



CEM
Centro de
Estudios
Mineduc



Fondo de Investigación y Desarrollo en Educación
Centro de Estudios
Ministerio de Educación

INFORME FINAL

Un modelo de identificación de requerimientos de nueva infraestructura pública en educación básica

Institución principal: Universidad de Chile
En alianza con: Universidad de Concepción
Investigador principal: Patricio Rodríguez
Equipo de investigación: Juan Pablo Valenzuela, Ricardo Truffello, Jorge Ulloa, Manuel Matas, Diego Quintana, Carla Hernández, Cristian Muñoz, Begoña Requena
Proyecto 1700061, Undécimo Concurso FONIDE

SANTIAGO 2019

Secretaría Técnica FONIDE, Centro de Estudios, Ministerio de Educación
Alameda N.º 1371, Piso 8.
fonide@mineduc.cl/www.fonide.cl

Monto adjudicado: \$ 44.871.200
Número de decreto exento: 1409
Fecha del decreto exento: 14/12/2017
Incorporación de enfoque de género: sí
Tipo de metodología empleada: mixta
Contraparte técnica: Javier Guevara, Constanza Vielma (CEM)

Las opiniones que se presentan en esta publicación, así como los análisis e interpretaciones, son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del MINEDUC.

Esta publicación está disponible en www.fonide.cl

Se autoriza su reproducción siempre y cuando se haga referencia explícita a la fuente.

ÍNDICE

Resumen	3
1. Introducción.....	4
2. Contextualización/Antecedentes	5
2.1 Evolución de la matrícula de la educación con financiamiento público.....	5
2.2 Impacto de la ley de inclusión en la creación de oferta educativa particular subvencionada.....	6
3. Preguntas de Investigación.....	7
4. Hipótesis y Objetivos	7
4.1 Objetivo General.....	7
4.2 Objetivos Específicos.....	7
5. Marco teórico conceptual.....	8
6. Metodología.....	12
6.1. Construcción del indicador.....	12
6.2. Requerimiento de datos para del modelo.....	15
6.3. Estimación de los datos del modelo.....	16
6.3.1 Oferta: Capacidades de los establecimientos.....	16
6.3.2 Demanda: Tratamiento de Información Censal 2017.....	16
6.3.3 Estimación de la propensión de desplazamiento de los estudiantes.....	25
7. Resultados.....	27
7.1 Comunas de Santiago.....	28
7.1.1 Situación para Primero Básico.....	29
7.1.2 Situación para Séptimo Básico.....	32
7.1.3 Situación para Iº Medio.....	33
7.2 Comunas del gran Concepción.....	35
7.2.1 Situación para Primero Básico.....	37
7.2.2 Situación para Séptimo Básico.....	39
7.2.3 Situación para Iº Medio.....	41
8. Conclusiones.....	43
9. Recomendaciones para la formulación de políticas públicas.....	44
Referencias.....	46

Resumen

Durante los últimos 15 años, la oferta educacional adicional requerida por la expansión territorial fue resuelta casi por completo por sostenedores particulares subvencionados con fines de lucro. Esto por la falta de instrumentos para la construcción de infraestructura educativa pública y el déficit financiero de los municipios.

La puesta en vigencia de nueva Ley de Inclusión eliminó los incentivos para que los sostenedores privados abran nuevos establecimientos —disminuyendo en un 80% su apertura en el periodo 2014-16— efecto que podría acentuarse si algunos deciden abandonar el sistema escolar. Esto devuelve en la práctica al Estado la responsabilidad de proveer la oferta necesaria para que todos los niños de Chile tengan acceso a la educación.

El presente estudio presenta un modelo que permite identificar los requerimientos de infraestructura en los establecimientos públicos para los estudiantes de educación básica de acuerdo con su condición socioeconómica en 7 comunas del país: Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central, Quinta Normal y San Pedro de la Paz. Este modelo entrega el acceso (cobertura) potencial a vacantes educativas en un determinado nivel que existe alrededor de una manzana dada, corregida por la población circundante según su propensión de desplazamiento, dependiente de su nivel socioeconómico.

Los resultados muestran que, en las comunas analizadas, la oferta potencial no se encuentra en niveles críticos a la fecha de estimación de la población en edad escolar (2017). Pero, por lo dinámico de los cambios poblacionales, es necesario estimar las brechas de oferta y demanda más frecuentemente para identificar la necesidad de nuevos establecimientos.

Las recomendaciones del estudio para la formulación de políticas públicas son: 1) concentrar el esfuerzo en levantar los datos necesarios para este tipo de análisis a partir de la información administrativa del Estado recopilada y 2) complejizar el modelo considerando los criterios de elección de los padres usando los datos del Sistema de Admisión Escolar.

Palabras clave: Requerimientos de infraestructura pública, brechas de oferta y demanda, indicadores territoriales, acceso potencial.

1. INTRODUCCIÓN

Por lo cambios introducidos por la ley de inclusión (ver sección 2.2), la educación pública deberá asumir un nuevo rol que no ha cumplido desde la reforma de 1981: transformarse en el principal oferente de nuevos establecimientos educacionales en todas las zonas de expansión urbana del país. De no hacerlo, crecientemente se comenzará a generar una situación deficitaria en todas estas zonas, que el superávit de capacidad acumulado en años previos en muchas localidades, por la sistemática caída en la matrícula de la educación pública, podría ser insuficiente para cubrir todos los nuevos requerimientos. Por otra parte, esta situación será aún más crítica en la educación básica, puesto que en educación secundaria los estudiantes están en condiciones de viajar mayores distancias desde su domicilio hasta los centros educacionales. Esta situación se agudizará si algunos sostenedores particulares subvencionados deciden cerrar sus establecimientos educacionales en el proceso de implementación de la Ley de Inclusión.

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo que ayude a las instituciones públicas (Ministerio de Educación, Gobiernos Regionales, Servicios Locales de Educación y Departamentos de Educación) a identificar los requerimientos necesarios de nueva infraestructura educacional, comenzando con un prototipo para un conjunto acotado de comunas del país —de las regiones Metropolitana y Biobío— y acotado a la educación básica, el cual posteriormente pueda ser escalable y replicable en otras comunas, ciudades y para la educación media.

La metodología desarrollada en este estudio permitirá a los responsables de la educación pública responder preguntas claves de planificación estratégica relativas a la provisión de nuevos establecimientos educacionales:

- ¿Dónde se debiesen localizar estos nuevos establecimientos?
- ¿Cuándo debiesen comenzar a funcionar?
- ¿Qué capacidad por nivel debiesen tener?

Esto también permitirá anticipar los ajustes necesarios en la dotación de la infraestructura pública ante eventualidades de cierre de colegios particulares subvencionados. Todas estas funciones revisten un carácter de urgencia puesto que son funciones que no realizaba previamente el sector público y, en el contexto de la implementación de la Ley de Inclusión, de no cumplirse adecuadamente ponen en riesgo el acceso a la educación de muchos niños y la legitimidad de la propia reforma, puesto que para todas las familias esta se enfocaba en mejorar las calidad y equidad de la educación, pero sin poner en riesgo el acceso a un establecimiento educacional cercano.

2. CONTEXTUALIZACIÓN/ANTECEDENTES

2.1 Evolución de la matrícula de la educación con financiamiento público

Durante los últimos 20 años la educación pública sistemáticamente redujo su relevancia en la oferta escolar en Chile, representando hoy menos del 40% de la matrícula escolar total. Las causas de esta reducción son múltiples. Por un lado, muchas familias tienen la convicción que la educación particular es de mayor calidad (Raczynski & Marcel, 2009). Esto se asocia principalmente al mayor promedio obtenido por los colegios particulares subvencionados, respecto de sus pares municipales, en las pruebas estandarizadas SIMCE o PSU. Esto es suficientemente atractivo para que las familias opten por estos colegios, aunque estos mejores resultados se deban solamente a un mayor nivel socioeconómico de sus estudiantes (Bellei, 2007; Lara, Mizala, & Repetto, 2011; OECD, 2013).

Un segundo motivo está vinculado con motivaciones relativas a la movilidad social y evitar encontrarse con otras familias y estudiantes que conllevan un riesgo a las oportunidades educacionales y conductas de los hijos (Canales, Bellei, & Orellana, 2016), mayor frecuencia de interrupciones en los procesos educativos, tanto por paros de profesores como por tomas de los estudiantes. Un último factor es que la educación particular subvencionada presenta una oferta integrada (de prekínder o primero básico a IV medio) lo que evita cambios de establecimiento, en comparación con la educación pública que la ofrece separada entre básica y media (Lara et al., 2011).

Otra causa de la caída de la matrícula pública es la expansión urbana de las principales ciudades del país¹ que requiere de nuevas escuelas y liceos. Sin embargo, en la práctica, los municipios tienen importantes restricciones para ampliar su oferta educacional. Por una parte, no pueden endeudarse para realizar las inversiones para construir un nuevo establecimiento, y por otra, los fondos concursables de inversión pública² no tienen una partida específica para ello y las necesidades de nueva infraestructura deben competir con otros proyectos de inversión, de mayor beneficio y cobertura de población que la escolar. Peor aún, existe un déficit financiero en muchos municipios, que es un desincentivo para ampliar la oferta educacional, ya que agudizará aún más sus ya actuales precarias condiciones financieras.

En este contexto, es posible explicar tres características de la evolución en el número de establecimientos educacionales entre 1º básico y IV medio durante los últimos años. Entre los años 2000 y 2012 se abrieron aproximadamente 200 nuevos colegios cada año: 85% particulares subvencionados, 5% particulares pagados y solo 10% a municipales (Grau, Hojman, & Mizala, 2017). Si bien, cada año cerraron entre 100 y 130 establecimientos la mayor parte de ellos fueron municipales, pequeños y localizados en zonas rurales, incrementando sostenidamente la dotación de

¹ En Chile se construyen aproximadamente 140.000 nuevas viviendas cada año. Fuente: Informativo Estadístico de Edificación, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

² Como el Fondo Nacional de Inversión Regional (FNDR).

colegios particulares subvencionados. En este periodo, un 80% de los nuevos colegios particulares subvencionados son con fines de lucro (Elacqua, Martínez, & Santos, 2011).

Por lo tanto, durante los últimos 15 años los amplios requerimientos de nueva infraestructura educacional fueron resueltos casi por completo por establecimientos particulares subvencionados con fines de lucro. Esto los transformó en los principales proveedores del sistema educacional chileno, reduciendo de paso la participación de la educación pública. A través de los proveedores privados, el país resolvió las necesidades adicionales de oferta educativa urbana. Así, en comunas de rápido crecimiento de la población, como por ejemplo Iquique, Alto Hospicio, Quilicura, Padre Hurtado, Paine, Buin, Puente Alto y Lampa, la participación del sector particular subvencionado aumentó hasta atender el 80% o más del total de la matrícula escolar.

2.2. Impacto de la ley de inclusión en la creación de oferta educativa particular subvencionada

Sin embargo, esta tendencia se modifica con la nueva Ley de Inclusión, promulgada en 2015 y modificada recientemente en 2017. Esta ley no solo exige que en un plazo de diez años todos los sostenedores privados con financiamiento público se transformen en entidades sin fines de lucro, sino que también impide desde 2016 sostenedores con fines de lucro y que reciben financiamiento público puedan abrir nuevos establecimientos de este tipo. En términos agregados, esta política ha implicado que por primera vez en veinte años entre 2014 y 2016 se haya reducido el número de establecimientos particulares subvencionados que ofrecen educación básica y/o media a niños en zonas urbanas.

Según el catastro de establecimientos educacionales del Ministerio de Educación³, entre 2014 y 2016 se redujo en 67 el número de establecimientos particulares subvencionados⁴, lo cual se explica por el cierre de unos 100 de este tipo estos dos últimos años y la creación de tan solo 37 colegios de esta dependencia durante el mismo periodo, lo cual contrasta con los cerca de 200 nuevos establecimientos particulares subvencionados que se abrieron en promedio cada año entre 2000 y 2012. Es decir, por una parte, la ley de inclusión ha tenido un efecto relevante en provisión de oferta, reduciendo en 80% la apertura de establecimientos particulares subvencionados, aunque su cierre se ha mantenido relativamente estable siguiendo una trayectoria similar a la de la década anterior.

No obstante, es posible que el efecto observado en los primeros años de implementación de la Ley de Inclusión pueda acentuarse en los próximos años. Esto tanto por la reducción en la apertura de nuevos colegios y el incremento en el cierre de establecimientos particulares subvencionados, dado que muchos de sus sostenedores pudiesen no interesarse en constituirse como entidades sin fines de lucro, y prefieran vender sus inmuebles. De esta forma, el estado se transformará en el principal responsable de proveer la oferta necesaria para que todos los niños de Chile tengan acceso a la educación, función que no tenía hasta antes de la ley de inclusión.

³ Estimaciones propias para la presentación de este estudio.

⁴ Algunos de estos colegios se transformaron en establecimientos particulares pagados.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación subyacente a este estudio es ¿cuál es la situación de accesibilidad a oferta educativa con financiamiento público en relación la demanda existente? Esto principalmente en un escenario como el anteriormente indicado dónde por una otra parte la provisión de matrícula se está estancando y por otra, hay una reconfiguración territorial de la demanda proveniente principalmente de fenómenos como la expansión territorial y densificación poblacional.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis del presente proyecto es que el crecimiento de las ciudades y fenómenos migratorios que han afectado al país en su pasado reciente han generado brechas entre oferta y demanda por educación que están geográficamente localizadas. Por lo tanto, la educación pública, en proceso de transición desde la administración municipal hacia los recientemente creados Servicios Locales de Educación, enfrenta el desafío de reconfigurar su oferta. Esta reconfiguración debe reconciliar escenarios extremos. En uno de ellos, donde la infraestructura está sobredimensionada por la falta de matrícula producto de la competencia con la educación particular subvencionada y en el otro, la falta de infraestructura por la eliminación de incentivos hacia los privados para la provisión de oferta, y que requiere de una inversión cuantiosa, y en algunos casos, urgente.

4.1. Objetivo General

El objetivo general es validar un modelo que permita identificar los requerimientos de infraestructura en los establecimientos públicos para los estudiantes de educación básica de acuerdo con su condición socioeconómica, producto de la expansión territorial de las ciudades y la implementación de la ley de inclusión, para hacer recomendaciones de acciones y evaluación de políticas públicas a partir de este diagnóstico.

4.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- 1) Generar un modelo que estime la situación proyectada de déficit entre oferta pública y la demanda para diagnosticar dónde existen los nudos críticos de falta de oferta con financiamiento público territorial, y los potenciales requerimientos de infraestructura adicional necesaria para mitigarlos.
- 2) Que el modelo pueda contestar las preguntas estratégicas de la ampliación de oferta educacional pública para un determinado territorio: ¿dónde se debiesen localizar estos nuevos

establecimientos?, ¿cuándo debiesen comenzar a funcionar?, ¿qué capacidades por nivel debiesen tener?

- 3) Validar el modelo específico generado en el objetivo específico N°1 en 7 comunas del país.
 - a) Seis de la Región Metropolitana Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central, Quinta Normal.
 - b) Una de la Región del Biobío: San Pedro de la Paz.
- 4) Generar recomendaciones de política pública en general y en particular para las comunas identificadas en el objetivo específico 3, para subsanar en el corto, mediano y largo plazo la situación diagnosticada, y desarrollar las condiciones para que el modelo pueda ser replicado en otros territorios, y ser ampliado a la educación media.

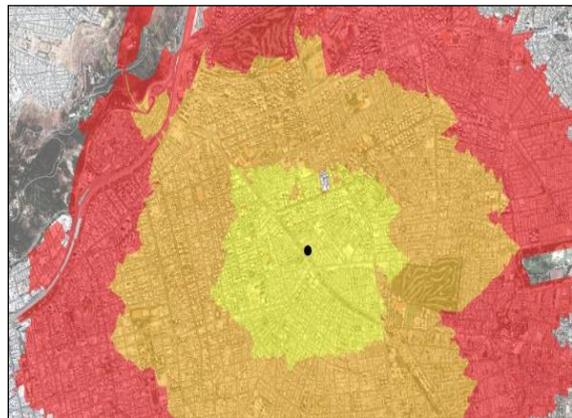
5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

A partir del conocimiento generado a través de proyectos anteriores, el grupo de investigación autor de la propuesta ha generado metodologías que permiten calcular niveles de servicio a distintas escalas, utilizando una metodología de inteligencia territorial conocida como indicadores territoriales. Esta metodología permite cuantificar el grado de accesibilidad según la geografía local a bienes públicos, servicios, u otro tipo de oferta (Comber, Brunsdon, & Green, 2008) en combinación con variables sociodemográficas.

Para ello, se utiliza el concepto de isocrona (Oh & Jeong, 2007). Una isocrona (Figura 1) corresponde al lugar geométrico que incluye todos aquellos lugares que se pueden alcanzar desde un punto dado en un tiempo fijo en algún modo de transporte específico.

Por lo tanto, su cálculo considera necesariamente las redes de transporte de las ciudades, que varían dependiendo de la hora en que se produce el desplazamiento (horario punta o valle), los sentidos de tránsito de las calles y el tipo de transporte.

Figura 1. Ejemplo de isócrona para Santiago. Se muestran los sectores de la ciudad a los que se puede llegar desde un punto fijo (negro), en 5 (amarillo), 10 (naranja) y 15 minutos (rojo) en automóvil



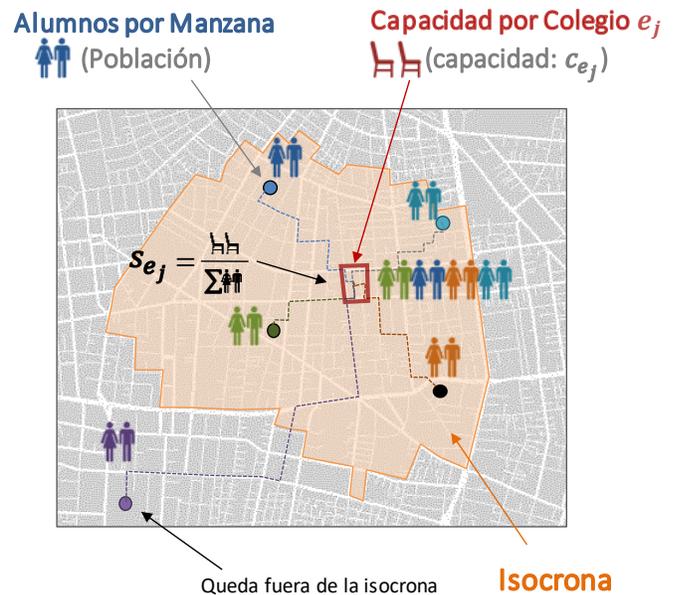
Para ejemplificar el concepto de indicador territorial, definiremos un indicador simple denominado, Índice de Servicio Escolar (ISE) (Rodríguez, Truffello, et al., 2016). El objetivo de este indicador es medir el potencial de acceso que tienen los estudiantes, dependiendo del lugar donde viven, a vacantes en establecimientos educacionales según la edad que tengan a una distancia dada del establecimiento. De este modo, es posible diagnosticar si la cobertura de servicios de educación es uniforme para todo el territorio o no, determinando que sectores de una ciudad tienen brechas de acceso importantes e informar a la política pública para generar planes de mitigación de dichas brechas.

Este indicador mide el acceso potencial que tienen los estudiantes y no significa que necesariamente la elección por establecimientos educativos se manifiesta de la forma que el modelo calcula, sino que es una forma de medir la inequidad territorial por acceso a servicios educativos. En este caso, mediremos el acceso potencial tomando en cuenta que una distancia razonable a la que cada estudiante debiera tener un establecimiento educacional es de 10 minutos caminando.

Este indicador se calcula en 2 pasos. En el primero, se analizan todos los establecimientos educativos de la ciudad y se calcula un indicador de servicio para cada uno de ellos denominado s_{e_j} . Este indicador corresponde a la capacidad del centro educativo c_{e_j} dividida por la suma de toda la población en edad escolar que se encuentra dentro de la isocrona definida, en este caso 10 minutos caminando según el modelo de transporte para la ciudad (Figura 2).

Adicionalmente se verifica que cada estudiante pueda asistir al establecimiento de acuerdo con su edad y género.

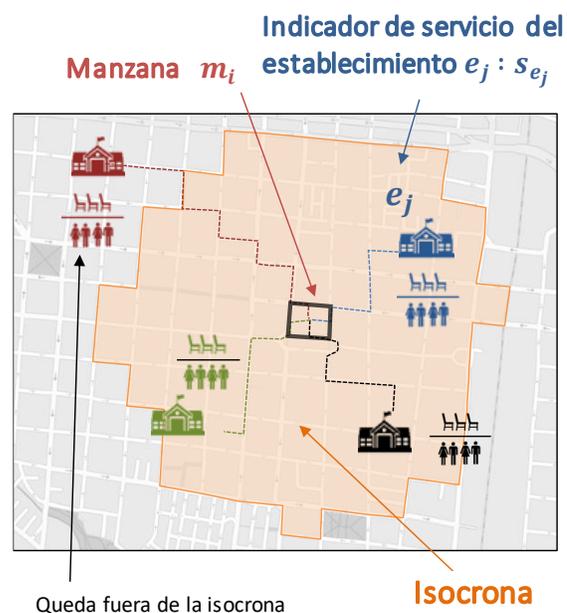
Figura 2. Primera fase de cálculo del indicador espacial, donde se estima si el centro educativo es capaz o no de satisfacer la demanda de su alrededor inmediato, definida por la isócrona elegida



Por su parte, en el segundo paso se analiza cada manzana de la ciudad considerando una isócrona del mismo tamaño anterior. Entonces para calcular el indicador a nivel de manzana, se suman todos los indicadores de servicio s_{e_j} que fueron previamente calculados en el paso anterior, pero solo considerando aquellos establecimientos que se encuentren dentro de la isocrona definida.

El segundo paso, para una manzana en particular, se esquematiza en la Figura 3.

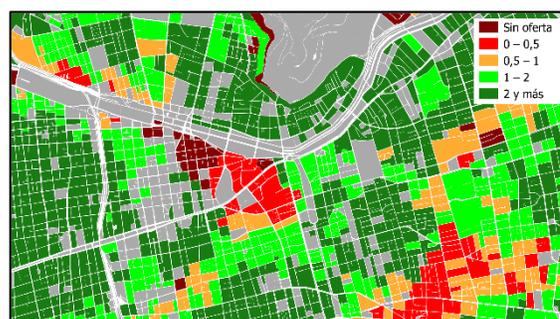
Figura 3. Segunda fase de cálculo del indicador espacial, donde se estima la contribución de los establecimientos alrededor de la manzana analizada a satisfacer su demanda



Tras los pasos 1 y 2, cada manzana tiene cuantificado su nivel de servicio (en este caso medido en vacantes por estudiante) y es posible construir un mapa asignando colores a rangos de valores (puntos de corte), como se muestra en la Figura 4.

Esos puntos de corte dependen de los niveles que se consideren críticos para el nivel de servicio y necesitan ser refinados para que el mapa se interprete correctamente.

Figura 4. Puntos de corte para un mapa que indica distintos niveles de acceso potencial según el ISE



La gran ventaja de este tipo de indicadores es que se puede establecer una medida en unidades geográficas más pequeñas (por ejemplo, a nivel de manzana), para focalizar los esfuerzos de políticas públicas territorialmente. Su generalización ponderada, además, los hace competitivos con los indicadores a nivel comunal y de ciudad, obviando dos problemas típicos de estos indicadores, la falacia ecológica (King, 2013) y el problema de la Unidad Espacial Modificable (Clark & Scott, 2014; Zhang & Kukadia, 2005).

La falacia ecológica, corresponde a hacer inferencias de comportamientos o propiedades individuales a partir de información agregada. La Unidad Espacial Modificable MAUP (por su sigla en inglés) se refiere a la sensibilidad de los resultados analíticos a la definición de la unidad geográfica cuyos datos son reportados y otras medidas son derivadas (Zhang & Kukadia, 2005). Surgen del hecho de que estas unidades son usualmente subjetivas y sus límites modificables (Zhang & Kukadia, 2005), como son los límites comunales o regionales. Por lo tanto, el MAUP es una extensión a nivel geográfico de la falacia ecológica (Zhang & Kukadia, 2005).

Así un indicador basado en un acceso funcional y no delimitado por la unidad geográfica administrativa (y espacialmente arbitraria) permite tener una medida más robusta de la brecha territorial que se está midiendo.

Hay otras formas de calcular la accesibilidad espacial, y se han utilizado otros indicadores con otros algoritmos de cálculo que provienen principalmente del área de la Salud (Joseph & Bantock, 1982; Luo & Qi, 2009; Luo & Wang, 2003; Wei, 2013). Estos indicadores son, por ejemplo:

- *Gravity-based accessibility models* (Hanson & Giuliano, 2004): estos modelos se basan en redes de transporte (al igual que lo discutido previamente) para cuantificar el acceso a los nodos (ej., manzanas o establecimientos educacionales en nuestro caso), pero se combinan con una medida de oportunidad de acceso que mide la accesibilidad relativa de una localización específica. Así, se utiliza una función que define el esfuerzo necesario para superar dicha distancia. Estos modelos se han aplicado en estudios de acceso a la Salud (Joseph & Bantock, 1982) y a fuentes de empleo (Shen, 1998).
- *Spatial decomposition method* (Radke & Mu, 2000): mide el acceso a servicios sociales, calculando la razón entre la oferta y la demanda centrada en la localización específica de un proveedor y suma dicha razón para los habitantes de cada zona residencial, utilizando distancias euclidianas (líneas rectas sin considerar la geometría de la ciudad).
- *Two Step Floating Catchment Area (2SFCA)* (Luo & Wang, 2003): son un caso especial de los modelos de gravedad. En primer lugar, se calcula la disponibilidad de la oferta en relación con la demanda de la población (en un umbral de tiempo de viaje) y en segundo lugar se suman de todas las razones oferta/demanda calculadas en el primer paso. Estos modelos se han mejorado incluyendo una función de decaimiento de la distancia, en lo que se conocen como modelos E2SFCA (*Enhanced Two-step Floating Catchment Area*) (Luo & Qi, 2009).

6. METODOLOGÍA

6.1. Construcción del indicador

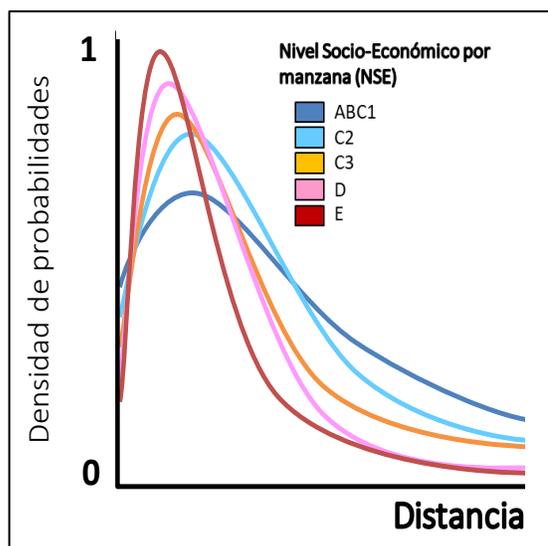
Para identificar los requerimientos de nueva infraestructura pública, se desarrollará un modelo de indicador territorial que diagnostique aquellos lugares en los que se producirá una brecha de oferta y en los cuales deben desarrollarse políticas públicas que mitiguen dicha situación.

En este estudio, se construirá un indicador territorial que permita determinar dónde (localización en el territorio), se producirá este déficit de oferta educativa, considerando para ello criterios como la interacción oferta-demanda, la movilidad según nivel socioeconómico y la segmentación etaria. Esto permitirá contestar preguntas estratégicas para los tomadores de decisiones.

Para ello se utilizará una versión modificada del Índice de Servicio Escolar (ISE) presentado en la sección, como se muestra a continuación.

En primer lugar, a partir de un proyecto FONIDE (Rodríguez, Valenzuela, et al., 2016), se generaron distribuciones de probabilidades de desplazamiento partir de una muestra de estudiantes geolocalizados provista por el Ministerio de Educación. Para ello se calculó la distancia de la manzana donde vive cada estudiante de la muestra hasta su establecimiento actual. Además, imputando el nivel socioeconómico (NSE) según la manzana donde viven los estudiantes (usando una metodología de actualización propia a partir del Censo 2002 a 2012) fue posible calcular distribuciones de desplazamiento según el GSE familiar, que toman la forma de la Figura 5.

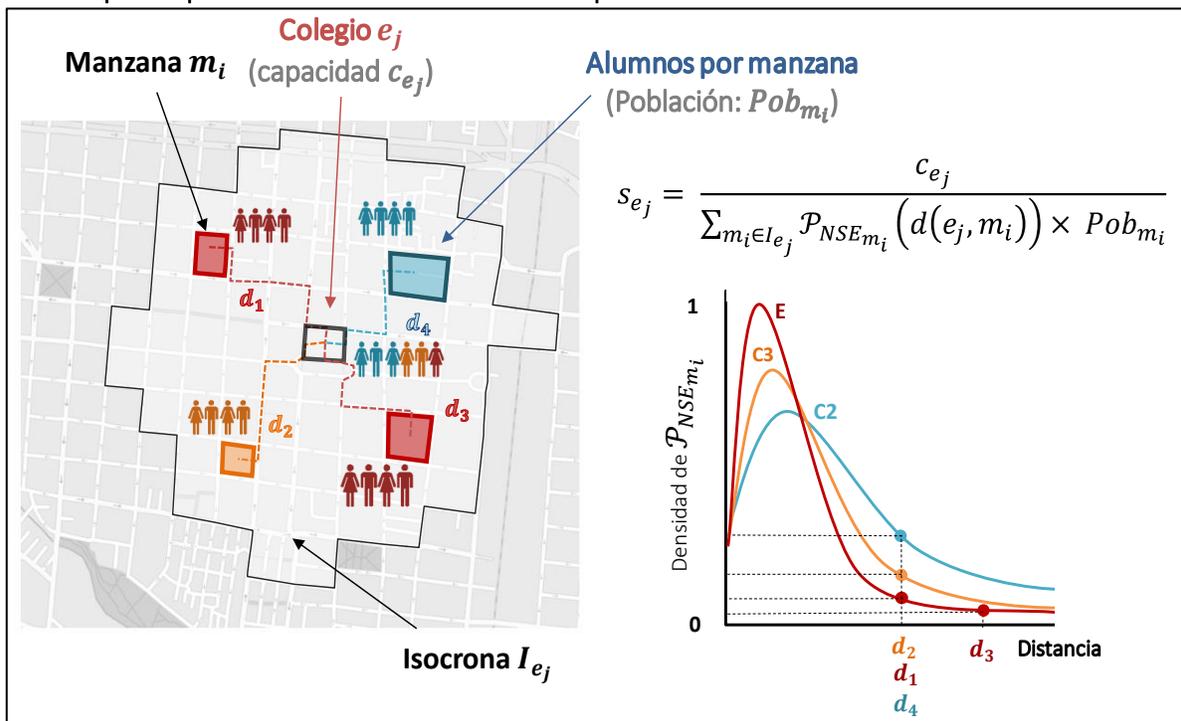
Figura 5. Forma que toman las distribuciones de probabilidad para desplazarse una distancia dada por grupo socioeconómico de la manzana en que viven



Por lo tanto, el primer ajuste respecto al indicador ISE, consiste en utilizar una isócrona lo suficientemente grande (por ejemplo, 40 kilómetros) para que el desplazamiento de los estudiantes se ajuste por la distancia que están dispuestos a recorrer a cada establecimiento y no por el tamaño arbitrario de la isócrona, como era en el caso del ISE (10 minutos caminando).

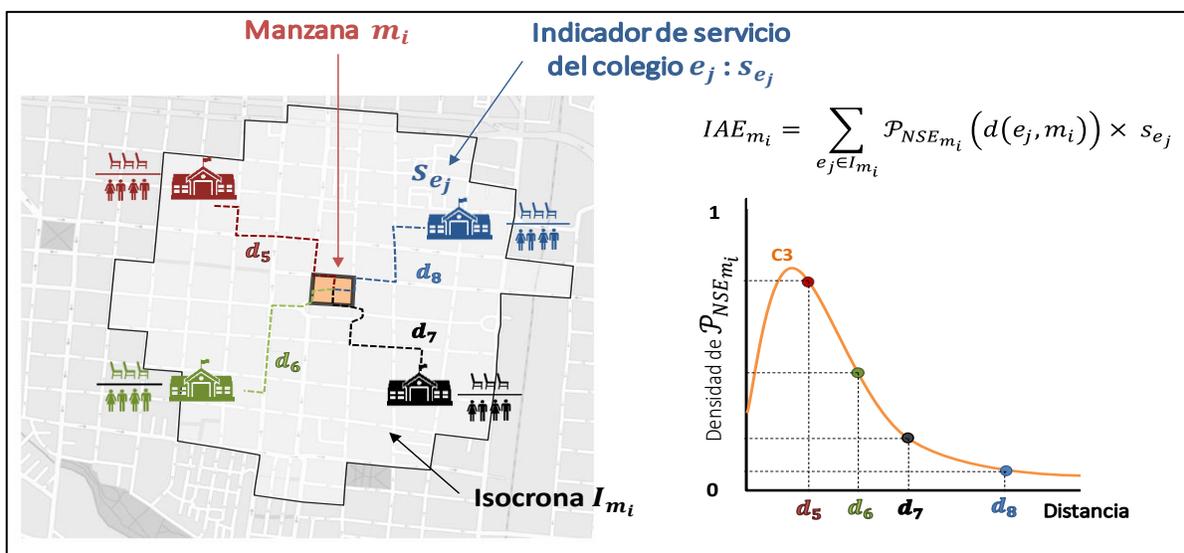
Como se muestra en la Figura 6, en el paso 1 del algoritmo, para calcular el indicador de servicio s_{e_j} de cada establecimiento e_j , la demanda de cada manzana m_i dentro de la isocrona I_{e_j} que potencialmente puede asistir al establecimiento, se ajusta según la propensión a desplazarse en el territorio del nivel socioeconómico al que pertenece cada estudiante. Para ello, se calcula la distancia $d(e_j, m_i)$ desde la manzana m_i de residencia al establecimiento analizado e_j y que en el ejemplo corresponden a 4 manzanas de NSE C2, C3 y E. Posteriormente, para cada una de las trayectorias, se calcula la probabilidad de que el NSE de la manzana m_i correspondiente recorra dicha distancia (en el caso del ejemplo, d_1 para la primera manzana de NSE E, d_2 para la manzana C3, d_3 para la segunda manzana E y d_4 para la manzana C2) y usamos dicha probabilidad $\mathcal{P}_{NSE_{m_i}}(d(e_j, m_i))$ como la proporción de estudiantes que si lo hará.

Figura 6. Modificaciones del primer paso del ISE para construir un indicador territorial que identifique requerimientos de infraestructura pública



Para el cálculo del paso 2 del indicador (Figura 7), se requiere llevar cada indicador de servicio s_{e_j} calculado para cada establecimiento a cada manzana m_i del territorio. El indicador a nivel de manzana se calcula como la suma ponderada de cada indicador s_{e_j} dentro de la isocrona I_{m_i} por la probabilidad $\mathcal{P}_{NSE_{m_i}}(d(e_j, m_i))$ que tienen los estudiantes de desplazarse desde la manzana m_i a cada establecimiento e_j .

Figura 7. Modificaciones del segundo paso del ISE para construir un indicador territorial que identifique requerimientos de infraestructura pública



El indicador a nivel de manzana así construido lo denominaremos Índice de Acceso a Establecimientos (IAE). Cabe destacar, que adicionalmente en esta asignación potencial en ambos pasos de la construcción del indicador se verifican restricciones respecto al nivel de edad y sexo de los estudiantes. En el primer caso, se verifica que los estudiantes en edad de asistir a establecimientos de educación básica no se asignen a establecimientos de media (y viceversa) y que una niña no se asigne a un establecimiento solo de hombres (y viceversa). El indicador se calcula para cada nivel y por lo tanto puede tomar distintas realidades como, por ejemplo, falta de oferta y concentración espacial específica para la oferta de enseñanza media.

EN SÍNTESIS

Este indicador se interpreta como las oportunidades que tienen los estudiantes de una manzana específica de la ciudad para acceder a una vacante dentro del nivel (e.g., primero básico) y dependencia analizada (e.g., particular subvencionada) medido en vacantes por estudiante. El indicador calcula un acceso potencial entre toda la concentración geográfica de la oferta considerada (representada por las capacidades de los establecimientos en niveles y dependencias analizadas) y la concentración geográfica de la demanda, considerando su comportamiento en relación con las distancias que recorre.

Este indicador representa un cambio respecto a la metodología originalmente propuesta en el proyecto, que planteaba un algoritmo de asignación donde se supone que cada estudiante asiste al establecimiento más cercano. Si se asigna o no finalmente, depende de su propensión de desplazamiento. Una vez que todos los estudiantes son asignados a los establecimientos, posteriormente se calcula si cada colegio se encuentra en equilibrio, con sobreoferta o sobredemanda

respecto a una tolerancia de $\pm 5\%$ de su capacidad. Una vez realizado ese cálculo se marcaban las manzanas que pertenecen a un establecimiento con sobredemanda.

El problema de este enfoque es que, en primer lugar, necesita asumir una forma en que se asignan oferta y demanda. Entonces, cualquier cambio en dicha asignación, impactará en los resultados del indicador. Por lo tanto, para determinar si los resultados son consistentes o no, se tendrían que probar distintas variantes de asignación.

En segundo lugar, la asignación única (en lugar de una potencial) no considera si es que en un territorio específico hay más opciones de vacantes para un estudiante. Por lo tanto, el algoritmo funciona de la misma forma tanto si una manzana está rodeada de colegios como cuando solo existe una opción.

Finalmente, el algoritmo se focaliza en determinar qué establecimientos tendrán sobredemanda más que si el territorio tiene falta de oferta, que es finalmente la pregunta de investigación que quiere resolver.

El IAE propuesto supera las limitaciones anteriores, a través de la medición de acceso potencial midiendo qué barrios tienen menos oferta que otros, según la densidad poblacional y el nivel socioeconómico de sus habitantes en comparación con otros territorios. Adicionalmente, este indicador permite simular distintos escenarios para analizar el impacto de distintas opciones de cambios en la oferta como aumentar la capacidad de establecimientos específicos o la instalación de alguno con una configuración específica en un determinado barrio.

6.2. Requerimiento de datos para del modelo

Los datos necesarios para calcular el IAE definido en la sección 0, son los siguientes:

- 1) **Oferta:** se modela como las capacidades por nivel de los establecimientos educativos para cada una de las dependencias en las ciudades donde pertenecen a las 7 comunas que están siendo analizadas: Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal, en la Región Metropolitana, además de San Pedro de la Paz en la Región del Biobío.
- 2) **Demanda:** corresponde a la cantidad estudiantes por manzana y por rango etario que viven en cada una de las ciudades de las comunas analizadas, además de al menos, el nivel socioeconómico predominante por manzana.
- 3) **Red de transporte:** corresponde al grafo que modela el mapa físico de las calles de las ciudades, considerando distancias entre nodos (intersecciones entre calles), sentido de estas y clasificación (ej., autopista) para cálculo de distancias.
- 4) **Muestra geolocalizada de estudiantes:** corresponde a un grupo de estudiantes de diferentes edades y niveles socioeconómicos y que se conoce la manzana donde viven.

6.3. Estimación de los datos del modelo

6.3.1. Oferta: Capacidades de los establecimientos

Se ha hecho un levantamiento específico en terreno para aquellos establecimientos públicos de la Región Metropolitana pertenecientes a las comunas de Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal y para la comuna San Pedro de la Paz en la Región del Biobío. Con eso se tienen las capacidades específicas por nivel de cada uno ellos.

Con respecto a los establecimientos particulares subvencionados y privados, la estimación de la capacidad por nivel se realizó a partir de la matrícula histórica de los últimos diez años. Así, a falta de un catastro oficial actualizado para todos los establecimientos educativos del país, se considera el máximo de matrícula como la capacidad máxima del nivel correspondiente. Esto mismo se hizo para aquellos establecimientos públicos fuera de las comunas analizadas, pero que se encuentran muy cerca de los límites comunales.

6.3.2. Demanda: Tratamiento de Información Censal 2017

Para el caso de la demanda, se utilizará la información censal puesta a disposición recientemente por el Instituto Nacional de Estadística (INE). El Censo 2017 entrega información en la entidad geográfica correspondiente a la división político – administrativa (DPA) del país, y en un ámbito de división censal, que es de carácter operativo ya que permite obtener una mayor desagregación a nivel de micro dato. Es decir, las comunas (DPA) se subdividen en unidades territoriales menores que permiten organizar de mejor forma el levantamiento del censo. Los límites de esta subdivisión no revisten carácter legal y son definidos por el INE.

La división territorial de menor tamaño para el área urbana corresponde a la denominada zona censal/localidad⁵, que, si bien está formada por un conglomerado de manzanas, tiene como finalidad la organización, control y levantamiento del censo. La desagregación menor del territorio en el censo corresponde a la manzana/entidad.

Sin embargo, el INE—hasta el momento— ha entregado la información del censo a nivel de zona censal y no de manzana (como si se realizó el 2012), lo que genera restricciones importantes a su uso, y con menos variables, dada la característica de Censo abreviado de este instrumento.

Por lo tanto, los problemas entonces se sintetizan básicamente en tres:

1. **Indeterminación Censal:** para evitar la identificación de personas en manzanas con poca población, el INE ha indeterminado dichas manzanas lo que genera problemas en el análisis de distribución de las variables censales a nivel de manzanas.

⁵ Localidad, para área rural y Zona censal solo área urbana.

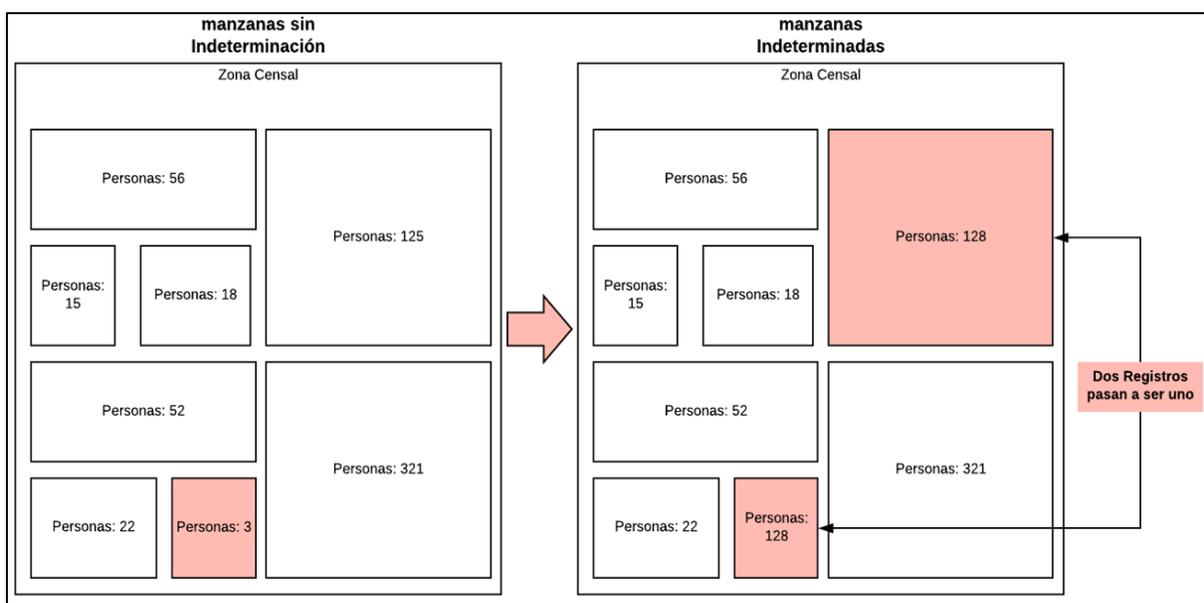
2. **Cruces Censales Restringidos:** realizar cruces o desglosar preguntas a partir de sus variables es imposible a nivel de manzana, por lo tanto, todas estas operaciones se deben establecer a nivel de zona censal.
3. **Variables Censales Reducidas:** la construcción de indicadores como el de segmentación socioeconómica se ven amenazadas por la menor disponibilidad de variables claves para su generación.

De esta manera en las subsecciones siguientes se detallarán las aproximaciones metodológicas para solucionar estos problemas.

Solución de problema de indeterminación censal

La indeterminación censal se argumenta como un modo de proteger la identidad de las personas y resguardar el secreto estadístico. Se ejecuta en aquellos casos en donde se detectan menos de tres personas por manzana. Este procedimiento consiste en realizar una fusión con una manzana no indeterminada, no contigua, dentro del contenedor de la misma zona censal de procedencia de la manzana indeterminada, como se ejemplifica en la Figura 8.

Figura 8. Proceso de indeterminación censal

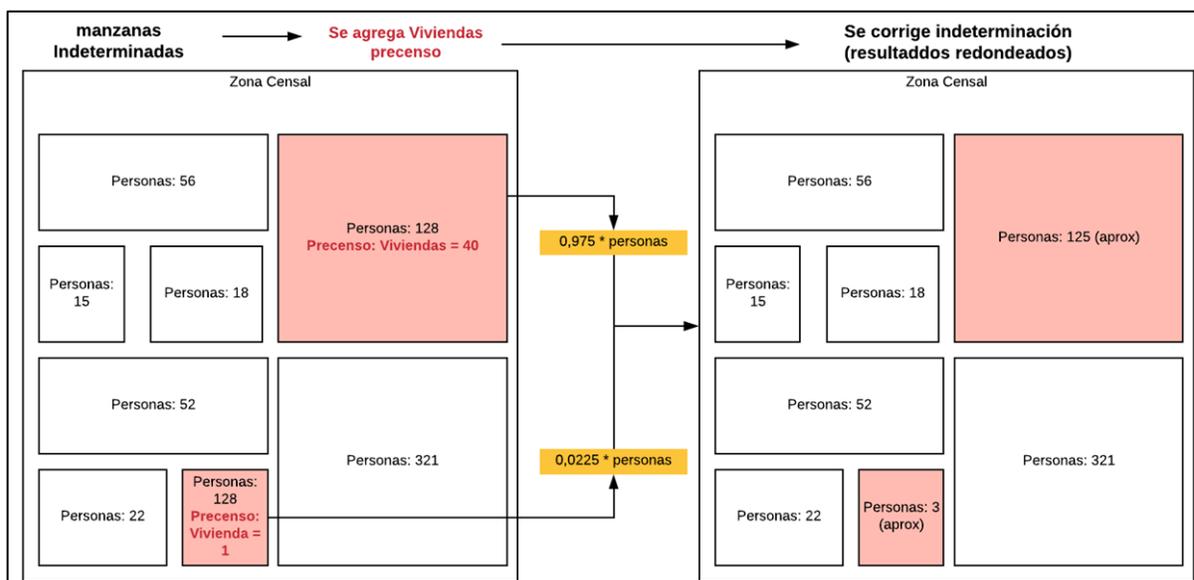


Para el desarrollo de los indicadores gravitacionales esto supone un problema altamente complejo, ya que una manzana doble genera eventuales problemas de sobreestimación y de localización para las mediciones y vinculaciones a través de una matriz origen destino. Además, atenta contra el proceso de distribución de variables desde las zonas censales a las manzanas. Esto debido a que se induce a un

error en las proporciones relativas de población que existen en las manzanas en función de sus zonas censales.

Para corregir este problema se establece un proceso de separación y distribución de la población en función de la proporción de viviendas catastradas en el Precenso de 2016, como se ejemplifica en la Figura 9.

Figura 9. Ejemplo de corrección de indeterminación censal



El proceso de indeterminación, entonces, se corrige a partir de las proporciones de viviendas del Precenso y lo que permite contar con datos generales (como población y viviendas) a nivel de manzana sin este tipo de problemas. Cabe destacar que se pueden producir problemas eventuales de calce entre la información del Precenso y el censo, por lo tanto, aun cuando el proceso da buenos resultados pueden encontrarse eventualmente errores dada la diferencia de temporalidad entre ambas fuentes.

Distribuyendo población desde zonas censales a manzanas

Para estimar la población a nivel de manzana. Se utilizaron los datos provenientes del Censo 2017, a nivel de zona censal. Específicamente los datos de las siguientes variables: Número de personas entre 0 y 18 años (edad escolar), Población total y población inmigrante según sexo.

Para estimar estas variables se utilizaron los datos provenientes del Censo 2017, que se encuentra disponible en formato REDATAM y CSV. Se utilizó la unidad de análisis de "PERSONA"⁶ para evaluar la información demográfica de los datos en REDATAM.

⁶ El dato de persona tiene asignada la corrección de indeterminación señalada en la subsección precedente.

Para obtener el número de personas por edad entre los 0 y 18 años según sexo se utilizaron las siguientes variables del cuestionario de CENSO 2017 que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables del Censo para determinar población escolar

Código CENSO	Nombre	Tipología	Categorías
P08	Sexo	Número Entero	1. Hombre – 2. Mujer.
P09	Edad Consolidad	Número Entero	0-99 (Edad individual) 100 y más agrupación)

Respecto a la población inmigrante, en la base de datos del CENSO 2017 no existe una variable como tal, a nivel de zona, que contenga el número de inmigrantes, pero si manejan una definición de INMIGRANTE (Total de personas migrantes) que corresponde al total de personas efectivamente censadas que residen habitualmente en el territorio nacional y nacieron en territorio extranjero. Para obtener este filtro⁷ se utilizaron las siguientes variables del CENSO 2017 (Tabla 2).

Tabla 2. Variables del Censo para determinar población inmigrante

Código CENSO	Nombre	Tipología	Categorías
P10	Residencia Habitual	Número Entero	1. En esta vivienda 2. En otra vivienda 3. En otra comuna 4. En otro país
P12	Lugar de Nacimiento	Número Entero	1. En esta comuna 2. En otra comuna 3. Perú 4. Argentina 5. Bolivia 6. Ecuador 7. Colombia 8. Otro

Finalmente, para definir la proporción de población en la manzana se utilizaron los siguientes insumos proveniente del INE liberados en su página web con la información del CENSO 2017:

- Polígonos Manzanas Censo 2017.
- Información del total de personas, proveniente de manzanas Censo 2017.
- Cantidad total de personas por zona censal.

⁷ Para la programación en REDATAM, el universo de personas se filtró con la siguiente función: P10 ≤3 ANDA P12≥3. La información fue obtenida por medio una "Lista de áreas" en REDATAM que contiene el código INE de la zona censal y la población por edad y el total de la población para la unidad territorial utilizada.

Producto de la indeterminación de los datos a escala de manzana censal se utilizó el siguiente criterio para establecer la distribución de la población según edad, tanto como población total como población inmigrante.

Donde:

$$f: \left(\frac{x}{y}\right) * \alpha$$

f : Número de personas por edad

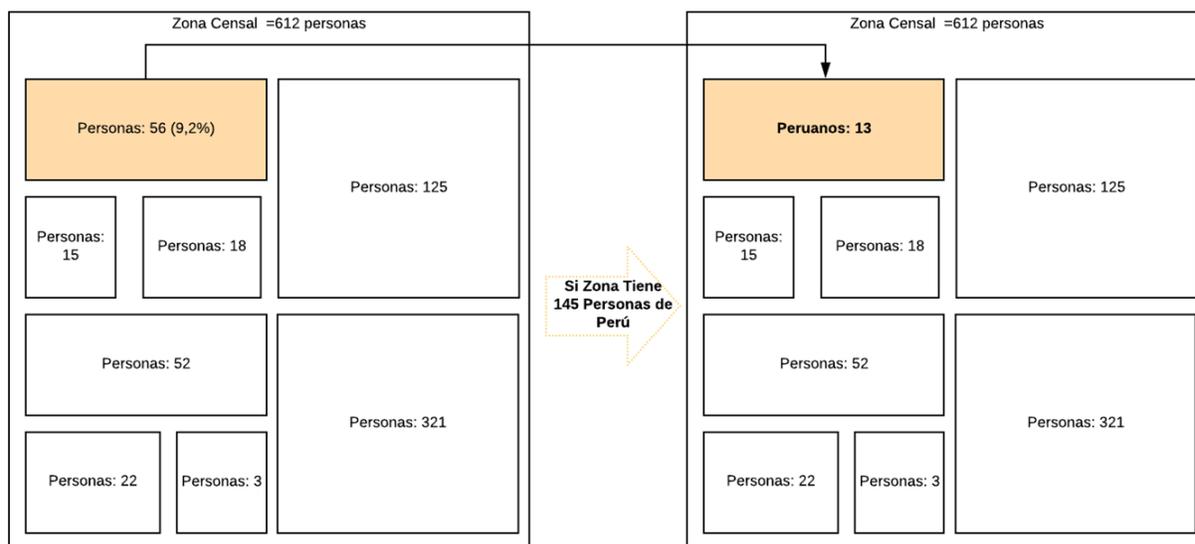
x : Poblacion indeterminada de manzanas cartografia censo2017.

y : Poblacion total por zona censal

α : Personas por edad por zona censal

Con el criterio anteriormente señalado, es posible distribuir entonces las variables obtenidas en las zonas censales y llevarlas a nivel de manzana, como se muestra en la Figura 10. Esto supone la problemática de que siempre la distribución será regular, no obstante, es consistente con los criterios de distribución generales de las manzanas en cuestión.

Figura 10. Ejemplo de distribución de variable de zona censal a manzana



Cálculo de Segmentación Socioeconómica

El cálculo de segmentación socioeconómica, basado en datos censales requiere de dos procesos básicos:

- 1) Contar con variables significativas que funcionen como un *proxy* del ingreso. Esto significa que ante un nuevo periodo intercensal se hace necesario establecer un análisis de regresión que permita

entregar los pesos para cada una de las variables censales que puedan explicar de mejor forma el ingreso.

2) Construir el algoritmo de puntuación y pesos que defina la segmentación socioeconómica.

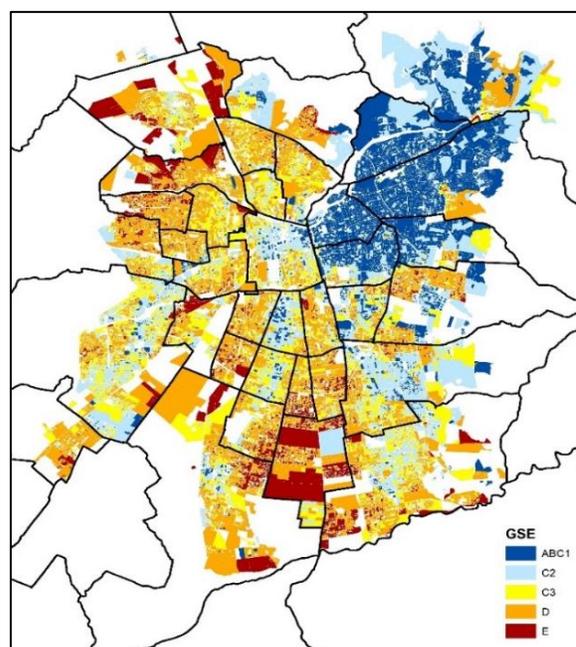
La problemática deriva en que desde el 2002 las variables son cada vez menos profundas, ya sea por los problemas del Censo de 2012 o bien por la característica abreviada actual. La segmentación socioeconómica del 2002 estaba definida por empresas como Adimark o AIM a partir del nivel educacional del jefe de hogar y una batería de aproximadamente 12 bienes. El Ministerio de Desarrollo Social, en ese momento MIDEPLAN, además agregaba la variable de hacinamiento y establecía los puntos de corte para los quintiles.

Con el Censo de 2012 la situación se complica, ya que si bien la variable más fuerte para establecer el cálculo continúa siendo el nivel educacional del jefe de hogar (70% de varianza explicada, dependiendo de la zona del país) solo se cuenta con 4 bienes, muchos de estos con muy alta penetración y por lo tanto inútiles para segmentar.

No obstante, se utiliza en muchos casos el nivel educacional del jefe de hogar, acompañado del auto como único bien y el nivel de hacinamiento. Así, el resultado es el que se muestra a continuación en la Figura 11, para el Gran Santiago.

Para el caso del 2017 se propone inicialmente continuar con la escolaridad del jefe de hogar y, ante la ausencia de bienes, ocupar el nivel de hacinamiento y la calidad de la vivienda.

Figura 11. Caracterización socioeconómica en base del Censo 2012. Fuente Observatorio Ciudades UC



Si bien este índice no abarca la pobreza y precariedad socioeconómica del hábitat urbano/rural de manera directa, busca identificar rasgos y tendencias de la materialidad que den señales territoriales de este componente social.

La salvedad en este caso es que el cálculo se deberá realizar a nivel de zona censal, ya que las variables no existen a nivel de detalle. De ahí la importancia de llevar a cabo los pasos señalados en las secciones previas ya que permitirán distribuir a nivel de detalle la segmentación económica obtenida en las zonas censales.

La generación del índice supone que el mayor nivel de socio-materialidad se caracteriza por un alto nivel de escolaridad alcanzado por el jefe de hogar, un bajo nivel de hacinamiento y la presencia y concentración de viviendas con materialidad aceptable.

Para ello se elaborará un Índice Socio Materialidad Territorial (ISMT) que toma en cuenta 3 índices socio-materiales con especificidad territorial, rescatados del censo 2017 mediante REDATAM. Éstos son: la escolaridad del jefe de hogar, la materialidad de la vivienda, el hacinamiento y el allegamiento.

La escolaridad se calcula tomando en cuenta 7 niveles de escolaridad alcanzados por el jefe de hogar. Estos niveles de escolaridad fueron complementados con información del censo que hace referencia a si se completó o no el nivel educacional previamente declarado:

- Sin instrucción: Sala cuna o jardín infantil, prekínder, kínder.
- Primario: Educación básica, primaria o preparatoria (sistema antiguo).
- Secundario: Científico-humanista, técnica profesional, humanidades (sistema antiguo), técnica comercial, industrial/normalista (sistema antiguo).
- Profesional técnico: Técnico superior (0 a 3 años).
- Profesional pregrado: Profesional (4 o más años).
- Magister.
- Doctorado.

La calidad de la vivienda se calculó tomando en consideración los parámetros definidos por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS). De acuerdo con este índice, se consideraron 3 dimensiones a evaluar en las viviendas ocupadas: Las paredes exteriores, el techo y el piso. Estas condiciones se evalúan y resultan en una calidad de la vivienda basado en aquellas que son aceptables, recuperables e irrecuperables.

Tabla 3. Rúbrica para la condición de cada parte de una vivienda

Condición	Parte de la vivienda		
	Paredes exteriores	Techo	Piso
Aceptables	Hormigón, armado; albañilería, tabique forrado por ambas caras	Tejas o tejuela, fibrocemento.	Parquet, madera, piso flotante o similar; cerámico, flexit, alfombra o cubre piso.
Recuperables	Tabique sin forro interior.	Fonolita; paja, coirón, totora o caña.	Baldosa de cemento, radier, enchapado de cemento.
Irrecuperables	Materiales precarios o de desechos.	Materiales precarios o de desecho; sin cubierta en el techo.	Piso de tierra.

A continuación, se clasificaron las viviendas usando la rúbrica de la Tabla 3 tomando en consideración las categorías de: Aceptable, Recuperable e Irrecuperable, determinadas de acuerdo con las siguientes condiciones:

- **Aceptable:** Materialidad en muros, piso y techo aceptables.
- **Recuperable:** Muro recuperable, y un índice aceptable, sea de piso o techo, además de un indicador recuperable y ningún indicador irrecuperable.
- **Irrecuperable:** Al menos un indicador irrecuperable.

El nivel de hacinamiento se calculó usando la metodología del Ministerio de Desarrollo Social (MDS), la cual estipula el hacinamiento como la razón entre el número de personas residentes en la vivienda y el número de dormitorios de esta. Este cálculo considera aquellos dormitorios de uso exclusivo o múltiple, y determina las categorías sin hacinamiento, hacinamiento medio y hacinamiento crítico, considerando los siguientes puntajes como referencia:

- **Sin hacinamiento:** 2,4 y menos personas/dormitorio
- **Hacinamiento medio:** 2,5 a 4,9 personas/dormitorio
- **Hacinamiento crítico:** 6 y más personas/dormitorio

Finalmente, el allegamiento es la estrategia utilizada por los hogares y núcleos familiares para solucionar la falta de vivienda, compartiendo una vivienda con otro hogar o núcleo. La Encuesta CASEN identifica los diferentes hogares al interior de una vivienda. Este cálculo considera aquellas viviendas que tienen 2 o más hogares.

Por lo tanto, el índice compuesto de socio-materialidad territorial se calcula con respecto al número de casos, ya sean de personas o viviendas por zona censal, e incluye:

- **Puntajes ponderados por nivel de escolaridad del jefe de hogar:** Los puntajes ponderados de los 7 niveles de escolaridad se calcularon considerando el porcentaje de cada nivel dentro de cada zona censal (con respecto al total de casos). Este porcentaje de representación de la variable fue multiplicado por un puntaje de entre 1 (nivel de escolaridad bajo) y 1.000 (nivel de escolaridad alto) para cada una de las zonas.
- **Puntajes ponderados por categoría de calidad de la vivienda:** Los puntajes ponderados de las categorías de calidad de la vivienda fueron calculados considerando el porcentaje que cada categoría representaba en cada zona censal. Los porcentajes de representación de estas categorías fueron multiplicados por un puntaje dado de entre 1 y 1000 (1: viviendas irrecuperables y 1.000: viviendas aceptables). El resultado de estos puntajes ponderados fue sumado para determinar el índice de calidad de la vivienda para la zona censal estudiada. Este puntaje va de 1 a 1.000.
- **Puntajes ponderados por categoría de hacinamiento:** Así como en ambos casos anteriores, las tres categorías de hacinamiento fueron calculadas por zona censal, ponderándose puntajes de entre

1 para aquellas viviendas con hacinamiento crítico, y 1.000 para aquellas sin hacinamiento. Luego de realizadas las ponderaciones, el puntaje final de hacinamiento va desde 1 a 1.000.

- **Puntajes ponderados por allegamiento:** En este caso, como la categoría es continua, fueron calculadas por zona censal, ponderándose puntajes de entre 1 para aquellas viviendas con 1 hogar en allegamiento y 1.000 con hogares con allegamiento máximo por región. Luego de realizadas las ponderaciones, el puntaje final de allegamiento va desde 1 a 1.000.

Para relacionar estas variables y entender la significancia de cada una en sí misma, se realizó un cálculo de escalamiento óptimo a través del paquete de R *homals* (Leeuw & Mair, 2009), el cual busca otorgar el grado de homogeneidad⁸ de la variable con respecto a las otras. Para este paso metodológico se utilizó una tabla con los puntajes finales de escolaridad del jefe de hogar, la calidad de la vivienda, el hacinamiento y allegamiento por zona censal.

Los puntajes finales fueron ponderados por la discriminación arrojada proveniente de *homals*, para generar una nueva suma ponderada de las cuatro variables con sus nuevos pesos. Los resultados por zona luego fueron normalizados entre 0 y 1 para representar el nuevo índice de socio materialidad territorial por zona censal (ISMT). Este índice se distribuyó posteriormente a nivel de manzana usando las metodologías de tratamiento de la información censal que se detallaron en la sección 6.3.2.

En la Figura 12 se muestra el índice socio-material para el Gran Santiago mientras que en la se muestra para el Gran Concepción.

⁸ El análisis de homogeneidad combina la idea de maximizar las correlaciones entre variables para obtener un escalamiento óptimo (Leeuw & Mair, 2009), es decir, cuál es el peso relativo de la variable dentro del indicador en lugar de una ponderación manual heurística.

Figura 12. Distribución espacial del Índice Socio Material a nivel de manzana para el Gran Santiago

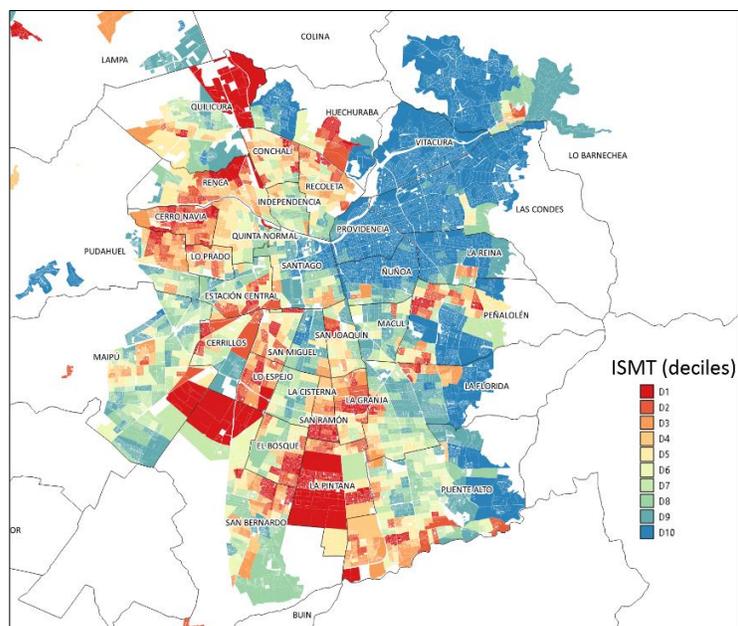
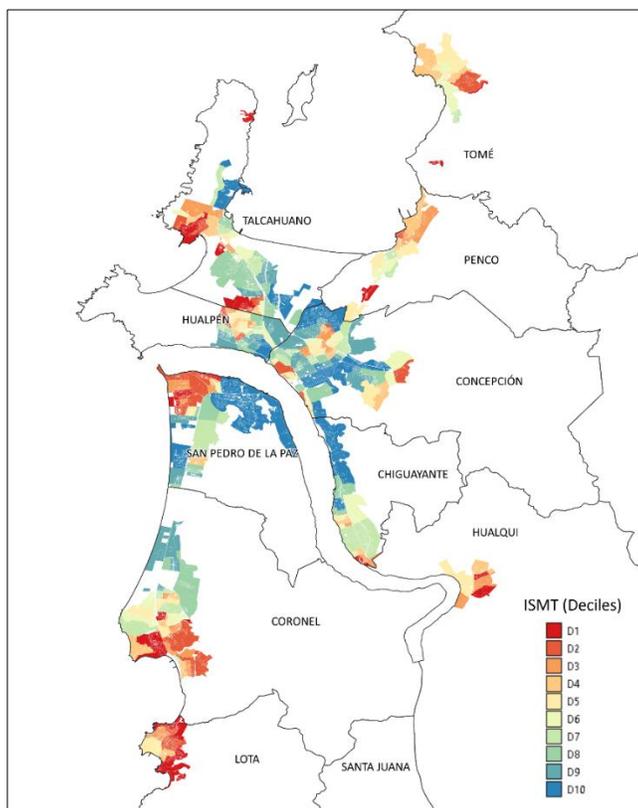


Figura 13. Distribución espacial del Índice Socio Material a nivel de manzana para el Gran Concepción



6.3.3. Estimación de la propensión de desplazamiento de los estudiantes

Asumir que todos los estudiantes tienen la misma propensión a desplazarse sería un error. Factores como (a) nivel socioeconómico, (b) nivel de enseñanza que cursan y (c) los diferentes contextos entre ciudades condicionan qué tanto están dispuestos a desplazarse. ¿Cómo podemos estimar esa propensión?

Para poder determinar la propensión de desplazamiento se usa información factual respecto a dónde viven los estudiantes y el establecimiento donde están matriculados, a partir de una muestra geolocalizada de estudiantes de la Región Metropolitana y la del Bío-bío. Con esa información y utilizando la red de transporte de cada región es posible calcular las distancias que recorren los estudiantes a sus respectivos establecimientos educacionales. Luego —separando estos estudiantes en grupos por la combinación de los factores (a), (b) y (c) anteriormente indicados— es posible modelar la propensión de desplazamiento como una distribución de probabilidades de las distancias recorridas por cada grupo. A través de métodos estadísticos se ajusta una función de distribución de probabilidades para cada grupo⁹.

Una vez estimada dicha distribución es posible calcular probabilidades de desplazamiento para responder la pregunta del párrafo anterior. De esta forma, la estimación de la propensión de desplazamiento de los estudiantes se reduce a responder la pregunta: ¿Cuál es la probabilidad de que un estudiante se desplace n metros, dado que pertenece a un nivel socioeconómico G y cursa un nivel de enseñanza L ? En este caso, en lugar de nivel socioeconómico, se utilizará el índice de socio materialidad territorial a nivel de manzana cuya metodología de estimación se explicó en la sección 6.3.2.

Para el cálculo de las distribuciones de probabilidades se usaron los siguientes datos:

- Muestra de estudiantes geolocalizados más actualizados que, para el caso corresponde a las direcciones del año 2016.
- Redes de Open Street Maps (<https://www.openstreetmap.org/>) del año 2018, para las ciudades involucradas: Gran Santiago y Gran Concepción.
- Oferta de establecimientos geolocalizados 2017 mejorada, de 12.536 establecimientos con coordenadas del Centro de Estudios de Mineduc a 12.981 usando metodologías para mejorar las direcciones.

Un ejemplo de ajuste de distribución sobre las distancias de estudiantes de observa en la Figura 14. Las barras azules representan la frecuencia de estudiantes (eje Y) que se desplazan una cierta distancia

⁹ Para ello se utilizó el paquete fitter de Python que permite hacer ajuste desde un conjunto de 80 distribuciones de probabilidades. Por motivos de performance se seleccionó un subconjunto de 19 distribuciones asimétricas hacia la izquierda consistentes con los histogramas que muestran los datos.

en metros (eje X). En este ejemplo puntual, la curva sobre las barras corresponde a la función de densidad que mejor ajusta a los datos, en el caso del ejemplo, una Distribución Burr.

Figura 14. Distribución de desplazamientos: 1º Medio, GSE decil 7, Iquique - Alto Hospicio

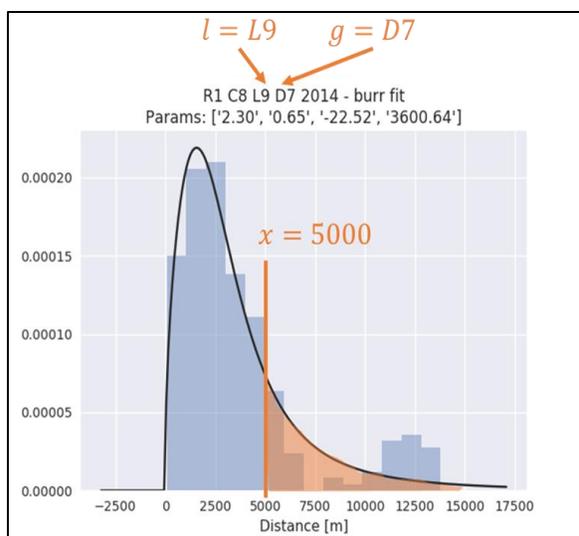
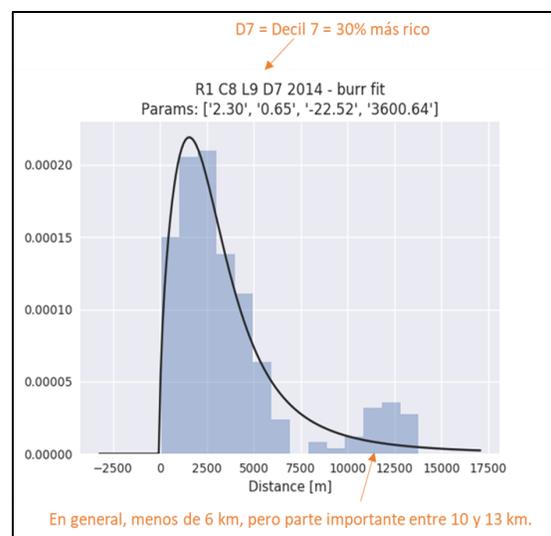


Figura 15. Ejemplo de cálculo de probabilidad de desplazamiento



Habiendo obtenido la distribución de probabilidades que mejor ajusta, es posible calcular la probabilidad de que estudiantes de ese grupo se desplacen una cierta distancia. La Figura 15 muestra una explicación gráfica de calcular la probabilidad de desplazarse más de 5 km., donde esta probabilidad corresponde al área bajo la curva de la función de distribución para cuando la distancia es superior a los 5.000 metros (área naranja).

La fórmula matemática para este cálculo se observa en la Ecuación 1. Entonces, la probabilidad de que un estudiante de la ciudad de Iquique – Alto Hospicio, que pertenece a un nivel socioeconómico D7 y que cursa el nivel de enseñanza 1º Medio, es aproximadamente un 22%, esto es, sólo este porcentaje de estudiantes están dispuestos a desplazarse más de 5 km.

Ecuación 1. Ejemplo de cálculo de probabilidad de desplazamiento

$$\begin{aligned}
 P(X > x | G = g \wedge L = l) &= 1 - P(X \leq 5000 | G = D7 \wedge L = L9) \\
 &= 1 - P_{burr(2.3, 0.65, -22.52, 3600.64)}(X \leq 5000) \\
 &= 0,220090963523 \approx 22\%
 \end{aligned}$$

Realizando análisis sobre las propensiones de desplazamiento, a partir de las distancias factuales de los estudiantes a sus respectivos establecimientos, se determinó que a una distancia de 40 kilómetros la probabilidad de desplazamiento tiende a cero.

Durante este proyecto, se geolocalizaron direcciones de estudiantes correspondientes a los años 2015 y 2016 en los distintos niveles y nivel socioeconómicos para tener una configuración de desplazamiento de los estudiantes lo más actualizada posible.

7. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados para el indicador IAE (según el método explicado en la sección 0 y cuyos parámetros se estimaron de acuerdo a lo explicado en la sección 6.3) calculado a nivel de manzana para las ciudades de Gran Santiago y Gran Concepción. Los resultados se focalizan en las 7 comunas en las cuales se hizo el levantamiento específico de la oferta pública en educación básica: Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal (Región Metropolitana) además de San Pedro de la Paz (Región del Biobío). El indicador se calculó a nivel de ciudad ya que esto permite tomar en cuenta tanto la influencia poblacional (demanda) como de los establecimientos educativos (oferta) de las comunas adyacentes a las analizadas.

La unidad del indicador es vacante por estudiante, y su interpretación es el acceso (cobertura) potencial a vacantes educativas en un determinado nivel que existe alrededor de una manzana dada, corregida por la población circundante según su propensión de desplazamiento.

Los establecimientos se representan con figuras en los mapas, para identificar a simple vista su dependencia: los círculos son municipales, los triángulos son particular subvencionados y los cuadrados son particulares pagados. El tamaño de la figura representa la capacidad del establecimiento para el nivel analizado.

Para cada ciudad, el indicador se calculó en 3 niveles de entrada al sistema educacional: primero básico, séptimo básico y primero medio. No se hizo en prebásica, dado que en la actualidad el Centro de Estudios del Ministerio de Educación se encuentra consolidando la oferta de JUNJI, INTEGRA, Jardines Infantiles vía Transferencia de Fondos y la oferta proveniente de establecimientos públicos y particulares subvencionados. Por lo tanto, los resultados que se podrían obtener pueden estar muy distantes de la realidad con la información disponible.

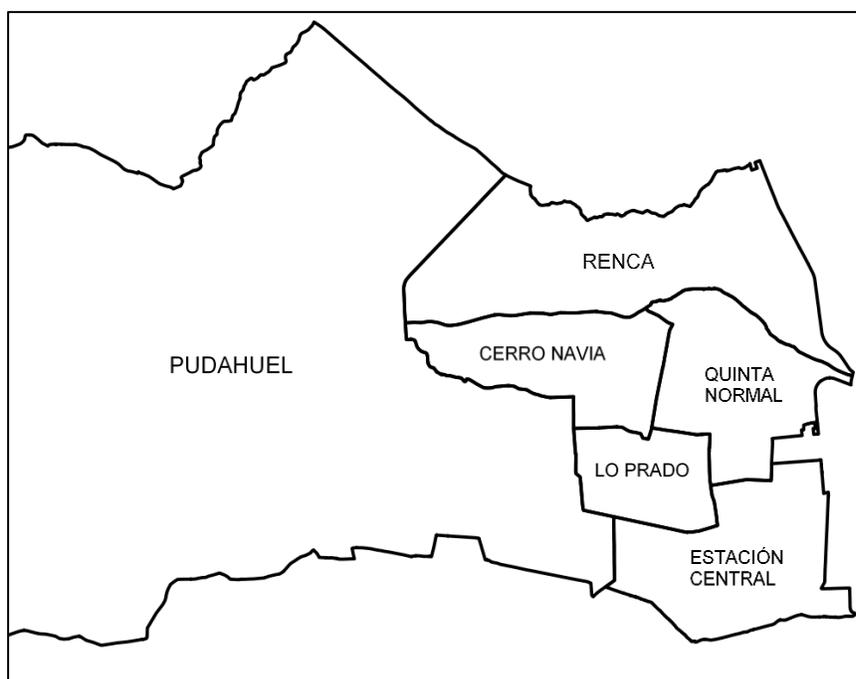
Si bien el estudio se comprometió solamente para la enseñanza básica, se calcularon los indicadores para dos niveles de inicio de la enseñanza media, a nivel referencial, ya que, de construir nuevos establecimientos públicos, estos debieran ser completos. Se consideró sólo la oferta con financiamiento público.

7.1. Comunas de Santiago

En los mapas se analizó también las comunas aledañas de Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Maipú, Cerrillos y Pedro Aguirre Cerda, dado que los establecimientos educativos de las comunas analizadas pueden cubrir población proveniente de las comunas vecinas.

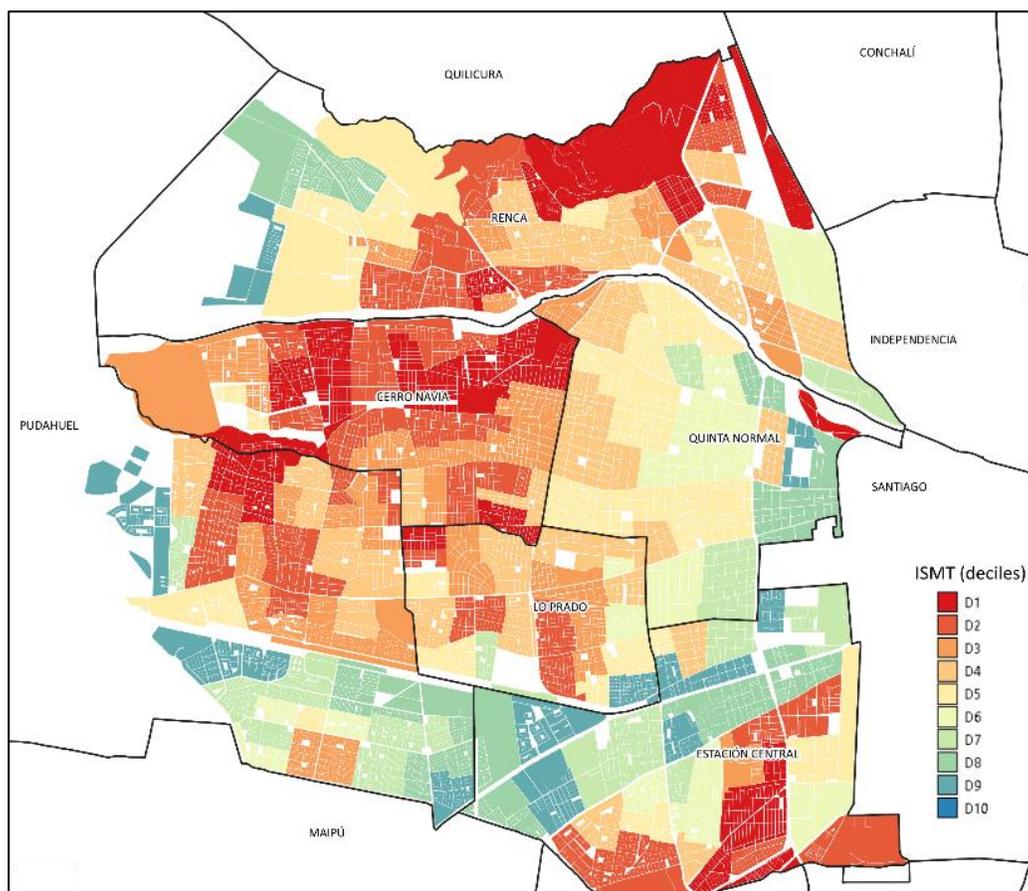
A modo informativo se muestra un mapa general de las comunas analizadas de forma de que sean fáciles de identificar en los mapas subsiguientes.

Figura 16. Esquema con la ubicación geográfica de las comunas analizadas en el Gran Santiago: Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal



Adicionalmente, como se ve en la Figura 17, los sectores que tienen manzanas con indicador de ISMT en los deciles más bajos son Cerro Navia, el sector al norte de la Ruta 68 en Pudahuel, el sector sur de Estación Central y casi la totalidad de Lo Prado, al igual que sector nororiente de Renca.

Figura 17. Esquema con la distribución del ISMT para las comunas de Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal



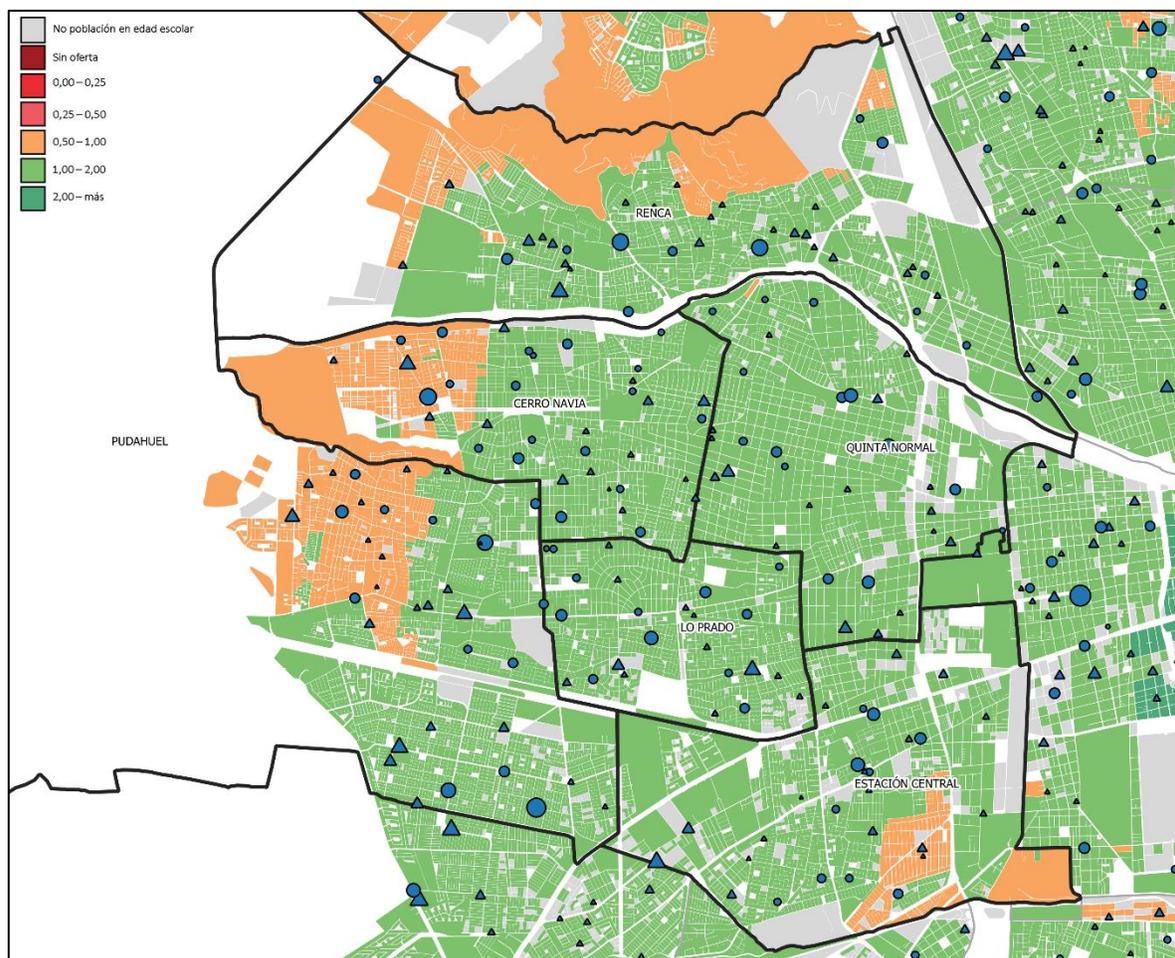
7.1.1. Situación para Primero Básico

La situación para este nivel se muestra en la Figura 18, que considera solo la oferta que entregan los establecimientos particulares subvencionados y públicos de las 7 comunas analizadas: Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central, Quinta Normal.

Como puede observarse en la Figura 18, existen zonas específicas en Cerro Navia (sector poniente), Pudahuel (sector oriente al norte de la ruta 68), Renca (sector norte) y Estación Central (sector sur oriente) donde el acceso potencial medido en vacantes por estudiantes es menor. En las zonas anteriormente mencionadas el indicador IAE se encuentra entre 0,5 y 1 vacantes por estudiante.

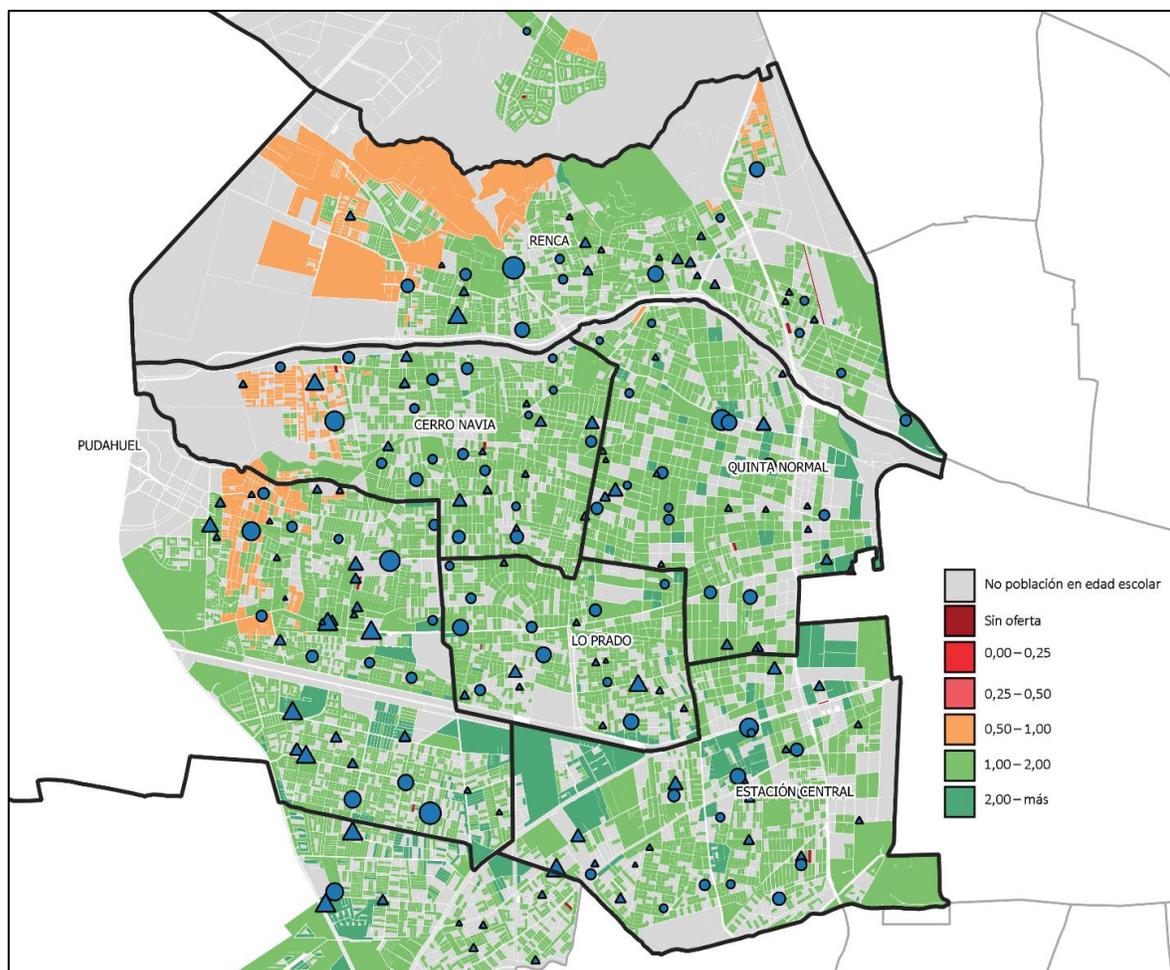
Dado como fue construido el indicador esto significa que, en dichas zonas, los estudiantes tienen que desplazarse a una distancia mayor que la tienen asignada según su ISMT (Figura 17), hacia las zonas donde existe una cobertura entre 1 y 2 vacantes por estudiante.

Figura 18. Indicador IAE 2017 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en primero básico



No obstante, hay que ser cautos con lo que muestra este indicador dado que, por la metodología para deshacer la indeterminación censal (sección 6.3.2), se imputa población escolar a todas las manzanas de cada zona censal, algunas de las cuales en la realidad podrían no tener población en edad escolar. Para muestra de ello, se muestra en la Figura 19, el mapa de la situación del indicador IAE para el 2012 donde si se disponían datos censales a nivel de manzana. Para ello se ocupó una metodología similar a la descrita en la sección 0, pero con los grupos socioeconómicos del censo 2002 actualizado a 2012. Las capacidades del nivel se estimaron para el máximo histórico a la fecha por lo cual pueden ser mayores que en la realidad.

Figura 19. Indicador IAE 2012 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en primero básico



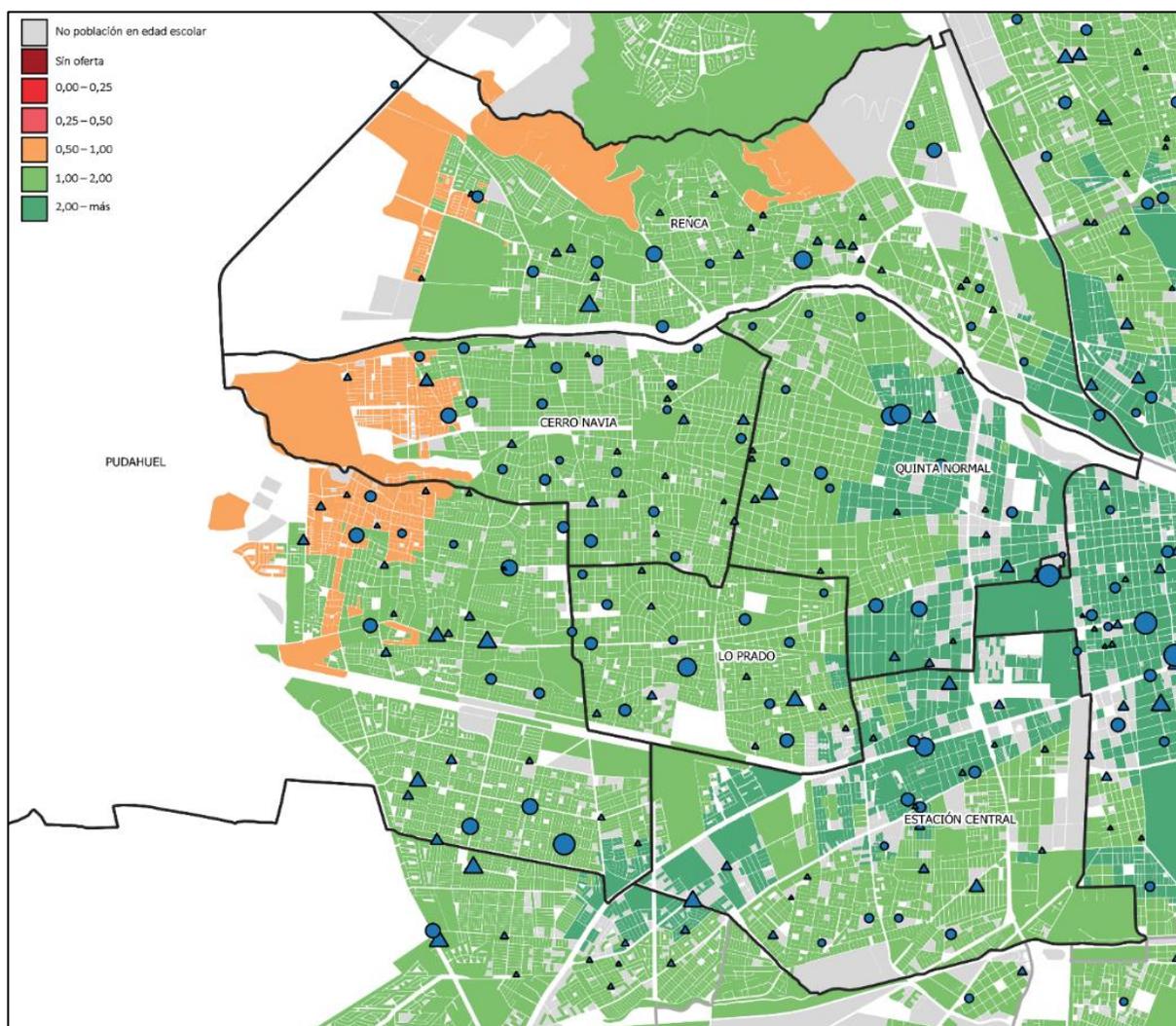
Como puede observarse al comparar la Figura 18 y 19, en el mapa IAE 2017 aparecen una serie de manzanas con población en el sector poniente de Cerro Navia y nororiente de Pudahuel que el 2012 no aparecen, pero por construcción del indicador no sabemos si efectivamente tienen población en edad escolar o se les asignó población al deshacer la indeterminación censal. Por el conocimiento del territorio que conforma el SLE de Barrancas (SLE 28), se conoce que la educación pública presenta superávits por lo cual la demanda puede satisfacerse con un mayor desplazamiento.

De todas formas, los indicadores no están a niveles críticos que suponga una urgente construcción de colegios. Llama la atención la situación de Estación Central que al momento¹⁰ no es crítica a pesar de la densificación que ha ocurrido en dicha comuna.

7.1.2. Situación para Séptimo Básico

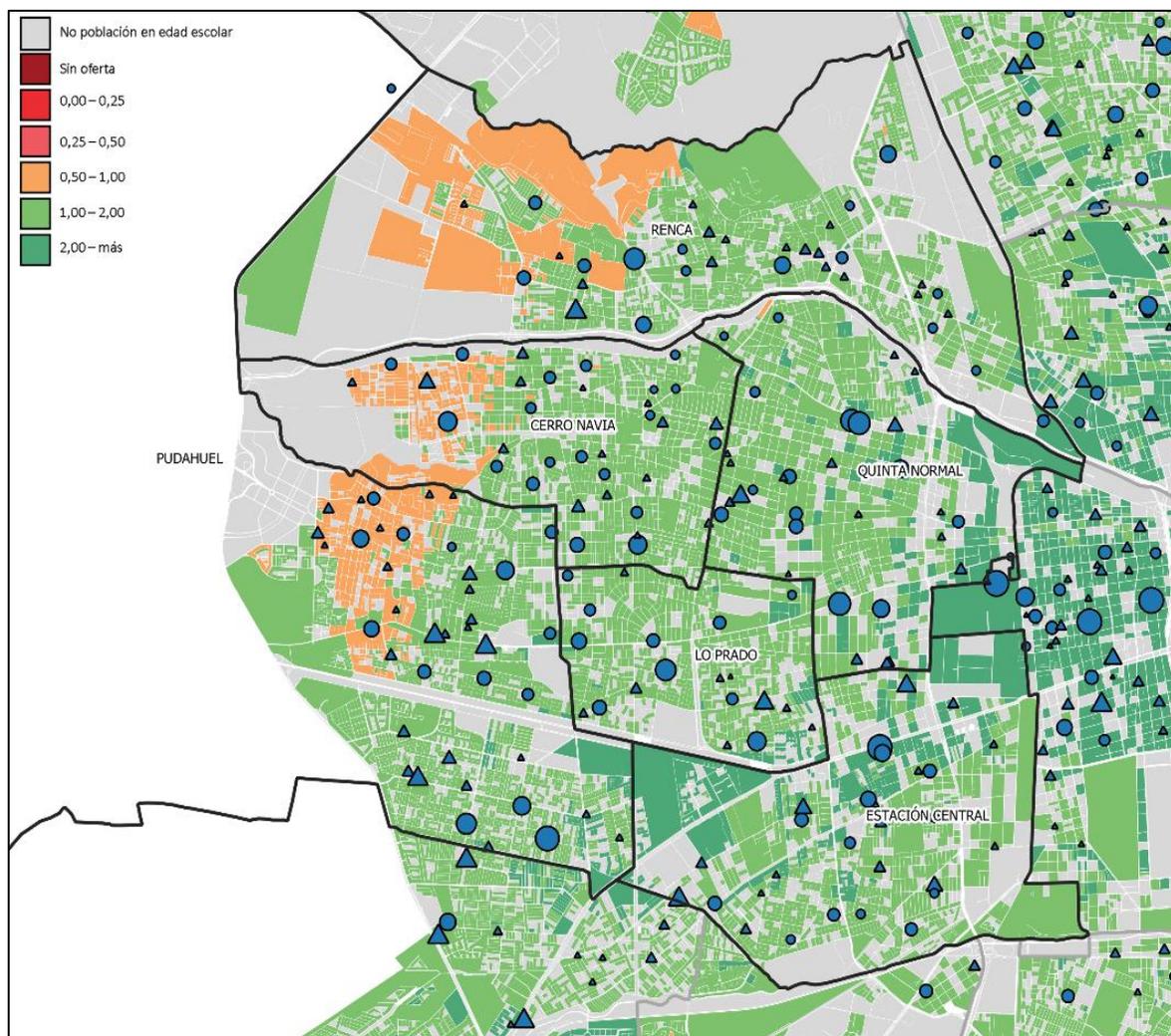
La situación para este nivel se muestra en la Figura 20, que muestra con excepción de algunos sectores de Pudahuel (al norponiente), Cerro Navia (poniente) y Renca (norte) indicadores entre 1 y 2 vacantes por estudiante. Como muestra la Figura 21, la situación es consistente con lo que ocurría el 2012.

Figura 20. Indicador IAE 2017 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en séptimo básico



¹⁰ Esto requiere de una proyección futura de la población en edad escolar en las comunas analizadas.

Figura 21. Indicador IAE 2012 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en séptimo básico



7.1.3. Situación para I° Medio

Finalmente, la situación para I medio se muestra en la Figura 22. Nuevamente hay que analizar con cautela los sectores donde el indicador muestra un peor acceso potencial, para lo cual nuevamente se compara la situación con el indicador construido para 2012 (Figura 23) mostrando cierta consistencia entre los mapas. Llama la atención la reconfiguración de la oferta pública, principalmente en Cerro Navia y Renca, con cierres y aperturas de escuelas.

Figura 22. Indicador IAE 2017 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en primero medio

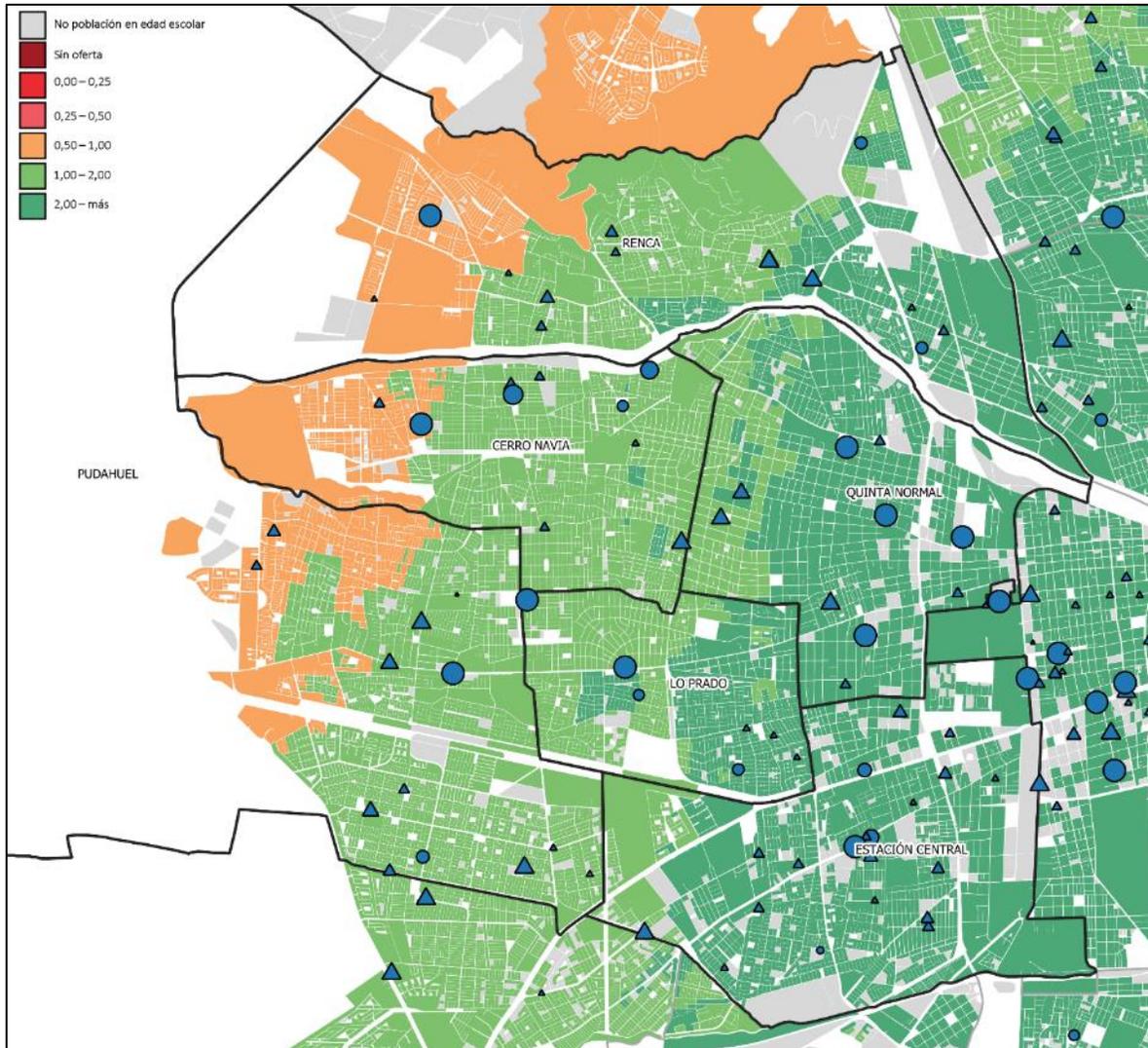
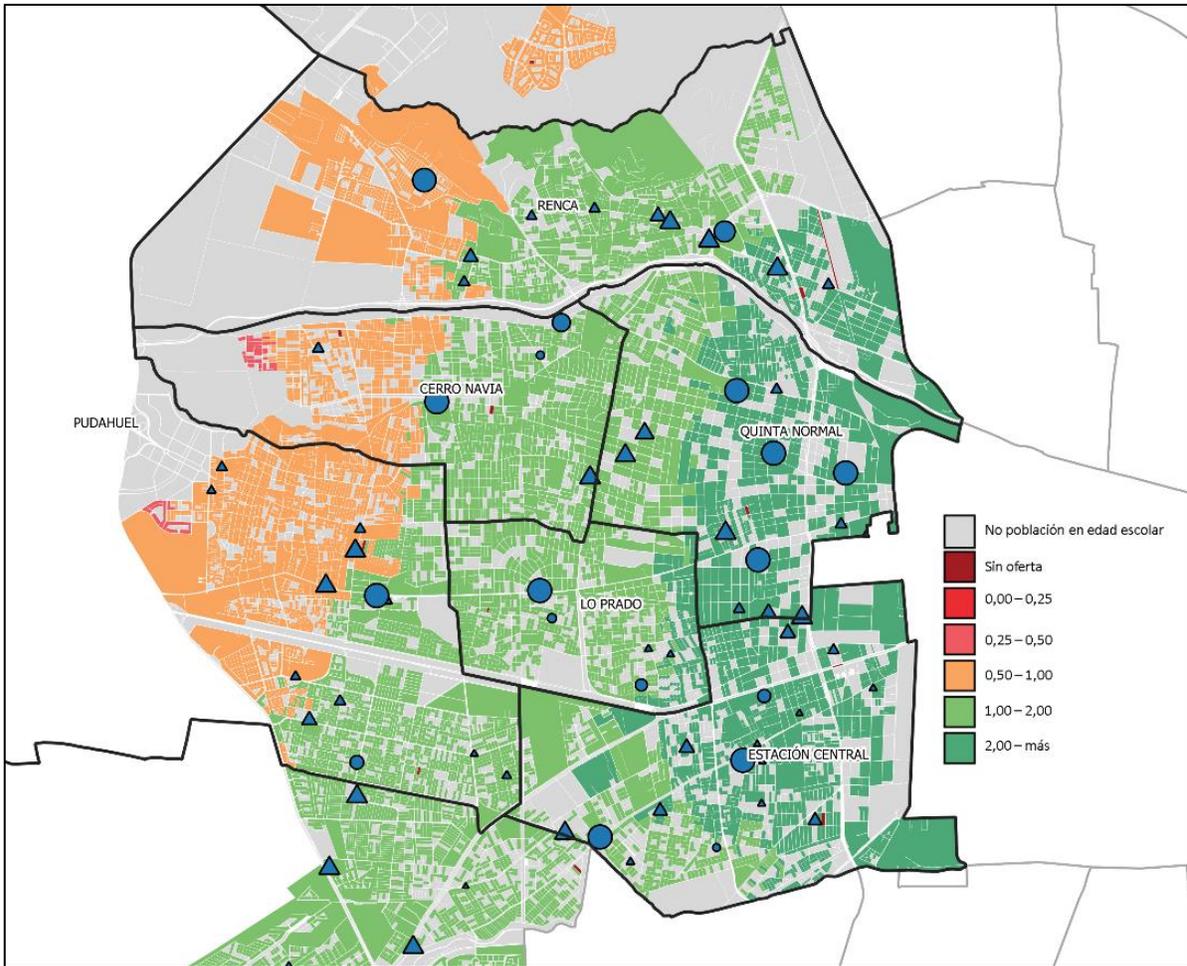


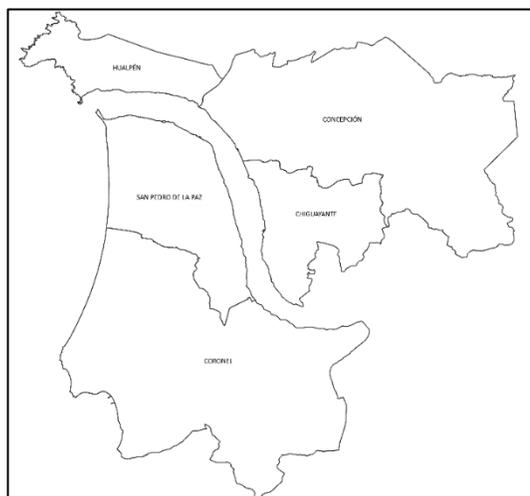
Figura 23. Indicador IAE 2012 para las comunas del Gran Santiago (Pudahuel, Lo Prado, Cerro Navia, Renca, Estación Central y Quinta Normal) medido en vacantes para estudiantes en primero medio



7.2. Comunas del gran Concepción

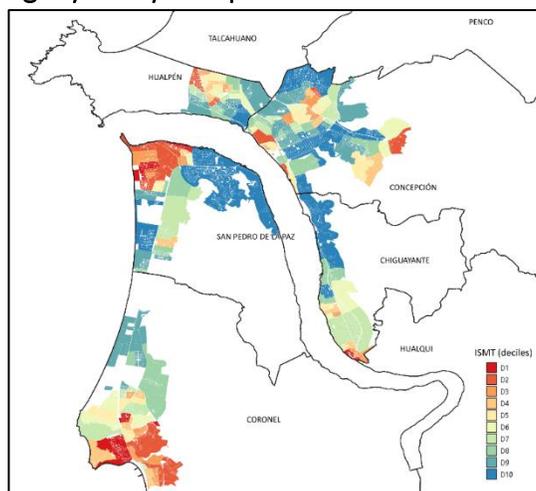
En los mapas se analizó también las comunas aledañas a San Pedro de la Paz que son Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén. Hay que considerar que muchas de ellas están separadas de San Pedro de la Paz por el río Bio-bío.

Figura 24. Esquema con la ubicación geográfica de la comuna de San Pedro de La Paz y sus comunas vecinas: Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén



Tal como se aprecia en la Figura 25, y a diferencia de lo que ocurren en las comunas analizadas en la Región Metropolitana, San Pedro de la Paz y sus comunas aledañas tienen una mayor concentración de manzanas en los deciles más altos del ISMT. Son sectores específicos de San Pedro de la Paz, Hualpén, Coronel y Concepción los que concentran deciles más bajos del indicador.

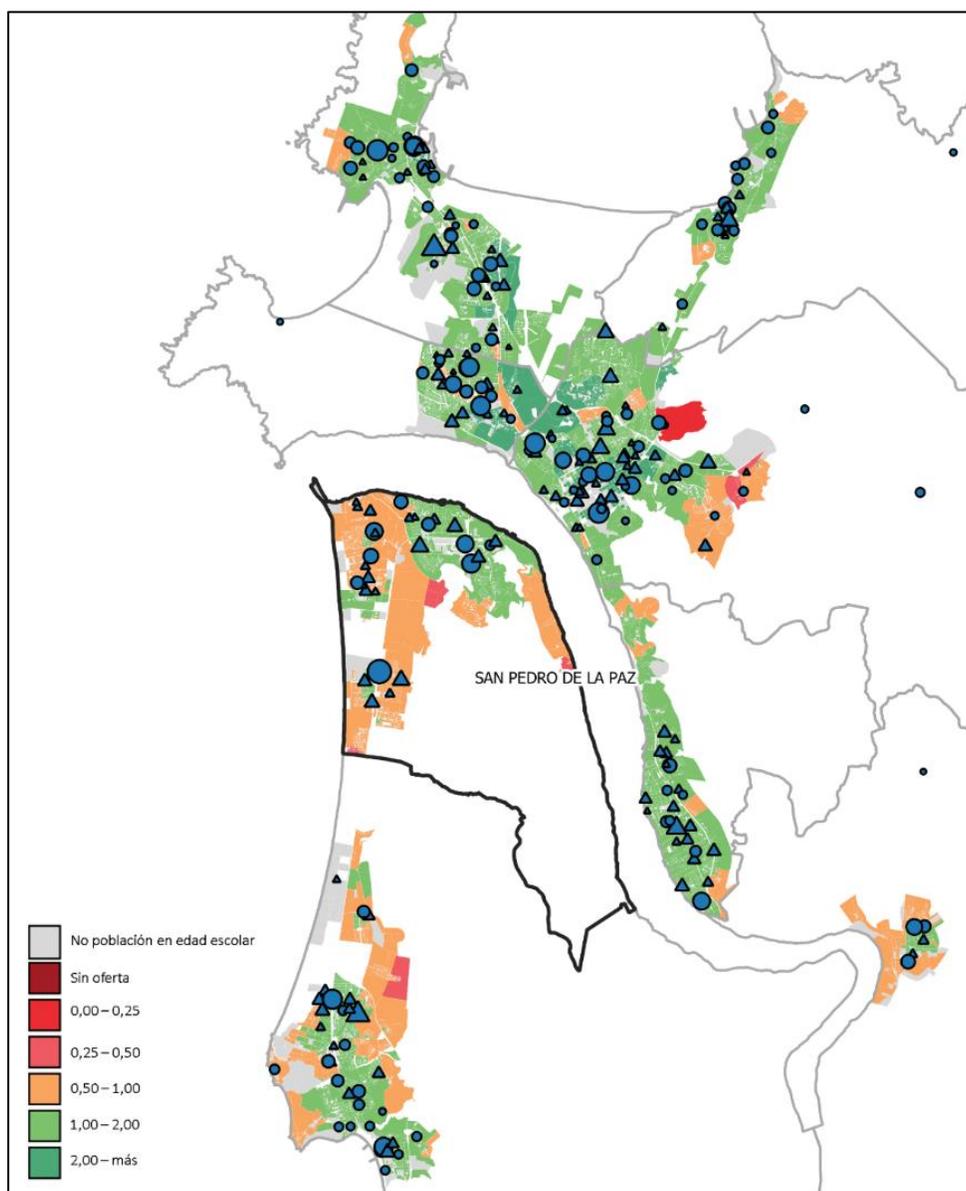
Figura 25. Esquema con la distribución del ISMT de las comunas de San Pedro de La Paz, Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén



7.2.1. Situación para Primero Básico

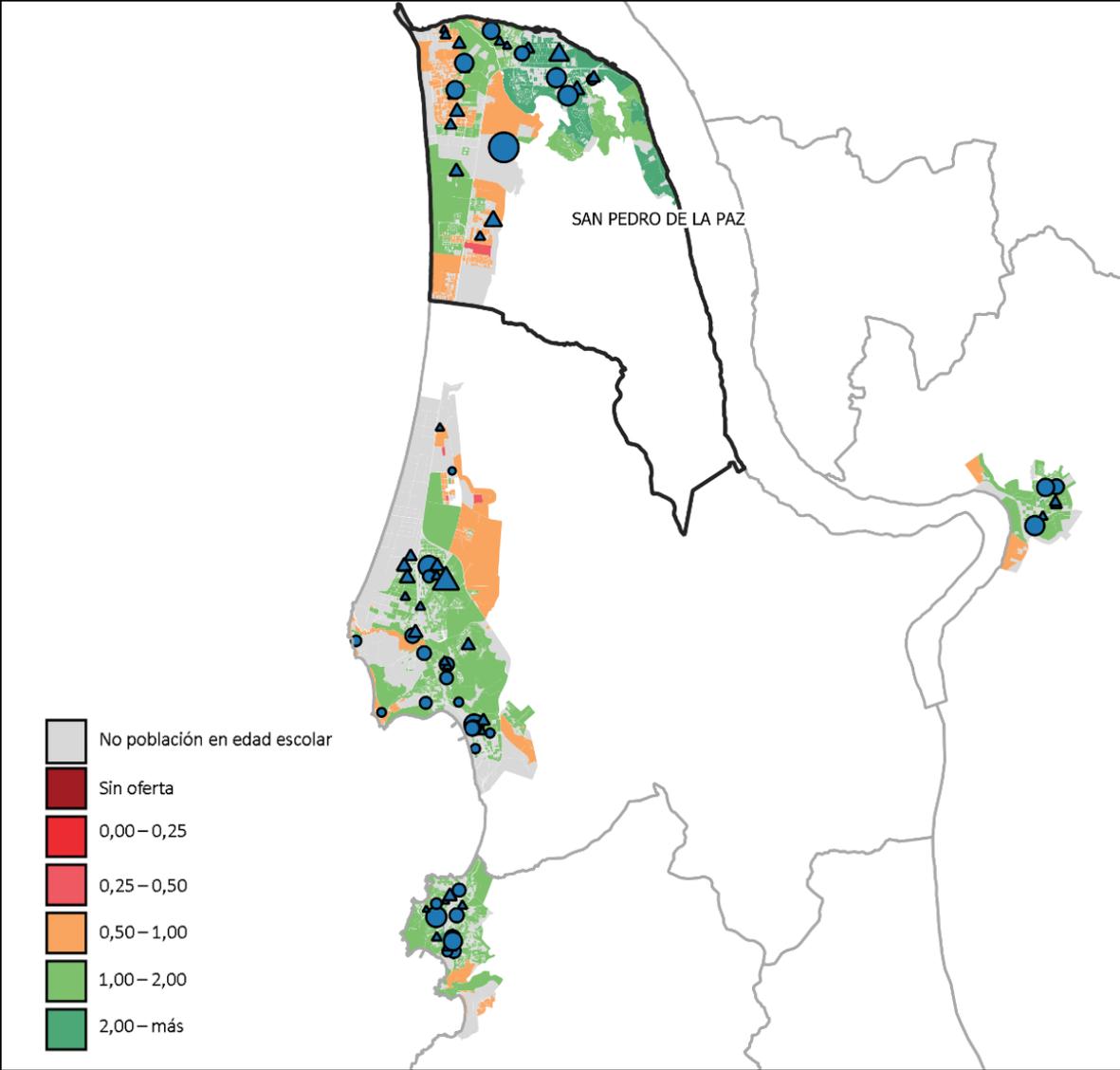
La situación para este nivel se muestra a continuación en la Figura 26. Llama la atención que en San Pedro de La Paz hay un núcleo ubicado al norte de la comuna con muy buen acceso, probablemente a la conectividad con las comunas de Hualpén y Concepción. Hacia el sur por la costa el acceso disminuye. En la mayor parte del territorio predomina un acceso entre 0,5 y 1 vacante por estudiante para primero básico.

Figura 26. Indicador IAE 2017 para las comunas de San Pedro de La Paz y sus comunas vecinas: Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén en primero básico



Sin embargo, en hay sector de San Pedro la Paz donde se reporta un menor acceso potencial (sur poniente) tiene un ISMT en los deciles más altos (Figura 25), pero no existe ningún establecimiento particular pagado. Como se aprecia en la Figura 27 la situación de ese sector ya viene deteriorándose desde el 2012, pese a la instalación de un establecimiento público.

Figura 27. Indicador IAE 2012 para las comunas de San Pedro de La Paz y algunas comunas vecinas en primero básico (SLE 54)



No obstante, al igual que los casos discutidos para las comunas de Santiago, no existen barrios que estén en indicadores críticos (bajo 0,25 vacantes por estudiante).

7.2.2. Situación para Séptimo Básico

Tal como en primero básico, predomina una situación de un menor acceso en el sector costero de San Pedro de la Paz (Figura 28), al hacer la comparación con la situación del 2012 (Figura 29) encontramos que existe consistencia y una mejora con la instalación de un establecimiento público. Nuevamente, sin indicadores en un rango crítico (bajo 0,25 vacantes por estudiante).

Figura 28. Indicador IAE2017 para las comunas de San Pedro de La Paz y sus comunas vecinas: Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén en séptimo básico

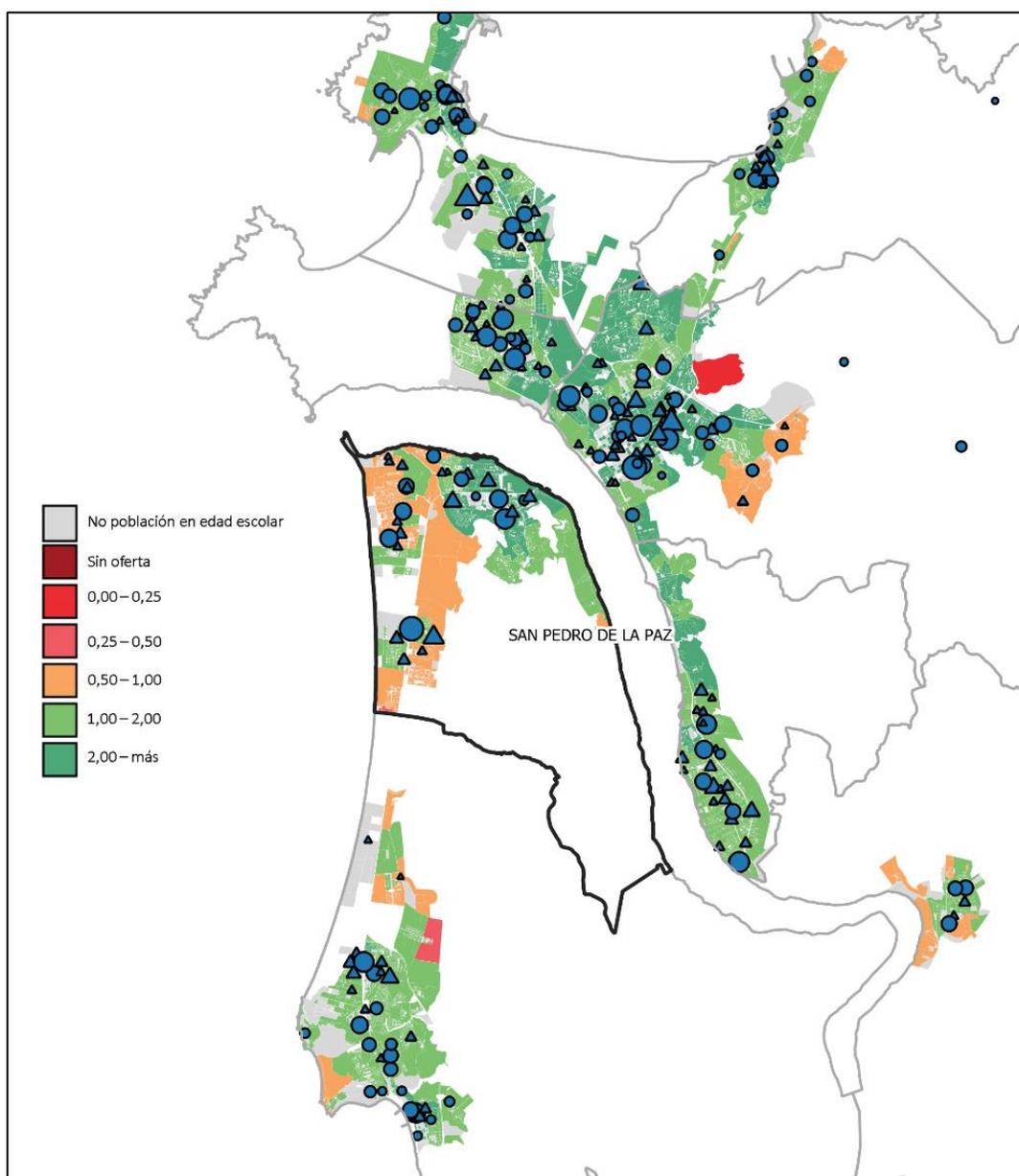
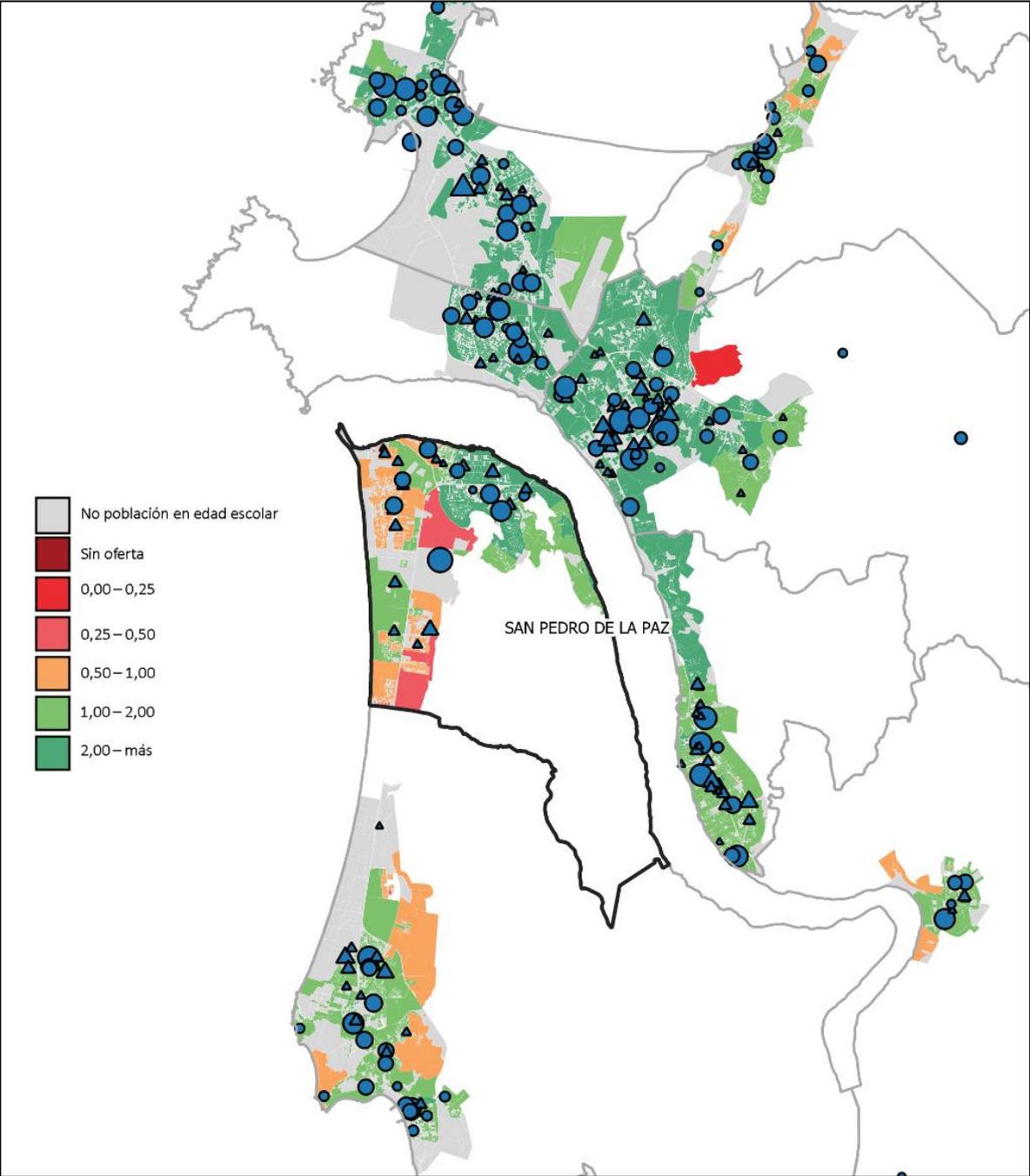


Figura 29. Indicador IAE 2012 para las comunas de San Pedro de La Paz y sus comunas vecinas: Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén en séptimo básico



7.2.3. Situación para 1° Medio

Nuevamente para el caso de primero medio (Figura 30) el sector costero de San Pedro de la Paz presenta indicadores entre 0,5 y 1, situación que en comparación con 2012 (Figura 31) ha mejorado.

Figura 30. Indicador IAE para las comunas de San Pedro de La Paz y sus comunas vecinas: Coronel, Concepción, Chiguayante y Hualpén en primero medio

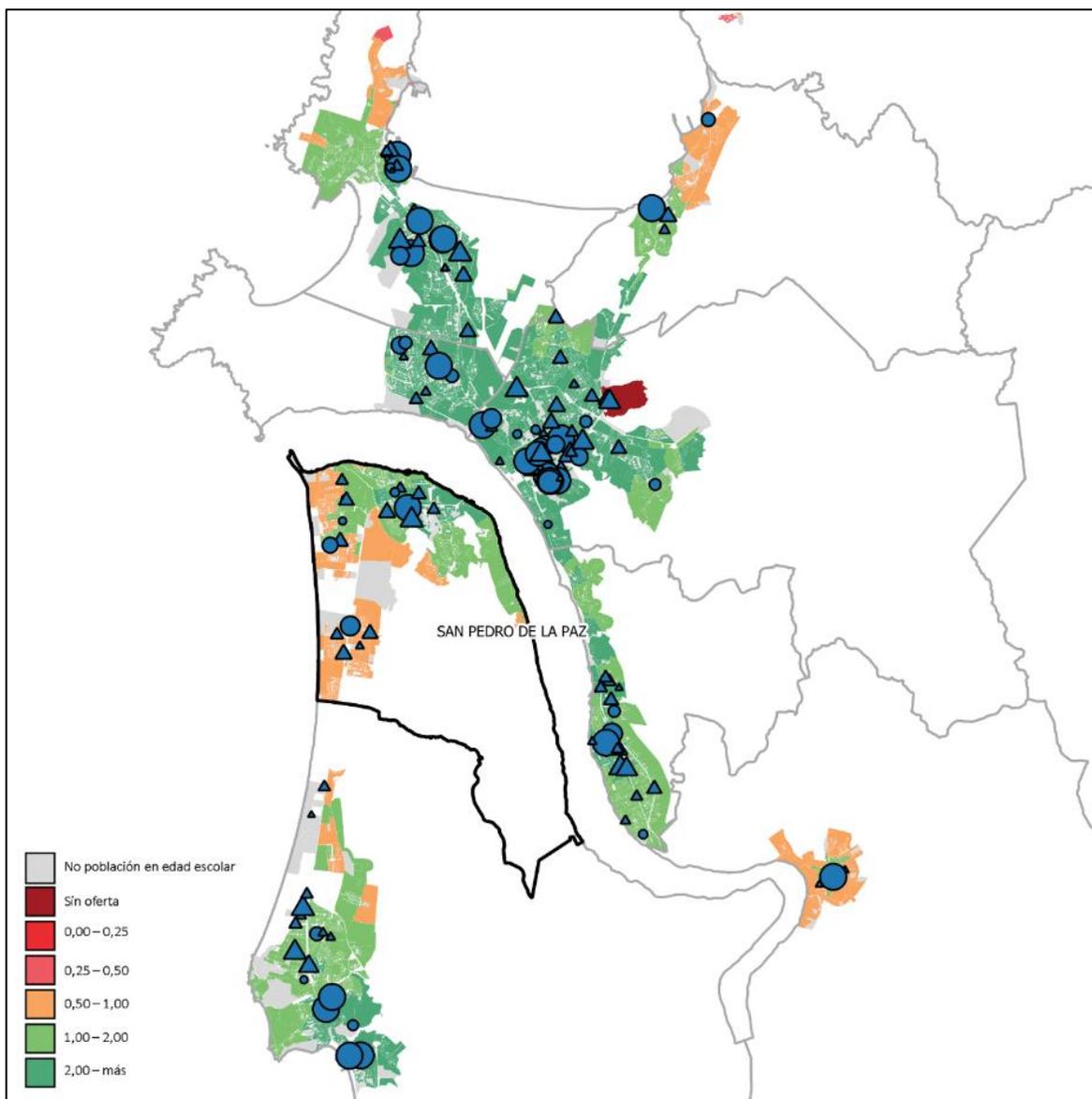
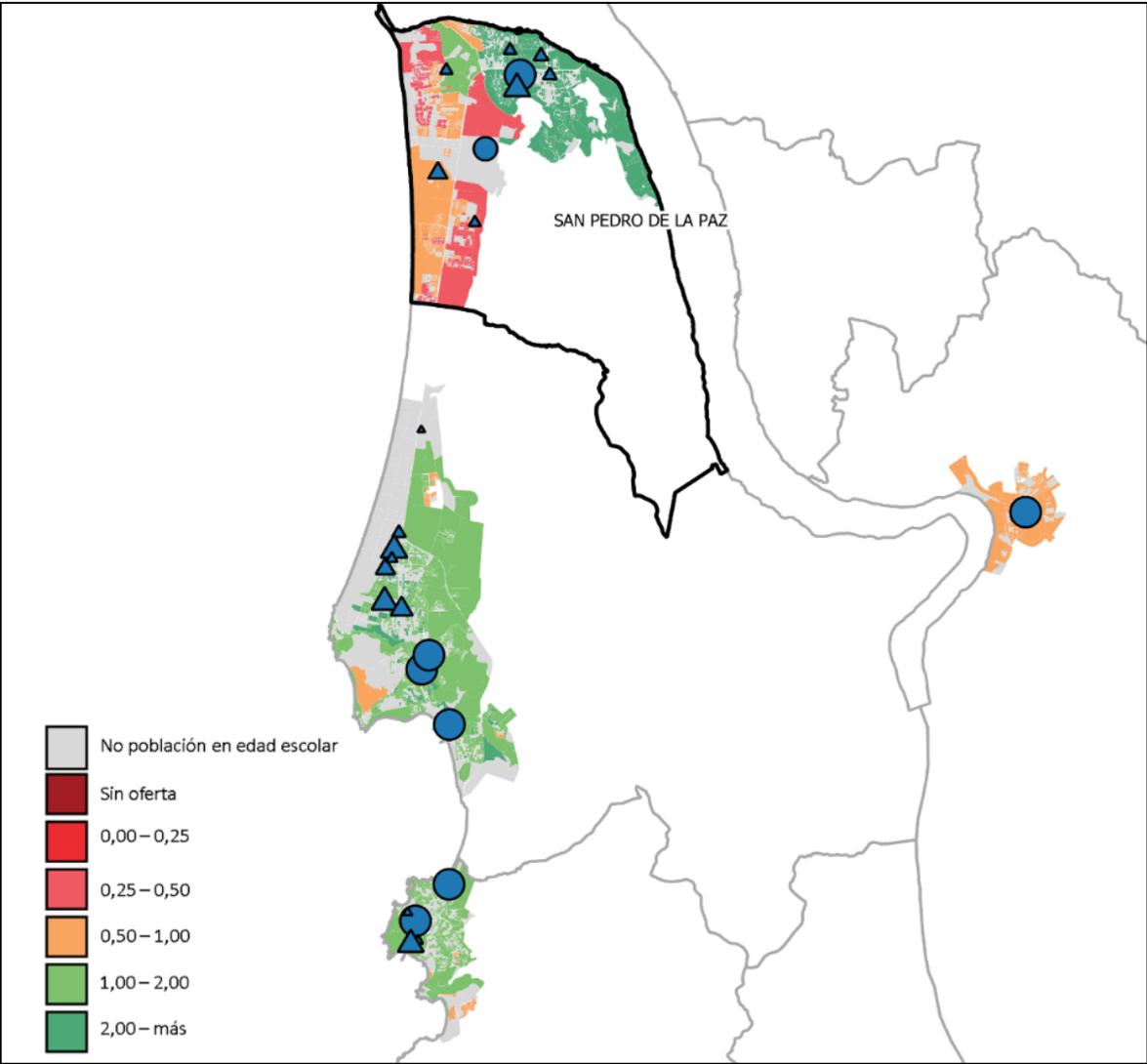


Figura 31. Indicador IAE 2012 para las comunas de San Pedro de La Paz y algunas comunas vecinas en primero medio (SLE 54)



8. CONCLUSIONES

Se construyó un indicador de accesibilidad potencial a establecimientos educativos (IAE) que reporta zonas de las ciudades donde sería necesario un mayor desplazamiento que el propio (según al grupo etario al cual pertenece la manzana) dada la población circundante y la oferta de establecimientos con financiamiento público.

Dado el cambio metodológico y uso de los datos del Censo 2017 con resolución a nivel de zona censal que se introdujo respecto del proyecto original, se revisó la consistencia entre el indicador para sus versiones de 2012 y 2017 y cuyo resultado fue muy similar, teniendo cuidado en interpretar los resultados teniendo a la vista la metodología usada para deshacer la indeterminación censal. Si se tuvieran los datos a nivel de manzana para 2017, los resultados serían muchos más exactos como lo son para el año 2012.

Se trabajó con oferta de financiamiento público (municipal, de servicio local o particular subvencionada) de forma de medir la cobertura potencial de este tipo de oferta. No obstante, no se incorporó una corrección por el lado de la demanda, es decir, aquella población escolar que por sus características de ingreso simplemente no asistirá a establecimientos con financiamiento público. Sin embargo, por las características de sociodemográficas de las zonas analizadas, esta demanda adicional no produce alteraciones significativas de los resultados. Distinto sería el caso de analizar, por ejemplo, el sector oriente de Santiago donde simplemente el IAE se distorsionaría.

Los resultados muestran que, en las comunas analizadas, la oferta potencial no se encuentra en niveles críticos a la fecha de estimación de la población en edad escolar (2017). Sin embargo, por lo dinámico de los cambios poblacionales, es necesario hacer estimaciones de oferta potencial mucho más frecuentes para identificar la necesidad de nuevos establecimientos especialmente a partir de la matrícula de educación parvularia.

Para ello se proponen las siguientes modificaciones al trabajo realizado, a llevar a cabo en un futuro cercano.

- 1) Incorporar mecanismos flexibles que permitan mostrar si los problemas en determinadas áreas de la ciudad se resuelven, por ejemplo, sustituyendo la propensión de desplazamiento asociada a ciertas manzanas específicas o aumentando la capacidad de algunos establecimientos para simular el impacto en el acceso potencial.
- 2) Simular lo que sucedería con el acceso potencial si se cierran ciertos establecimientos educativos.
- 3) Crear reglas, a partir mecanismos de aprendizaje no supervisado para cada ciudad que se analice, que permitan sustraer la demanda que no compite por establecimientos con financiamiento público.

9. RECOMENDACIONES PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Este estudio se pudo llevar a cabo en la forma en que se hizo finalmente, gracias a la existencia de datos relativamente recientes respecto a la población en edad escolar. Sin embargo, los cambios sociodemográficos de las ciudades están siendo más rápidos que las actualizaciones de datos provenientes de los Censos de población. En estricto rigor, de no haber mediado la decisión de realizar un Censo abreviado de la población el 2017, se hubiera tenido que trabajar con los resultados del Censo 2012 lo que hubiera significado tener información desactualizada para determinar ahora dónde se requiere instalar nuevos establecimientos.

Por lo tanto, la primera recomendación para la política pública es concentrar el esfuerzo en levantar los datos necesarios para este tipo de análisis a partir de la información administrativa que el propio Estado recopila sistemáticamente. Esta información la podemos dividir en: 1) información a la que la Dirección de Educación Pública/ Ministerio de Educación tiene acceso y 2) información que el propio Estado genera, pero la cual el Ministerio no tiene necesariamente acceso formal directo.

Respecto a la información a la que la Dirección de Educación Pública (DEP)/ Ministerio de Educación (Mineduc) tiene acceso:

- 1) **Residencia y edad de los niños en edad escolar**, que en su mayor parte se captura a través del SIGE. Se deben generar los incentivos para que dicha información sea confiable y actualizada especialmente para llevar una adecuada trazabilidad de las trayectorias de los estudiantes. Además, es fundamental integrar los registros de matrícula de la educación parvularia que permitan anticipar las variaciones de matrículas para los años siguientes para la educación pública.
- 2) **Cuáles establecimientos públicos (municipales) y/o particulares subvencionados cerrarán en los próximos años**. Esta información es clave para entender cómo se reconfigurará la demanda de los estudiantes que se quedarán sin establecimiento.

Respecto a la información que el propio Estado genera:

- 1) **Construcción de vivienda social que el propio Estado encarga a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)**. Por ejemplo, el 14 de noviembre de 2018 ya se anunció la construcción de 21.453 viviendas para familias de sectores medios y vulnerables en 61 comunas (MINVU, 2018). Eso significa que muchas familias con niños se relocalizarán geográficamente, introduciendo una nueva demanda en sectores específicos. La ventaja es que además en algún momento el Estado sabe exactamente de dónde provienen las personas que se cambiarán de lugar y, por lo tanto, donde se producirán superávits de oferta, especialmente en la pública, dado que la mayoría de las personas que asiste a dichos establecimientos pertenece a sectores vulnerables.

- 2) **Permisos de edificación.** Permitirá determinar qué sectores de las ciudades se están densificando y de la forma en que se previó originalmente en el proyecto original, como impacta en las brechas de oferta-demanda educativa. A diferencia del punto anterior, solo permite estimar a qué lugar llegarán las personas y no desde dónde provienen.

La segunda recomendación tiene que ver con el tipo de modelo que se desarrolló. Se optó por un modelo de acceso potencial a oferta educativa con financiamiento público que finalmente es una forma simple de evitar de tener que modelar también la asignación de una oferta fija a una demanda cambiante. Actualmente se dispone cada vez de más información para desarrollar un modelo de asignación como el descrito. El sistema de admisión escolar (SAE) se está implementando desde 2016 y para algunas regiones (como la de Magallanes) ya existen varios años disponibles.

Por lo tanto, usando como datos la base a la lista de postulaciones que envían madres, padres y apoderados al SAE y según las características de su perfil, sería posible entrenar un algoritmo de *machine learning*, que prediga la lista de preferencias de establecimientos que los padres enviarán al SAE para que se les asigne uno. De esta forma:

- Se sabe cuáles establecimientos públicos o particular subvencionados son los más demandados y cuáles no.
- Al usar la predicción como entrada al algoritmo del SAE será posible predecir casos en los cuales se produzcan una mala asignación: por ejemplo, asignar a un niño en primero básico a un establecimiento muy lejano. La resolución de esos casos puede resolverse vía simulación de cambios en la oferta pública.
- Determinar qué porcentaje de la matrícula llega a los establecimientos públicos como segunda o tercera opción de asignación del SAE, que los hace más vulnerables a una caída de la matrícula por cambios en el algoritmo o preferencias de los padres y apoderados.

Finalmente, en el mediano plazo será necesario que la oferta pública considere la necesidad de consolidar establecimientos que pertenezcan a zonas sociodemográficamente establecidas para por otra parte abrir establecimientos en zonas de expansión, lo que requerirá de una optimización más global en cada ciudad, una vez conocidas las dinámicas de oferta y demanda a través del mecanismo propuesto previamente.

REFERENCIAS

- Bellei, C. (2007). Expansión de la educación privada y mejoramiento de la educación en Chile. Evaluación a partir de la evidencia. *Revista Pensamiento Educativo*, 40(1), 285–311.
- Canales, M., Bellei, C., & Orellana, V. (2016). ¿Por qué elegir una escuela privada subvencionada? Sectores medios emergentes y elección de escuela en un sistema de mercado. *Revista Estudios Pedagógicos*, XLII(3), 89–109.
- Clark, A., & Scott, D. (2014). Understanding the Impact of the Modifiable Areal Unit Problem on the Relationship between Active Travel and the Built Environment. *Urban Studies*, 51(2), 284–299. <https://doi.org/10.1177/0042098013489742>
- Comber, A., Brunsdon, C., & Green, E. (2008). Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. *Landscape and Urban Planning*, 86(1), 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.01.002>
- Elacqua, G., Martínez, M., & Santos, H. (2011). Lucro y educación escolar. *Claves de Políticas Públicas*, N° 1, Santiago, Instituto de Políticas Públicas, Universidad Diego Portales, 1. Recuperado de <http://www.politicaspUBLICAS.udp.cl/publicaciones/detalle.tpl?id=285>
- Grau, N., Hojman, D., & Mizala, A. (2017). School Closure and Educational Attainment: Evidence from a Market-based System. *Serie de Documentos de Trabajo, Facultad de Economía de la Universidad de Chile*, (wp439).
- Hanson, S., & Giuliano, G. (2004). *The Geography of Urban Transportation*. Guilford Press.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). Manual de usuarios de la base de datos del censo de población y vivienda 2017. Departamento de Demografía y Censos.
- Joseph, A. E., & Bantock, P. R. (1982). Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study. *Social Science & Medicine*, 16, 85–90.
- King, G. (2013). *A Solution to the Ecological Inference Problem: Reconstructing Individual Behavior from Aggregate Data*. Princeton University Press.
- Lara, B., Mizala, A., & Repetto, A. (2011). The Effectiveness of Private Voucher Education Evidence From Structural School Switches. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 33(2), 119–137. <https://doi.org/10.3102/0162373711402990>
- Leeuw, J. de, & Mair, P. (2009). Gifi Methods for Optimal Scaling in R: The Package homals. *Journal of Statistical Software*, 31(1), 1–21. <https://doi.org/10.18637/jss.v031.i04>

- Luo, W., & Qi, Y. (2009). An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health & Place, 15*(4), 1100–1107. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.06.002>
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design, 30*(6), 865 – 884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- MINVU. (2018, agosto 14). Minvu anuncia la construcción de más de 21 mil viviendas con integración social a lo largo del país. Recuperado 29 de enero de 2019, de http://www.minvu.cl/opensite_det_20181114173442.aspx
- OECD. (2013). PISA Results: What makes schools successful? Resources, policies and practices. OECD Publishing, Paris, France.
- Oh, K., & Jeong, S. (2007). Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. *Landscape and Urban Planning, 82*(1–2), 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.014>
- Raczynski, D., & Marcel, M. (2009). La Asignatura Pendiente, claves para la revalidación de la educación pública de gestión local en Chile. CIEPLAN.
- Radke, J., & Mu, L. (2000). Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. *Geographic Information Sciences, 6*(2), 105–112. <https://doi.org/10.1080/10824000009480538>
- Rodríguez, P., Truffello, R., Suchan, K., Varela, F., Matas, M., Mondaca, J., ... Allende, C. A. (2016). Apoyando la formulación de políticas públicas y toma de decisiones en educación utilizando técnicas de análisis de datos masivos: el caso de Chile. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1419.9283>
- Rodríguez, P., Valenzuela, J. P., Suchan, K., Truffello, R., Norel, N., Allende, C., ... Céspedes, J. (2016). La geografía de las oportunidades educativas: Determinando el acceso real de los estudiantes a establecimientos educacionales efectivos para generar políticas públicas que mejoren la provisión de educación de calidad. *Documentos de Trabajo, (19)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17690.64968/1>
- Shen, Q. (1998). Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers. *Environment and planning B: Planning and Design, 25*, 345–365.
- Wei, Z. (2013). *A study of accessibility to health facilities for elderly population in metro Atlanta using a categorical multi-step floating catchment area method* (Thesis). uga. Recuperado de <http://ugakr.libs.uga.edu/xmlui/handle/10724/28942>

Zhang, M., & Kukadia, N. (2005). Metrics of Urban Form and the Modifiable Areal Unit Problem. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1902, 71–79. <https://doi.org/10.3141/1902-09>.