: Process and products. *Image and environment*, 8-26.
- Fadda, G., & Cortés, A. (2015). Barrios. En busca de su definición en Valparaíso. *Asuntos Urbanos Nacionales*, 10(16), 50-59.
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of transport geography*, 127-140.
- Guest, A. M., & Lee, B. A. (1984). How urbanites define their neighborhoods. *Population & Environment*, 32-56.
- Handy, S. L., & Clifton, K. J. (2001). Evaluating neighborhood accessibility: Possibilities and practicalities. *Journal of transportation and statistics*, 4(2/3), 67-78.
- Handy, S. L., Clifton, K., & Fisher, J. (1998). The effectiveness of land use policies as a strategy for reducing automobile dependence: a study of Austin neighborhoods (No. SWUTC/98/465650-1.). *Southwest Region University Transportation Center, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin*.
- Handy, S., & Clifton, K. (2001). Local shopping as a strategy for reducing automobile travel. *Transportation* 28, 317-346.
- Hansen, W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners* 25 (1), 73-76.

- Heath, G., Brownson, R., & Kruger, J. (2006). The effectiveness of urban design and land use and transport policies and practices to increase physical activity: A systematic review. *L Phys Activity Health*, 55-71.
- Humpel, N., Marshall, A. L., Leslie, E., Bauman, A., & Owen, N. (2004). Changes in neighborhood walking are related to changes in perceptions of environmental attributes. *Annals of Behavioral Medicine*, 27(1), 60-67.
- Jenks, M., & Dempsey, N. (2007). Defining the neighbourhood: Challenges for empirical research. *The town planning review*, 78(2), 153-177.
- Keller, S. (1968). *The urban neighborhood: a sociological perspective*. New York: Random House.
- Lee, C., & Moudon, A. V. (2004). Physical activity and environment research in the health field: implications for urban and transportation planning practice and research. *Journal of planning literature*, 19(2), 147-181.
- Lee, T. (1968). Urban Neighbourhood as a Socio-Spatial Schema. *Human Relations*, 21(3), 241-267.
- Martinez, F. J. (1992). The bid—choice land-use model: an integrated economic framework. *Environment and Planning A*, 24(6), 871-885.
- Matley, T., Goldman, L., & Fineman, B. (2000). Pedestrian travel potential in Northern New Jersey: A metropolitan Planning organization's approach to identifying investment priorities. *ransportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1705), 1-8.
- McFadden, D. L. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in econometrics*, 105-142.
- Minvu (2017). *Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Gobierno de Chile - (Quiero Mi Barrio)*. [online] Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20070212164909.aspx [Accessed 15 Jun. 2017].
- Ortuzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport(4th ed. ed.)*. John Wiley & Sons.
- Owen, N., Cerin, E., Leslie, E., duToit, L., Coffee, N., Frank, L. D., . . . Sallis, J. F. (2007). Neighborhood Walkability and the Walking Behavior of Australian Adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 395.
- Revelt, D., & Train, K. (1998). Mixed logit with repeated choices: households' choices of appliance efficiency level. *Review of economics and statistics*, 80(4), 647-657.
- Saelens, B. E., & Handy, S. L. (2008). Built Environment Correlates of Walking: A Review. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(7 Suppl), S550.
- Sistema de impuestos internos (2017). *GobiernoTransparente*. [online] Available at: https://zeus.sii.cl/cvc_cgi/dfmun/dfmun_repGobierno.cgi [Accessed 15 May 2017].
- Smith, G., Gidlow, C., Davey, R., & Foster, C. (2010). What is my walking neighbourhood? A pilot study od English adults` definitions of their local walking neighbourhood. *International Journal of behavioral nutrition and physical activity*, 7(1), 34.

- Train, K. E. (2003). *Discrete choice methods with simulation*. San Francisco, California: Cambridge University Press.
- Wen, M., Kandula, N. R., & Lauderdale, D. S. (2007). Walking for transportation or leisure: what difference does the neighborhood make? *Journal of general internal medicine*, 22(12), 1674-1680.

8 APÉNDICE

8.1 Encuesta

Lista de preguntas:

- ¿Qué edad tiene?
- ¿Con qué género se identifica?
- ¿Cuál es su nivel educacional?
- ¿Cuál es su principal ocupación?
- ¿Posee usted licencia de conducir?
- ¿Posee tarjeta BIP?
- ¿Posee Pase Escolar o Pase de Adulto Mayor?
- ¿Cuántas personas residen en su hogar incluyéndolo a usted?
- ¿Cuántas personas son mayores de 65 años?
- ¿Cuántas personas son menores de 18 años?
- ¿Cuántas personas poseen licencia de conducir en su hogar incluyéndolo a usted?
- ¿Cuántos autos en condiciones de ser utilizados hay en su hogar?
- ¿Cuántas bicicletas en condiciones de ser utilizadas hay en su hogar?
- ¿Posee algún tipo de limitación física permanente que le dificulte o impida caminar?
- ¿Hay perro(s), como mascota, en su casa?
- ¿Con que frecuencia es sacado a pasear (por cualquier miembro del hogar)?
- ¿Cuál es la principal razón por la cual se desplaza en la ciudad en la semana anterior?
- ¿Cuál es el modo de transporte que más utiliza en una semana común y corriente?
- ¿Cuál es el segundo modo de transporte que más utiliza en una semana común y corriente?
- ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en su hogar?
- De las siguientes alternativas, ¿Cuál representa el rango donde se encuentra el ingreso total de su hogar (suma de todos los ingresos de quienes viven allí)?
- ¿Dónde vive usted? Marque la ubicación
- Marque la ubicación de amigos o familiares que visite caminando.
- Marque la ubicación de áreas verdes que visite caminando.
- Marque la ubicación de paraderos de micro, estaciones de metro o estacionamientos de bicis públicas a los que llegue (o desde los que llegue) caminando.
- Marque lugares donde vaya a comprar caminando por lo menos una vez al mes (compras de abastecimiento).
- ¿Hay algún otro lugar que visite caminando? (R: Restaurant, café, comida; E: Educación; S: Salud; D: Deportes; O: Otros)

- Dibuje la frontera de los lugares a los que llega caminando con regularidad, el contorno del área que define como su barrio caminable.

8.2 Imágenes aplicación

En la figura 9 se pueden ver dos imágenes de la aplicación. En cada una, se está haciendo una pregunta geográfica, en la primera, se solicita al encuestado marcar un punto, en la segunda, dibujar el barrio caminable.

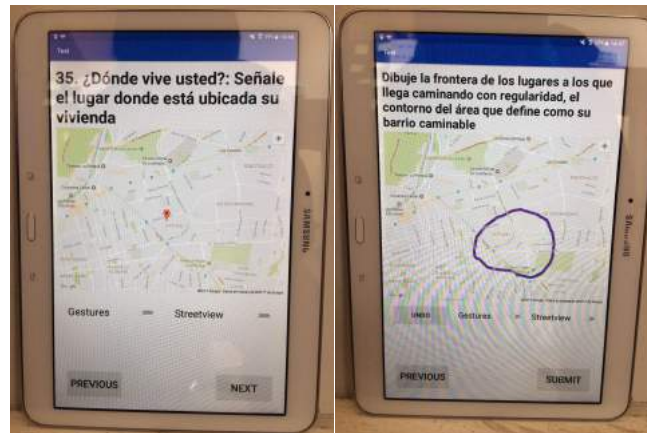


Figura 9: Imágenes de aplicación utilizada para este trabajo

Fuente: Elaboración propia