

Número 10
Octubre 2016

Hugo Contreras
Centro de Políticas Públicas,
Facultad de Gobierno
Universidad del Desarrollo

Accesibilidad Geográfica a los Locales de Votación Electoral: Uso de Sistemas de Información Geográfica y el Análisis de Redes para evaluar su localización y asignación

Resumen

En Chile, la selección de locales de votación no considera un criterio geográfico y la asignación de éstos al votante no considera, necesariamente, la cercanía al lugar donde habita. Este trabajo evalúa la actual distribución de locales y el acceso según la distancia entre estos y el domicilio de los electores. Para esto, se estudiaron en profundidad tres comunas de la Región Metropolitana: Pedro Aguirre Cerda, Macul y Estación Central. A partir de un modelo de localización-asignación se realizó una asignación óptima de los locales de votación a los electores de la comunas según el domicilio de éstos. Este modelo busca minimizar la distancia entre el domicilio del elector y el local asignado. Se observa que la distribución de locales difiere mucho de la óptima, lo que se traduce en una mayor desigualdad social.

1. Introducción

Un problema poco estudiado pero de radical importancia para la sociedad, es la determinación de la localización geográfica más adecuadas para los distintos tipos de equipamientos públicos y privados. La inadecuada ubicación de una escuela, de un hospital o de un vertedero de basuras, provoca gastos innecesarios, derivados de los traslados que el uso de estas instalaciones acarrea a la población demandante.

La localización de un equipamiento estará influenciada por la naturaleza del servicio y si este es de provisión pública o privada. En general, se busca el mejoramiento del acceso al servicio: reducir la suma del total de desplazamientos, mejorar parámetros de accesibilidad o evitar valores extremos.

Existen variadas técnicas de análisis para la planificación y gestión espacial (Moreno, 1995), las que se han planteado con el objeto de estimar una correcta localización de equipamientos. Los modelos matemáticos de localización-asignación, que permiten buscar las localizaciones más adecuadas para minimizar costos de transporte (o tiempo) son, posiblemente, los que entregan respuestas más precisas y adecuadas considerando, simultáneamente, criterios de eficiencia y de equidad espacial. Para estos modelos, la distancia y los costos de traslado aparecen como los principales factores a considerar al momento de evaluar diferentes configuraciones territoriales para la localización y asignación de equipamientos.

Las elecciones de autoridades son la expresión más común de las preferencias ciudadanas, a través de la elección de representantes (en el caso de la democracia representativa). En esta materia, importa conocer, por lo tanto, cuán próximos en términos espaciales, se encuentran los locales de votación de los hogares de los ciudadanos.

La asignación de los locales de votación electoral en Chile se realiza en base un orden de inscripción de los votantes, y no en base a consideraciones espaciales que minimicen el costo o el tiempo de traslado de los electores a dichas instalaciones. Es posible el tiempo o costo en el cual hay que incurrir para llegar a los locales sea un determinante de la abstención electoral. Por ello, la autoridad debiera evaluar si la asignación de locales es susceptible de mejoras en esos términos.

Existe bastante literatura que muestra el impacto de variables que facilitan o entorpecen (encarecen) la decisión de los votantes de ir a las urnas (Rosenstone y Wolfinger, 1978; Franklin, 2004; Caldeira, Patterson, y Markko 1985; Cox y Munger 1989; Kim, Petrocik, y Enokson 1975; Nagler 1991; Patterson y Caldeira 1983; Squire, Wolfinger, y Glasse, 1987; Wolfinger y Rosenstone, 1980; Knack, 1995; Franklin, 2001; Knack, 2001). Entre estas se encuentran las facilidades para la inscripción electoral en términos de requisitos de residencia, pago de impuestos, duración de la inscripción, días necesarios para inscribirse antes de la elección, día de la semana, cobertura de locales de inscripción, etc. Otras variables que afectan la decisión de votar se relacionan a las características o tipos de locales de votación, tales como escuelas o templos (Berger, Meredith and Wheeler, 2006). Menos exploradas, aunque no por ello menos importantes son las variables asociadas al acceso a locales de votación (Mills y Willow, 2001; Gimpel y Schuknecht, 2003; Dyck y Gimpel, 2005; Haspel y Knotts, 2005; Barreto, Cohen-Marks y Woods, 2009). En teoría, la dificultad de acceso a los centros físicos para ejercer el voto desincentivaría la participación, disminuyendo la probabilidad de que un ciudadano participe en los comicios.

2. Antecedentes

2.1 Asignación de locales de votación

Generalmente, las legislaciones o regulaciones electorales señalan los criterios que deben ser tomados en cuenta para la identificación y selección de los locales de votación correspondientes a una determinada área o demarcación electoral. La solución ideal de este sistema es contar con un número de locales de votación para cada demarcación electoral, que funcionen de forma eficiente, asignando un número óptimo de electores a cada uno de ellos. En la práctica, esto ocurre muy rara vez.

En Chile, la identificación y selección de locales de votación se realiza según lo señalado en la Ley 18.700 (Ley Orgánica Constitucional sobre Votaciones Populares y Escrutinios). En su Artículo 52, esta Ley señala que, con a lo menos, *“sesenta días de anticipación a la elección o plebiscito, el Servicio Electoral determinará, para cada circunscripción electoral, los locales de votación en que funcionarán las mesas receptoras de sufragios”*. Para esto, el Director Regional de Servicio Electoral solicita a la Comandancia de Guarnición *“un informe sobre los locales o recintos, estatales o privados, que sean más adecuados para el expedito funcionamiento de las mesas, la instalación de cámaras secretas y la mantención del orden público”*.

De acuerdo a la propuesta de la Comandancia de Guarnición, la Ley indica que el Servicio Electoral deberá preferir locales de carácter público, aunque esto solo *“en la medida que existan establecimientos suficientes para atender las necesidades para la instalación de las mesas de la circunscripción electoral que corresponda, considerando criterios de facilidad de acceso para los electores”*. También se dispone en la mentada Ley que, en caso de ser necesario, se podrá disponer establecimientos de propiedad privada, en tanto posean su estatus de establecimientos educacionales o deportivos. Por último, se

establece la posibilidad de utilizar bienes nacionales de uso público (parques), en tanto su tamaño permita el establecimiento mesas receptoras de sufragios.

Aunque la Ley es clara respecto de la importancia de que la selección de locales se realice tomando en consideración “*criterios de facilidad de acceso para los electores*”, no es claro que, en la práctica, la distribución espacial cumpla con dichos principios. En todo caso, incluso si los cumpliera, es interesante verificar si dicha distribución es susceptible de ser mejorada aun más.

3. Metodología

Para evaluar la localización y asignación de los locales de votación electoral, se utilizó como unidad de análisis las comunas del Gran Santiago, modelando específicamente las comunas de Pedro Aguirre Cerda, Macul y Estación Central. Esta elección particular de comunas se debió a que cada una de ellas podría considerarse como representativa de uno de los tres patrones de distribución de locales de votación (regular, aleatorio y agregado de acuerdo a Contreras *et al.*, 2016). Cualquier otra comuna de Santiago podría asimilarse, por tanto, a una de estas tres.

3.1 Geometría del Sistema

Un modelo de localización-asignación de equipamiento se define a partir de tres elementos. Estos son la demanda, que corresponde a personas/empresas que desean utilizar el servicio y que se encuentran distribuidas en el territorio; la oferta, que son los lugares donde se sitúan las instalaciones en las que se puede adquirir o usar los servicios; y la red de transporte (vías de comunicación y de relación entre oferta y demanda), por donde

se realizan los movimientos de las personas (a veces de los bienes) y que permiten poner en uso los equipamientos.

Para modelar la localización y asignación óptima de los locales de votación electoral, es necesario determinar la geometría espacial de la oferta, demanda y la red de transporte.

a) Distribución espacial de la demanda: La información demográfica, que conforma la base de cálculo de la demanda potencial, se basa en las manzanas urbanas del Censo de Población y Vivienda del año 2002 (INE, 2002). Los datos de demanda potencial de cada manzana se asignan, de manera georreferenciada, al centroide de cada una de ellas.

b) Distribución espacial de la oferta: En principio, la oferta siempre estará ligada a puntos concretos de una región, o sea, a los lugares concretos donde se ofrecen los diferentes servicios y bienes. En este caso, corresponde a los locales de votación asignados y utilizados por el Servicio Electoral de Chile (Servel) en las elecciones presidenciales y parlamentarias del año 2013.

c) Red de transporte: La red de transporte corresponde a elementos lineales (tramos), de modo que comuniquen cada punto de oferta y la demanda. Dicho esto, la red utilizada corresponde a la red de calles (vialidad) de las comunas evaluadas.

3.2 Análisis de Redes

El modelamiento se realizó con la extensión para el Análisis de Redes de ArcMap, del software ArcGis 10.3. En los tres casos (ofertas, demanda y red de transporte), se trabajó con información georreferenciada: Datum WGS1984, proyección UTM 19S.

En una primera instancia, se realizó una asignación sin restricción de distancia (modelo p-mediano, ver detalles en el Apéndice) entre la manzana y el local de votación más cercano. Dicho modelo asigna el local de votación más cercano a la vivienda, dentro de la comuna.

Adicionalmente, y considerando los principios de eficiencia y justicia espacial, bajo el supuesto de que no debiesen existir grandes diferencias geográficas en la posibilidad de usar el bien, se realizó un modelamiento espacial equidistante. En este caso se agrega al anterior la restricción de que no se supere cierta distancia (1000 metros o 500 metros) desde el domicilio de los electores a su local de votación (ver detalles del modelo p-mediano con restricción en Apéndice).

En ambos casos, el objetivo era encontrar una configuración que minimizara las distancias al local de votación.

Cabe señalar que la propuesta sólo considera como costo de desplazamiento entre la oferta y demanda (domicilio y local de votación) la distancia por la red de calles. Esto, bajo el supuesto que un elector podría ir a sufragar caminando. No se considera el tiempo de desplazamiento o el uso de otro medio de transporte. Tampoco se considera la capacidad de la oferta, o sea, la cantidad máxima de electores que es capaz de albergar un local de votación.

4. Resultados

Los resultados que a continuación se presentan corresponden a la asignación óptima elaborada a partir de la distribución de los locales de votación en las tres comunas identificadas: Pedro Aguirre Cerda, Macul y Estación Central. Para cada una de estas comunas se presentan cuatro cartografías.

1. Asignación sin restricción entre la manzana y el local de votación más cercano. El modelo asigna el local de votación más cercano a la vivienda, dentro de la comuna.

2. Asignación con restricción de 1.000 metros entre la manzana y el local de votación más cercano. El modelo asigna el local de votación más cercano a la vivienda, a una distancia no superior de 1.000 metros, dentro de la comuna.

3. Asignación con restricción de 500 metros entre la manzana y el local de votación más cercano. El modelo asigna el local de votación más cercano a la vivienda, a una distancia no superior de 500 metros, dentro de la comuna.

4. Propuesta de asignación. El modelo muestra una potencial oferta para la demanda no cubierta en el modelo que presenta una restricción de 500 metros entre la manzana y el local de votación más cercano, dentro de la comuna.

Respecto de esta última, para la propuesta de asignación, junto a la distribución de los locales de votación se presentan la distribución de establecimientos educacionales como una alternativa para la identificación y asignación de nuevos locales cuando la oferta no alcance para cubrir la demanda según la distribución de los locales o a las restricciones propuestas (distancias).

Cabe destacar que, en cada una de las cartografías presentadas, los iconos rojos cuyo centro corresponde a una estrella corresponden a los locales de votación, y en la propuesta de asignación, los triángulos a la oferta de establecimientos educacionales que podrían servir como nuevos locales.

Respecto de las asignaciones, señalar que para cada manzana se asume que en promedio, la totalidad de viviendas y habitantes de éstas están a una misma distancia de un local de votación. Por otro lado, que la asignación de un local a los habitantes de una manzana no se realiza sobre la base de una distancia euclidiana (distancia lineal) como se podría pensar, sino que se asigna en función de la red vial. Esta última es la que se optimiza y minimiza, asignando un local de votación. De acuerdo a esto, la grafica de cada cartografía

sólo muestra el local que se debiese a asignar a los habitantes de cada manzana, una vez optimizada la red vial.

4.1 Pedro Aguirre Cerda

En la Figura 1 se presenta la asignación óptima de locales de votación en la comuna de Pedro Aguirre Cerda de acuerdo al domicilio de sus electores.

Los locales de esta comuna presentan un patrón regular (distribución equidistante) y no se observan mayores diferencias en la distancia del domicilio de todos sus electores al local votación que potencialmente se le debiese asignar.

Del mismo modo, al restringir a una distancia máxima de 1.000 metros se observa similar patrón (Figura 2). No así al restringir la distancia a 500 metros. En este caso, la Figura 3 muestra un importante déficit de oferta, principalmente en la zona suroriente de la comuna. Según esto último, al restringir por 500 metros existiría una desigualdad social, pues con la actual distribución de locales, los electores de dicha zona incurrirían en un mayor gasto (distancia) para desplazarse a sufragar.

No obstante lo anterior, y como se observa en la Figura 4, existe capacidad en la comuna para asignar nuevos locales, pues hay escuelas suficientes (triángulos) distribuidas en toda la comuna y equi-distantes a todos los domicilios de los electores.

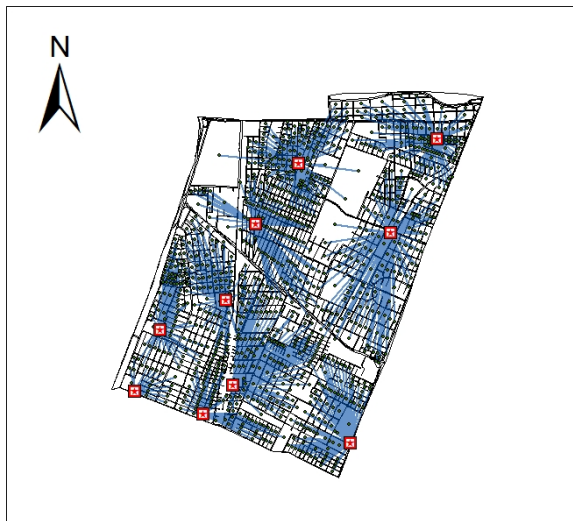


Figura 1. Distribución de locales de votación, Pedro Aguirre Cerda: Sin restricción.

Fuente: Elaboración propia.

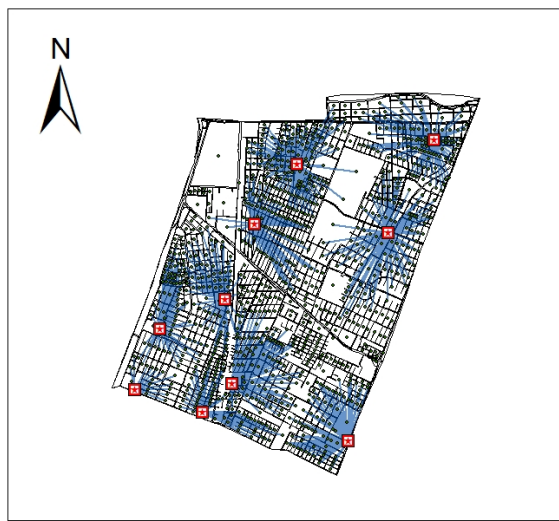


Figura 2. Distribución de locales de votación, Pedro Aguirre Cerda: Restricción 1.000 metros.

Fuente: Elaboración propia.

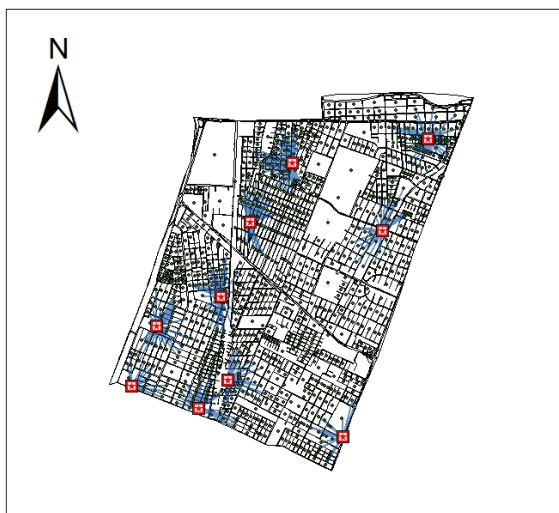


Figura 3. Distribución de locales de votación, Pedro Aguirre Cerda: Restricción 500 metros.

Fuente: Elaboración propia.

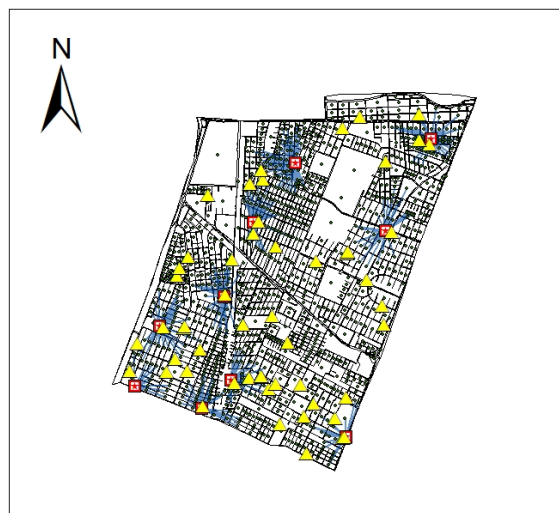


Figura 4. Distribución de locales de votación, Pedro Aguirre Cerda: Propuesta oferta.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Macul

En la Figura 5 se presenta la distribución de locales de la comuna de Macul, a los que se ha asignado la población de votantes de manera óptima (minimizando la distancia). Al ser ésta una comuna que presenta una distribución aleatoria de sus locales, o sea que no presenta un patrón definido, se observan diferencias en las distancias desde el domicilio de sus electores a los locales de votación asignados. En dicha figura se observa que electores que habitan en la periferia de la comuna se desplazarían mayores distancias para sufragar.

En la Figura 6 y Figura 7 se presenta la asignación de locales restringiendo distancia. Al restringir por 1.000 metros se observa que los electores de la periferia de la comuna no tienen un local asignado, por lo que se desplazarían una mayor distancia para sufragar (Figura 6). Al restringir por 500 metros de distancia la desigualdad se hace aun mayor. Se observa la gran cantidad de electores que no tienen asignado un local de votación. Esto demuestra que asignar sin restricción genera una gran desigualdad entre los habitantes de la comuna, por lo que se hace necesario una redistribución o asignación de nuevos locales para sus electores (Figura 7).

De acuerdo a lo anterior, la Figura 8 muestra que existen establecimientos educacionales (triángulos) para cubrir la demanda cuando se quiere restringir la distancia y realizar una asignación de locales de votación equi-distante al domicilio de sus electores.



Figura 5. Distribución de locales de votación, Macul: Sin restricción.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Distribución de locales de votación, Macul: Restricción 1.000 metros.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Distribución de locales de votación, Macul: Restricción 500 metros.
Fuente: Elaboración propia.

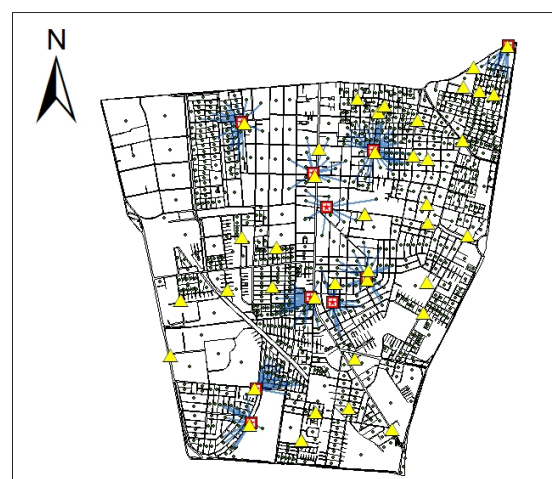


Figura 8. Distribución de locales de votación, Macul: Propuesta oferta.
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Estación Central

En la Figura 9 se presenta la asignación óptima de locales de votación en la comuna de Estación Central de acuerdo al domicilio de sus electores. Como se observa, a partir de la distribución de sus locales, existiría una notoria diferencia, en distancia, entre electores que viven en el centro de la comuna respecto de quienes viven en la periferia.

En la Figura 10 y Figura 11 se observa la asignación que minimiza la distancia entre el domicilio y el local de votación, a 1.000 y 500 metros, respectivamente. Como señala Conteras et al., (2016) la comuna de Estación Central presenta una distribución agregada (concentrada) de sus locales de votación. Esto implica una no equidad en la distancia desde los domicilio de los electores a los locales de votación, lo cual queda de manifiesto en el presente análisis y que se acrecienta aún más cuando se fija una distancia máxima de 500 metros.

Como la concentración se presenta al centro de la comuna, se observa que, de asignarse los locales en función de la cercanía y distancia al domicilio, dicha comuna presentaría un fuerte déficit de oferta en su periferia. Esto genera una desigualdad social y espacial en la comuna, puesto que no hay locales distribuidos uniformemente, para que todos sus electores, presenten similar distancia desde su domicilio para ejercer el derecho a voto.

Finalmente, en la Figura 12 se presenta una propuesta de locales de votación que satisfaga la demanda no cubierta. Como se observa, existen suficientes establecimientos educacionales (triángulos) para distribuidos en el territorio para realizar una equi-distribución y asignación de locales de votación dentro de la comuna. Ahora, si bien en el límite norponiente no existen establecimientos educacionales, en dicha área podría ser otra la infraestructura que preste el servicio, por ejemplo al club social o deportivo.

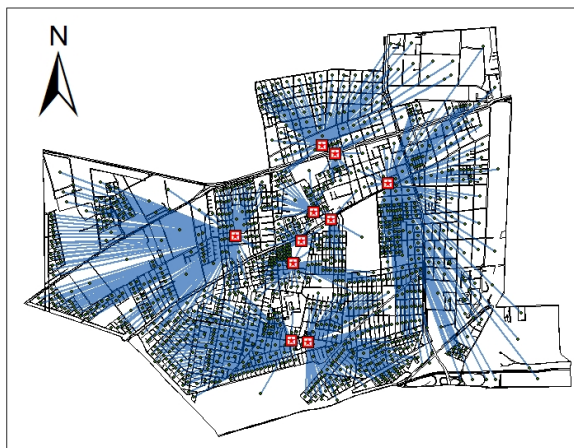


Figura 9. Distribución de locales de votación, Estación Central: Sin restricción.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Distribución de locales de votación, Estación Central: Restricción 1.000 metros.

Fuente: Elaboración propia.

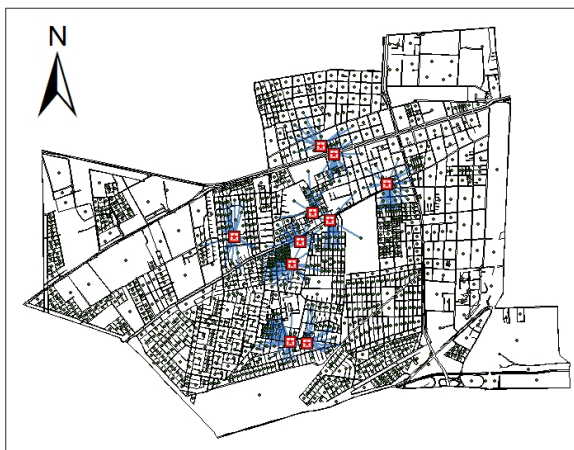


Figura 11. Distribución de locales de votación, Estación Central: Restricción 500 metros.

Fuente: Elaboración propia.

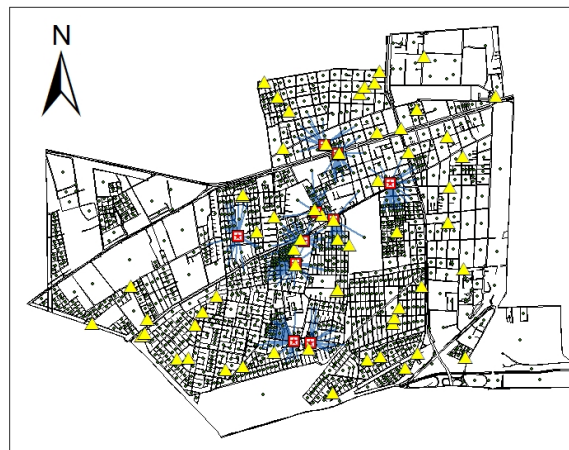


Figura 12. Distribución de locales de votación, Estación Central: Propuesta oferta

Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión y conclusiones

Los Sistemas de Información Geográfica junto a los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial son herramientas útiles para la planificación y gestión territorial, específicamente para la evaluación y localización de equipamientos.

El presente análisis es una evaluación teórica de cómo debiese ser la asignación óptima de locales de votación, tomando en consideración la distancia desde el domicilio al local.

El Servicio Electoral tiene la capacidad de seleccionar como locales de votación y asignar establecimientos de carácter público así como de propiedad privada, en tanto posean su estatus de establecimientos educacionales o deportivos. Para esto, existe un buen número de establecimientos públicos y privados que permita distribuir uniformemente la oferta de locales de una comuna, asignando de manera equidistante un local de votación a cada elector según su domicilio.

El sistema de asignación de locales de votación debiese considerar criterios de acceso para los electores. Un aspecto central debiera ser la distancia promedio entre domicilio del elector al local asignado. De no ser así, entonces podríamos encontrarnos con una distribución que generaría un cuadro de desigualdad política y eventualmente social, en materia de acceso a las elecciones y con ello de participación política. Los costos en los que incurren los electores para ejercer su derecho a voto no son uniformes en la población. Entre ellos se incluye el tiempo de traslado al lugar de votación. El ideal sería que ningún chileno estuviera en desventaja respecto de otro en términos al acceso a su lugar de votación.

Además de factores asociados a la distancia entre el hogar y el local de votación, existen otros factores relevantes que inciden en el costo de ejercer este derecho. Algoritmos más complejos para la asignación óptima de locales de votación debiesen tomar en consideración la capacidad del local, el tiempo de viaje y el costo del medio de transporte a utilizar. Por falta de datos no se pudo incluir estas variables en el análisis. Sin embargo, los resultados aquí expuestos, aun considerando estas limitaciones, representan una mejora respecto del métodos de asignación utilizado hoy.

6. Bibliografía

Berger, J.; Meredith, M. and S. Christian Wheeler (2006), "Can Where People Vote Influence How They Vote? The Influence of Polling Location Type on Voting Behavior," Working Paper No. 1926, Graduate School of Business, Stanford University.

Bosque Sendra, J. Gómez Delgado, M., Moreno Jiménez, A. y F. dal Pozzo (2000): "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos". Estudios geográficos, 2000, tomo LXI, No 241: 567-598.

Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. 2004. Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos Editorial RAMA, Madrid. ISBN: 84-7897-611-6.

Bosque Sendra, J y Gómez Delgado, M. 2000. Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial para la Ordenación del territorio. Revista Postgrados UNAH No. 4 Vol. 1, 80-100.

Buzai, G. y Baxendale. 2008. Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: Análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján. Revista Universitaria de Geografía, No 17: 233-254.

Caldeira, G. A., Patterson, S. C., and Markko, G. A., 1985. "The mobilization of voters in congressional elections" Journal of Politics, No 47: 490-509.

Cox, G. and M. Munger, (1989), "Closeness, expenditures, and turnout in the 1982 U.S. House Elections", American Political Science Review, No 83: 217-231.

Dyck, J. and Gimpel, J. 2005. Distance, Turnout, and the Convenience of Voting. * Social Science Quarterly. Volume 86, Issue 3, 531-548.

Franklin, M. 2001, "How Structural Factors cause Turnout Variations at European Parliament Elections," *European Union Politics*, No 2: 309-328.

Franklin, M.N., 2004, "Voter Turnout and the Dynamics of Electoral Competition in Established Democracies Since 1945". Cambridge University Press, Cambridge, MA.

Gimpel, J.G., and J.E. Schuknecht, 2003. Political participation and the accessibility of the ballot box. *Political Geography* No 22: 471-488.

González, J. (1999). Geografía electoral de Chile: comportamiento del electorado chileno entre 1932 / 1992. *Estudios Geográficos*, No 60(234): 121-138.

Kim, J.-O., Petrocik, J.R., Enokson and S.N., (1975), "Voter turnout among the American states: systemic and individual components" *American Political Science Review* No 69: 107 -123.

Knack, S., 1995, "Does motor voter work?", *Journal of Politics*, 57(3), 796-811.

Ley 18.700: Ley Orgánica Constitucional sobre Votaciones Populares y Escrutinios. *Diario Oficial de la República de Chile*, Santiago, Chile, 1988.

Monzón, N (2009). Geografía electoral. Consideraciones teóricas para el caso argentino. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*, No 18: 119-128.

Moshe Haspel, M. and Gibbs, H. 2005. Location, Location, Location: Precinct Placement and the Costs of Voting. *Journal of Politics*. Volume 67, Issue 2, pages 560-573.

Olaya, V. 2014. *Sistemas de Información Geográfica*. Disponible on line <http://volaya.github.io/libro-sig/>

Patterson, S.C. and Caldeira, G.A., 1983. Getting out the vote: participation in Gubernatorial elections. *American Political Science Review* 77, 675e689.

Ramírez, L. Y Bosque Sendra, J. 2001. Localización de hospitales: Analogías y diferencias del uso del modelo p-mediano en SIG raster y vectorial. *Anuales de Geografía de la Universidad Complutense*, No 21: 53-79.

Reynoso, V. M. (1991). Notas para una geografía electoral del estado de Sonora. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, No 11(22): 87-116.

Rodríguez, D. 2011. Medición de la accesibilidad geográfica de la población n a los hospitales de alta resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes. *GeoFocus (artículos)*, No 11: 265-292.

Rosenstone, S.J., Wolfinger, R.E., 1978. The effect of registration laws on voter turnout. *American Political Science Review* 72, 22e45.

Squire, P., Wolfinger, R. E., and Glass, D. P., 1987, "Residential mobility and voter turnout", *The American Political Science Review*, No 81: 45-65.

Wolfinger, R. E. and S. J. Rosenstone, 1980, "Who Votes?" New Haven: Yale University Press.

Wood, C., 2002, "Voter Turnout in City Elections." *Urban Affairs Review* No 38(2): 209-231.

Apéndice

Modelos de asignación

A. Modelo *p*-mediano.

El objetivo de este modelo es minimizar la suma de los productos de la población o demanda de cada punto y la distancia al centro de oferta más próximo. En dicho modelo, la función a optimizar es:

$$\text{Min } F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i d_{ij} x_{ij}$$

donde:

w_i : corresponde a la demanda existente en el punto de demanda i

d_{ij} : es la distancia/costo que separa el punto de demanda i del punto candidato a recibir la oferta j

x_{ij} : toma el valor 1 si el centro de oferta j es el más próximo al punto de demanda i y 0 en caso contrario

n : es el número total de puntos de demanda

m : es el número total de puntos candidatos a considerar (las instalaciones ya existentes, y que se desean conservar, más las nuevas)

i : es el punto de demanda

j : es el centro de oferta

p : número de instalaciones a localizar

b : es un exponente elegido por el usuario, el valor por defecto es 1, el cual equivale al modelo *p*-mediano clásico (usando un exponente b mayor de la unidad, se puede

alcanzar un cierto grado de justicia espacial en la posición de los nuevos centros de oferta).

El modelo se llama *p*-mediano porque se considera que *p* es el número de instalaciones a ubicar. El objetivo de este modelo es encontrar el valor mínimo de la función objetivo *F* y con ello la mayor eficiencia espacial respecto del total de desplazamientos efectuados desde los centros de demanda hacia los *p* puntos de oferta.

De este modo, la distribución del equipamiento alcanza la máxima eficiencia espacial pues el conjunto de traslados que tiene que efectuar la demanda (o la oferta) para surtirse del servicio es el mínimo posible dada la distribución espacial de la demanda y de los puntos candidatos planteados (Bosque y Moreno, 1990; Daskin, 1995; Hillsman, 1984; Moreno y López de los Mozos, 1989).

B. Modelo p-mediano con restricción de distancia

El objetivo de este modelo es minimizar la suma de los productos de la población o demanda de cada punto y la distancia al centro de oferta más próximo, evitando que ningún elemento de la demanda se encuentre a más de una distancia máxima (*S*) definida por el usuario.

$$\text{Si } d_{ij} \leq S \Rightarrow x_{ij} = 1$$

$$\text{Si } d_{ij} > S \Rightarrow x_{ij} = 0, \text{ aunque } d_{ij} \text{ sea el menor valor para ambos puntos.}$$

En este caso, se alcanza la máxima eficiencia espacial pues el conjunto de traslados que tiene que efectuar la demanda (o la oferta) para surtirse del servicio es el mínimo posible dada la distribución espacial de la demanda y de los puntos candidatos planteados,

al mismo tiempo ningún elemento de la demanda está demasiado alejado de un punto de oferta y el grado de injusticia espacial se hace menor.

El modelo busca que ningún elemento de la demanda pueda estar situado a mayor distancia de un centro de oferta que el alcance espacial de ese servicio (la distancia máxima fijada por el usuario del modelo), cuidando, simultáneamente, la eficiencia espacial. Esta solución a veces no es posible con el número de instalaciones planteado por el usuario, en esos casos es necesario que el programa advierta al usuario de esta circunstancia para que se cambie alguna de las condiciones del caso, generalmente aumentando el número de instalaciones a localizar (Bosque y Moreno, 1990).