



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

**FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA Y CIENCIA POLÍTICA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA**

**ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO DE CIUDADES MEDIAS A
PARTIR DEL APORTE DE LAS ZONAS FRANCAS Y LA
CONCENTRACIÓN DE POLINÚCLEOS ECONÓMICOS**

Casos de estudios de Iquique y Punta Arenas

Por:
FRANCISCO ESTEBAN TERRAZA PRIETO

Tesis presentada al Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile,
Para optar al grado académico de Magíster en Geografía y Geomática.

Profesores Guía:

Profesor guía: Dr. Cristián Henríquez Ruiz

Profesor co-guía: Dr. Johannes Rehner

Enero, 2022

Santiago, Chile

© 2022, Francisco Esteban Terraza Prieto

© 2022, Francisco Esteban Terraza Prieto.

Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y su autor.

Y a la hora del naufragio y la de la oscuridad,
alguien te rescatará para ir cantando.
A Rocío, Valeria y Griceld.
Honor al que honor merece.
El amor con amor se paga.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar/comenzar, agradezco a quienes me han sabido querer, a quienes se han atrevido a amarme, quienes me han enseñado a amar y quienes se atreven a vivir.

Dedico este esfuerzo a todos quienes me han apoyado y acompañado en el transcurso de mi formación universitaria. A quienes me han recordado que este es un espacio constante de disputa, que jamás es una herramienta estratégica de reconocimiento social, por el contrario, es el lugar en el que se encuentran sentires y pensares comunes con el fin de transformar la sociedad en base al amor y la justicia.

Agradezco también a las organizaciones barriales y territoriales con las que convivo y trabajo mano a mano para mejorar las condiciones de habitabilidad de nuestros vecinos, por fortalecer mi capacidad reflexiva en torno a problemáticas reales y entregarme herramientas para el desarrollo de soluciones desde su experiencia y lucha social.

Al programa de Magíster, especialmente a Paulina Contreras, quien me acompañó en cada proceso, mis profesores guías, Dr. Cristián Henríquez y Dr. Johannes Rehner. A la profesora Varinia Godoy, de quien he podido aprender nuevas formas de ver la pedagogía. A mi gran amigo y compañero de formación académica, Miguel Castellani.

A mi familia, por aguantar y acompañar tantas mañan, dolor y amargura, por celebrar mis triunfos y por seguir esperando lo inesperado.

A mis amigas Javiera Larraín, Griceld Antipil, Valeria Kiekebusch y Rocío Gallardo, por levantarme cada vez que fue necesario, por guiarme y ayudarme a ser mejor persona para mí y para otros a partir del amor sincero, del compromiso y la responsabilidad.

A Rocío Gallardo, a quien debo los resultados de esta investigación y de la persona en quien me he convertido en los últimos dos años. Gracias por elegirme tu amigo, por abrirme tu corazón, hacerme crecer, enseñar y mostrarme las infinitas formas en que se tejen las redes del amor. Por cambiar mi mirada. Por hacerme parte de tu vida, de la cual estoy muy orgulloso, feliz y esperanzado. Por hacer de este, un mundo mejor con tu sola presencia en él con esa luz que irradias y contagia. Gracias, por tanto, perdón por tan poco.

TABLA DE CONTENIDOS.

	AGRADECIMIENTOS	iii
I.	RESUMEN.....	xii
II.	INTRODUCCIÓN.....	1
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3.1.	Antecedentes generales de la urbanización.....	3
3.3.	Antecedentes asociados a las ciudades de estudio	13
3.3.1.	Iquique	13
3.3.2.	Punta Arenas	15
3.4.	Relevancia de la investigación.....	18
IV.	DEFINICIÓN DE PROBLEMAS Y OBJETIVOS	19
4.1.	Preguntas de investigación.....	19
4.2.	Objetivo general.....	20
4.3.	Objetivos específicos	20
V.	DISCUSIÓN TEÓRICA.....	21
5.1.	Nota introductoria.....	21
5.2.	Urbanización y Ciudades medias en Chile	22
5.3.	Policentrismo y crecimiento, urbano y económico.....	25
5.4.	Modelo predictivo de cambio de uso de suelo.....	29
5.4.1.	¿Por qué elegir el Modelo CLUE?.....	32
5.4.2.	Modelo CLUE.....	32
5.4.3.	<i>Driving Forces</i>	34
5.5.	Planificación y ordenamiento territorial	34
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
6.1.	Resumen de métodos	38
6.2.	Área de Estudio.....	39
6.3.	Relación entre métodos y objetivos específicos	41
6.3.1.	Respecto al crecimiento experimentado por las ciudades	41
6.3.2.	Respecto a las zonas de concentración de patentes comerciales en función de las Zonas Francas	42
6.3.3.	Respecto a las variables de crecimiento urbano en las áreas de estudio.....	44
6.3.4.	Respecto a la elaboración y comparación de modelos predictivos de crecimiento urbano	45
VII.	RESULTADOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Modelo de desarrollo Estructural de las ciudades Latinoamericanas.....	28
Figura 2:	Marco tridimensional para la revisión de los modelos de cambio de uso de suelo.....	30
Figura 3:	Ejemplo de flujo del modelo Dyna CLUE	33
Figura 4:	Flujo metodológico.....	38
Figura 5:	Resultado Crosstab Iquique y Punta Arenas con variables económicas 2020-2050.....	52
Figura 6:	Resultado Crosstab Iquique y Punta Arenas sin variables económicas 2020- 2050	52
Figura 7:	Validación del modelo Dyna-CLUE considerando el total variables.....	80
Figura 8:	Validación del modelo Dyna-CLUE excluyendo variables económicas....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Variación del empleo por sector económico Iquique 2002 – 2020	14
Tabla 2:	Variación del empleo por sector económico Punta Arenas 2002 – 2020 ...	17
Tabla 3:	Modelos de cambio de uso de suelo	31
Tabla 4:	Tipos de Instrumentos de Planificación Territorial	36
Tabla 5:	Imágenes satelitales utilizadas en Iquique	45
Tabla 6:	Imágenes satelitales utilizadas en Punta Arenas	46
Tabla 7:	Fuerzas Motrices utilizadas en las regresiones logísticas para cada uso y cobertura de suelo ²	49
Tabla 8:	Distribución de permisos de edificación según destino	62
Tabla 9:	Variables explicativas del crecimiento urbano	69
Tabla 10:	Valores de Cramer V para Fuerzas Motrices	71
Tabla 11:	Fuerzas motrices a utilizar según pasos metodológicos	72
Tabla 12:	Resultados de la Regresión Logística	73
Tabla 13:	Superficie ocupada en hectáreas por usos de suelo 2020 – 2050 según análisis de interpretación de imágenes satelitales	76
Tabla 14:	Intensidad de Expansión Urbana Anual (IIEA) para los sistemas urbanos de Iquique y Punta Arenas	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Ventas totales en las Zonas Francas: ZOFRI y ZonAustral, 2007-2015	11
Gráfico 2:	Evolución tasa de ocupación Iquique	15
Gráfico 3:	Evolución tasa de ocupación Punta Arenas	17
Gráfico 4:	Evolución de Iquique: población y mancha urbana 1970-2020	57
Gráfico 5:	Evolución de Iquique: patentes comerciales y permisos de edificación 1970-2020	57
Gráfico 6:	Evolución de Punta Arenas: población y mancha urbana 1970-2020	58
Gráfico 7:	Evolución de Punta Arenas: patentes comerciales y permisos de edificación 1970-2020	58
Gráfico 8:	Análisis de demanda de suelo urbano tendencial 1975/77-2050.....	74

ÍNDICE DE CARTOGRAFÍAS

Cartografía 1: Localización de las Zonas Francas	8
Cartografía 2: Zonas de Extensión Económica de las Zonas Francas	9
Cartografía 3: Localización y contexto del área de estudio	40
Cartografía 4: Categorías de precio de suelo en ciudades de Iquique y Punta Arenas	61
Cartografía 5: Distribución de densidad de patentes comerciales en la ciudad de Iquique 1975, 1990, 2005 y 2020	63
Cartografía 6: Distribución de densidad de patentes comerciales en la ciudad de Punta Arenas 1977, 1992, 2007 y 2020.....	65
Cartografía 7: Zonas de exclusión de crecimiento urbano.....	77
Cartografía 8: Modelación de la expansión urbana para el año 2050 considerando la presencia de variables económicas	83
Cartografía 9: Modelación de la expansión urbana para el año 2050 considerando la ausencia de variables económicas	85
Cartografía 10: Comparación de los modelos de la expansión urbana año 2050	89

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1:	Vista Aérea ZOFRI	6
Imagen 2:	Vista Aérea ZonAustral	6

ABREVIATURAS

PRC: Plan Regulador Comunal

PRI: Plan Regulador Intercomunal

PRDU: Plan Regional de Desarrollo Urbano

ZF: Zona(s) Franca(s)

ZEE: Zona(s) Económica(s) Especial(es)

ZFE: Zona(s) Franca(s) de Extensión

SII: Servicio de Impuestos Internos

IPT: Instrumento(s) de Planificación Territorial

LUC: Límite Urbano Continuo

I. RESUMEN

Durante el siglo XXI las ciudades han cobrado una relevancia preponderante en el desarrollo de los sistemas de vida humana, principalmente en países en vía de desarrollo. En el contexto globalizante, el impacto económico que conecta las ciudades del mundo con otras urbes ha permitido la integración económica de distintos asentamientos humanos a diferentes escalas.

En este contexto, la presente investigación discute la influencia que tienen las Zonas Francas y los núcleos de concentración económica, tanto en la morfología como en el crecimiento de las manchas urbanas en las ciudades medias de Iquique y Punta Arenas.

Se caracteriza el crecimiento de las ciudades desde una perspectiva morfológica, poblacional y económica. Además, se identifican las zonas de concentración económica presentes en las ciudades y se analiza su relación con las ZF.

También, se presentan y discuten fuerzas motrices que influyen en el crecimiento urbano de cada ciudad con el fin de ser incorporadas en dos modelos de proyección de crecimiento; uno que incluye todas las variables urbanas y económicas y otro que excluye aquellas de carácter económicas, permitiendo así, establecer comparaciones entre ambas simulaciones desarrolladas, en cuanto a velocidad de crecimiento, extensión y zonas de ocupación territorial.

El método utilizado para la simulación de crecimiento urbano es el Dyna-CLUE, el cual permite incorporar variables particulares a cada ciudad. En este sentido, es preciso abrir nuevas preguntas de investigación que permitan profundizar en los procesos de evolución de las variables urbanas seleccionadas, a fin de comprender, de manera más eficiente el impacto que generan en el crecimiento urbano de la ciudad.

Finalmente, a partir de la investigación realizada, la observación más relevante para las ciudades, es la consideración de variables económicas para el proceso de planificación de crecimiento urbano. Esta investigación se enmarca en el proyecto Fondecyt N° 1180268.

ABSTRACT

During the 21st century, cities have gained a preponderant relevance in the development of human life systems, mainly in developing countries. In the globalizing context, the economic impact that connects the cities of the world with other cities has allowed the economic integration of different human settlements in different scales.

In this context, the present research discusses the influence that Free Trade Zone economic clustering centers, have on the morphology and the growth of urban spots in the medium sized cities of Iquique and Punta Arenas.

The growth of the cities is characterized by a morphological, population and economical perspective. In addition, the economic concentration zones present in cities are identified and their relationship with FZs is analyzed.

Moreover, driving forces that influence the urban growth of each city are presented and discussed in order to be incorporated into two growth projection models; one that includes all urban and economic variables and another that excludes those of an economic nature, thus allowing comparisons to be made between the two simulations developed, in terms of growth speed, extension and zones of territorial occupation.

The method used for the simulation of urban growth is the Dyna-CLUE, which allows the incorporation particular variables to each city. In this sense, it is necessary to open new research questions that allow to deepen the processes of evolution of the selected urban variables, in order to understand, in a efficient way, the impact that they generate in the urban growth of the city.

Finally, from the research conducted, the most relevant observation for the cities is the consideration of economic variables for the urban growth planning process. This research is part of de Fondecyt project N°1180268.

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente, experimentamos a nivel mundial un rápido crecimiento de las áreas urbanas sin precedentes. Según Huong & Pathirana (2013), por primera vez en la historia, durante 2008, más de la mitad de la población mundial habitaba en áreas urbanas y de acuerdo con las proyecciones, se estima que para el año 2030, el grado de urbanización sea de un 60,2% respecto de rural (ONU, 2012).

En el caso chileno, para el año 2017, se estimó que la población urbana alcanzaba el 88% a nivel nacional, situación que se acentúa en las ciudades del norte de Chile y que tiene como contraste las zonas urbanas al sur del país (Censo, 2017).

En ese contexto, las dinámicas económicas que ocurren en el interior y en los límites de las zonas urbanas tienen un rol fundamental en el crecimiento de las ciudades, pues es en ellas que ocurren las principales transacciones y flujos de capital monetario y humano. Según Lefebvre (1969) los procesos de transformación urbana dan origen a la urbanización y con ello a la problemática urbana.

De acuerdo con lo postulado por Maricato y Ferreira (2002), la posibilidad de planificar el crecimiento de las ciudades brinda una importante oportunidad de plantear el habitar de las poblaciones desde una perspectiva más inclusiva a las urbes que habitan, generando así, nuevas dinámicas y formas de producción del espacio basada en las relaciones humanas más que en la producción de mercancía. Por ello, el Estado actúa en prácticas de mercado, y, por tanto, se debe considerar que las políticas públicas y privadas se aplican articulando ambas dimensiones.

En el contexto de integración económica mundial, las Zonas Francas (ZF) fueron empleadas como una herramienta destinada a promover las importaciones y exportaciones de las empresas existentes. Además, presentan la posibilidad de integrar económicamente países limítrofes, promoviendo el desarrollo regional con países en diferentes escalas.

A su vez, la importancia de las ZF a nivel mundial radica en la capacidad de

almacenamiento, distribución, inversión y oferta de empleo que estas presentan a nivel nacional e internacional como sectores clave de rutas comerciales alrededor del mundo.

Las ciudades que poseen Zona Franca en Chile tienen la particularidad de ser fronterizas, ciudades capitales de sus regiones y que han presentado un crecimiento económico y poblacional importante desde la fundación de la ciudad. Lo anterior plantea la posibilidad de generar estudios que contemplen la influencia de las políticas de Zona Franca en estas ciudades a fin de conocer el impacto que generan éstas en las dinámicas económicas y urbanas en que se sitúan.

Con el fin de desarrollar esta investigación se ha propuesto trabajar con modelos de simulación de crecimiento urbano que se han convertido en una herramienta de planificación urbana muy importante, pues permiten estimar los cambios futuros en los usos de suelo, utilizando modelos probabilísticos y estadísticos.

Sin embargo, dichas herramientas de los Sistemas de Información Geográfica requieren un conocimiento importante de las dinámicas que propician el crecimiento de las ciudades y, por tanto, se deben identificar de la mejor manera posible las variables que inciden en cada territorio de forma particular, siendo esto, un elemento fundamental para este estudio.

La propuesta de esta investigación se basa en el análisis espacial de los núcleos económicos y las zonas francas, considerando su aporte al crecimiento de la zona urbana de Iquique y de Punta Arenas, dos ciudades medias que presentan características similares y que, a la vez, tienen grandes diferencias. De esta forma, se modela el comportamiento espacial de las zonas de concentración económica y las consecuencias que han tenido para las ciudades, lo que permite proyectar futuros escenarios de crecimiento, y de este modo, ser un aporte a la discusión de la planificación de ciudades medias desde el estudio del crecimiento urbano.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Antecedentes generales de la urbanización

El modelo actual de organización espacial a escala global encuentra su origen en la Revolución Industrial, proceso de transformación tecnológico, económico y social fuertemente relacionados con la ciudad moderna, debido a que son los centros urbanos los lugares en los que se concentra el capital monetario y humano, a partir de dicha concentración, los procesos industrializadores no solo se emplazan en las ciudades, sino que producen sus propios centros urbanos, aglomeraciones industriales, pequeñas ciudades y conurbaciones entre las mismas (Lefebvre, 1969).

La actividad económica no solo se desarrolla a través del tiempo, sino que también se desenvuelve en el espacio geográfico. De esta forma, la introducción del componente espacial al análisis económico plantea la necesidad de comprender estas relaciones y el desarrollo de fenómenos mercantiles con énfasis en los territorios en que se desenvuelven. Lo anterior, sumado a la creciente tendencia mundial a vivir en zonas urbanas ha significado una mayor variedad en los tipos de ciudad existentes.

En Chile, la actual organización de los espacios urbanos debe ser entendida en el contexto de la liberación del mercado de suelo a fines de la década de los 70', la que además de provocar una pérdida de injerencia estatal en la planificación urbana, provocó una fuerte expansión de la ciudad (Sabatini, 2000) debido a que en la planificación urbana se facilitó la acción de privados. Lo anterior, ha desarrollado una serie de conflictos territoriales como consecuencias de este proceso, diversos autores (Suarez, 2005, Tapia, 2011, Hidalgo et al., 2016, Hidalgo et al., 2008, López-Morales 2013, 2016) discuten sobre las consecuencias acerca de estas temáticas, expulsión urbana, de gentrificación, de endurecimiento de la pobreza, segregación social, entre otros.

3.2. Antecedentes de las Zonas Francas

El desarrollo económico y el incremento de las actividades comerciales alrededor del mundo, generó un mecanismo económico y financiero que consistía en la acumulación de mercancías con la finalidad de ser distribuidas en los distintos mercados en los que se participa. La existencia, propiamente tal de zonas libres de comercio se remonta a las civilizaciones Sumerias y Arcadis en el año 2.500 a.C. Sin embargo, Italia, en 1547 fue la primera nación en incorporar el sistema de Zonas Francas.

De acuerdo con Uribe, M. y Vargas, M. (2016), es posible remontar el concepto de Zona Franca a la Edad Media, pues algunos pueblos asiáticos y bálticos comenzaron a emplear la idea de los “puertos libres”, sistema que originó la creación de grandes centros de bodegas para la comercialización de productos de diversas regiones.

A fines de la década de los 50, se inició una nueva forma de operar las Zonas Francas, en la que no solo se permitía el almacenamiento de bienes, sino también la incorporación de sectores de manufactura dentro de las ZF, aumentando así la capacidad productiva, incorporando nuevos puestos laborales y favoreciendo el intercambio comercial (Uribe y Vargas, 2016).

Actualmente existen 3.500 Zonas Francas alrededor del mundo, las que generan empleo a cerca de 70 millones de personas de forma directa, esta cifra equivale al 1% de la población mundial. El 12,7% (400) del total de Zonas Francas se ubican en América Latina, generando aproximadamente de 925.000 empleos de forma directa (Uribe y Vargas, 2016).

En el contexto latinoamericano la creación de Zonas Francas ha permitido incentivar la inversión de capital en zonas especiales de los países en que se ubican. En este sentido, de acuerdo con Bezrukov y López (2014) se debe distinguir la diferencia entre el valor del espacio, del valor en el espacio. El primero apunta al conjunto de elementos que componen a la ZF, el segundo adquiere valor en función de las interrelaciones que se

plantean a nivel local, regional, continental y mundial, este es el valor considerado en la presente investigación.

Dado lo anterior, en América Latina, el establecimiento de una ZF no responde a las dinámicas del mercado interno nacional, sino a la proximidad y facilidad de acceso a los mercados externos que permitan realizar inversiones en el territorio en que se establecen. Siendo ambas ZF una puerta de entrada a Bolivia, Argentina, Paraguay y Brasil desde los puertos chilenos.

Sin embargo, la principal problemática según Bezrukov & López (2014) para que la ubicación de zonas francas sea en ciudades fronterizas radica en que la frontera es un espacio binacional de límites difícilmente definibles, y aunque, si bien, no significa formalmente una frontera política, la Zona Franca es una frontera económica con vistos de valor político.

La creación de las ZF en las ciudades de Iquique (ver imagen 1) y Punta Arenas (ver imagen 2) durante la dictadura militar chilena (1973-1990) fue parte de la política de las Zonas Extremas¹ en las que el gobierno buscó reducir los precios para sus residentes, estimular la inversión y la creación de empleo en estas regiones (ver cartografía 1) y se rigen principalmente por la Ley de Zonas Francas de 2001.

¹ Ejemplos de esto es creación del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) y las propuestas de la Comisión Nacional de la Reforma Administrativa (CONARA) a través de los DL 573 y 575 de 1974.

Imagen 1: Vista Aérea ZOFRI



Fuente: ZOFRI, Memoria Anual 2020

Imagen 2: Vista Aérea ZonAustral



Fuente: Patagonia TV, 2018

Sin embargo, no solo responde a esta posibilidad de inversión, sino también, refleja tintes geopolíticos, buscando generar ventajas económicas a fin de asegurar el poblamiento y desarrollo económico en regiones escasamente habitadas y de importancia para el país.

Lo anterior cobra sentido, considerando el rol de ambas ciudades en el funcionamiento político del país, pues estas, son capitales regionales fronterizas tomando en cuenta más de un límite fronterizo, en efecto, el territorio norte de Chile había formado parte de Bolivia y Perú hasta fines del siglo XIX y el territorio del sur de Chile es objeto de disputas con Argentina² y además implica el control del Estrecho de Magallanes.

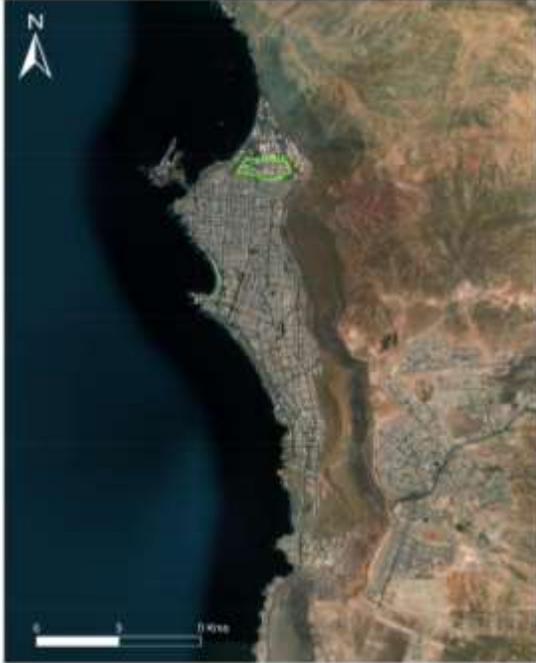
Ambas Zonas Francas, son de tipo mixta, lo cual implica que su propiedad es compartida por el Estado e inversionistas privados. La Zona Franca de Iquique (ZOFRI), posee 140 ha de extensión, es administrada por ZOFRI S.A., una empresa público-privada con participación mayoritaria del gobierno (el 72,6% de ZOFRI S.A. pertenece a CORFO y el 26,4% al sector privado y 6 de los 7 miembros actuales de su junta directiva son designados por el gobierno), además, no se beneficia de ningún tipo de apoyo presupuestario del Estado. Inició sus actividades en junio de 1975 a fin de aprovechar mejor el puerto de la ciudad, posee una Zona de Extensión³ que abarca la totalidad de la región de Tarapacá y la región de Arica y Parinacota.

En 1977 inicia sus actividades la Zona Franca de Punta Arenas (ZonAustral), posee 53 ha de extensión, es administrada por Sociedad de Rentas Inmobiliarias Ltda. (SRI), una empresa privada que concesiona la dirección de la Zona Franca con el Fisco de Chile desde 2007 hasta 2030, el área de extensión de la Zona Franca abarca toda la región de Aysén, la región de Magallanes y la provincia de Palena (ver cartografías 2 y 3).

² Algunos territorios de la región de Magallanes (en la comuna de Torres del Paine) aún se encuentran en disputa con Argentina.

³ Corresponde a la ciudad o región adyacente situada inmediatamente después de la Zona Franca Primaria y goza de ciertos beneficios económicos, relacionados principalmente con el pago de impuestos aduaneros, menaje de casas, herramientas de trabajo o vehículos.

Cartografía 1: Localización de las Zonas Francas



Simbología

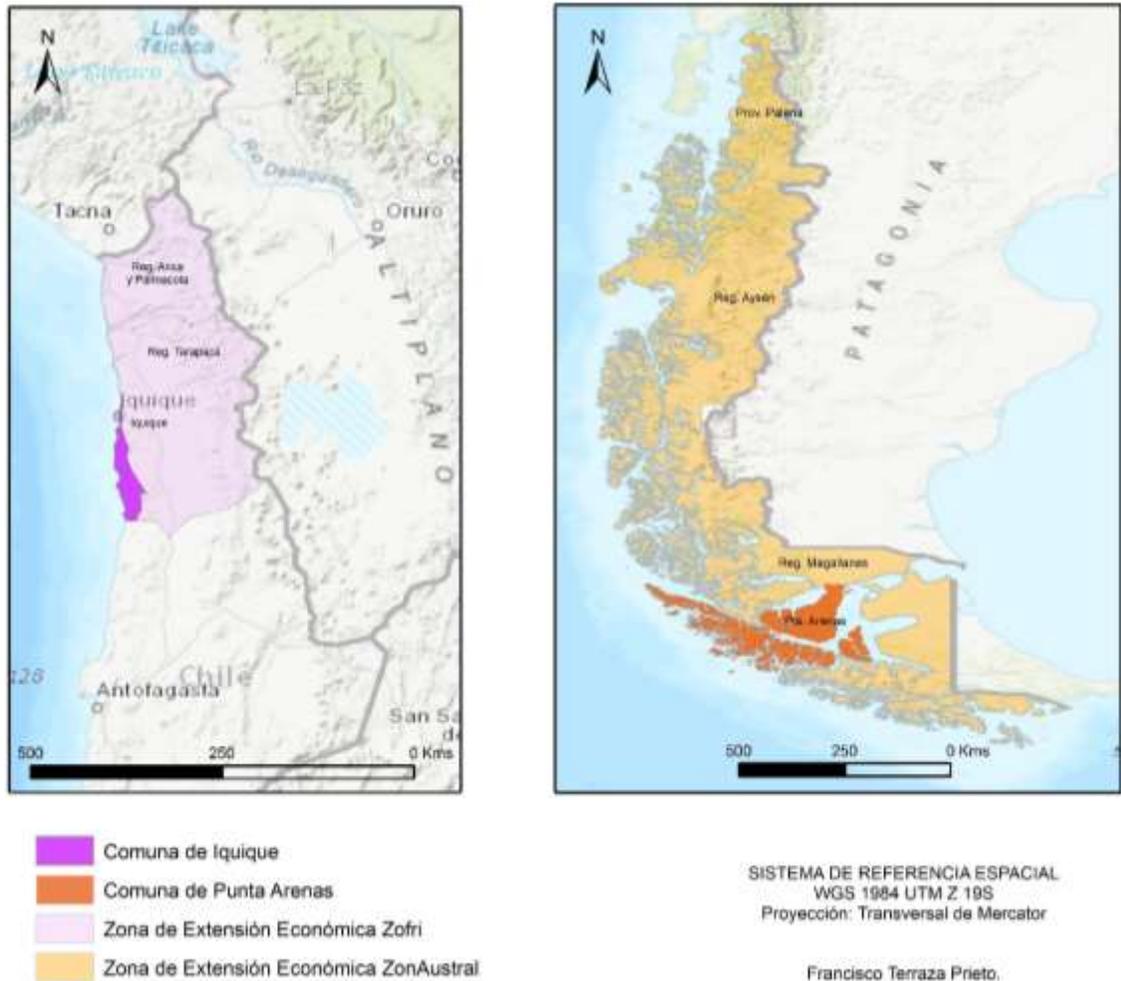
-  Zona Franca de Iquique
-  Zona Franca de Punta Arenas

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL
WGS 1984 UTM Z 19S
Proyección Transversal de Mercator

Elaboración:
Francisco Terraza Prieto (2021).
Fondecyt N° 1180268.

Fuente: Elaboración propia

Cartografía 2: Zonas de Extensión Económica de las Zonas Francas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo señalado por González (1992), en principio, ambas ZF debían tender hacia el desarrollo industrial de las ciudades en las que se localizan, considerando el rol geopolítico de dichas ciudades. Sin embargo, los planes de ZF, originados desde el centralismo metropolitano, pero que surgen como una respuesta a demandas locales, desarrollan el objetivo de agilizar el comercio exterior en materia de importaciones, reduciendo costos y mejorando la entrega de los insumos necesarios para la actividad productiva nacional. Considerando, además, el desarrollo de infraestructura beneficiosa para la economía del país en la que participarán instrumentos de desarrollo regional,

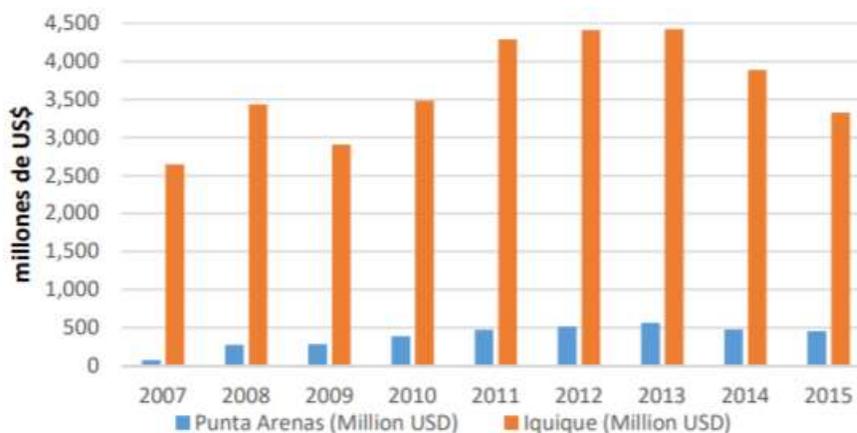
expresado en la generación de mayor empleo de mano de obra, aumento poblacional, reactivación de actividades productivas y servicios regionales (González, 1992).

En orden a lo expuesto, es posible comprender que, el funcionamiento de estas zonas francas no solo responde a un proceso geopolítico de fortalecimiento de zonas fronterizas claves para el país, sino también, representan la posibilidad de externalizar y desarrollar políticas de urbanización en zonas alejadas de la capital, pudiendo así, desempeñar un rol clave en el desarrollo y evolución de las ciudades en que se emplazan y las que la rodean.

Según informe del Banco Mundial (2017), pese a localizarse en áreas cercanas a los puertos principales de las ciudades en que se emplazan, las ZF no aprovechan del todo dicha cercanía y otras ventajas comparativas, debido principalmente a que los puertos no funcionan como centros de logística y facilitación del comercio en otras Zonas Económicas Especiales (ZEE).

Del mismo modo, el impacto económico de las ZF es significativo para las regiones (ver gráfico 1), la ZOFRI y la ZonAustral han vendido mercancías por un valor de US\$ 3.800 millones y US\$ 500 millones, entre 2012 y 2014, respectivamente (Banco Mundial, 2017) y pese a disminuir en los últimos años la venta, desde sus instauraciones, han significado un impacto positivo en la cantidad de empleos que genera y en el comercio local, pues más de la mitad de las ventas producidas están destinadas especialmente a los residentes de las Zonas de Extensión y el desarrollo del mercado tanto minorista como mayorista, pese a que ambas ZF tienen destinos de venta porcentualmente distintos. Así mismo, el aporte regional de cada Zona Franca es diferente, mientras la ZOFRI paga un 15% de sus ingresos brutos, la ZonAustral paga un 28% al gobierno regional y las municipalidades.

Gráfico 1: Ventas totales en las Zonas Francas: ZOFRI y ZonAustral, 2007-2015



Fuente: Banco Mundial (2017)

Dada sus características de conectividad, en la ZOFRI, el 51% de las ventas se realizan a las zonas de extensión, el restante 49% se divide entre países fronterizos (Bolivia y Perú) y otros no fronterizos (Paraguay y Brasil, principalmente) y comercio interno, casi todos sus usuarios se dedican a las actividades de comercio al detalle y al mayor. En el caso de la ZonAustral, los altos costos de transporte marítimo para las mercancías, hace difícil la mantención de la ZF. De acuerdo con el informe del Banco Mundial (2017), cerca del 50% de la actividad económica de la ZF está concentrada en gran medida en el comercio minorista exento de impuesto, lo que, a nivel regional representa un 25% de la fuerza de trabajo.

Las ZF han permitido un mayor dinamismo y competencia en zonas comerciales de la ciudad y la región, pues, pese a la existencia de las ZEE, los vendedores ubicados en otros lugares, no se surten necesariamente de los productos ofrecidos en la ZOFRI y ZonAustral debido a la Ley de Zonas Francas⁴ que prohíbe vender en ellas productos de origen nacional, así, los comercios minoritarios se surten de otros medios para adquirir sus

⁴ DFL 341 de 1977, re aprobado en el DFL 2 de 2001 (01 de enero de 2017); Ley 19.946 que modifica la Ley Austral en materia de rédito tributario y establece la ampliación de la ZFE (11 de mayo de 2004).

bienes, permitiendo concentrar zonas de atracción económica diversas para las ciudades.

Por otro lado, es importante señalar que el aporte concreto de las ZF es diferente en cada ciudad. Mientras que la ZOFRI ha generado cerca de 150.000 empleos de forma directa e indirecta, representa un ingreso de alrededor del 15% para la ciudad y la región de Tarapacá, generando desde su fundación en 1975 un importante aporte al crecimiento y desarrollo de la ciudad. En el caso de ZonAustral, ha generado cerca de 80.000 puestos de trabajo tanto directa como indirectamente, representa también un ingreso de alrededor del 10% para la ciudad y la región desde su fundación en 1977 (Banco Mundial, 2017).

De esta forma, se entiende que la ZF corresponde a un área geográfica delimitada dentro del territorio nacional (ver cartografía 2), en donde se realizan actividades industriales de bienes y servicios o actividades comerciales, bajo una normativa especial en materia tributaria, aduanera y de comercio exterior (Decreto con Fuerza de Ley N°341, 1977).

Dada la existencia de las Zonas Francas y la dinámica de competencias que genera al interior de las ciudades respecto a otras zonas de concentración económica, la importancia de estos polinúcleos económicos radica en la posibilidad de planificar la ciudad a partir de zonas de concentración económicas en las que los habitantes cercanos a dichas áreas puedan acceder a servicios reduciendo los tiempos de traslado.

Así mismo, es importante considerar la generación de espacios más equilibrados y cohesionados a medida que las ciudades crecen, de este modo, el policentrismo, como modelo económico y sistema político de organización espacial, permite incrementar las posibilidades de acceso a bienes y servicios al interior de las ciudades.

Considerando que esta discusión a nivel nacional es aún incipiente, tanto en el análisis de ZF como de ciudades medias fronterizas, es relevante investigar el aporte que tiene este tipo de comercio en las ciudades en que se localizan, prestando especial atención en el proceso de urbanización y cambio de uso de suelo desarrollado por los polinúcleos económicos que coexisten con las ZF al interior de las ciudades.

3.3. Antecedentes asociados a las ciudades de estudio

3.3.1. Iquique

La ciudad de Iquique posee una superficie total de 2397,6 ha, se ubica en el norte grande de Chile, además, es la capital de la provincia de Iquique y de la Región de Tarapacá, siendo, entre Arica y Antofagasta, la que menor crecimiento ha experimentado en el último periodo. Su incremento poblacional y aumento de la mancha urbana han sido exponenciales en los últimos 50 años (ver gráfico 4).

Lo anterior, puede interpretarse como una relación directa entre el crecimiento poblacional y el urbano debido al aumento de superficie de ocupación ocurrido durante los últimos 45 años, sin embargo, es importante apreciar que existe una desaceleración: 20,45% en el periodo 1975-1990; 25,18% en el periodo 1990-2005 y 10,31% en el periodo 2005-2020 (en el crecimiento de la mancha urbana respecto a los periodos anteriores), en los cuales la expansión de la mancha urbana se produce principalmente hacia el sur de la comuna y dentro del Límite Urbano Continuo. Esto puede explicarse considerando el aumento del precio de suelo, la escasa área urbanizable cercana al centro, las restricciones existentes en el PRC creado en 1981, cualidades morfológicas del territorio en que se emplaza la ciudad y el rápido crecimiento de Alto Hospicio, la cual, debido a la cercanía con Iquique y a la diferencia de precios de vivienda ha atraído una mayor cantidad de población en los últimos años.

El crecimiento de Iquique no solo ha sido demográfico y expansivo, sino también económico, por el incremento del sector primario y terciario (tabla 1), pues se han fortalecido las características urbanas⁵ en los últimos años con la exportación de minerales y el turismo. El aporte de la región al PIB nacional es de 2,5% (Banco Central, 2021).

⁵ Entendiendo que estas características responden al desarrollo del sector terciario, sin embargo, es importante señalar que Iquique es una ciudad con vocación al sector primario (entre minería y pesca).

Tabla 1: Variación del empleo por sector económico Iquique 2002 – 2020

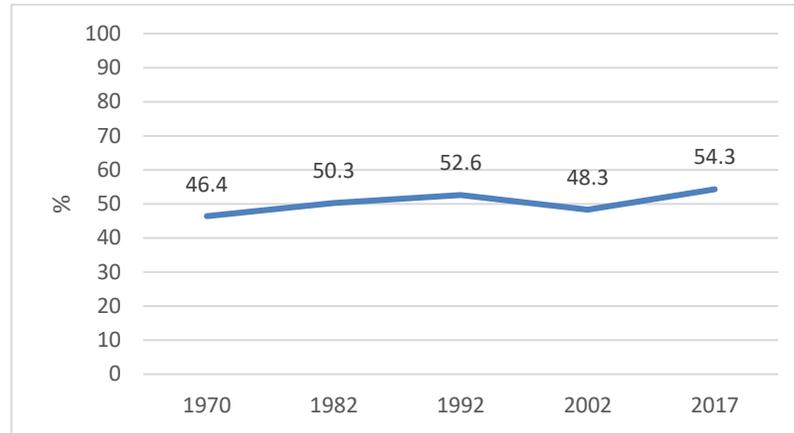
Sector/Año	2002	2017
Primario	4,51%	5%
Secundario	7,93%	5%
Terciario	87,55%	90%

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2002 y 2017)

La ZOFRI ha desempeñado una función clave en este proceso, pues ha permitido generar una dinámica en zonas comerciales de la ciudad y la región. De acuerdo con lo señalado en gráfico 2, es importante remarcar la tasa de ocupación histórica de la ciudad, la cual ha estado en incremento respecto a la fecha inicial, lo que permite integrar de mejor manera lo mostrado en el gráfico 5, el que incorpora las patentes comerciales otorgadas por la municipalidad, las que van en aumento en una ciudad con un perfil orientado al sector primario y terciario.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el encarecimiento del suelo y la vivienda, han provocado una disminución en el uso de suelo habitacional y frenado la expansión urbana horizontal por extensión de la ciudad de Iquique, no así de la comuna de Alto Hospicio, que ha incrementado tanto su población como su mancha urbana, de este modo, ambas ciudades se comportan como una conurbación, debido a las dinámicas territoriales ocurridas entre ellas.

Gráfico 2: Evolución tasa de ocupación Iquique



Fuente: Elaboración propia en base a INE (1970; 1982; 1992; 2002 y 2017)

3.3.2. Punta Arenas

La ciudad de Punta Arenas posee una superficie total de 7812,36 ha, se ubica en la zona austral de Chile, además, es la capital de la provincia de Magallanes y de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, siendo la principal ciudad chilena en ese sector del país. El crecimiento poblacional y de la mancha urbana ha sido exponencial y sostenido, en los últimos 50 años (ver gráfico 6).

Lo anterior, puede interpretarse como una relación directa entre el crecimiento poblacional y el urbano debido al aumento de superficie (12,70% en el periodo 1977-1992; 34,18% en el periodo 1992-2007 y 43,7% en el periodo 2007-2020) ocurrido durante los últimos años y a las políticas de ocupación de territorios alejados de la capital, sin embargo, es importante apreciar la aceleración en el crecimiento poblacional y de la mancha urbana respecto a los periodos anteriores, en los que la expansión urbana se ha producido tanto hacia el norte, como al sur y al este. Lo que puede explicarse considerando la gran área de extensión urbanizable cercana y accesible al centro de la ciudad, el uso del suelo por su

“bajo precio” y las posibilidades presentes en el PRC creado en 1993 y actualizado en 2017, el cual presenta una expansión sostenida de los usos de suelo, principalmente para conectar los espacios urbanizados en periodos anteriores.

De este modo, se generan nuevas villas residenciales en forma de archipiélagos urbanos en la ciudad, generando la necesidad de actualización del PRC que a la fecha se encuentra en su tercera etapa.

El crecimiento de la ciudad de Punta Arenas no solo ha sido demográfico y expansivo, sino también económico, debido al incremento del sector terciario (ver tabla 2) desarrollado en los últimos años posibilitando así la incorporación de nuevas dinámicas urbanas al interior y al exterior de la ciudad,

Al igual que en la ciudad de Iquique, Punta Arenas ha reforzado sus características urbanas con las políticas de descentralización y planes de fortalecimiento regional, así como la incorporación del turismo como base de desarrollo regional. Así, el aporte de la región al PIB nacional, que es 1,2% (Banco Central, 2021).

El rol desempeñado por la ZonAustral ha sido importante pues posibilita la dinámica económica en diferentes sectores, tanto fuera como dentro de la ciudad. De acuerdo con los datos del gráfico 3 es importante señalar el aumento en las tasas de ocupación laboral respecto de la fecha inicial, a su vez, la información mostrada en el gráfico 7, que muestra el aumento de las patentes comerciales otorgadas por la municipalidad dan señales del perfilamiento de la ciudad hacia el sector terciario.

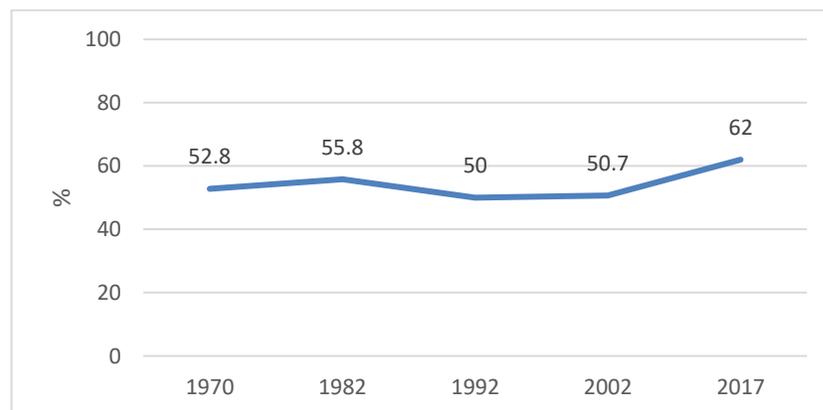
**Tabla 2 Variación del empleo por sector económico Punta Arenas 2002
– 2020**

Sector/Año	2002	2017
Primario	7,86%	5%
Secundario	13,54%	6%
Terciario	78,6%	89%

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2002 y 2017)

Del mismo modo, como se mencionó anteriormente, el crecimiento de la mancha urbana de la ciudad puede explicarse por el fácil acceso del terreno al ser un sector relativamente plano, de “bajo costo” en términos de precio de suelo y las posibilidades de habitabilidad ofrecidas por el Plan Regulador Comunal, facilitan los procesos de parcelación al borde de la ciudad.

Gráfico 3: Evolución tasa de ocupación Punta Arenas



Fuente: Elaboración propia en base a INE (1970; 1982; 1992; 2002 y 2017)

3.4. Relevancia de la investigación

En la literatura científica nacional no se exhiben investigaciones que relacionen el aporte de las Zonas Francas y polinúcleos económicos al crecimiento y desarrollo de las ciudades en las que se localizan, del mismo modo, la investigación comparativa de ciudades medias en Chile se ha relacionado a sus características y estadísticas en diferentes ámbitos, teniendo como eje otros elementos de integración, no las dinámicas económicas y la presencia de las Zonas Francas al interior de las ciudades.

La oportunidad de generar proyecciones de crecimiento urbano, a partir del comportamiento espacial ocurrido en los últimos 45 años en dos ciudades clave del país, tanto por su rol económico como geopolítico abre la posibilidad de comprender de mejor manera las dinámicas ocurridas al interior de ellas. Del mismo modo, permite validar la incorporación de la variable económica referida a la concentración de polinúcleos económicos y su relación con las Zonas Francas como eje principal de la dinámica territorial, considerando el proceder de los instrumentos que operan en el espacio geográfico y la urbanización con fines residenciales y económicos en las ciudades en que se localizan.

Finalmente, esta investigación, permite vincular varios métodos de análisis espacial, desde la fotointerpretación, análisis de densidades y modelos predictivos de expansión de uso de suelo. Estas aplicaciones metodológicas son realizadas de forma independiente pero integradas en un solo proceso de análisis y producción de conocimiento en las ciencias geográficas. De esta forma, pretende entregar herramientas de lectura e interpretación de las dinámicas territoriales ocurridas en ciudades menos estudiadas desde una perspectiva económica-espacial más compleja.

IV. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS Y OBJETIVOS

4.1. Preguntas de investigación

A continuación, se presenta la pregunta de investigación que articula la problemática de esta propuesta:

Dadas las características geopolíticas y económicas de las ciudades de Iquique y Punta Arenas, ¿Cuál es la influencia e importancia de las Zonas Francas en el comportamiento de los espacios comerciales, la morfología de la ciudad, el uso de suelo y la planificación territorial de estas ciudades?

En relación con la pregunta anterior, se exponen las siguientes preguntas de investigación, que permiten comprender de mejor manera la problemática general antes mencionada:

- a) ¿Cómo se ha producido la ocupación del espacio urbano desde los polinúcleos comerciales en las ciudades de Iquique y Punta Arenas?
- b) ¿El comportamiento de los espacios comerciales guía la morfología, el uso de suelo y la planificación territorial de cada ciudad?
- c) ¿Cómo crecerían las ciudades de Iquique y Punta Arenas en los próximos periodos dado el comportamiento exhibido?
- d) ¿Cómo es el aporte al crecimiento urbano que ofrecen las variables económicas?

4.2. Objetivo general

Se expone el objetivo general que enmarca y establece los límites teóricos de la indagación y metodología de la investigación:

Analizar las dinámicas de crecimiento y densificación comercial en las ciudades de Iquique y Punta Arenas, detallando el rol de los polinúcleos económicos y su relación con la Zona Franca, a fin de establecer proyecciones espaciales que permitan aportar en el fortalecimiento de las estrategias de integración urbana y planificación territorial.

4.3. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se desarrollan a partir del objetivo general son los siguientes:

- a) Caracterizar el crecimiento experimentado por las ciudades de Iquique y Punta Arenas en términos económicos, demográficos y de ocupación del territorio considerando el establecimiento de la Zona Franca en ambas ciudades.
- b) Identificar las zonas de concentración de usos de suelo comerciales en función de las Zonas Francas.
- c) Caracterizar las principales variables de expansión urbana en las áreas de estudio.
- d) Comparar dos modelos de simulación espacial de crecimiento urbano de las ciudades de Iquique y Punta Arenas considerando la instalación de la Zona Franca y la presencia de patentes comerciales hasta el año 2050.

V. DISCUSIÓN TEÓRICA

5.1. Nota introductoria

En la presente investigación, se entiende que el espacio geográfico puede ser comprendido como la totalidad de desplazamientos y localizaciones que permiten la realización de acciones y objetos producidos en el desarrollo histórico de una determinada sociedad (Santos, 2000). En este sentido, es posible establecer relaciones espaciales considerando los objetos, desplazamientos y acciones que efectúen una función social determinada, de hecho, vale destacar que esta concepción ontológica del espacio geográfico como tal, puede desprenderse también de lo planteado por Lefebvre (1991), así, desarrollando una dialéctica de forma-contenido, se pueden expresar relaciones socioespaciales en forma de red.

Dado lo anterior, en esta tesis, se plantea que el espacio geográfico es el conjunto de localizaciones y desplazamientos de objetos y técnicas que permiten la realización del trabajo humano en cualquier forma que se pueda concebir. De ahí, la importancia de los polinúcleos económicos en el desarrollo urbano de las ciudades a investigar.

En este apartado, se discuten y desarrollan los principales elementos teóricos que permiten la comprensión de la problemática abordada en el espacio geográfico en un esfuerzo de unir la geografía económica con los modelos espaciales.

5.2. Urbanización y Ciudades medias en Chile

En el contexto de urbanización mundial, es posible identificar que existe una fuerte tendencia migratoria hacia las ciudades, este movimiento, puede generarse por variados factores (salud, recreación, educación, entre otros) y se estima, que para el año 2030, el 60,2% de la población mundial se encuentre en esta condición (Naciones Unidas, 2012). En este sentido, se entiende que actualmente nos encontramos frente a un escenario mundial en el que la producción del espacio a diferentes escalas está fuertemente enmarcada por los procesos de urbanización.

De acuerdo con Rehner y Vergara (2014), pese a que las zonas de explotación de recursos naturales se encuentran alejados de las ciudades, su puesta en valor en los mercados globales depende de una necesaria articulación a través de nodos con los servicios de conectividad que ofrecen las ciudades. Lo anterior genera un incremento en las ganancias locales, estatales y de quienes residen en ellas.

Dillon (2010) y Henríquez (2014) comentan acerca del crecimiento urbano influenciado bajo las lógicas de un modelo económico en el que por una parte, el rol de los agentes de decisión y las condiciones del mercado generan una nueva forma de organización urbana, a fin de aumentar la eficiencia de los procesos productivos y el consumo de bienes y servicios, y, por otra parte, en el que el flujo continuo y creciente de capitales internacionales (localizados en ciudades productoras o que, por su ubicación representan una ventaja), comienza a determinar ciertos usos de ciudades en una escala mayor de análisis, sea este regional o mundial.

El proceso de urbanización permite el crecimiento y desarrollo económico de las ciudades, esto, tiene una doble perspectiva, pues se desarrolla tanto espacial como temporalmente. Según Hidalgo & Arenas (2009), este proceso ha generado la existencia de áreas periféricas dispersas en la ciudad, similares a archipiélagos urbanos, lo cual, tomando en consideración los procesos de fragmentación y segregación urbana de la ciudad, ha permitido una expansión territorial de la mancha urbana a través de la

ocupación de núcleos satélites, buscando una mejor calidad de vida producto del deterioro de los núcleos urbanos, pero sin perder la capacidad de control de los mismos (Arenas & Hidalgo, 2001 y Lefebvre, 1969).

Lo anterior, propicia la privatización y la urbanización de estos satélites periféricos habitacionales, y de acuerdo con Hidalgo y Borsdorf (2005) disminuye la posibilidad de interacción social entre los actores del territorio. Así, los procesos de expansión urbana se producen de forma horizontal, sin dejar de lado la densificación en altura, sin embargo, es un elemento por considerar en las interacciones periféricas de las ciudades medias del continente.

Chile no ha estado exento de estas dinámicas de crecimiento, de hecho, como se ha mencionado anteriormente, la ocupación del territorio está directamente relacionada con la necesidad de explotación de recursos naturales o necesidades políticas específicas (Romero, 2016) y si bien, se ha buscado articular un desarrollo autónomo de las ciudades, las formas territoriales de organización económica a nivel nacional responden a una planificación urbana propuesta desde las zonas centrales del país.

Así, de acuerdo con el MINVU (2007) e INE (2005) de Chile, se define la ciudad como un “espacio urbanizado delimitado por un límite urbano oficialmente establecido y con una población superior a los 5.000 habitantes”. Explican además que es “posible que algunas ciudades se encuentren conformadas por un conjunto de espacios con límite urbano independiente, estos espacios se hallan vinculados entre sí mediante sistemas frecuentes de transporte público, constituyendo una única ciudad desde el punto de vista operativo o funcional”

De este modo, Henríquez (2014) se refiere a la presencia de cuatro niveles, los que caracterizan el funcionamiento del sistema urbano en Chile.

- En primer lugar, la Gran Metrópolis de Santiago que concentra la mayor parte de la población urbana nacional con 42,5% del total.

- En segundo lugar, los aglomeramientos urbanos de carácter metropolitano de Valparaíso, Viña del Mar y Concepción-Talcahuano que concentran un 6,7% y 5,4% de la población urbana respectivamente.
- En tercer lugar, aparecen las llamadas ciudades medias, que presentan un 23,8% de la población urbana del país.
- En cuarto lugar, las localidades con menos de 50.000 habitantes, las que concentran un 21,4% de la población urbana.

Pese a que entre las dos primeras categorías se concentra más del 50% de la población urbana nacional, aquellas que han presentado una mayor tasa de crecimiento son las ciudades medias, presentando un 4% contra un 2% de las anteriormente señaladas (Henríquez, 2014), este comportamiento, es también un reflejo de la realidad mundial según la Unesco (1999), pues es en estos espacios donde se concentra la mayoría de la población del planeta.

La ciudad media, en términos generales, presenta dificultades a la hora de ser definida, de acuerdo con Maturana y Rojas (2015) y Taulelle (2015) al no ser una gran o pequeña ciudad, en términos conceptuales, se tiende a definir como una ciudad mayor o menor en orden jerárquico, quedando fuera muchas veces de los planteamientos y problemáticas abordadas por investigadores y políticas públicas de inversión que no se ajustan a su escala.

Lo anterior, comprendiendo que en estos centros urbanos están ocurriendo profundos cambios, tanto en sus propios territorios como en los adyacentes, reconfigurando el espacio geográfico y sus dinámicas de interacción espacial principalmente en capitales regionales no metropolitanas del país (Hidalgo, De Mattos y Arenas, 2009), las que cumplen un rol de intermediación entre lo local y lo global desde el punto de vista de la inversión y flujo de capitales, además del rol prestador de servicios para ciudades y localidades menores adyacentes a ellas.

En los últimos 20 años se han desarrollado varias investigaciones en las que se coincide la importancia de las ciudades medias como centros de organización administrativa local, provincial y regional (Henríquez, 2014), se considera el tamaño, la velocidad de crecimiento y las características de emplazamiento y del asentamiento (Bellet, 2014). Del mismo modo, se debe considerar el tamaño demográfico, sistema de transportes y el grado de urbanización, sin olvidar la centralidad, pues estas ciudades deben ser capaces de establecer relaciones de intermediación con otros lugares (Castello, 2006).

En suma de lo anteriormente expuesto, en la presente propuesta investigativa, se entiende que la ciudad media es aquella que presenta gran importancia regional en el ámbito político, administrativo, funcional y económico, además del crecimiento poblacional y de ocupación del territorio, sea este a través de la expansión horizontal (crecimiento de la mancha urbana) como de densificación en altura.

5.3. Policentrismo y crecimiento, urbano y económico

En lo que a la formación de jerarquías urbanas se refiere, estos tienen su origen en la diferenciación entre un lugar que funciona como centro y una periferia que tiende a organizarse alrededor del mismo. Así, la estructura clásica de las ciudades se construye a partir del modelo concéntrico de Burgess (1925) quien plantea una distribución de los espacios urbanos en función de un centro.

De acuerdo con Pumain y Saint-Julien (2014) es posible distinguir centro y periferia por uno o varios elementos de centralidad (económicos, funcionales, políticos) susceptibles de ejercer una atracción sobre personas o entidades ubicadas en la periferia. El proceso se perpetúa mediante flujos de intercambio asimétricos, caracterizados por la acumulación del centro en detrimento de las zonas periféricas.

En 1933 Walter Christaller formuló la teoría de los lugares centrales, con ello, su intención era explicar el número, el tamaño de las ciudades y el espaciamiento entre ellas. Esta teoría permite, además, identificar las consecuencias de la existencia de jerarquías,

principalmente entre en las ciudades. Pese a que, para Christaller lo primordial es la jerarquía y distribución entre las ciudades, es posible aplicar esta postulación a la organización interna de las mismas, a fin de entender las estructuras policéntricas y dinámicas de las áreas conurbadas en la que el elemento primordial de una ciudad es la distancia con su clientela periférica a la cual ofrece un cierto número de bienes y servicios. En el caso de la presente investigación, este modelo puede presentarse distorsionado por el accionar de las ZF dada su importancia a nivel nacional e internacional.

En 1933, Hoyt postula el modelo sectorial de organización urbana, en el que se argumenta que los contrastes en los usos de suelo originados cerca del centro se mantienen a medida que la ciudad crece hacia el exterior, disponiendo, de este modo, varios sectores a lo largo de las vías de comunicación principal entre el centro y la periferia.

En 1945 Harris y Ullman postulan la teoría de los núcleos múltiples, en la que los diferentes usos de suelo se encuentran alrededor de varios núcleos de crecimiento separados entre sí considerando la actividad productiva de cada uno y articulado con los demás por los ejes de transporte dispuestos.

Hoy, las ciudades metropolitanas e intermedias en Latinoamérica se consolidan como ciudades fragmentadas y segregadas en el marco del proceso de globalización. Así, es posible evidenciar elementos en común, una estructura y patrón propio que las distingue de otras ciudades, entre estas características destaca el acelerado crecimiento poblacional y expansión física, el crecimiento por sectores de determinados grupos poblacionales marcados por el ingreso de estos y la posibilidad de elegir la ubicación en la cual residir (Escolano & Ortiz, 2004; Buzai, 2014).

En el contexto latinoamericano, de acuerdo con Borsdorf (2003) la configuración actual del espacio urbano es el resultado de la herencia de diferentes fases de modelos (ver figura 1) que se ven reforzados por la fragmentación de la ciudad, y en el caso chileno atravesado por un contexto de liberalización, especulación del mercado de suelo tanto urbano como rural y la constante ocupación de los espacios rurales con fines residenciales. Esto se evidencia en el caso de las parcelas de agrado y el nacimiento de barrios privados al

interior de la trama urbana consolidada en las zonas periféricas de la ciudad.

Algunos autores como Méndez (1999), Castells (2004) y Rehner y Vergara (2014) apuntan a que la globalización de la economía y la apertura global de los mercados han modificado la estructura y territorios urbanos a través de la estructura general de precios de suelo, procesos de segregación y exclusión urbana. Estas modificaciones varían tanto en la forma como en el impacto, según la ciudad en que se emplazan, lo anterior debido a las diferencias históricas, desarrollo previo y expectativas de cada una.

De este modo, de acuerdo con lo señalado por Truffello e Hidalgo (2015) entendiendo las dinámicas generadas a partir de los nuevos procesos económicos urbanos, es posible evidenciar nuevas dinámicas de crecimiento y desarrollo de las ciudades, sobre todo aquellas que tienen un rol importante desde el punto de vista económico y geopolítico. Así, tal como lo definen Muñiz, Galindo y García-López (2005) el policentrismo es aquel proceso en el cual un área metropolitana se aleja paulatinamente de una estructura espacial caracterizada por la existencia de un solo centro de empleo, dirigiéndose hacia una nueva donde coexisten varios centros de este.

El policentrismo es un concepto cuyo objetivo en la política territorial ha sido la generación de espacios más equilibrados y cohesionados. A medida que las ciudades crecen, los cambios económicos, sociales y los procesos de urbanización van estrechamente ligados al desarrollo industrial.

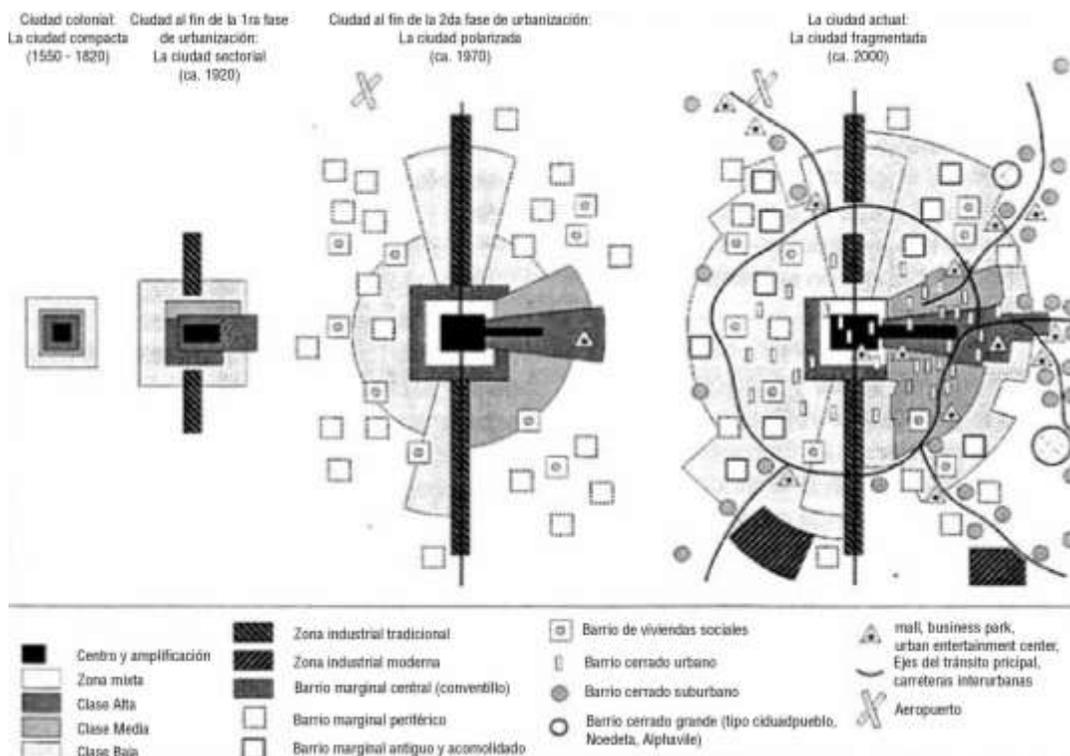
En términos simples, estos avances traen como consecuencia un acelerado aumento de la población urbana, una extensión de su tamaño, más el surgimiento de nuevos fenómenos como la migración campo-ciudad y el desarrollo de sistemas de transporte cada vez más complejos (Rojas, Muñiz, y García-López, 2009). Los factores anteriormente señalados, provocan que la ciudad se convierta en un espacio dinámico y en continuo desarrollo.

Este modelo, puede ser aplicado a los procesos económicos de las ciudades con ZF, en las que es posible encontrar un gran centro comercial con una importancia gravitacional y varios centros comerciales de menor escala dentro de su zona de influencia,

principalmente urbana, lo anterior permite la creación de varios centros con diferentes distancias, la descentralización del empleo, la integración de centros preexistentes y periféricos, la consolidación de áreas de ocupación urbana, expansión de la mancha urbana y el crecimiento de la urbe a través de la competencia económica que se desarrolla entre los núcleos comerciales de menor escala y las ZF.

Así, como se muestra en la figura 1, los modelos de desarrollo estructurales de las ciudades latinoamericanas presentan una morfología identificable, la cual es compatible con el crecimiento y desarrollo del modelo policéntrico de organización espacial actual en las ciudades investigadas.

Figura 1: Modelo de desarrollo Estructural de las ciudades Latinoamericanas



Fuente: Borsdorf, Bähr y Janoschka (2002), adaptado por Borsdorf, 2003.

5.4. Modelo predictivo de cambio de uso de suelo

Dentro de la misma área de estudio, es posible encontrar comportamientos diversos de acuerdo con la cobertura analizada (áreas urbanas, poblados, zonas ganaderas, industriales, vegetación, bosques, suelos desnudos, entre otros) de esta forma, la integración y la expansión de ciertas áreas en retroceso de otras, permite establecer patrones de crecimiento espacial desde diferentes enfoques de análisis.

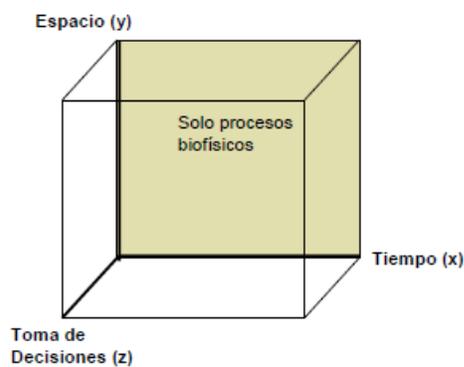
Uno de los cambios de uso de suelo que presenta mayor interés investigativo es el crecimiento urbano. Al desarrollar estas investigaciones, se abordan también los usos adyacentes, sean estos de cualquier tipo, generalmente considerándolos en función del retroceso frente al avance del sistema urbano (Agarwal y Green, et al, 2002). Es por esto, que históricamente, se han desarrollado modelos para comprender y predecir los cambios de uso de suelo, estos, de acuerdo con Rosete (2008), se agrupan en dos categorías: modelos de investigación (abocados al desarrollo investigativo) y modelos de política (enfocados en desarrollo de políticas públicas).

Debido a que estos modelos son relativamente nuevos, existen varias formas de ser abordados. Henríquez y Azócar (2007) y Candelaria et al (2011) señalan cuatro tipos de modelos, el primero estático, en que los datos de entrada y salida corresponden a un mismo instante de tiempo. El segundo dinámico, en el que los datos de entrada y salida presentan temporalidades diferentes, o sea, un modelo predictivo. El tercero determinístico, en el que todas las variables son controladas, impidiendo la posibilidad de tener datos azarosos y el cuarto estocástico, los que consideran al menos una de las variables que defina su comportamiento como aleatoria, por tanto, al menos una parte del resultado es variable.

De acuerdo con Agarwal, Green, y Grove (2002) es posible establecer tres dimensiones de análisis para los modelos predictivos de la dinámica Hombre-Medio Ambiente, estas dimensiones corresponden al espacio, el tiempo y la toma de decisiones (ver figura 2).

Las dimensiones espacio y tiempo, son comunes de los procesos biofísicos y humanos, o sea, ambos operan de manera natural, sin embargo, al incorporar la toma de decisiones como la tercera dimensión, esta se vuelve importante en si misma (Rosete, 2008).

Figura 2: Marco tridimensional para la revisión de los modelos de cambio de uso de suelo



Fuente: Rosete (2008), modificado de Agarwal et al., 2002.

El modelo predictivo incorpora el conocimiento espacial del comportamiento de ciertos patrones representados en el área de estudio y de acuerdo con Henríquez (2014), requiere de una integración entre los sistemas de información geográfica (SIG), percepción remota y sistemas de modelación ambiental, de esta forma, la capacidad de los SIG para adquirir, analizar y procesar información geográfica se ve potenciada si se le agrega la capacidad de modelar escenarios de simulación espacial sin embargo, de acuerdo con Henríquez (2014), dicha capacidad aún no ha sido muy explotada por la geografía, emergiendo así nuevas técnicas y conceptos capaces de acoplarse con las necesidades de proyección espacial principalmente en áreas urbanas.

Por lo anterior, en diversos ámbitos se han desarrollado modelos para simular los cambios de uso de suelo, entre ellos el modelo “*Land Change Modeller (LCM)*” el cual es utilizado como módulo en IDRISI 15.0, dando positivos resultados en Bolivia (Eastman, 2006) y Madagascar (Jiang, 2007). En la tabla 3 se describen algunos utilizados.

Tabla 3: Modelos de cambio de uso de suelo

Modelo	Descripción general
<i>CUF-I y CUF-II</i>	Modelo basado en transición discreta. Este modela cómo las políticas de crecimiento y desarrollo alteran la localización, patrones e intensidad del desarrollo urbano. El CUF-II mejora algunos vacíos en la proyección del empleo, crecimiento urbano, resolución de celdas y categorías de análisis.
<i>INDEX</i>	Modelo basado en análisis de correlación y programación lineal, evalúa alternativas de cambios de uso urbano mediante indicadores locales, como densidad residencial, consumo de agua residencial y emisiones de gases.
<i>LCCM</i>	<i>Land Cover Change Model</i> . Modelo basado en agentes y acoplado al modelo <i>UrbanSim</i> , predice tres tipos de presiones ambientales inducidas por el ser humano: conversión del suelo, uso de recursos y emisiones.
<i>LUCAS</i>	<i>Land Use Change Analysis System</i> . Modelo estocástico que simula mapas de cobertura de suelo. Analiza el impacto de actividades humanas sobre el uso del suelo y consecuentemente del ambiente.
<i>SLEUTH</i>	<i>Slope, Land use, Exclusion, Urban Transportation, Hillshanding</i> . Modelo autómatas celular que utiliza el proceso de Monte Carlo para proyectar el crecimiento urbano (con probabilidad de urbanización) y áreas de ocupación del suelo en sus alrededores.
<i>What if?</i>	Modelo basado en SIG que integra módulos de: sustentabilidad, crecimiento y localización de patrones de desarrollo, en los que incorpora diferentes tipos de planificaciones del uso del suelo y consideraciones de zonificación, así como escenarios de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia, modificado de Henríquez (2014, p 91-93).

Si bien existen diversos modelos explícitos que pueden predecir los cambios de uso de suelo, por lo general estos trabajan con variables definidas y operacionalmente son similares. Es importante señalar que los modelos predictivos se tornan una herramienta útil toda vez que represente la magnitud, la localización futura y los patrones espaciales de los cambios de uso de suelo (Henríquez, et al, 2006) es por esto, que la elección del modelo utilizado para predecir futuros cambios debe estar en concordancia con lo que el usuario quiera representar.

5.4.1. ¿Por qué elegir el Modelo CLUE?

A diferencia de los modelos comentados anteriormente, el modelo CLUE (*The Conversion of Land Use and its Effects*), incorpora variables no espaciales, como el crecimiento poblacional, urbano y variables económicas (Henríquez, 2014). Además de asignar espacialmente los factores de demanda de los elementos exógenos, provocando una interacción más acorde a la realidad de las áreas de estudio. En este sentido, las dinámicas ocurridas en la superficie del territorio ofrecen variadas respuestas frente a la problemática de la modelización futura de los usos de suelo en las ciudades estudiadas.

5.4.2. Modelo CLUE

El modelo (ver figura 3) fue implementado como una herramienta que utiliza relaciones empíricamente cuantificadas y sus fuerzas impulsadoras en combinación con un modelo dinámico de la competencia entre los tipos de uso de suelo (Henríquez, 2014; Verburg y Overmars 2007; Verburg, 2010). Este modelo es capaz de “incorporar de manera efectiva factores tanto espaciales como no espaciales, de este modo, es posible ingresar diversas demandas futuras para estimar escenarios alternativos de cambio de uso de suelo” (Henríquez, 2014).

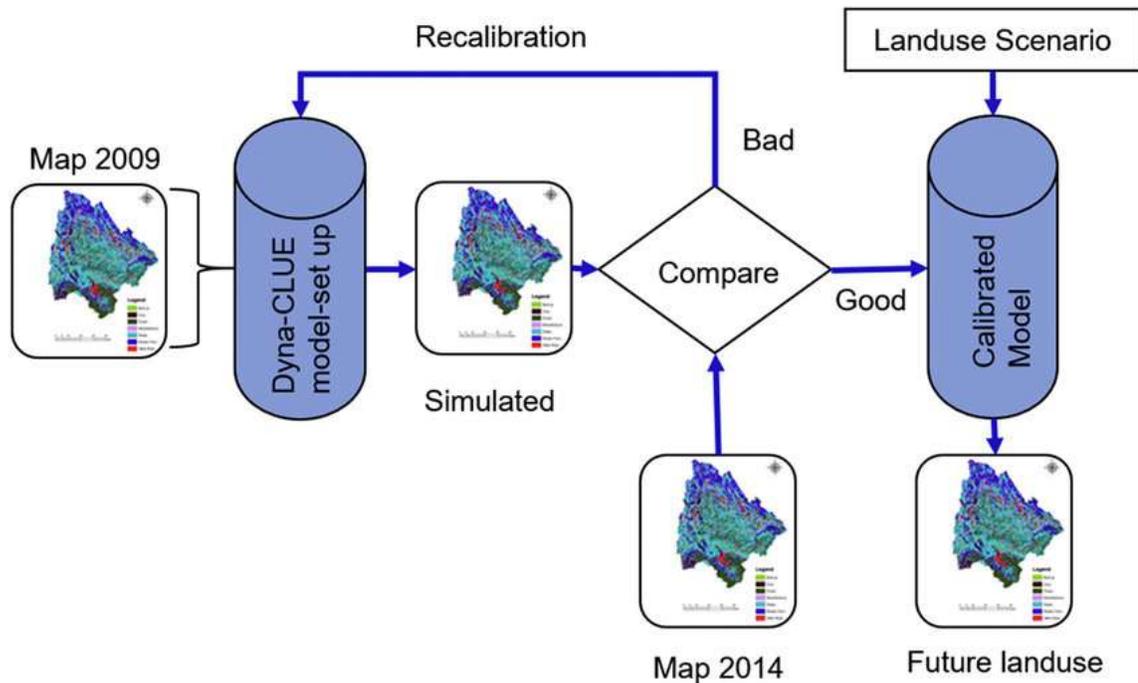
En el modelo CLUE, el número de categorías de ocupación del suelo es proporcionada por el usuario para cada año simulado, cada una de estas categorías puede ser obtenida de

diferentes enfoques (Mas et al, 2010) y, por tanto, presenta una buena posibilidad de desarrollo debido a las dificultades que presenta la obtención de datos, principalmente de carácter económicos en las áreas de estudio.

Los datos de entrada incluyen políticas y restricciones espaciales como áreas protegidas, zonas de agricultura, demanda de uso de suelo, accesibilidad, tendencia histórica y características del suelo, entre otros (Verburg, 2004).

Este modelo de predicción de cambio de uso de suelo opera en formato ráster y, por tanto, la validez de la representación de los datos almacenados en formato vectorial que contiene cada celda de información dependerá de la irregularidad del paisaje y el tamaño de píxel elegido (Verburg, 2002).

Figura 3: Ejemplo de flujo del modelo Dyna CLUE



Fuente: Bhatta, 2018.

5.4.3. Driving Forces

Son aquellas fuerzas motrices que impulsan los diferentes procesos de urbanización, ejemplos clásicos de estas suelen ser la inmigración, el aumento poblacional o la migración campo-ciudad.

Sin embargo, debido a la posibilidad de concentración de bienes y servicios en las ciudades y la cada vez más compleja relación entre elementos urbanos, estas fuerzas motrices tradicionales se comienzan a relacionar con otros factores que pueden explicar el crecimiento de las ciudades. La posibilidad de estudiarlos e incorporarlos al análisis de crecimiento, permite comprender la influencia que tienen y de qué manera se relacionan unos con otros.

En este contexto, la determinación de fuerzas motrices específicas para procesos de urbanización en ciudades definidas y la posibilidad de investigar la influencia y función que estas presentan, entrega la oportunidad de comprender de mejor manera los procesos de crecimiento urbano en determinadas zonas, por ejemplo, zonas de concentración económica, sectores residenciales o dedicadas al turismo. Así, las fuerzas motrices seleccionadas permitirían esclarecer la forma en que la ciudad crecerá en el futuro.

5.5. Planificación y ordenamiento territorial

La planificación territorial responde a la necesidad de comprender y anteponerse a las problemáticas y las conflictividades que pueden ocurrir al interior de este, dado que en él se asientan determinados grupos poblacionales y se desarrollan diversas actividades económicas. En este sentido, es importante considerar los principales factores para la consecución de dicha planificación territorial.

En materia urbana, la planificación territorial en Chile debe ser entendida en el contexto de la liberación del mercado de suelo, desarrollado durante la dictadura militar (1973-1990). En este contexto, se deja de reconocer el suelo como un recurso escaso, lo que, junto con la eliminación de la norma sobre límites urbanos y otras reformas llevaron consigo una pérdida de injerencia en la planificación urbana por parte del Estado,

provocando así una fuerte expansión en la ciudad debido a que la planificación urbana se encontró en manos de privados (Sabatini, 2000). Posteriormente, con el retorno a la democracia según Sabatini y Soler (2005), se pusieron en práctica instituciones e instrumentos de planificación que permiten enfrentar los desafíos en materia territorial.

Según Maturana et al. (2016), el ordenamiento territorial puede definirse como un gran objetivo o fin social que cuenta con la característica principal de un conjunto de acciones públicas orientadas a generar un (re) equilibrio territorial. Lo anterior, es complementado por lo expuesto por Gómez (2007), quien señala que el ordenamiento territorial permite “identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en el territorio, de acuerdo con determinados criterios y prioridades”.

En este sentido, desde el marco regulatorio legal, la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE, 2011), define el ordenamiento territorial como “la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad, cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector”.

Para poder dar solución a este planteamiento y necesidad de organización del territorio más allá del marco conceptual, se generan diversos instrumentos que permiten obtener una normativa regulatoria del espacio. Sobre todo, considerando que la tasa de urbanización del país es cercana al 85%, la regulación y planificación urbana cobra una importancia preponderante.

En Chile actualmente, no existe un único Instrumento de Planificación Territorial (IPT), de hecho, hay múltiples instrumentos que cumplen con esta función. Todos ellos comprenden objetivos globales, los que permiten el desarrollo integral y armónico del sistema de asentamientos humanos en el país pese a desarrollarse cada uno en una diferente extensión territorial (nacional, regional, intercomunal y comunal).

De acuerdo con Cordero (2007) en Chile son IPT los siguientes y sus alcances pueden resumirse en la tabla 4.

Tabla 4: Tipos de Instrumentos de Planificación Territorial

Planes	Funciones
Plan Regional de Desarrollo Urbano	Desarrollo de centros urbanos y regiones.
Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano	Desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones se integran en una unidad urbana.
Plan Regulador Comunal	Asignar usos de suelo con el objeto de promover un desarrollo armónico del territorio comunal.
Planes Seccionales	Instrumento complementario que no modifica el PRC, pues establece normas de diseño urbano referidas al espacio público y eventualmente a las edificaciones.
Límite Urbano	Delimitación del área urbana y el área rural, generalmente viene dado en los PRC, sin embargo, en las comunas en que no existe, se aplica el Límite Urbano.

Fuente: Elaboración propia en base a Cordero (2007).

Pese a que existen varios IPT que permiten regular y planificar el territorio, generalmente estos procesos se realizan desde la centralidad y aunque se ha avanzado en la posibilidad de descentralizar la toma de decisiones, estos esfuerzos son más bien modestos en la administración pública chilena en los últimos años (Cordero, 2007; Maturana et al, 2017).

En función de lo anteriormente expuesto y tomando en consideración que el PRC es un instrumento normativo sobre usos adecuados, permitidos o restringidos, infraestructura, espacios públicos, equipamiento y esparcimiento, diversos autores (Cordero, 2007, Arenas, 2003 y Maturana et al, 2017) plantean la cualidad reactiva más que propositiva de los PRC. En el caso de la presente investigación, se debe considerar fuertemente dicho

planteamiento, pues ambas ciudades pese a concentrar dos polos de inversión económica relevante para sus regiones, tienen PRC bastante desactualizados⁶ (aun cuando, actualmente ambas se encuentran en proceso de creación de un nuevo PRC) y que fueron creados bastante tiempo después de la incorporación de las ZF a las dinámicas de las ciudades, del mismo modo, la ocupación actual del territorio en ambas ciudades supera considerablemente lo normado en estos planes, por tanto, se torna relevante poder proponer modelos de crecimiento y ocupación del territorio, a fin de delimitar correctamente los usos presentes y futuros del espacio en las área de estudio.

⁶ El PRC de Iquique está vigente desde 1981 y el de Punta Arenas desde 1993.

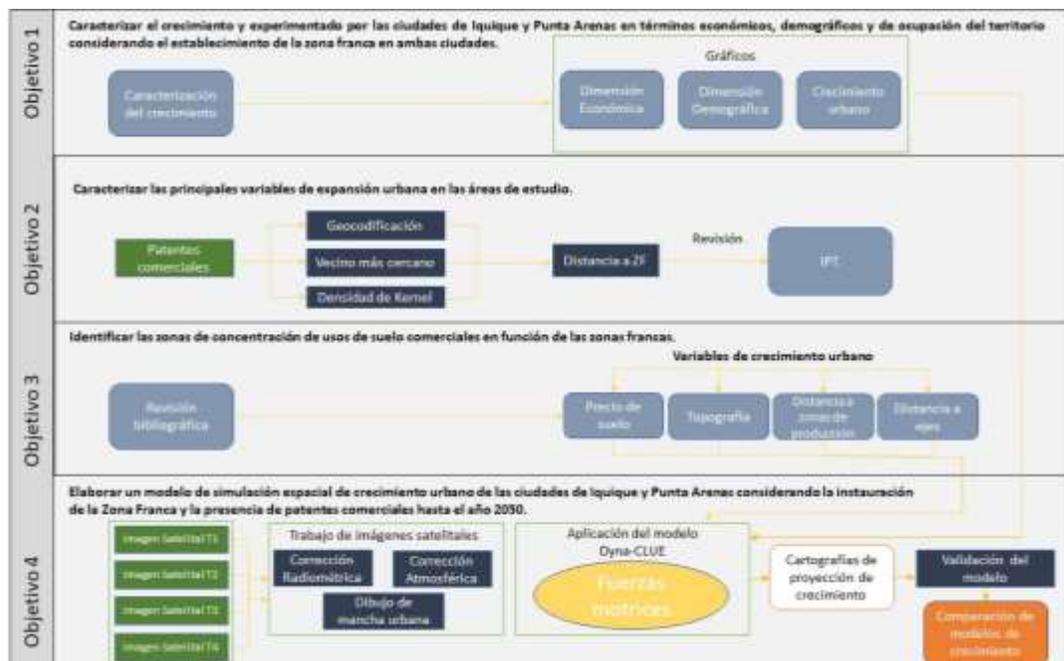
VI. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección, se describe el área de estudio y los métodos aplicados al análisis espacial en torno a los objetivos específicos planteados. Del mismo modo, se visualiza el alcance de los resultados esperados y los productos asociados a cada uno de ellos.

6.1. Resumen de métodos

A fin de presentar los procesos realizados para el desarrollo de esta investigación, se presenta el siguiente esquema metodológico, el que se muestra en la Figura 4. Este detalla los procesos y actividades realizadas por cada objetivo a fin de responder a ellos y a las preguntas de investigación.

Figura 4: Flujo metodológico

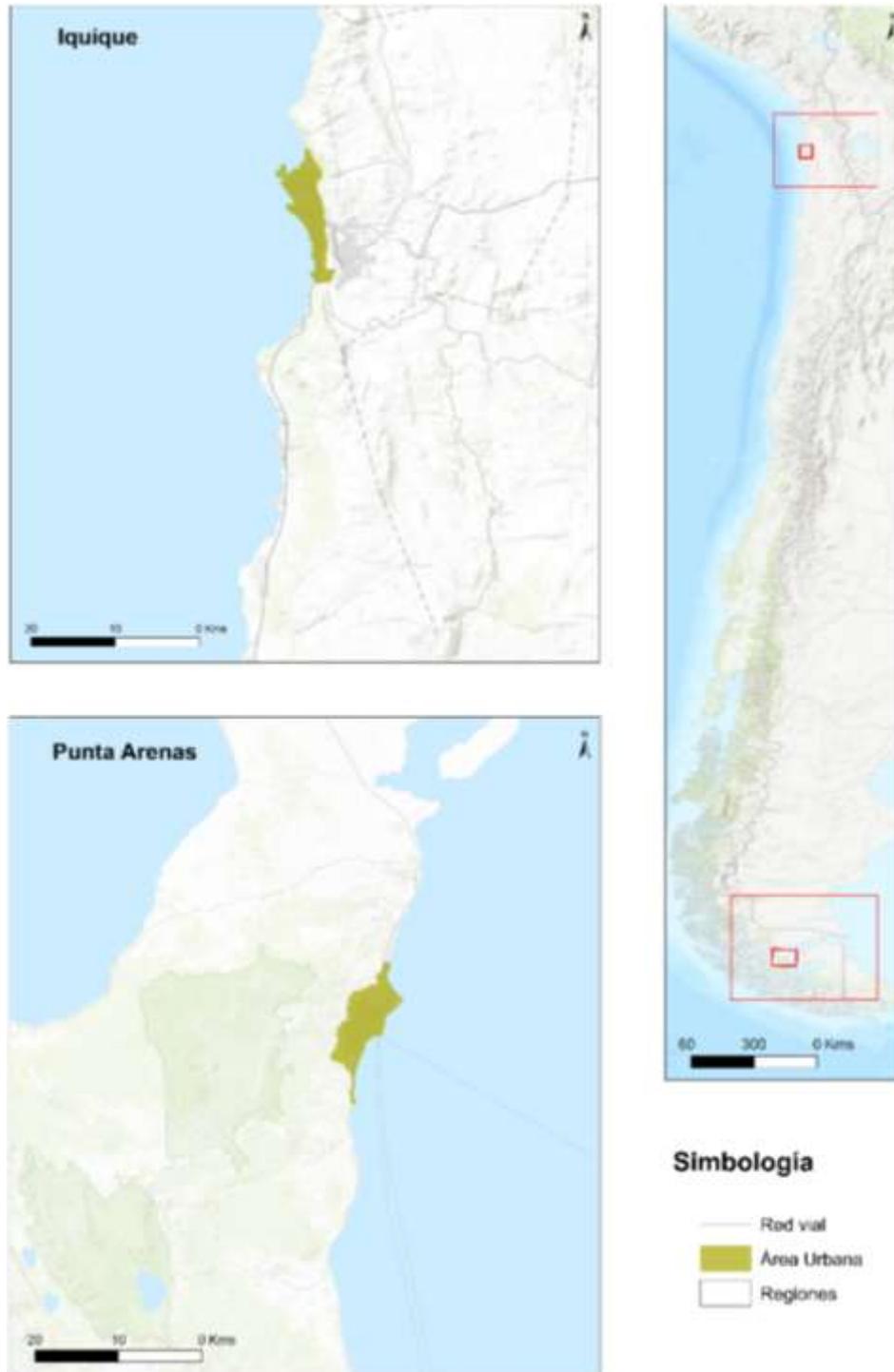


Fuente: Elaboración propia.

6.2. Área de Estudio

Las áreas de estudio utilizadas en la presente investigación corresponden a los sectores de concentración económica y las Zonas Francas (ver cartografía 2) como principal sector de observación para las dinámicas ocurridas al interior de la ciudad, de este modo se considerará área entre el inicio de la mancha de ocupación urbana principal y el sector del aeropuerto regional. Lo anterior debido a la importancia que tiene éste en el sistema urbano y las posibilidades de expansión hacia esos sectores, pues como se observa en las cartografías 5 y 6, es hacia estos sectores que está produciéndose principalmente, el proceso de crecimiento de la mancha urbana.

Cartografía 3: Localización y contexto del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

6.3. Relación entre métodos y objetivos específicos

6.3.1. Respecto al crecimiento experimentado por las ciudades

Actividad: Revisión de fuentes de información.

Se revisaron una serie de publicaciones relacionadas al crecimiento de ambas ciudades, a fin de conocer los datos demográficos y económicos.

Los siguientes organismos fueron utilizados como fuente de información.

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN)
- Servicio de Impuestos Internos (SII)
- Cámara Chilena de la Construcción (CChC)
- Ilustre Municipalidad de Iquique
- Ilustro Municipalidad de Punta Arenas
- Gobierno Regional de Tarapacá
- Gobierno Regional de Magallanes

Los datos referidos al número de habitantes fueron recolectados de la información de los Censos de Población y Vivienda de los años 1970, 1982, 1992, 2002 y 2017 desarrollados por el Instituto Nacional de Estadísticas.

Los datos correspondientes al crecimiento de la Mancha Urbana fueron obtenidos del proceso de fotointerpretación a través de imágenes satelitales Landsat n° 2, 5 y 8. El resultado de este proceso es medido en Hectáreas.

Los datos que señalan el número de Patentes Comerciales y de Permisos de Edificación otorgados por cada municipalidad fueron obtenidos mediante consultas de transparencia⁷.

⁷ Ambas solicitudes fueron realizadas el día 19 de agosto y fueron contestadas el día 18 de septiembre por la I. Municipalidad de Iquique y el 14 de septiembre por la I. Municipalidad de Punta Arenas.

Resultados esperados: Comparación del crecimiento demográfico, urbano y económico de cada ciudad en representación gráfica.

6.3.2. Respecto a las zonas de concentración de patentes comerciales en función de las Zonas Francas

Actividad 1: Recolección de datos.

Se realizó la solicitud de patentes comerciales otorgadas para los años 1975, 1990, 2005 y 2020 para la ciudad de Iquique y 1977, 1992, 2007 y 2020 para la ciudad de Punta Arenas.

Actividad 2: Geocodificación y espacialización.

Una vez obtenida la información, esta fue georreferenciada a través de dos métodos.

- a) Geocodificación mediante dirección postal, en la que se emplea como base la matriz de calles otorgada por IDE Chile (2018), utilizando el *software* ArcGis 10.1.4.
- b) Supervisión y georreferenciación manual, en la que aquellos casos no localizados o con un nivel de correspondencia entre la dirección y la red vial inferior al 75% fueron revisados caso a caso.

La actividad presenta dificultades que deben ser tomadas en consideración, el 15% de los datos no pudo ser georreferenciado, esto posiblemente por cambios de nombre en las calles utilizadas para la geocodificación.

El sistema de referencia de coordenadas es UTM, datum WGS 84, huso 19 sur, según corresponda para cada ciudad.

Actividad 3: Medidas de estadística espacial.

Con los datos de patentes comerciales espacializados, se procedió a realizar medidas de estadística espacial a fin de asegurar la posibilidad de trabajar con ellos de forma

significativa, así, los procesos realizados son los siguientes.

A- Promedio del vecino más próximo: Calcula la distancia de cada punto con su punto vecino para luego generar un promedio de distancias entre cada uno, definiendo un patrón de distribución.

El resultado, además, señala la existencia de agrupaciones significativas entre los puntos.

B- Densidad de Kernel: Es un método de cálculo de densidad que estima probabilidad de encontrar una entidad de punto sobre una celda determinada, así, calcula un valor por unidad de área a partir de entidades de punto, utilizando funciones para ajustar los valores según distancia y peso asignado a las entidades.

Se consideró la distancia mínima entregada en el cálculo del vecino más cercano para obtener la distancia de salida. Debido a que cada caso es uno en sí mismo y no se presenta jerarquía alguna en los registros, la función no se pondera por ningún valor, por tanto, cada patente comercial fue considerada como un único registro.

El resultado de este proceso se clasifica en cinco rangos, de mayor concentración a menor concentración de patentes comerciales.

Actividad 4: Comparación entre cada zona comercial.

Se realiza una comparación de distancias para cada zona comercial respecto a la ZF en cada periodo analizado.

Resultados esperados: Zonas de concentración económica de las ciudades y su distancia a las ZF.

6.3.3. Respecto a las variables de crecimiento urbano en las áreas de estudio

Actividad 1: Revisión de fuentes.

Se realizó una revisión bibliográfica (Puertas et al., 2014; Henríquez, 2014; Romero, 2016 y Morales, 2018) y recolección de elementos que permiten identificar las variables que explican el crecimiento urbano, definiendo una serie de factores que afecten este desarrollo. Además, se revisaron publicaciones que analizan las dinámicas de expansión y densificación residencial.

Actividad 2: Procesamiento y estandarización de variables.

Una vez identificadas las variables, estas son estandarizadas a través del cálculo del *Cost Distance*⁸, *Fuzzy Membership*⁹ y una regresión lineal¹⁰ a fin de facilitar la interacción entre los diferentes elementos del análisis, de este modo, los principales procesos desarrollados fueron la reclasificación a 30 m de los elementos ráster y la proyección al sistema de coordenadas UTM, en su datum WGS 84, huso 19 sur para cada ciudad.

Resultados esperados: Definición de variables que permiten explicar la expansión urbana en las áreas de estudio, las cuales se pueden observar en la tabla 3.

⁸ El cual calcula la distancia de menor coste acumulativo para cada celda al origen más cercano sobre una superficie de coste (para este caso se utilizó el MDE de región).

⁹ El proceso Fuzzy Membership o Pertenencia Difusa permite transformar los datos de entrada en una escala de 0 a 1 basada en la probabilidad de pertenecer a un conjunto especificado.

¹⁰ Este calcula la pertenencia según la transformación lineal del ráster de entrada. Asigna un valor de pertenencia de 0 para el mínimo y una pertenencia de 1 para el máximo.

6.3.4. Respecto a la elaboración y comparación de modelos predictivos de crecimiento urbano

Actividad 1: Selección de imágenes satelitales.

Se buscó una serie temporal de imágenes satelitales correspondientes al área de interés, la primera, en el año de fundación de la Zona Franca de cada ciudad y a partir de ella, una serie temporal de 15 años hasta el año 2020.

En el caso de Iquique, la recolección de imágenes se realizó sin problemas debido a las condiciones meteorológicas, así, las imágenes utilizadas se presentan en la tabla 5.

Tabla 5: Imágenes satelitales utilizadas en Iquique

Iquique	
Fecha	Satélite
Marzo, 1975	Landsat 2
Marzo, 1990	Landsat 5
Marzo, 2005	Landsat 5
Marzo, 2020	Landsat 8

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de Punta Arenas, la recolección de imágenes presentó complicaciones debido a la alta nubosidad, así, las imágenes utilizadas se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Imágenes satelitales utilizadas en Punta Arenas

Punta Arenas	
Fecha	Satélite
Octubre 1977	Landsat 2
Abril, 1992	Landsat 5
Agosto, 2007	Landsat 5
Febrero, 2020	Landsat 8

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 2: Procesamiento y corrección de imágenes.

Debido a la naturaleza multitemporal y multispectral de este estudio, se ha realizado una corrección radiométrica y atmosférica de las imágenes a utilizar, a fin de trabajar con datos más reales del momento de captura y así, mejorar la precisión del análisis final. Estos procesos fueron desarrollados en el SIG ENVI en su versión 5.3.

La utilización de ecuaciones que permiten transformar los números digitales (ND) en radiancia y transformar dicho valor en reflectancia se basa en lo expuesto por Brizuela, Aguirre y Velasco (2007).

De este modo, para el cálculo de radiancia se utilizó la siguiente ecuación.

$$L = \left(\frac{L^{max} - L^{min}}{255} \right) ND + L^{min}$$

Donde:

L^{min} : es la radiación correspondiente al valor ND mínimo (usualmente 0).

L^{max} : es la radiación correspondiente al valor ND máximo (usualmente 255).

ND : Valor para cada píxel del número digital.

Para el cálculo de la reflectancia, se utilizó la siguiente ecuación de acuerdo con lo señalado por Brizuela, Aguirre y Velasco (2007).

$$Pp = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta}$$

Donde:

Pp: reflectancia planetaria adimensional.

L_λ: radiancia espectral en apertura del sensor.

d: distancia tierra-sol en unidades astronómicas.

ESUN_λ: irradiancia solar exoatmosférica media.

Cos θ: ángulo cenital solar en grados.

Actividad 3: Identificación de mancha urbana.

Para realizar esta actividad, es posible seguir dos metodologías, la primera basada en la definición de curvas espectrales a través de la clasificación supervisada y el entrenamiento de píxeles en regiones de interés. La segunda metodología basada en una clasificación visual.

El presente estudio utilizó la segunda metodología, debido al comportamiento espectral similar entre ciudad y desierto en el caso de Iquique y la nubosidad presente en la ciudad de Punta Arenas.

De este modo, se identificaron píxeles correspondientes a superficies urbanas, los que fueron agrupados y clasificados.

Resultados esperados: Mancha de ocupación urbana en los periodos analizados para cada una de las áreas de estudio.

Actividad 4: Aplicación del Modelo Dyna-CLUE.

Con el fin de cumplir con esta actividad, se simula los cambios de uso de suelo ocurridos entre 2020 y 2050 mediante la simulación de crecimiento en base a los usos y coberturas

de suelo existentes y sus fuerzas motrices de crecimiento urbano, las que vienen de la identificación de demanda y restricciones de uso de suelo (Verburg & Veldkamp, 2002).

La aplicación del modelo Dyna-CLUE debe estar condicionado a la información espacial (coberturas y usos de suelo) y la información no espacial (demandas y restricciones de los usos de suelo). Respecto a este último punto, se estimó necesario la consulta a expertos regionales y locales tales como Gobierno Regional, Municipalidades, Organizaciones Sociales y Empresas Privadas. Asimismo, las restricciones espaciales fueron identificadas a través de los IPT (PRC) y áreas protegidas (SNASPE).

Respecto a la determinación de las fuerzas motrices del crecimiento urbano que requiere el modelo Dyna-CLUE, éstas provienen del análisis de las coberturas de suelo. Dichas fuerzas motrices fueron sometidas al módulo *Land Change Modeler* (LCM) del programa IDRISI Selva©, aplicándose así, conjuntamente modelos de regresión logística para variables espaciales. Asimismo, se utilizó el *Test Cramer V* a fin de obtener la significancia estadística de las variables dependientes (uso y coberturas de suelo) y las variables independientes (fuerzas motrices), que son analizadas en el modelo de regresión logística (Puertas et al., 2014).

Las fuerzas motrices utilizadas para el modelo de regresión logística y cálculos del *Test Cramer V* se resumen en la tabla 7, señalándose, además, su unidad de medida y la fuente desde la que fue obtenida su información.

Tabla 7: Fuerzas Motrices utilizadas en las regresiones logísticas para cada uso y cobertura de suelo²

Variablen	Unidad de Medida	Fuente
Áreas homogéneas	Precio UF	SII, 2020
Densidad poblacional	Pob/Ha	INE, 2017
Calles	Distancia (m)	IDE, 2018
Rutas	Distancia (m)	IDE, 2018
Centro urbano	Distancia (m)	Elaboración propia
Colegios	Cantidad/m ²	MINEDUC, 2015
Jardines	Cantidad/m ²	MINEDUC, 2015
Universidades	Cantidad/m ²	MINEDUC, 2015
Línea de costa	Distancia (m)	Elaboración propia
Redes hídricas	Distancia (m)	DGA, 2015
Pendiente	Grados	CIREN, 2019
Hospitales	Cantidad/m ²	MINSAL, 2013
Atención primaria	Cantidad/m ²	MINSAL, 2013
Zona Franca	Distancia (m)	Elaboración propia
Patentes comerciales	Cantidad/m ²	Municipalidades, 2020
Puerto principal	Distancia (m)	Elaboración propia
Puerto secundario	Distancia (m)	Elaboración propia
Aeropuerto	Distancia (m)	Elaboración propia
Permisos de edificación	Cantidad/m ²	Mun., CChC, INE, 2016-2020

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que a fin de resaltar la importancia de las fuerzas motrices de carácter económico (zonas francas y patentes comerciales) se realizaron dos modelos de crecimiento urbano, uno que considera dichas variables económicas y otro en la que se excluyen. De esta forma, es posible comprender la importancia de éstas en el crecimiento urbano de las ciudades.

Resultado: mancha de ocupación urbana para el periodo 2020-2050 en la que se pueda

identificar zonas de crecimiento urbano.

Actividad 5: Validación de los resultados.

Una vez realizada la aplicación del modelo Dyna-CLUE para los sistemas urbanos de Iquique y Punta Arenas (2020-2050), se debe validar el modelo de simulación. Lo anterior, de acuerdo con Pontius Jr. et al. (2008) se justifica entendiendo que los procesos de simulación de cobertura y uso de suelo deben ser capaces de estimar la concordancia espacial entre la imagen observada y la simulada para un mismo periodo de análisis.

La presente investigación valida sus resultados en base a los usos observados y simulados para el año 2020, de modo que la configuración de los resultados de dicha simulación son utilizados en el modelamiento al año 2050 para cada ciudad.

El proceso de validación consiste en dos fases, la primera corresponde al proceso de modelación entre dos periodos conocidos, calibrando y ajustando los parámetros utilizados a fin de obtener una similitud visual en la morfología de la mancha urbana desde el año de inicio al año de término, de esta forma, se varía el margen de error entre cada mancha urbana y la posibilidad de obtener diferentes resultados. Los periodos seleccionados para la validación corresponden a los años 2005 (año inicial) – 2020 (año de término) para la ciudad de Iquique y los años 2007 (año inicial) – 2020 (año de término) para la ciudad de Punta Arenas.

Una vez obtenido el resultado de la modelación que mejor se ajustaba al periodo inicial – final para cada ciudad, fue necesario realizar un análisis cuantitativo del comportamiento del modelo de predicción, lo cual permite comprobar aquellas celdas correctas debido a la persistencia en el uso de suelo observado respecto de las celdas correctamente modeladas debido a la simulación.

En la segunda fase de validación, se determina utilizar los indicadores propuestos por Pontius et al. (2008; 2014) la comparación triple de mapas que permite “distinguir los píxeles que fueron correctamente simulados debido a la persistencia versus aquellos que son correctos debido a un cambio simulado correctamente” (Pontius et al., 2008, p. 19).

Este método agrupa en cuatro categorías los píxeles de los mapas de referencia y simulado en función de los cambios de cobertura de suelo reales. Para desarrollar de forma efectiva este análisis se requiere del mapa del año inicial (2005/2007 según corresponda), mapa del año real (2020 para ambas ciudades) y mapa simulado (modelo de simulación para el periodo 2005/2007 – 2020).

Las categorías de píxeles utilizadas son las siguientes (ver figuras 5 y 6 para una representación gráfica del método).

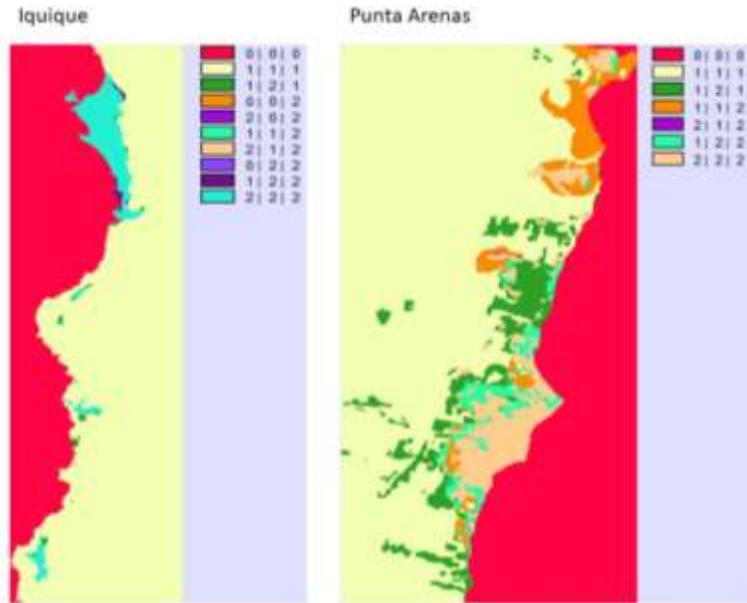
Perdidos (*Misses*): Píxeles incorrectos debido a que el cambio observado fue simulado como persistencia.

Aciertos (*Hits*): Píxeles correctos debido a que el cambio observado fue simulado como cambio en las mismas categorías de uso.

Falsos Aciertos (*Wrong hits*): Píxeles incorrectos debido a que el cambio se simuló como cambio, pero en una categoría incorrecta.

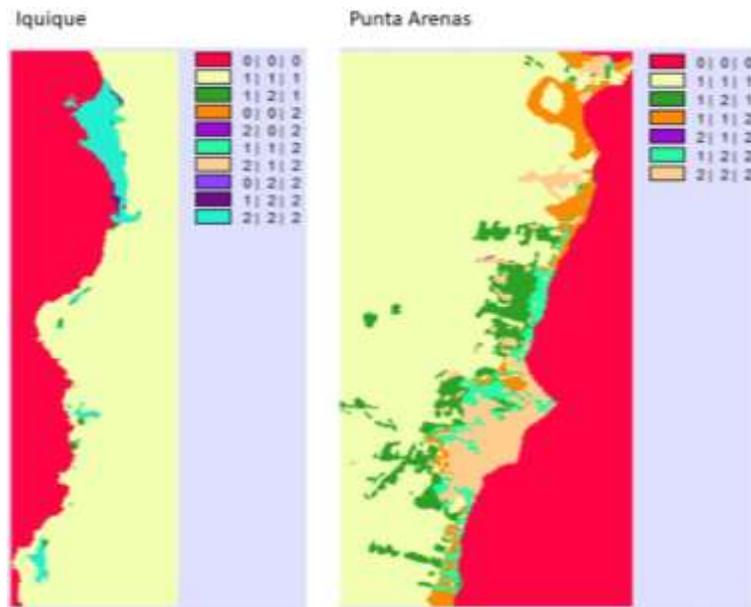
Falsas Alarmas (*False Alarms*): Píxeles incorrectos debido a que la persistencia observada fue simulada como un cambio.

Figura 5: Resultado Crosstab Iquique y Punta Arenas con variables económicas 2020-2050



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Resultado Crosstab Iquique y Punta Arenas sin variables económicas 2020-2050



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de esta validación son agrupados conforme a la clasificación anteriormente señalada y se determinó la utilización de tres medidas estadísticas propuestas por Pontius et al. (2008) para la validación de los modelos que corresponden a la figura de mérito (medida estadística que relaciona los usos de suelo efectivamente simulados respecto al total de cambios simulados y persistencias en los tiempos 1 observado, tiempo 2 observado y tiempo 2 simulado), exactitud del productor (corresponde a las celdas simuladas exactamente como cambio, considerando que el mapa de referencia está correctamente observado) y exactitud del usuario (que corresponde a las celdas simuladas exactamente como cambio, considerando que el mapa de comparación está correctamente simulado).

A continuación, se presentan las tres ecuaciones planteadas por Pontius et al. (2008) para la estimación de figura de mérito, exactitud del productor y exactitud del usuario:

$$\text{Figura de mérito} = \mathbf{B} / (\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C} + \mathbf{D})$$

$$\text{Figura del productor} = \mathbf{B} / (\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C})$$

$$\text{Exactitud del usuario} = \mathbf{B} / (\mathbf{B} + \mathbf{C} + \mathbf{D})$$

Donde,

A: representa el área de error debido a los cambios observados, simulados como persistencia.

B: representa el área correcta que se debe a los cambios observados, simulados como cambios.

C: representa el área de error debido al cambio observado, simulados como falsas ganancias.

D: corresponde al área de error que se debe a la persistencia observada, simulada como cambio.

Resultado esperado: modelo de evaluación para la correcta ejecución del modelo predictivo de crecimiento urbano representado como gráfico.

Actividad 6: Elaboración de cartografías del modelo predictivo.

Una vez validado el modelo de crecimiento urbano de acuerdo con la mejor configuración de parámetros en el periodo 2005/2007 – 2020, la matriz de configuración es utilizada para la elaboración del modelo 2020-2050.

El proceso se realiza en dos oportunidades, la primera considera el resultado de la simulación de crecimiento urbano incluyendo todas las fuerzas motrices presentes en las áreas de estudio. El segundo se realiza considerando el resultado de la modelación que excluye las variables económicas presentes en el espacio.

De esta manera, el resultado obtenido presenta la información espacial de las zonas de expansión urbana en las ciudades de Iquique y Punta Arenas para el año 2050 considerando como año base el 2020.

Resultado esperado: Cartografía de simulación de crecimiento de la mancha urbana para el periodo 2020 – 2050 en los sistemas urbanos de Iquique y Punta Arenas.

Actividad 7: Comparación de modelos de crecimiento.

A fin de identificar la importancia e influencia que tienen las variables económicas principales de la ciudad, se realiza una comparación de los modelos de crecimiento urbano. Este proceso se realiza a través del Índice de Intensidad de Expansión Urbana (*Annual Expansion Intensity Index – AEII*), el cual consiste en analizar “el grado de diferenciación de la expansión urbana en diferentes direcciones y denota el crecimiento de las áreas urbanas de una unidad espacial como porcentaje del área total de los usos y coberturas de suelo en el periodo de estudio” (Hu et al., 2007: 269).

Este índice de acuerdo con Zhang, et al. (2013) es calculado de la siguiente manera:

$$B_{t+n} = [(U_{t+n} - U_t) / T_i] / n \times 100\%$$

Donde,

B_{t+n} : El índice de intensidad de expansión urbana anual (IIEA) de la unidad espacial i

U_{t+n} : Área urbana en la unidad espacial i para el tiempo $t + n$

U_t : Área urbana en la unidad espacial i para el tiempo t

T_i : Superficie total de la unidad espacial i

n : Periodo de tiempo analizado.

Dependiendo del resultado del análisis, estos pueden ser categorizados en cinco grados:

Velocidad de expansión muy rápida si $B_{t+n} > 1,92$

Velocidad de expansión rápida si $1,05 \leq B_{t+n} \leq 1,92$

Velocidad de expansión moderada si $0,59 \leq B_{t+n} \leq 1,05$

Velocidad de expansión lenta si $0,28 \leq B_{t+n} \leq 0,59$

Velocidad de expansión muy lenta si $0 \leq B_{t+n} \leq 0,28$

De este modo, se evalúa cada escenario de crecimiento urbano para el año 2050, comparando los resultados en función de la presencia y ausencia de las variables económicas de patentes comerciales y ZF.

Por tanto, se busca evidenciar la importancia de dichas variables en la asignación de usos y coberturas de suelo urbano en las ciudades, permitiendo así gestionar y colaborar en el desarrollo de políticas de crecimiento urbano a nivel local y regional.

Finalmente, mediante entrevista al asesor urbano de la Ilustre Municipalidad de Iquique y al Arquitecto Revisor de proyectos de la Ilustre Municipalidad de Punta Arenas se presentarán las cartografías resultantes a actores claves de las ciudades. De este modo, ambos modelos de crecimiento urbano serán sometidos al análisis de los profesionales encargados del proceso de urbanización y planificación de la ciudad.

Resultado: Tabla y cartografía que evidencie y compare los resultados del crecimiento de la mancha urbana considerando el modelo que incluye las variables económicas y aquel que las excluye.

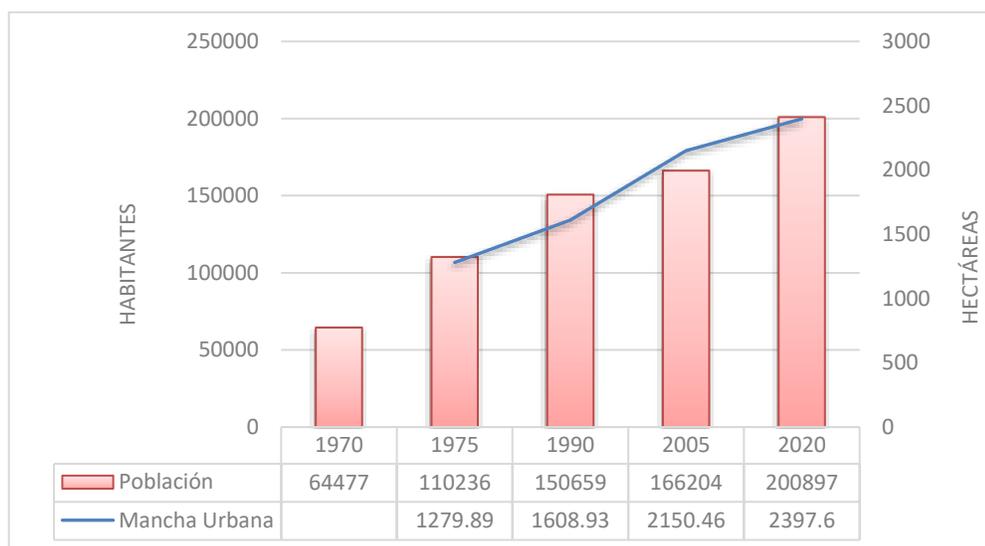
VII. RESULTADOS

Los resultados del presente estudio se centran en tres ejes principales. Evolución estadística de las ciudades, comportamiento espacial de los espacios económicos en las zonas urbanas y modelación del crecimiento. El primero, permite observar un análisis estadístico del crecimiento económico, urbano y demográfico de las ciudades. El segundo, corresponde al comportamiento espacial de las dinámicas económicas de las ciudades a través de la ubicación de las zonas de concentración económica y las Zonas Francas. Finalmente, el tercer eje responde a la modelación del crecimiento de las áreas de estudio.

7.1. Análisis de crecimiento

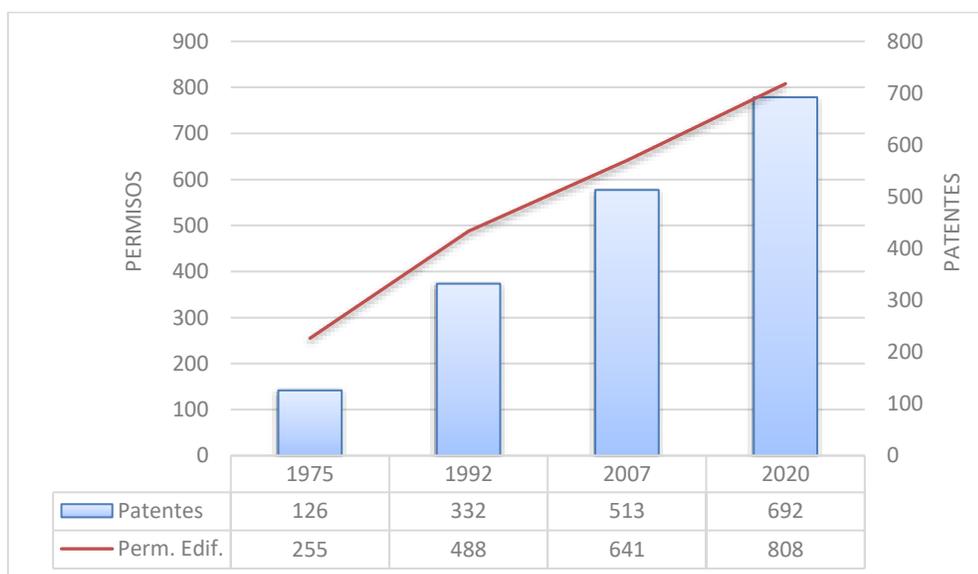
En las últimas cinco décadas, como se observa en los Gráficos N°4, N°5, N°6 y N°7, las ciudades de Iquique y Punta Arenas han experimentado un crecimiento exponencial notable en los cuatro factores de crecimiento urbano que se han analizado en esta investigación: población total, número de permisos de edificación entregados, patentes comerciales otorgadas y ocupación de la mancha urbana. Dado lo anterior, es posible realizar algunos análisis comparativos de las ciudades analizadas, a fin de comprender de mejor manera los procesos de urbanización desarrollados en ellas.

Gráfico 4: Evolución de Iquique: población y mancha urbana 1970-2020



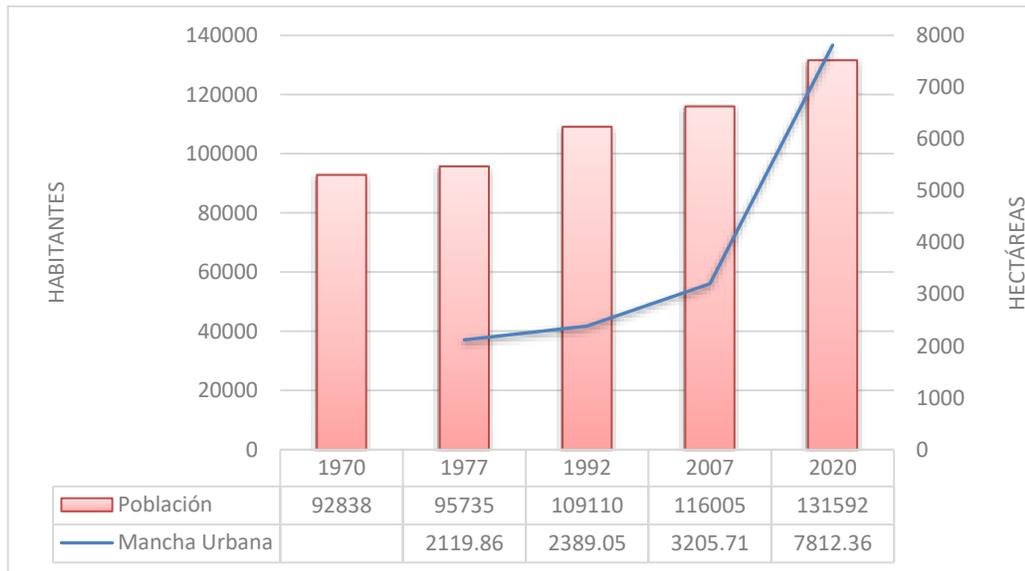
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5: Evolución de Iquique: patentes comerciales y permisos de edificación 1970-2020



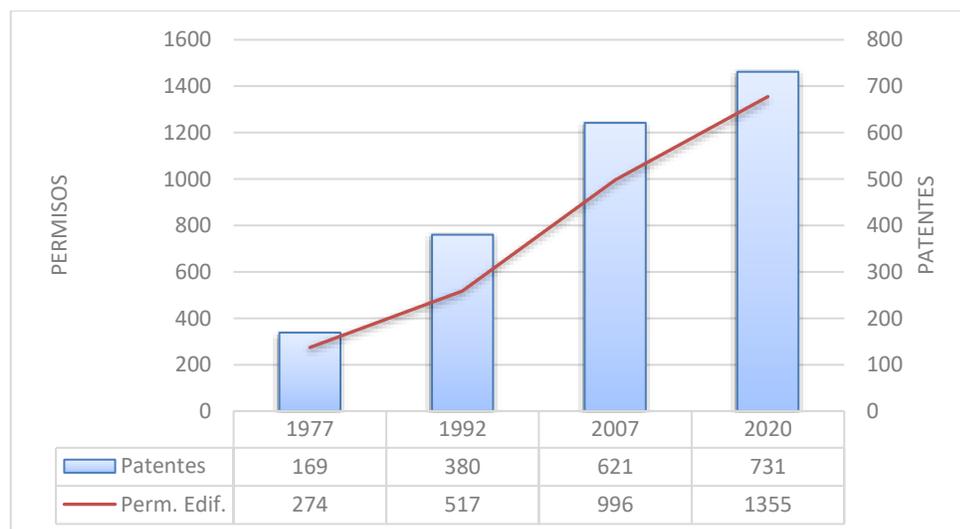
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6: Evolución de Punta Arenas: población y mancha urbana 1970-2020



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Evolución de Punta Arenas: patentes comerciales y permisos de edificación 1970-2020



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados de los Gráficos N°4 y N°6 se evidencia que ambas ciudades presentan un crecimiento demográfico sostenido. Por un lado, la ciudad de Iquique desde el año 1970 a 1992 tuvo un gran aumento poblacional (33% pasando de 64.477 habitantes a 150.659), el cual continuó de una forma más acompasada durante los periodos siguientes (10% entre 1992 y 2002; 20% entre 2002 y 2017). Esta ampliación demográfica es acompañada a la vez con la extensión continua de la mancha urbana iquiqueña desde 1975 a la actualidad (25% entre 1975 y 1990; 33% entre 1990 y 2005; 11% entre 2005 y 2020, pasando de 1279,89 ha a 2397,6 ha en este periodo de tiempo).

Por otro lado, la ciudad de Punta Arenas desde 1970 presentó una población mayor que la de Iquique en sus inicios, no obstante, su crecimiento pese a ser constante con el paso del tiempo (17% entre 1970 a 1992 6% entre 1992 y 2002; 13% entre 2002 y 2017), es más lenta que la ciudad de Iquique, de hecho, desde 1992 Punta Arenas fue superada en términos demográficos. Este fenómeno es importante y marca una tendencia importante, dada las políticas de ocupación de ciudades fronterizas claves, la mayor conectividad que ofrece la ciudad nortina, la importancia comercial tanto al interior del país como con ciudades cercanas de otros países y la explotación del cobre.

También, y en contraposición a lo ocurrido en Iquique, la mancha urbana de la ciudad austral no evidencia un dinamismo significativo entre las décadas de 1970 y 2000, pese a que ya poseía 2119,86 ha de mancha urbana para el año 1977 (casi el doble en comparación a la ciudad nortina) en el mismo periodo. Luego, entre los años 2007 y 2020, sí se observó un avance importante y sustancial de urbanización compacta, pasando de 3206 a 7812 ha de suelo urbano denso. De esta forma, el porcentaje de crecimiento de la mancha urbana es 12% entre 1977 y 1992, 34% entre 1992 y 2007 y 43% entre 2007 y 2020 (pasando de 2119,86 ha en 1977 a 7812,36 ha en 2020).

A partir de este análisis cuantitativo de las décadas examinadas queda en evidencia que Iquique posee una mayor densificación (pues presenta mayores índices demográficos en una menor superficie territorial utilizada) en contraste a lo ocurrido en Punta Arenas, la

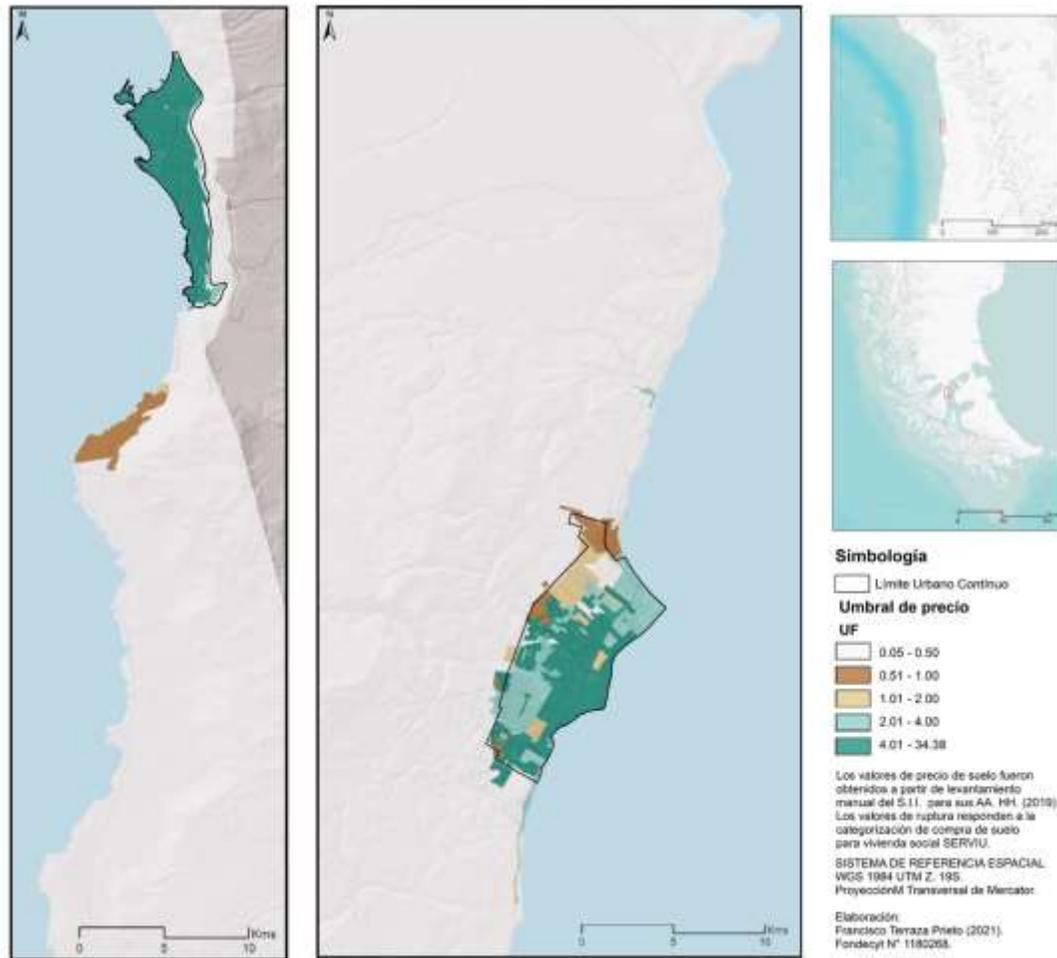
cual, de acuerdo con los datos obtenidos, presenta un crecimiento urbano de mayor dispersión espacial, menor altura y un sostenido aumento demográfico.

7.2. Estructura de precio de suelo y permisos de edificación

Lo anterior, se reafirma en la cartografía 4, considerando el valor promedio del suelo por metro cuadrado (UF/m²), Iquique presenta precios muy elevados (sobre 4 UF/m²) en la principal zona de ocupación urbana (dentro del Límite Urbano Continuo), quedando, solo zonas periféricas dentro del Límite anteriormente nombrado con un valor de suelo menor, aunque aún elevado (> 2 UF/m²). Los valores de suelo disminuyen en zonas fuera del LUC pero que presentan zonas de ocupación de acuerdo con los resultados obtenidos de la fotointerpretación satelital, y en zonas de difícil acceso, zonas de pendiente, desérticas y difícilmente conectadas por vía terrestre.

En el caso de Punta Arenas, la situación es diferente, en promedio los precios de suelo son más baratos que los encontrados en la ciudad nortina, las zonas que presentan precios sobre 4 UF/m² son zonas en su mayoría consolidadas como zonas urbanas, mientras que en las zonas periféricas del LUC hay una mayor variabilidad de precios de suelo que van entre los 0,5 UF/m² hasta las 28 UF/m² (que es el valor más alto presente). Pese a lo anterior, hay zonas con precios elevados fuera del LUC que, de acuerdo con los resultados de la fotointerpretación, corresponden a lugares consolidados. Es importante señalar, dado lo anterior, que las características orográficas de la ciudad de Punta Arenas permiten una extensión de la mancha urbana de manera horizontal, que, a su vez, se ve favorecida por los bajos precios de suelo.

Cartografía 4: Categorías de precio de suelo en ciudades de Iquique y Punta Arenas



Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los permisos de edificación (ver resumen según destino en tabla 8) para estos periodos, ambas urbes han mantenido un alza sostenida desde la década de 1970 (ver gráficos 5 y 7), aumentando Iquique en un 91% entre 1975 y 1990; 31% entre 1990 y 2005; 26% entre 2005 y 2020, a su vez, Punta Arenas ha aumentado un 88% entre 1977 y 1992; 92% entre 1992 y 2007; 36% entre 2007 y 2020, demostrando una directa relación con el aumento demográfico y urbano anteriormente señalado para ambas ciudades.

Tabla 8: Distribución de permisos de edificación según destino

Uso/año	Iquique				Punta Arenas			
	1975	1990	2005	2020	1977	1992	2007	2020
Habitacional	121	187	273	310	130	197	368	478
No habitacional	45	146	164	223	48	162	297	412
Mixto	89	155	204	275	96	168	331	465
Total	134	488	641	808	274	527	996	1355

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por municipalidades por Ley de Transparencia.

Respecto a las patentes comerciales, se constata tanto en el caso de Iquique (de 126 en 1975 a 692 en 2020) como de Punta Arenas (de 169 en 1975 a 731 en 2020) un aumento significativo de éstas, teniendo ambas cifras similares con el pasar de los años a pesar de sus diferencias con relación a sus dinámicas demográficas, de mancha urbana y densidad poblacional. También, se observa una mayor cantidad de permisos de edificación por sobre las patentes comerciales en ambas ciudades, lo cual da cuenta de un uso habitacional y mixto mayoritariamente.

Con el aumento de permisos de edificación y de patentes comerciales en las ciudades de Iquique y Punta Arenas, es posible esbozar la relevancia que poseen las ZF en la constitución de núcleos de concentración económica en ambas urbes, pues permite generar un mayor dinamismo y competencia entre las Zonas Francas y los núcleos de concentración económica.

Con respecto a la ciudad de Punta Arenas, como ésta se expande de manera horizontal, su

ZF podría advertir mayor preeminencia debido a que la cantidad de patentes que se relacionan con la venta de productos que se suelen comprar en la ZF para su posterior inversión en rubros como el comercio local, el turismo y la gastronomía.

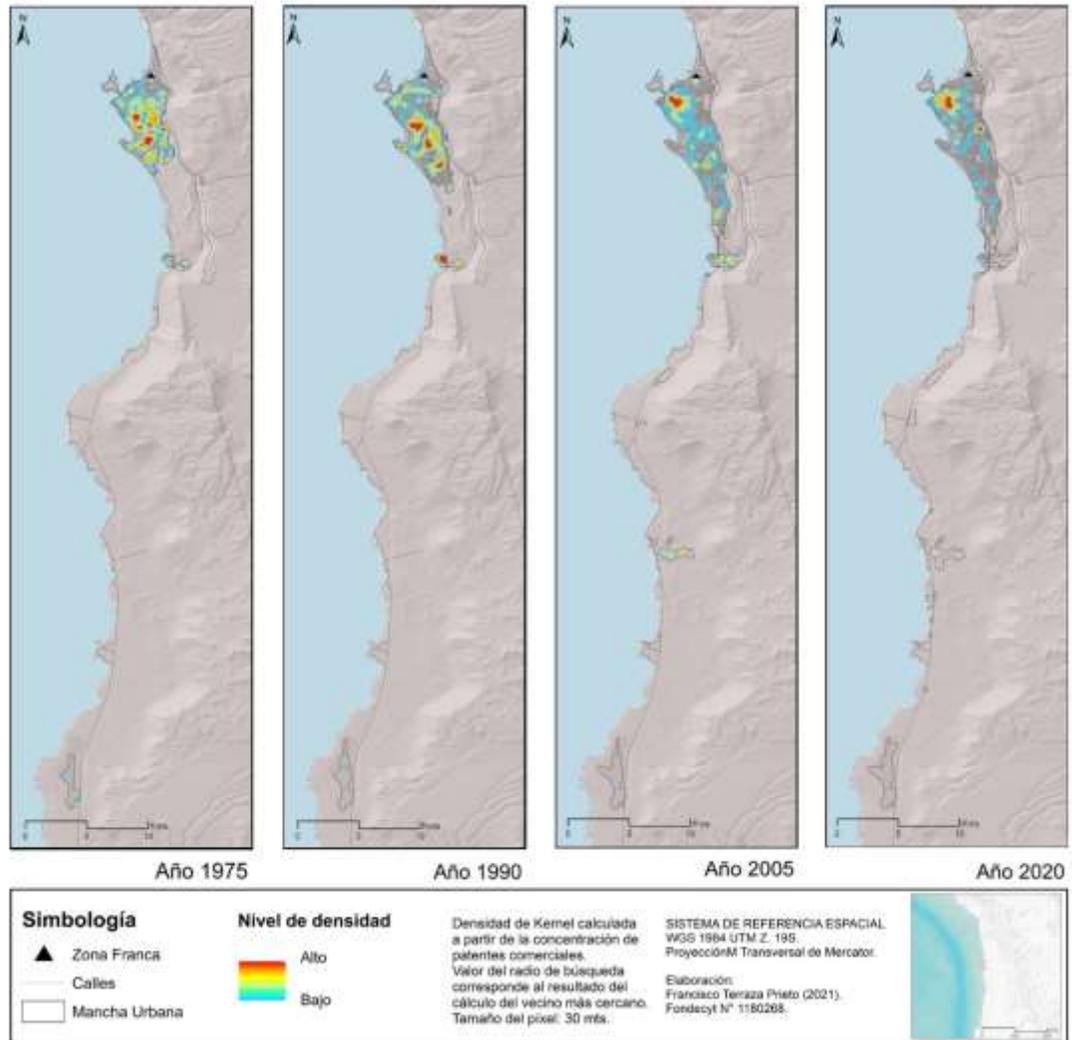
Por su parte, en la urbe iquiqueña se observa una menor incidencia de las ZF si se la vincula con las cifras de patentes comerciales y su relación con el mercado generado por la ZF. No obstante, es posible reconocer patrones de consolidación urbana, puesto que los valores de patentes y permisos de edificación, aunque son menores que los de Punta Arenas, vislumbran mayor actividad en comparación a los evidenciados en la ciudad austral, lo cual se evidencia en los aumentos demográficos en menores áreas de ocupación urbana.

7.3. Comportamiento espacial de las zonas de concentración económica

Dado que cada ciudad presenta sus propias dinámicas espaciales respecto a fenómenos similares es que, a partir del resultado de fotointerpretación se dibujó el contorno de la mancha urbana para cada periodo analizado. Este contorno sirve de referencia para representar el proceso de ocupación espacial de las ciudades y darle margen a la distribución de las concentraciones de patentes comerciales (ver cartografías 5 y 6).

Cartografía 5: Distribución de densidad de patentes comerciales en la

ciudad de Iquique 1975, 1990, 2005 y 2020



Fuente: Elaboración propia.

La ciudad de Iquique se caracteriza por un crecimiento urbano que respeta la forma del campo dunario que la separa de Alto Hospicio. De esta forma, la expansión urbana a partir de 1975 se ha dado principalmente hacia el sur mediante dos procesos principalmente, el primero la expansión de la mancha urbana ya existente y el segundo a partir de la construcción y consolidación de “zonas islas” las cuales se ubican lejos de la mancha urbana principal, completando así, diversas zonas urbanizadas entre la ciudad y el

aeropuerto.

La concentración de patentes comerciales para el año 1975 se caracteriza principalmente por ser bastante homogénea en la ciudad, las zonas de mayor densificación, en relación a la ZF se ubican en el casco histórico (3,16 km de distancia), la zona de expansión residencial al sureste de la ciudad que preserva varias zonas de mayor concentración (5 km de distancia) y al sur de la zona residencial (5,56 km de distancia). Las tres zonas de mayor concentración se encuentran relativamente cercanas a la ZF y permiten consolidar zonas de la ciudad de importancia turística y residencial.

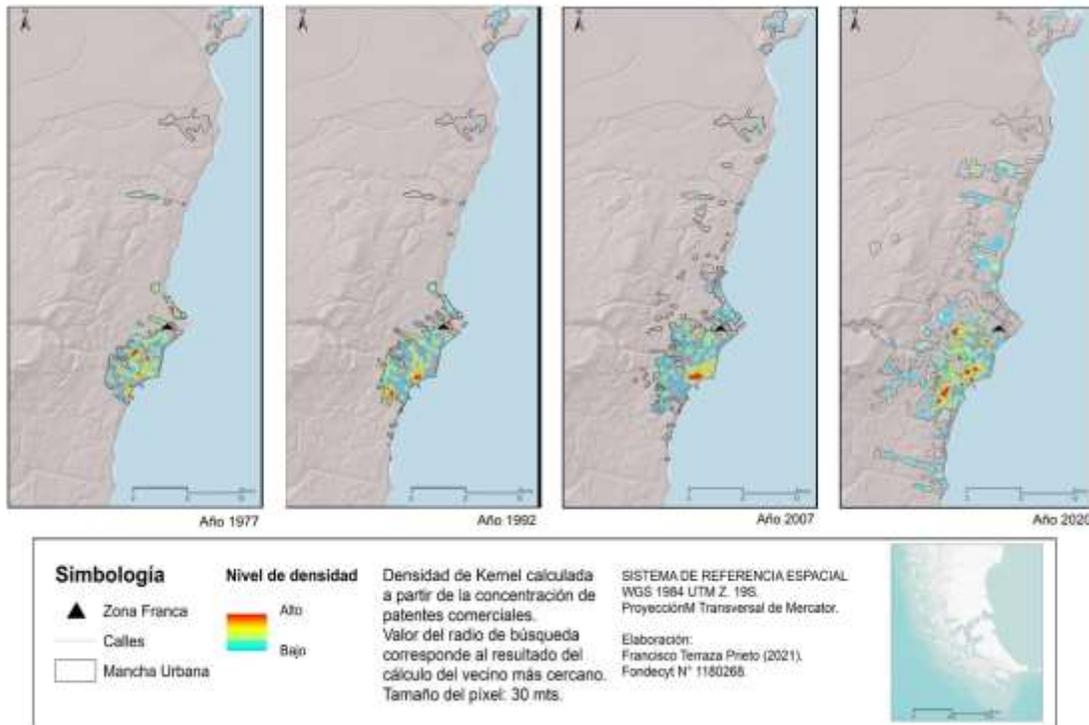
Para el año 1990, la concentración de patentes comerciales siguió la expansión urbana de la ciudad. Se presenta una mayor concentración al sur del casco histórico (4,59 km de distancia), y en las nuevas zonas residenciales de expansión urbana (5,7 km de distancia). Además, se identifica una pequeña zona de mayor concentración en la península sur de la ciudad (6,22 km de distancia), finalmente, se presenta una zona de mayor concentración fuera del límite urbano de la ciudad a 12,33 km de distancia de la ZF.

En el año 2005, si bien la localización y concentración de patentes comerciales acompaña el crecimiento de la mancha urbana y en los lugares intermedios entre la ciudad y el aeropuerto, es importante señalar que la única zona de mayor concentración de patentes comerciales se ubica en el casco histórico de la ciudad, muy cercana al puerto principal y a la plaza de armas, estando a 2,49 km de distancia de la ZF.

En el año 2020, es posible identificar una disminución en las zonas de concentración de patentes comerciales, así, se observan dos zonas de mayor densidad, la más grande en el sector del casco histórico de la ciudad y la plaza de armas, el cual se ubica a 2,47 km de distancia de la ZF y la segunda, en el sector residencial del este de la ciudad a 5 km de distancia de la ZF.

Cartografía 6: Distribución de densidad de patentes comerciales en la

ciudad de Punta Arenas 1977, 1992, 2007 y 2020



Fuente: Elaboración propia.

La ciudad de Punta Arenas se caracteriza por un crecimiento de la mancha urbana menos homogéneo. Al no presentar barreras físicas orográficas, sumado a un bajo precio de suelo, ha tenido una mayor posibilidad de expandirse en todas direcciones. De esta forma, el crecimiento urbano a partir de 1977 se ha dado principalmente hacia el sur, el oeste y el norte, además de zonas intermedias entre la mancha urbana principal y el aeropuerto, los que cada vez se encuentran más conectados.

La concentración de patentes comerciales en 1977 se caracteriza por ser bastante homogénea en la ciudad, presenta siete zonas de mayor concentración, principalmente en sectores de actividad económica y casco histórico de la ciudad. Así mismo, la distancia promedio de estas a la ZF, es de 4,75 km.

En el año 1992, la concentración de patentes comerciales se produce en varios sectores de la mancha urbana, sin embargo, las zonas de mayor densidad tienden a ubicarse principalmente en las zonas periféricas de borde de la ciudad, tanto hacia el sur (6,8 km de distancia) como hacia el oeste (5,15 km de distancia). Es importante destacar la presencia de una zona de concentración importante al norte de la ciudad, muy cercana al puerto principal y la ZF, además de la zona de densidad de mayor tamaño ubicada en el casco histórico de la ciudad, a 4,14 km de distancia de la ZF.

En el año 2007, la concentración de patentes comerciales se da de manera homogénea en toda la mancha urbana, incluyendo sus zonas periféricas continuas. Sin embargo, la mayor densidad ocurre en dos lugares, el primero en la zona periférica noroeste de la ciudad con una distancia de 3,7 km hacia la ZF. El segundo lugar de mayor densidad se ubica en el casco histórico de la ciudad a 4,16 km de distancia de la ZF.

En el año 2020, la ocupación territorial de patentes comerciales aumenta, acompañando así, a la expansión de la mancha urbana. Del mismo modo, las zonas de mayor concentración se ubican en sectores pericéntricos de la ciudad, con rápido acceso a las calles principales y en sectores consolidados de la misma. Dos zonas de concentración se ubican cerca de la ZF (1,57 km de distancia) cuatro zonas se localizan en el casco histórico de la ciudad (4,43 km de distancia) y cinco zonas de concentración encuentran en el sector sur de la ciudad (6,85 km de distancia).

En general, ambas ciudades presentan características similares en cuanto a la distribución de las zonas de concentración de patentes comerciales. Estas se ubican principalmente en zonas turísticas asociadas al casco histórico, zonas de desarrollo económico y sectores residenciales, los cuales varían según el periodo de crecimiento de la ciudad y podrían verse influenciadas por el precio de las patentes comerciales y el precio de suelo.

7.4. Principales variables de expansión urbana en las áreas de estudio

Luego de la revisión bibliográfica desarrollada (Puertas et al., 2014; Henríquez, 2014; Romero, 2016 y Morales, 2018), los resultados obtenidos del análisis estadístico de Cramer V (ver tabla 10) y correlación (ver tablas 15 y 16), al analizar los factores de crecimiento urbano de los sistemas de Iquique y Punta Arenas, es posible identificar similitudes, en el caso de la ciudad nortina, toma relevancia la distancia a la costa, la distancia a servicios y centros de comercio, la distancia a caminos que permitan conectar la ciudad de forma interna y externa, la disponibilidad de suelo urbanizable (según la capacidad geomorfológica apta) y el precio del suelo como un elemento fundamental en la posibilidad de expansión. Caso similar es el de Punta Arenas, debido a que la distancia a servicios y centros de comercio, distancia a caminos que permitan la conectividad interna y externa, la disponibilidad de suelo urbanizable (el cual presenta mejores condiciones que la ciudad de Iquique) y el precio de suelo, son muy relevantes. De este modo, se presentan las variables explicativas del crecimiento urbano en la tabla 9.

Tabla 9: Variables explicativas del crecimiento urbano

Variables	Descripción	Fuente	Año	Escala y resolución de entrada
Topografía Pendiente	Pendiente del territorio en el área de estudio expresado en porcentaje	CIREN, Alos Palsar	2019	30 m
Distancia a caminos principales	Distancia medida en metros a vías principales de las comunas Avenidas Carreteras Autopistas	IDE Chile	2018	Comunal
Distancia a zonas de producción	Distancia medida en metros respecto a las ZF y zonas de concentración económica	Elaboración propia (IMPA, IMI)	2020	Comunal
Distancia a zonas de servicio	Distancia medida en metros respecto a servicios urbanos de diversos tipos Salud Educación	IDE Chile	2020	Comunal
Variables Demográficas y urbanas	Densidad poblacional por manzana y permisos de edificación	INE, IMI, IMPA	2017, 2020	Comunal
Precio de suelo	Precio de suelo basado en el avalúo fiscal y las Áreas Homogéneas generadas	Servicio de Impuestos Internos	2019	Comunal
Zonas de conectividad	Aeropuertos y puertos	Elaboración propia	2020	Comunal

Fuente: Elaboración propia.

Estas variables son claves en el desarrollo de la investigación, pues son la base que permite desarrollar el modelo predictivo de crecimiento urbano y tal como se mencionó anteriormente, estas fueron normalizadas a través de los procesos *Cost Distance*, *Fuzzy*

Membership y una regresión lineal a fin de facilitar el trabajo del conjunto de variables presentes en el área de estudio.

Una vez realizada la entrevista con los encargados de desarrollo urbano en las municipalidades de Iquique y Punta Arenas, fue posible corroborar la información obtenida con la revisión bibliográfica disponible. De esta forma, las variables seleccionadas fueron sometidas a los procesos del modelo.

7.5. Modelación del crecimiento de las áreas de estudio

7.5.1. Análisis estadístico

A fin de determinar las fuerzas motrices que explican de mejor manera la expansión urbana presentada por las ciudades, se realizó un análisis estadístico el que se divide en tres partes, (1) el coeficiente *Cramer V*, (2) el Coeficiente de Correlación entre Fuerzas Motrices y (3) la Regresión Logística. Los resultados del valor de *Cramer V* y Regresión logística se presentan en las tablas 10 y 12 respectivamente. Mientras que el resultado del coeficiente de correlación entre fuerzas motrices se encuentra en la tabla 15 para la ciudad de Iquique y 16 para la ciudad de Punta Arenas.

La posibilidad de determinar las variables estadísticamente significativas dentro del modelo para la simulación de coberturas y usos de suelo fue obtenida a través del coeficiente *Cramer V* perteneciente al módulo Change Modeler del *software* IDRISI Selva©, de este modo, fue posible determinar la incidencia que tiene cada fuerza motriz para cada uso de suelo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, aquellas variables que presentan un valor *Cramer V* $<0,15$ son usadas para ajustar conceptualmente el modelo de crecimiento urbano, pues, pese a que hay fuerzas motrices que no son estadísticamente significativas, son relevantes para los usos de suelo.

De este modo, una vez realizadas las correlaciones espaciales para cada uno de los usos y

coberturas de suelo, se aprecia que las relaciones entre cada fuerza motriz presentan una relación directa, hay puntuales diferencias entre ambas ciudades, sin embargo, las similitudes para el uso urbano entre todas las variables son relevantes.

Tabla 10: Valores de Cramer V para Fuerzas Motrices

Variables	Iquique		Punta Arenas	
	Suelo Urbano	Suelo no urbano	Suelo Urbano	Suelo no urbano
Áreas Homogéneas	0.8678	0.8722	0.7143	0.6443
Densidad Poblacional	0.6703	0.6409	0.4670	0.4458
Calles	0.5486	0.5651	0.5774	0.5818
Rutas	0.4831	0.4794	0.4183	0.4111
Centro urbano	0.5037	0.5014	0.5078	0.4689
Colegios	0.5487	0.5540	0.5359	0.5066
Jardines	0.5493	0.5550	0.5455	0.5174
Universidades	0.5102	0.5075	0.5087	0.4719
Línea de Costa	0.5030	0.5018	0.4149	0.4652
Redes Hídricas	0.4805	0.4837	0.2852	0.3238
Pendiente	0.2131	0.2260	0.0640	0.0767
Hospitales	0.5248	0.5206	0.5140	0.4688
Atención Primaria	0.5197	0.5187	0.5311	0.4960
Zona Franca	0.5042	0.5022	0.5094	0.4738
Patentes Comerciales	0.5421	0.5502	0.5670	0.5508
Puerto Principal	0.5033	0.5017	0.5060	0.4653
Puerto Secundario	0.5034	0.5019	0.5060	0.4651
Aeropuerto	0.4966	0.5045	0.5099	0.4642
Permisos de edificación	0.3258	0.5669	0.2459	0.5948

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de determinar la correcta utilización de las fuerzas motrices disponibles en ambas ciudades, las variables fueron sometidas a un análisis de correlación, el resultado de este ejercicio es discriminar la utilización de todas las fuerzas motrices y seleccionar entre aquellas que posean un coeficiente de *Pearson* alto. Las tablas 15 y 16 presentan los valores obtenidos del análisis de correlación (R^2), resaltando aquellos que presentan un valor superior a 0,8. Estas variables, pueden ser elegidas debido a que su relación es más lineal, pues mientras más cercano a 1, el resultado indica una relación más exacta, por tanto, es posible establecer que la elección de una u otra variable no provoca mayores

cambios en el resultado de la modelación.

En la tabla 11 se presentan las fuerzas motrices que explicarán el crecimiento urbano y las elegidas mediante los últimos análisis estadísticos y que fueron utilizadas para la realización de la proyección urbana en el programa CLUE. Además, se destacan en rojo aquellas que corresponden a variables económicas, que serán excluidas del segundo modelo de crecimiento urbano a fin de identificar la influencia e importancia que estas tienen en el modelo general.

Tabla 11: Fuerzas motrices a utilizar según pasos metodológicos

Iquique		Punta Arenas	
Sup. suelo Urbano	Sup. suelo no urbano	Sup. suelo Urbano	Sup. suelo no urbano
Áreas Homogéneas	Áreas Homogéneas	Áreas Homogéneas	Áreas Homogéneas
Universidades	Densidad Poblacional	Universidades	Densidad Poblacional
L. de costa	Calles	L. de costa	Calles
Redes Hídricas	Rutas	Redes Hídricas	Rutas
Pendiente	Centro Urbano	Pendiente	Centro Urbano
Aeropuerto	Colegios		Colegios
	Jardines		Jardines
	L. de Costa		Hospital
	Hospital		C. de A. Primaria
	C. de A. Primaria		Zona Franca
	Zona Franca		Patentes Comerciales
	Patentes Comerciales		Aeropuerto
	P. de Edificación		P. de Edificación.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, al realizar la regresión logística con las fuerzas motrices determinadas de los procesos anteriores fue posible obtener los coeficientes necesarios para la fórmula que requiere el programa CLUE y realizar el modelamiento de crecimiento urbano.

Los valores resultantes se presentan en la tabla 12 en la que, además, se encuentra el valor ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Este valor representa el área que se encuentra bajo la curva de la regresión y sirve como estándar de medida de discriminación del modelo desarrollado, debido a que, si el valor resultante es mayor a 0,7 entonces, se

considera un resultado aceptable. Es decir, mientras el resultado de este procedimiento sea más cercano a 1, el modelo generado podrá predecir con mayor probabilidad la ocurrencia del evento.

En el caso de la presente investigación, se refiere a la probabilidad de que el tipo de suelo se mantenga o se extienda hacia el área determinada por la fórmula de la regresión logística y la representación espacial de dicha fórmula a través del programa CLUE, además considera la presencia o ausencia de variables económicas espaciales, la zona franca y las patentes comerciales otorgadas.

Tabla 12: Resultados de la Regresión Logística

Fuerzas motrices	Con variables económicas				Sin variables económicas			
	Iquique		Punta Arenas		Iquique		Punta Arenas	
	Suelo urbano	Suelo no urbano	Suelo urbano	Suelo no urbano	Suelo urbano	Suelo no urbano	Suelo urbano	Suelo no urbano
Áreas Homogéneas	-31,02	-32,99	13,12	-15,92	30,57	-30,91	20,66	-89,05
Densidad Poblacional		-81,45				-71,47		
Calles		183,26		-17,72		99,63		-1,38
Rutas	201,45		-46,52		-197,42		4,72	
Centro urbano				3.202,89				2.672,76
Colegios		181,14		77,78		293,36		0,89
Jardines		-172,48		-73,27		-439,55		49,16
Universidades		-251,96		-1.594,28		-701,69		-1.356,86
Línea de Costa		1.507,79	-1.757,99	-2.711,15		-9,79	14,04	-1.734,22
Redes Hidricas	-726,43		2,16		3.455,79		-13,41	
Pendiente	14,29		-8,76		-12,42		-9,38	
Hospital		1.914,88		-87,89		1.759,26		368,11
Atención Primaria		-952,02		104,01		-1.040,52		9,89
Zona Franca	84,92	-1.823,37	-1.747,86	1.105,72				
Patentes Comerciales	-154,06	-655,33	-98,15	88,14				
Aeropuerto	781,54				-574,96			
Permisos Edificación	800,70	223,94	40,49	-39,96	-575,26	198,23	-45,50	11,87
ROC	0,9974	0,9968	0,9887	0,9923	0,9971	0,9967	0,9575	0,9722

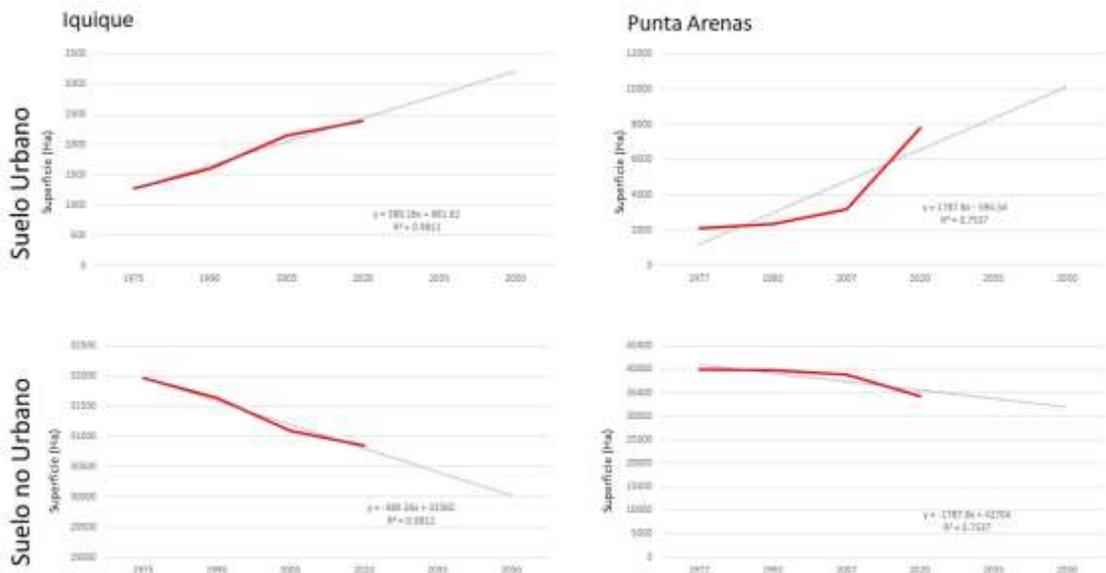
Fuente: Elaboración propia.

7.6. Análisis de demanda de suelo futuro

Dado que el modelo de simulación de crecimiento urbano utilizó suelo no urbano disponible en el área de estudio para la expansión de la mancha urbana, se vuelve determinante la ocupación de variables no espaciales que actúan en red y corresponden a la demanda del suelo urbano futuro.

En las entrevistas realizadas a los actores locales que tienen incidencia en la toma de decisiones respecto a la planificación territorial comunal, tanto en Punta Arenas como en Iquique se evidencia que el crecimiento urbano estimado de las ciudades es aceptable, en dichas entrevistas se presentó ambos modelos de simulación de crecimiento urbano. Así mismo hay concordancia con sectores propuestos en el PRC para el desarrollo de los crecimientos de las respectivas manchas urbanas de las ciudades, pese a que también se identifican zonas en las que no se promueve el crecimiento urbano, se reconoce que la tendencia es hacia esos lugares principalmente por los procesos de expulsión urbana.

Gráfico 8: Análisis de demanda de suelo urbano tendencial 1975/77-2050



Fuente: Elaboración propia.

El análisis tendencial de las trayectorias de cobertura de uso de suelo urbano y no urbano para cada ciudad demuestra consistencia con lo relatado en las entrevistas realizadas. Se estima que el crecimiento urbano en ambas ciudades alcance altos niveles de ocupación en desmedro de otras coberturas de suelo como el desierto y el suelo agrícola (ganadero y pastizal), aumentando un 34% en el caso de la ciudad de Iquique (cerca de 3.000 ha en total) y un 30% en el caso de la ciudad de Punta Arenas (cerca de 10.000 ha en total).

Del mismo modo, el comportamiento deducido respecto a la ocupación urbana en la ciudad de Iquique permite identificar un comportamiento lineal con un R^2 de 0,98, mismo valor que la disminución del suelo no urbano para la ciudad. Sin embargo, en la ciudad de Punta Arenas el R^2 presenta un valor mucho más bajo, cercano a 0,75. Las diferencias pueden encontrar su origen en la interpretación de las imágenes satelitales, pues, como se ha mencionado anteriormente, las condiciones climáticas de cada ciudad pueden tener efectos diferentes en la interpretación de la mancha urbana de las imágenes satelitales capturadas.

Los resultados de esta línea de tendencia de crecimiento de la mancha urbana fueron extrapolados al año 2050 utilizando los valores arrojados por el análisis de las imágenes.

Tabla 13: Superficie ocupada en hectáreas por usos de suelo 2020 – 2050 según análisis de interpretación de imágenes satelitales

Iquique			Punta Arenas		
Año	Superficie de suelo urbano (ha)	Superficie de suelo no urbano (ha)	Año	Superficie de suelo urbano (ha)	Superficie de suelo no urbano (ha)
2020	2.392,83	3.0848,85	2020	7.802,55	3.4306,83
2021	2.451,64	3.0790,04	2021	7.870,05	3.4239,33
2022	2.464,61	3.0777,07	2022	7.929,69	3.4179,69
2023	2.477,59	3.0764,09	2023	7.989,34	3.4120,04
2024	2.490,56	3.0751,12	2024	8.048,99	3.4060,39
2025	2.503,54	3.0738,14	2025	8.108,63	3.4000,75
2026	2.516,51	3.0725,17	2026	8.168,28	3.3941,10
2027	2.529,49	3.0712,19	2027	8.227,93	3.3881,45
2028	2.542,46	3.0699,22	2028	8.287,57	3.3821,81
2029	2.555,44	3.0686,24	2029	8.347,22	3.3762,16
2030	2.568,41	3.0673,27	2030	8.406,87	3.3702,51
2031	2.581,39	3.0660,29	2031	8.466,51	3.3642,87
2032	2.594,36	3.0647,32	2032	8.526,16	3.3583,22
2033	2.607,34	3.0634,34	2033	8.585,81	3.3523,57
2034	2.620,31	3.0621,37	2034	8.645,45	3.3463,93
2035	2.633,29	3.0608,39	2035	8.705,10	3.3404,28
2036	2.646,27	3.0595,41	2036	8.764,75	3.3344,63
2037	2.659,24	3.0582,44	2037	8.824,39	3.3284,99
2038	2.672,22	3.0569,46	2038	8.884,04	3.3225,34
2039	2.685,19	3.0556,49	2039	8.943,69	3.3165,69
2040	2.698,17	3.0543,51	2040	9.003,33	3.3106,05
2041	2.711,14	3.0530,54	2041	9.062,98	3.3046,40
2042	2.724,12	3.0517,56	2042	9.122,63	3.2986,75
2043	2.737,09	3.0504,59	2043	9.182,27	3.2927,11
2044	2.750,07	3.0491,61	2044	9.241,92	3.2867,46
2045	2.763,04	3.0478,64	2045	9.301,57	3.2807,81
2046	2.776,02	3.0465,66	2046	9.361,21	3.2748,17
2047	2.788,99	3.0452,69	2047	9.420,86	3.2688,52
2048	2.801,97	3.0439,71	2048	9.480,51	3.2628,87
2049	2.814,94	3.0426,74	2049	9.540,15	3.2569,23
2050	2.827,92	3.0413,76	2050	9.599,80	3.2509,58

Fuente: Elaboración propia.

A fin de ajustar el modelo de crecimiento lo más posible a la realidad, es importante tener en consideración la existencia de políticas espaciales que restringen el crecimiento de la ciudad. Dentro de ambas áreas de estudio, es posible identificar diferentes Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) a escala comunal y regional, los cuales permiten modelar de mejor manera el crecimiento de la ciudad.

A partir de la interpretación espacial y superposición de capas de información espacial vigentes tanto del PRC de Iquique (1981) y Punta Arenas (2017) como del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Parques Nacionales) es posible identificar las zonas en las que está prohibido desarrollar procesos de urbanización. Además, a fin de facilitar la posibilidad de expansión urbana hacia zonas con características idóneas, se consideró como zona de exclusión las quebradas y riveras de los ríos existentes en las áreas de estudio.

Cartografía 7: Zonas de exclusión de crecimiento urbano



Fuente: Elaboración propia.

7.7. Validación de resultados

Como se ha mencionado anteriormente, es necesario realizar una validación del modelo de simulación a fin de considerar la correcta configuración de los parámetros utilizados en el periodo 2020 – 2050. Se consideró así, como base el año 2005 para la ciudad de Iquique y 2007 para la ciudad de Punta Arenas, siendo modeladas ambas ciudades al año 2020.

Se realizaron cinco pruebas en las que se modificó tanto la elasticidad de los usos de suelo (línea 11 del archivo *main.1* el cual entrega los parámetros de configuración del modelo de simulación de crecimiento) así como el error permitido total y el error permitido para cada uso de suelo (línea 12 del archivo *main.1*) En la tabla 17 es posible ver la configuración del archivo *main.1* para cada ciudad.

Una vez realizadas las diferentes simulaciones se consideró el crecimiento de la mancha urbana y la cantidad de píxeles de uso urbano a priori una revisión visual de cada ciudad entregó la posibilidad de elegir el modelo a utilizar para la simulación final, lo que finalmente fue confirmado con un análisis numérico de los resultados obtenidos.

El método utilizado para el análisis cuantitativo corresponde a los porcentajes de aciertos y errores analizando tres mapas (1) el correspondiente al año inicial, (2) el año real y (3) el correspondiente al año simulado. Para realizar este análisis de píxel, los tres mapas fueron trabajados con la herramienta *Crosstab* del *software* IDRISI.

Los resultados del *Crosstab* pueden observarse en las figuras 4 y 5. Dicho resumen permite identificar el aporte de las variables económicas al crecimiento urbano al ser contrastado con el modelo que incluye todas las variables espaciales aplicadas a la simulación de crecimiento urbano.

Una vez obtenidos los resultados del *Crosstab* estos fueron analizados a fin de obtener la figura de mérito, la exactitud del usuario y la exactitud del productor. De este modo, para la ciudad de Iquique se utilizó el mapa de 2005 observado, 2020 observado y 2020 simulado. En el caso de la ciudad de Punta Arenas, se utilizó el mapa de 2007 observado,

2020 observado y 2020 simulado.

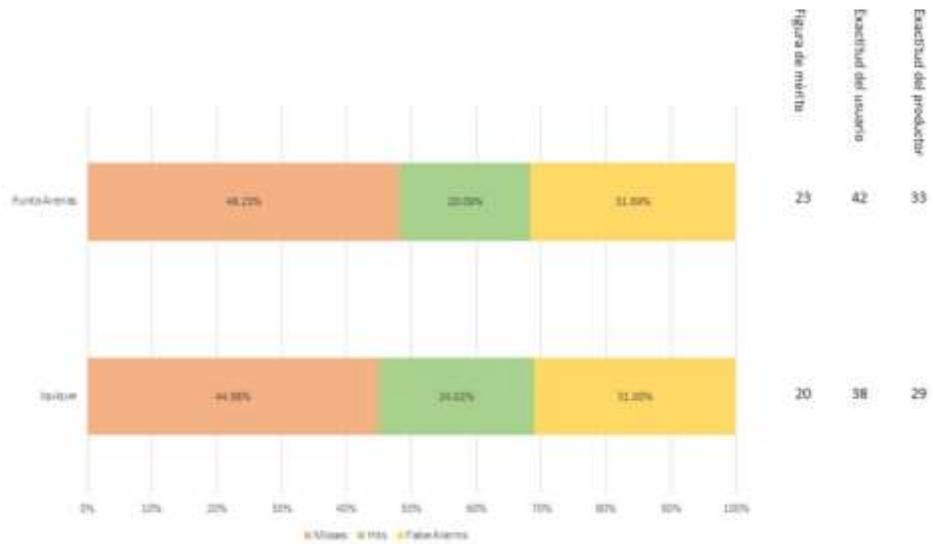
En ambas ciudades, se realizaron dos simulaciones, la primera corresponde al total de fuerzas motrices presentes en las áreas de estudio y la segunda corresponde al total de fuerzas motrices, con excepción de la concentración de patentes comerciales y la zona franca. De este modo, es posible comprender el aporte al crecimiento urbano que ofrecen estas variables económicas.

Se observa que el modelo que considera el total de fuerzas motrices tiene un valor de figura de mérito de 23%, 42% de exactitud del usuario y 33% de exactitud del productor en el caso de Punta Arenas, y en el caso de Iquique 20% de figura de mérito, 38% de exactitud del usuario y 29% de exactitud del productor.

En el caso del modelo que excluye las fuerzas motrices de carácter económico, el valor de la figura de mérito es 22%, 40% de exactitud del usuario y 32% de exactitud del productor en la ciudad de Punta Arenas, y en el caso de Iquique, 23% de figura de mérito, 42% de exactitud del usuario y 35% de exactitud del productor. Es decir, ambos modelos están dentro de los parámetros óptimos esperables para este tipo de simulación.

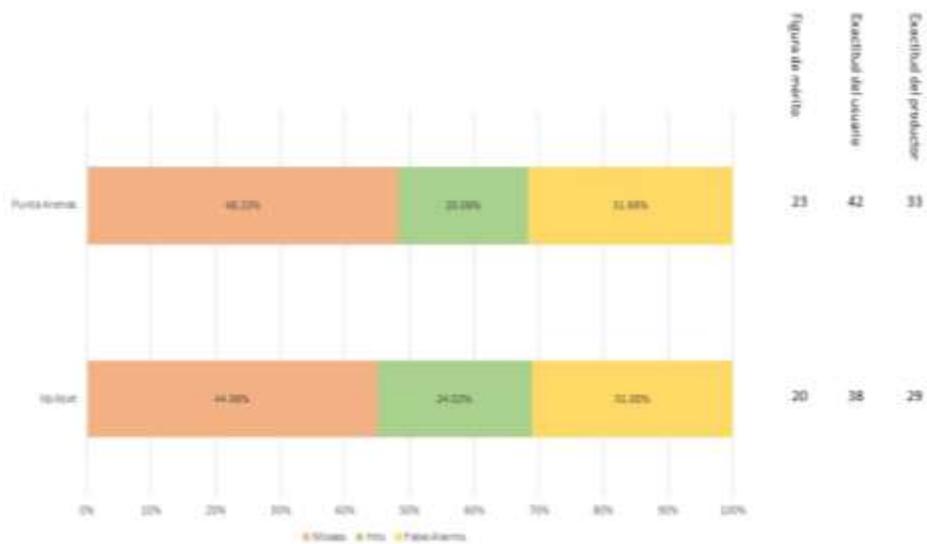
Los valores obtenidos del proceso de validación para la ciudad de Iquique y Punta Arenas se presentan en las figuras 7 y 8 las que, expresan en porcentaje la cantidad de falsas alarmas, aciertos, pérdidas y valores de figura de mérito, exactitud de usuario y productor desarrolladas en los modelos de simulación, el primero que considera todas las fuerzas motrices y el segundo que muestra el resultado del modelo de simulación que excluye las variables económicas.

Figura 7: Validación del modelo Dyna-CLUE considerando el total variables



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8: Validación del modelo Dyna-CLUE excluyendo variables económicas



Fuente: Elaboración propia.

7.8. Modelación del crecimiento de expansión urbana para el año 2050

Se realizaron dos modelaciones para cada ciudad, en la primera se utilizaron todas las fuerzas motrices presentes en el área de estudio. En la segunda, se consideraron todas las fuerzas motrices, a excepción de las de carácter económico (concentración de patentes comerciales y zona franca).

Finalmente, se presenta la cartografía comparativa entre ambos modelos de crecimiento urbano, esta cartografía es complementada con la información de la tabla del resultado del Índice de Intensidad de Expansión Urbana, el cual permite comprobar la velocidad de crecimiento para cada modelo en las ciudades investigadas.

7.8.1. Modelación de la expansión urbana para el año 2050 con variables económicas

En la cartografía 8 se presenta la modelación para el año 2050 correspondiente a la ciudad de Iquique y Punta Arenas, en ella son consideradas las variables económicas dentro de la fórmula de simulación.

En el caso de la ciudad de Iquique, el crecimiento de la mancha urbana para el periodo 2020-2050 considerando la inclusión de las variables económicas es de un 16,03% (383,58 ha). Las principales zonas de expansión ocurren al sur y al norte de la ciudad, completando una gran mancha en el sector de avenida Circunvalación, esta avenida cobra importancia pues en ella ocurren la mayor parte de las zonas de crecimiento dentro de la mancha urbana principal de la ciudad, en ese sentido, otra gran expansión de la mancha urbana se produce en el sector norte de la ciudad.

Otra zona de expansión importante se produce al sur de la mancha urbana principal, acompañando la ocupación de la carretera 1, en la que además se encuentran ciertas localidades y ocupaciones humanas ya asentadas, por lo que podría representar una importante oportunidad de expansión urbana.

Lo anterior cobra relevancia considerando que una de las zonas de prohibición que se

utilizó en el presente modelo corresponde a la zona urbana de la comuna de Alto Hospicio y dada las características orográficas del territorio, la expansión de la mancha urbana de Iquique debe darse principalmente hacia el sur, bordeando la costa, lo cual implica una mayor concentración de la proyección del modelo respecto a los servicios urbanos ubicados en el centro de la mancha urbana principal.

En el caso de la ciudad de Punta Arenas, el crecimiento del área urbana es de un 16% (1.136,95 ha), este se produce en diferentes zonas de la mancha urbana principal y además en lugares ubicados al norte de esta, las cuales presentan características de islas urbanas y complementan la ocupación del borde costero de la ciudad.

Por tanto, el crecimiento urbano pronosticado en este modelo de simulación permite evidenciar una expansión de la mancha urbana más bien homogénea a lo largo del área de estudio, esto es analizado en función de las áreas urbanas ya existentes en la ciudad para el año 2020.

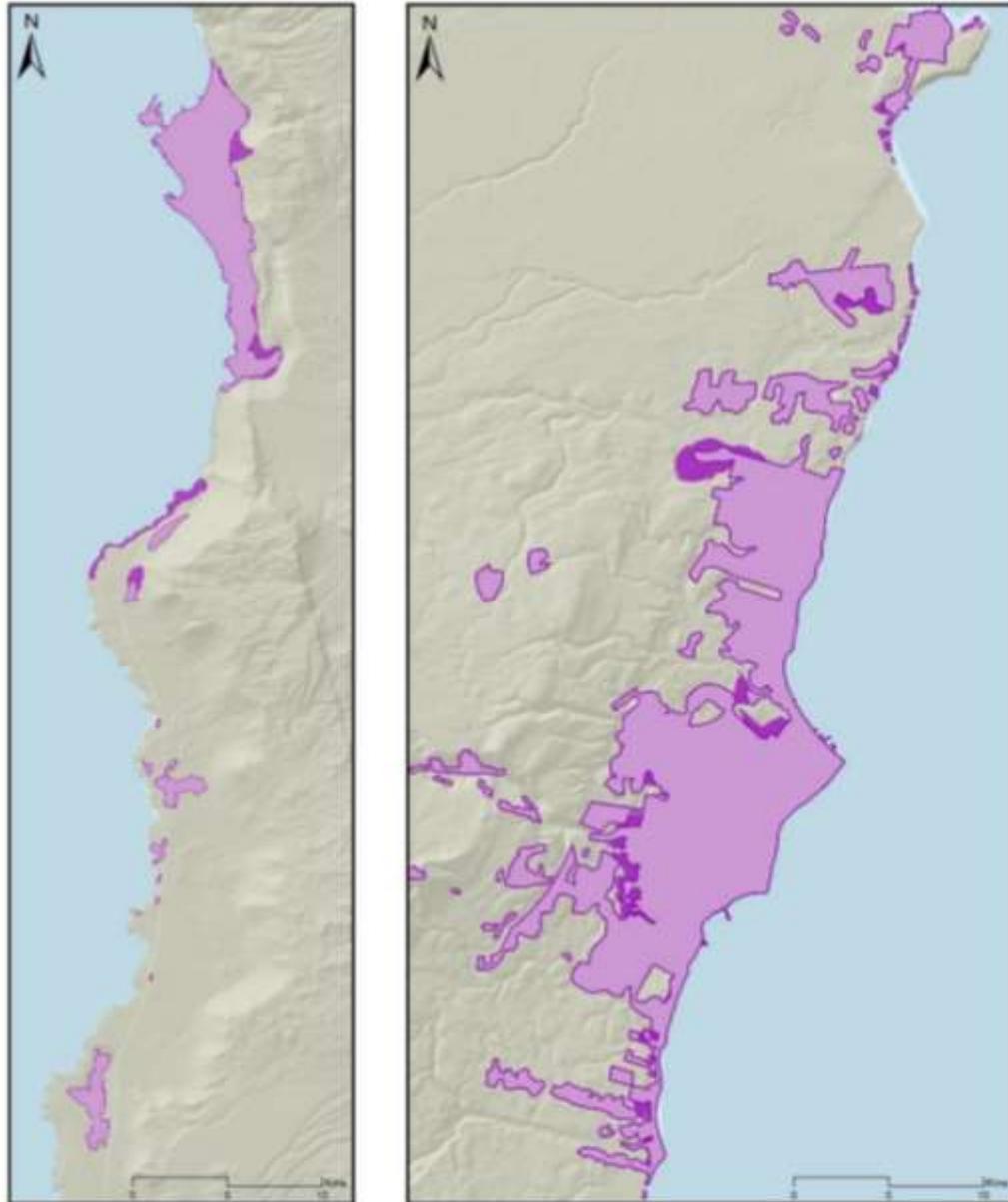
El crecimiento más importante ocurre en el sector oeste de la ciudad, permitiendo una expansión relativamente controlada de las zonas ya ocupadas a través de la complementación de zonas ya urbanizadas.

Lo anterior cobra mayor relevancia considerando que la mayor área de prohibición de expansión urbana se encuentra en el sector del Parque Nacional Magallanes, al oeste de la mancha urbana principal.

A su vez, hay un crecimiento importante en el sector norte de la mancha urbana principal de la ciudad, la que tiende a la ocupación de una importante porción de espacio, el cual es el más grande de la ciudad.

Finalmente, es importante señalar que la tendencia de crecimiento en la zona norte del área de estudio presenta características de isla urbana, las cuales permiten completar las zonas de ocupación existentes al año 2020 en la ciudad de Punta Arenas y establecer polinúcleos urbanos.

Cartografía 8: Modelación de la expansión urbana para el año 2050 considerando la presencia de variables económicas



Simbología

-  Mancha Urbana 2020
-  Mancha Urbana 2050

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL,
WGS 1984 UTM Z. 19S,
Proyección: Transversal de Mercator

Fuente: Elaboración realizada en base a simulación Que (2021)
Proyecto Fondecyt 1180288
Investigador responsable: Prof. Cristian Henríquez Ruiz, Geo-AC
Autor: Francisco Tenaza Proba, 2021.

Fuente: Elaboración propia.

7.8.2. Modelación de la expansión urbana para el año 2050 sin variables económicas

En la cartografía 9 se presenta la modelación para el año 2050 correspondiente a la ciudad de Iquique y Punta Arenas, en ella son excluidas las variables de carácter económico en la simulación de crecimiento.

En el caso de la ciudad de Iquique, el crecimiento de la mancha urbana es de un 16,28% presentando una extensión similar al modelo anterior en el sector noreste de la ciudad. Por otro lado, en el sector sureste de la ciudad hay un leve incremento de la mancha urbana hacia la comuna de Alto Hospicio.

Finalmente, se puede observar una importante ocupación del borde costero que surge desde el sur de la mancha urbana principal y se extiende hacia el sur por un largo trazo. Del mismo modo, se observa un incremento de zonas urbanizadas hacia el sur.

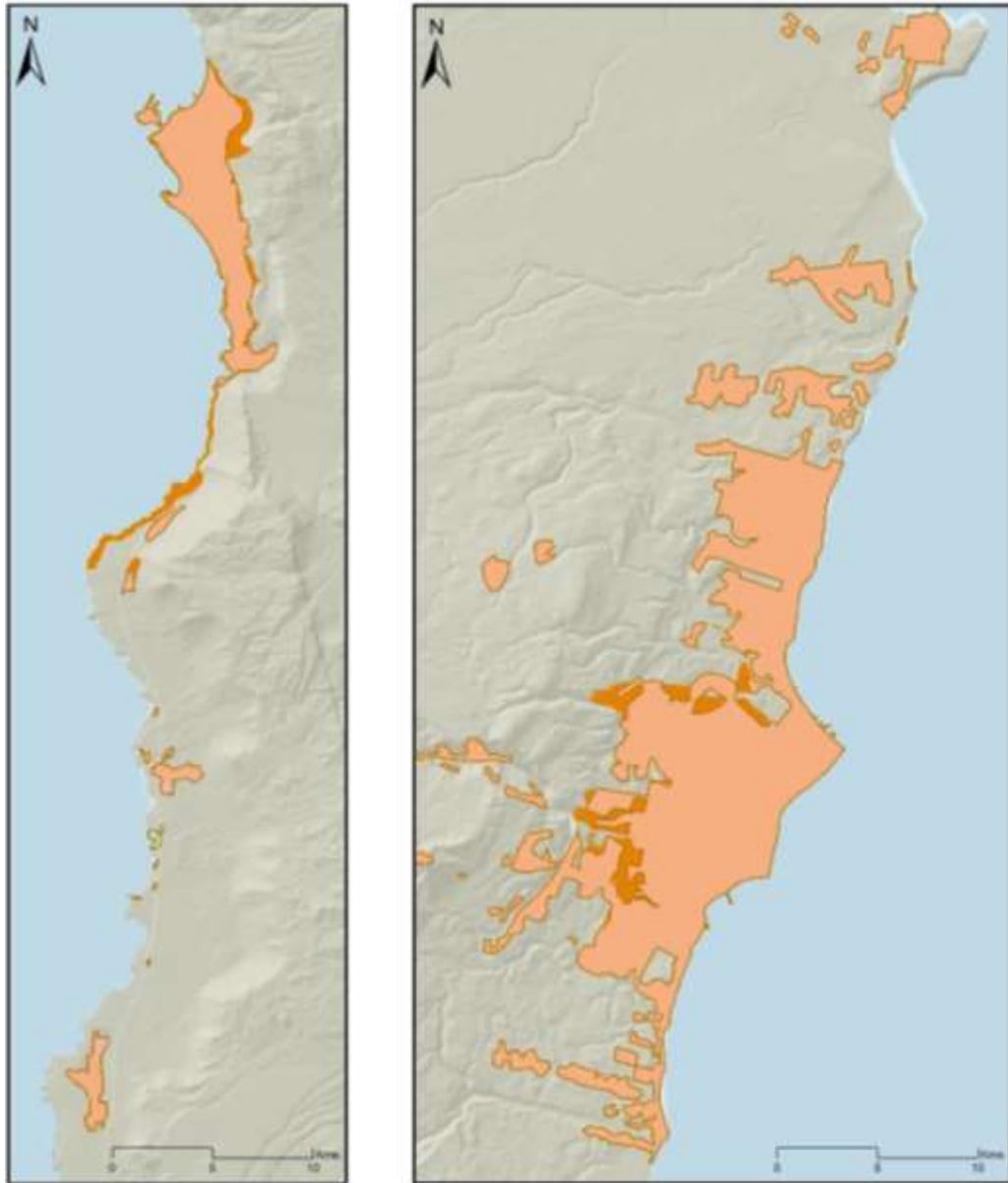
Lo anterior cobra relevancia pues la mayoría de los servicios urbanos se encuentran en el centro de la ciudad, sin embargo, la tendencia de crecimiento muestra una mayor dispersión de la mancha urbana.

El modelo de simulación obtenido en la ciudad de Punta Arenas presenta un crecimiento del 17,52% mostrando un crecimiento acotado a las zonas urbanas ya consolidadas, sin presentar crecimiento en otros sectores de la ciudad no urbanizados.

El crecimiento de la mancha urbana se pronostica concentrado en las zonas urbanas ya consolidadas, más cercanas al centro de la ciudad y por tanto a los servicios principales que esta ofrece.

Finalmente, la tendencia de crecimiento en esta simulación responde, al igual que en la simulación anterior a una ocupación territorial cercana a la zona de restricción principal, correspondiente a la Reserva Nacional Magallanes, lo cual podría implicar consecuencias negativas para el crecimiento urbano de la ciudad.

Cartografía 9: Modelación de la expansión urbana para el año 2050 considerando la ausencia de variables económicas



Simbología

-  Mancha Urbana 2020
-  Mancha Urbana 2050

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL
WGS 1984 UTM Z. 19S.
Proyección: Transversal de Mercator.

Fuente: Elaboración realizada en base a simulación Qgis (2021).
Proyecto Fondecyt 1180298.
Investigador responsable: Prof. Cristian Henríquez Ruiz, Geo-UC.
Autor: Francisco Tenaño Prieto, 2021.

Fuente: Elaboración propia.

7.8.3. Análisis de los modelos de simulación de crecimiento urbano

Una vez que los mapas de cada modelo de simulación fueron presentados y analizados, son sometidos al análisis del Índice de Intensidad de Expansión Urbana Anual, estos índices son relevantes para la investigación pues permiten identificar eficientemente el mejor escenario de crecimiento urbano futuro (Hu, et al, 2007).

Como se presenta en la tabla 14 los Índices de Intensidad de Expansión Urbana (IIEA), para los sistemas urbanos de Iquique y Punta Arenas evidencian una muy lenta velocidad de crecimiento (0,04 con variables económicas y 0,05 sin ellas) urbano en el periodo 2020 – 2050.

En el caso de Iquique, pese a que su crecimiento es mayor, la velocidad es muy lenta (0,16 considerando variables económicas y 0,13 sin ellas), lo anterior puede explicarse considerando las características orográficas del territorio en que se emplaza la ciudad y la necesidad de expandirse hacia el sur y el este.

En el caso de Punta Arenas, pese a que los valores del índice son mayores que para la ciudad de Iquique, estos continúan siendo muy bajos. Se debe considerar que, al contrario de la ciudad norteña, Punta Arenas no presenta grandes pendientes, por lo tanto, tiene mayores posibilidades de expandirse hacia otros sectores del territorio.

Tabla 14: Intensidad de Expansión Urbana Anual (IIEA) para los sistemas urbanos de Iquique y Punta Arenas

Ciudades	Escenarios	
	Considerando V. Económicas	Excluyendo V. económicas
Iquique	0,04	0,05
Punta Arenas	0,16	0,13

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la comparación realizada entre ambos modelos, esta se encuentra en la cartografía 10 la que permite identificar tres zonas de interés para el resultado del proceso de modelación (1) las zonas de coincidencia de ambos modelos (2) las zonas en que solo se proyecta el resultado de la modelación que incluye las variables económicas y (3) el resultado del modelo que excluye las variables económicas del resultado final.

Dado lo anterior es importante destacar que en el caso de la simulación realizada en Iquique existe un alto porcentaje de similitudes entre los modelos de crecimiento urbano, de hecho, ambos modelos proyectan crecimientos en las mismas zonas, sin embargo, se diferencian en la extensión y la intensidad del crecimiento.

El resultado de la modelación que excluye las variables económicas presenta una característica interesante: en ella la simulación considera necesariamente la continuidad de la ocupación de espacios desde la mancha urbana principal. De hecho, es posible inferir que la extensión territorial está directamente relacionada con el uso de las demás fuerzas motrices.

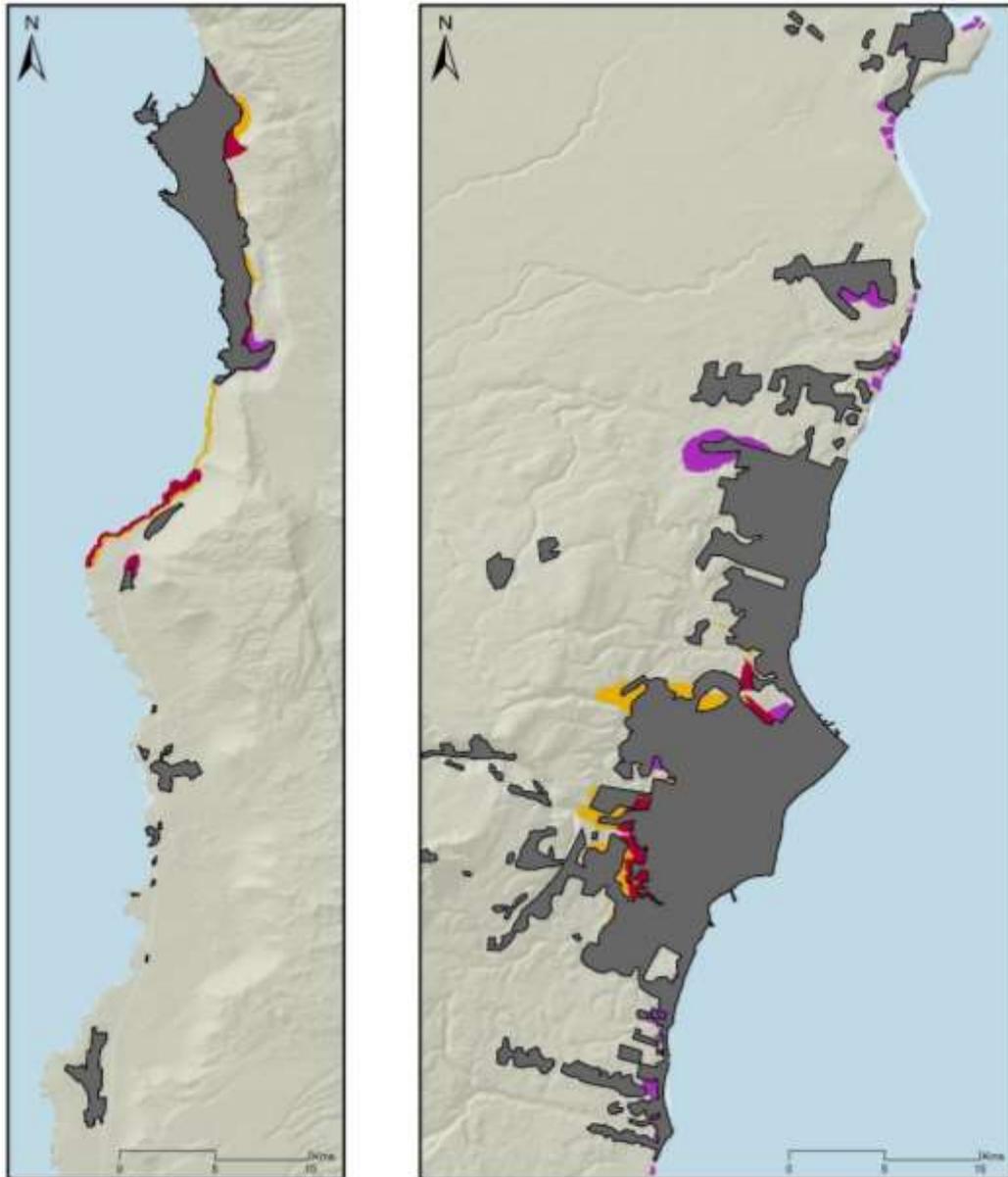
La característica anteriormente nombrada es un fenómeno que ocurre en ambas ciudades, sin embargo, se presenta de diferentes maneras en ambas zonas urbanas. Mientras Iquique proyecta un crecimiento de ocupación de las zonas de quebradas y ocupación de una gran extensión del borde costero, Punta Arenas proyecta un crecimiento basado prácticamente en la extensión hacia las zonas periféricas del oeste de la mancha urbana.

El resultado de la simulación que incluye las variables económicas presenta la característica de expandir el crecimiento urbano considerando lugares más alejados de la mancha urbana principal. Lo anterior queda de manifiesto en ambas ciudades, pues en Iquique el modelo genera una gran mancha de crecimiento a unos kilómetros al sur de la ciudad junto con el crecimiento generado en la mancha urbana principal.

En el caso de Punta Arenas, la tendencia del fenómeno anterior es similar. La simulación arroja zonas de crecimiento en los sectores colindantes a la mancha urbana principal, sin embargo, también genera nuevas zonas de crecimiento en sectores alejados de la zona

urbana e incluso presenta proyecciones en sectores inconexos respecto de la mancha urbana principal. Lo anterior se aprecia en el sector norte del área urbana, en que se presentan varias zonas aisladas que permiten complementar las áreas urbanas ya existentes.

Cartografía 10: Comparación de los modelos de la expansión urbana año 2050



Simbología

- Marcha Urbana 2020
- Coincidencia de ambos modelos
- Proyección modelo sin variables económicas
- Proyección modelo con variables económicas

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL
WGS 1984 UTM Z. 19S
Proyección: Transversal de Mercator

Fuente: Elaboración realizada en base a simulación Clus (2021)
Proyecto Fondecyt 1190266
Investigador responsable: Prof. Cristian Hernández Ruiz, Geo-UC
Autor: Francisco Tenorio Prieto, 2021.

Fuente: Elaboración propia.

VIII. DISCUSIÓN

En cuanto a la discusión que presenta en específico la Zona Franca, esto varía dependiendo de la ciudad en la que se localiza, mientras que, en el caso de Iquique, esta tiene un rol fundamental tanto a nivel local, regional e internacional por ser la puerta de entrada hacia otras economías sudamericanas (Bolivia, Brasil y Paraguay, principalmente). En el caso de Punta Arenas, la Zona Franca, pese a tener un impacto en las mismas escalas que la anterior, es mucho menor con relación a la cantidad de personas y ventas que se realizan.

Los resultados obtenidos de este proceso de validación se sustentan en los resultados obtenidos por Gyöngyi, et al. (2019) y Henríquez (2014) con valores similares en la figura de mérito, exactitud del usuario y exactitud del productor.

En relación con la planificación urbana de las ciudades, ambas se encuentran en proceso de reformulación del PRC. De acuerdo con lo señalado en las entrevistas realizadas a los actores claves, los procesos de crecimiento proyectados presentan grados de similitud con los escenarios que pretenden realizar en ciertos sectores de las ciudades, sin embargo, así como existe similitud con lo que se está planificando actualmente como modelo de crecimiento, también hay similitud con el crecimiento que se pretende evitar, principalmente en Iquique, en el sector este de la ciudad, donde se encuentra la zona de farellones costeros. Un sector que predominantemente es utilizado por los grupos poblacionales que sufren procesos de expulsión urbana y que generan tomas de terreno en esos lugares de alto riesgo de remoción en masa (ver imagen 4).

El precio de suelo tiene un rol preponderante en la planificación urbana de las ciudades, el caso más evidente es el de Iquique, ciudad en la que el precio de suelo es muy alto incluso en las zonas periféricas del límite urbano continuo (sobre 4 uf/m², ver cartografía 4), por tanto la expansión urbana tiende más bien hacia la densificación en altura, generando así procesos de expulsión urbana, lo cual no implica que el crecimiento de la

mancha principal no continúe hacia las zonas de quebradas y de mayor pendiente (ver imagen 6) dados los procesos de expulsión urbana.

En el caso de Punta Arenas, este fenómeno es opuesto, los sectores colindantes al límite urbano continuo presentan precios de suelo relativamente bajos (0,5 uf/m², ver cartografía 4), así mismo las condiciones orográficas de la ciudad permiten una mayor conectividad entre zonas que se encuentran fuera del área urbana principal, lo cual explica el explosivo crecimiento de la ocupación territorial de la comuna en sectores alejados del centro y la generación de archipiélagos urbanos en el sector norte y sur de la ciudad, del mismo modo, la ocupación del territorio en zonas de campamento (ver imagen 5) se concentra en zonas periféricas de la ciudad (al norte de esta) y en el sector en que el precio de suelo es el menor al interior del límite urbano continuo.

Dadas las proyecciones que se realizan desde las municipalidades, se plantea el acceso a suelo urbano y suelo urbanizable como uno de los principales problemas a la hora de planificar la ciudad, sobre todo considerando las zonas de riesgo que se encuentran cercanas a las zonas urbanas y lo caro que resulta el proceso de habilitación y urbanización de sectores más alejados de la ciudad.

“...El valor del suelo habitacional, en el fondo los únicos que tiene acceso a tener terrenos son las grandes empresas y finalmente cuando construyen se da que son muchos menos m², se genera hacinamiento, los valores son insuperables, inaccesibles, los segmentos de la población intermedia no le alcanzan, entonces te quedan los dos extremos y una tremenda brecha entremedio que no tienen ningún acceso.”

Asesor Urbano I.M. de Iquique (2021)

Dado el comportamiento heterogéneo en los crecimientos de las manchas urbanas para cada modelo realizado es posible inferir que la importancia de los centros de concentración económica en la morfología de las ciudades es muy relevante. Lo anterior,

se refuerza de acuerdo con lo descrito por Pumain & Saint-Julien (2014), pues señalan que los espacios regionales cambian su forma de distribución de población en función de sus centros y, por tanto, se desarrollan diferentes jerarquías del sistema urbano-regional que presentan su origen en “la diferenciación entre un lugar que funciona como centro y una periferia que se organiza alrededor de este centro” (Pumain & Saint-Julien, 2014: 109).

Sin embargo, el rápido crecimiento de la mancha urbana en las zonas periféricas que anteriormente eran zonas agrícolas ha generado dificultades para incorporarlas al sistema urbano en su conjunto, pues la planificación de la ciudad es más bien reaccionaria que propositiva frente a las dinámicas de ocupación de la ciudad, así lo señala el Arquitecto revisor de proyectos urbanos de la I.M. de Punta Arenas:

“Otra situación que se ha dado en los últimos años es que la extensión del límite urbano no viene aparejada con el crecimiento de las redes y factibilidades de los servicios y pavimentación, por lo que se han ido conformando sectores habitacionales con caminos en muy mal estado y predios que deben generar soluciones particulares de agua potable y alcantarillado, por ejemplo. Fosas sépticas que colapsan, caminos intransitables en invierno.”

Revisor de proyectos I.M. de Punta Arenas

En ese contexto, al existir y proyectar a futuro diferentes zonas de concentración económica en las ciudades analizadas, éstas deben ser planificadas en función de las posibilidades de acceso, tanto a bienes como a servicios, garantizando así un crecimiento equitativo entre las zonas de borde de la mancha y el centro urbano. Como se muestra en las imágenes 8 y 9, las zonificaciones y usos de suelo presentes en las ciudades tienen en común la incorporación de las áreas periféricas a las dinámicas urbanas, presentando un crecimiento por extensión, además, el crecimiento de las ciudades está ligada directamente a la conectividad que esta tiene respecto a otras de la región y del país. Así,

el rol que cumplan los puertos, aeropuerto y rutas terrestres será fundamental en la proliferación y crecimiento de las ciudades analizadas.

Tanto en el caso de Iquique, como en el de Punta Arenas, el puerto permite establecer conexiones internacionales clave, funcionando como punto de importación y de exportación. Del mismo modo, los aeropuertos permiten establecer conexiones nacionales, principalmente de carácter turístico. Finalmente, las rutas terrestres permiten generar conexiones con localidades y ciudades cercanas, principalmente con aquellas que se encuentran en la Zona Franca de extensión y con el resto del país.

La consideración de estos tres elementos en la planificación de las ciudades podría permitir un mejor manejo del crecimiento urbano y por tanto un mejor aprovechamiento del área geográfica en la que se emplazan, tomando en cuenta que el crecimiento por extensión es el proceso de expansión urbana que los expertos consideran como el más probable de ocurrir en ambas ciudades y que la posibilidad de controlar el crecimiento urbano está directamente relacionado al control de zonas de concentración económica y la conectividad que estas tengan con zonas claves de las ciudades.

En suma de lo anteriormente expuesto, se debe tener en consideración la relevancia que tienen los centros de concentración económica, en particular las Zonas Francas como elemento físico en el que se desarrollan procesos urbanos alrededor de ellas.

“Hoy en día tenemos una multipolaridad y queremos generar más obviamente... concretamente lo que se refiere a la planificación obviamente es un área que puede estar asociada a los policentros que estamos planteando como lugares de servicios y que también son de almacenaje y obviamente nosotros hemos diferenciado estas áreas con estos desarrollos futuros... con la propuesta de generar nuevos polos de desarrollo”

Asesor Urbano I.M. de Iquique (2021)

“Claramente, en Punta Arenas, el sector norte (más o menos entre Enrique Abello y la carretera (Carlos Ibáñez del Campo), concentra el equipamiento

comercial y de salud de mayor escala de la ciudad, lo que sumado a la ubicación norte del aeropuerto y de la ruta que conecta a la ciudad con Argentina, Puerto Natales y Torres del Paine (y en la práctica con el resto del país, ya que estamos al extremo sur) ha generado y generará, en mi opinión, un desarrollo urbano mayoritario en esta parte norte.”

Revisor de proyectos I.M. de Punta Arenas

La comparación de los modelos de simulación permite identificar los posibles centros de concentración económica alejados de la mancha urbana principal en el modelo que incluye las variables económicas y las zonas de crecimiento por extensión en el modelo que las excluye.

Finalmente, en esta investigación, se identificó la importancia que tienen las zonas de concentración económica y se abre la posibilidad de indagar a profundidad el rol que tienen los polinúcleos económicos en otras ciudades medias con características similares en el país. Además, es necesario identificar e incorporar más variables de crecimiento urbano y contrastarlas con las presentadas en esta investigación.

Queda para investigaciones posteriores el rol que desempeñan los gobiernos locales en la planificación y procesos de renovación urbana ocurridas al interior de las ciudades. Del mismo modo, es importante revisar las posibilidades de traslado al interior de las urbes desde los lugares que se habita a los lugares en que se trabaja de forma cotidiana.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio reflejan la importancia que tienen las Zonas Francas y las concentraciones de núcleos económicos en la morfología y consolidación de sectores urbanos, lo anterior se fundamenta en las diferencias que existen en las formas de crecimiento urbano.

En primer lugar, hay una tendencia a la concentración de patentes comerciales que compite con la hegemonía de la Zona Franca. Este fenómeno ocurre en ambas ciudades. En segundo lugar, esta tendencia de concentración muestra una relación entre la creación de nuevos espacios habitacionales y la ubicación de patentes comerciales, lo que permite consolidar zonas de crecimiento urbano. En el caso de estas ciudades, el crecimiento de la mancha se ha dado tanto por la ocupación del territorio como por la consolidación de zonas comerciales y de servicios en estas zonas de expansión.

Este análisis se ha centrado en realizar una modelación del cambio de uso de suelo a partir de la existencia de centros de concentración económicas en la ciudad, que permita planificar de mejor manera el territorio, logrando un desarrollo más equilibrado entre las dinámicas que ocurren en el espacio geográfico debido a que estos procesos presentan una importante oportunidad para prevenir y mitigar posibles problemas que puedan generarse del proceso de cambio de uso de suelo.

Por otro lado, presenta una buena oportunidad para investigar más en profundidad el real aporte que presentan las Zonas Francas al desarrollo regional y las áreas de extensión económicas.

El impacto económico de las Zonas Francas de Iquique y Punta Arenas es desigual para cada ciudad, mientras que Punta Arenas recibe 500.000 visitantes por mes (casi cuatro veces la población total de la ciudad) lo que es señal de la importancia turística que presenta, la ciudad de Iquique ha disminuido sus ventas en los últimos cinco años (Banco Mundial, 2017). Por otro lado, el crecimiento de las regiones que albergan zonas francas es diferente, mientras Tarapacá crece a un ritmo más lento que Antofagasta, Magallanes

crece más que Aysén, lo anterior puede deberse a las actividades económicas propias de la región y el papel que desempeñan el turismo y los puertos como medio de ingreso de bienes para la venta en regiones e incluso de otros países en cada región, sin embargo, es importante señalar que ambas regiones han presentado crecimiento. Cada ciudad presenta sus propios desafíos, mientras el puerto de Iquique se ha posicionado como un gran polo económico en la zona norte del país, el puerto de Punta Arenas no ha logrado atraer inversión a la ciudad. Finalmente, la presencia de las Zonas Francas permite la competencia con otros núcleos de concentración económica en ambas ciudades incentivando la inversión y el crecimiento urbano.

Respecto del modelo de simulación de crecimiento urbano desarrollado, para Verburg & Veldkamp (2002) la utilización de fuerzas motrices en la generación de modelos espacialmente explícitos es fundamental para obtener un buen ajuste en los resultados, por esto es importante señalar que las fuerzas motrices seleccionadas son un buen punto de partida para el análisis de crecimiento urbano, sin embargo, este no depende exclusivamente de ellas, de hecho, para efectos de esta investigación, se utilizaron aquellas que priman en el uso urbano. Por tanto, es también recomendable incluir variables que contemplen otros factores (ambientales, económicos, sociales). Si bien, esta es una aproximación a lo que podría llegar a ocurrir, se debe tener en consideración la posibilidad de incluir más variables, a fin de mejorar las posibilidades de toma de decisión territorial.

El aporte que generan las simulaciones de crecimiento urbano por medio de la utilización del modelo Dyna-CLUE es que permite determinar y caracterizar los cambios a futuro en base a las realidades territoriales existentes y su comportamiento histórico (Hu et al., 2007) pudiendo así considerar la propia dinámica, idiosincrasia y particularidad de cada ciudad respecto de la otra.

Por otra parte, la planificación territorial tiene un papel crucial en la conformación de ciudades y la modelación espacial puede ayudar a mejorar la toma de decisiones respecto a un uso ordenado del territorio. Así, los resultados de esta investigación permitirían

fortalecer los procesos de tomas de decisiones de la gobernanza local a fin de establecer mecanismos que permitan orientar el crecimiento urbano, al ser ciudades que presentan importantes tasas de crecimiento, tanto económica como poblacionalmente y considerando además la estrategia geopolítica que presentan para el país, la posibilidad de determinar la importancia de los factores económicos en el crecimiento y ocupación de la MU en ambas ciudades se vuelve relevante a la hora de planificar la ciudad.

Iquique se encuentra actualmente en proceso de actualización de PRC (actualmente en fase 3), Punta Arenas lo tiene vigente desde 2017 y, por tanto, las diferentes posibilidades de expansión urbana, sobre todo hacia sectores de amenaza natural hacen que las autoridades tomen decisiones sobre la marcha, impidiendo dar respuesta de manera oportuna a las necesidades de su población. Los constantes cambios en la morfología de la ciudad (por procesos de expansión y densificación en altura) vuelven necesario una actualización del PRC que incluya las dinámicas de grupos poblacionales en su amplio espectro, en el caso de la ciudad nortina, las actividades desarrolladas entre los ciudadanos de Iquique y Alto Hospicio y en el caso de Punta Arenas, aquellas que se relacionan con otras localidades de la Región.

El objetivo respecto del uso de programas de modelación espacial es generar herramientas que permitan establecer mejores tomas de decisiones, por tanto, deben ser consideradas como un medio y no como un fin en sí mismo y, dado que plantean un escenario futuro deben ser utilizados con mesura y no como una realidad inmutable del crecimiento de las ciudades. Considerando esto, se recomienda que los resultados de la modelación estén en constante diálogo con ideas y propuestas que incluyan la utilización de otras variables a analizar para el desarrollo sustentable de la propia ciudad. Por otro lado, se recomienda la investigación de los cambios que ocurren en las fuerzas motrices del modelo predictivo, a fin de disminuir la inseguridad que ofrece la simulación respecto a ciertas variables, como por ejemplo el precio del suelo y la densidad poblacional, debido a que el primero delimita de forma importante la posibilidad de expansión urbana y el segundo, la necesidad de generar núcleos de concentración económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P., & Schweik, C. M. (2002). A Review and Assessment of Land-Use Change Models: Dynamics of Space, Time, and Human Choice. *Apollo The International Magazine Of Art And Antiques*.
- Arenas, F. (2003) ¿El Ordenamiento Sustentable del Territorio Regional? Los Gobiernos Regionales entre la Necesidad y la Realidad. *Revista de Geografía Norte Grande*.
- Banco Central (2021). Producto interno bruto por región, anual, volumen a precios del año anterior encadenado.
- Banco Mundial (2017). Chile: Evaluación de las Zonas Francas. Informe Final. GTC04 América Latina y El Caribe.
- Bhatta, Binod. (2018). Integrated assessment of the climate and landuse change impact on hydrology and water quality in the Songkhram River Basin, Thailand.
- Bellet Sanfeliu, C., & Llop Torné, J. M. (2014). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*.
- Berry, B. J. I., Baskin, C. W., & Christaller, W. (1967). Central Places in Southern Germany. *Economic Geography*. <https://doi.org/10.2307/143299>
- Bezrukov, R, y López, A. (2014). Zonas Francas: La internaiconalización del espacio uruguayo. *Observatorio Geográfico América Latina*.
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *Revista Eure*, Volumen XXIX (86), 37-49. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612003008600002>
- Burgess, E. W. (1925): “The growth of the city”. En R. E. Park; E. W. Burgess and R. D. McKenzie (eds): *The City*. University of Chicago Press, pp. 47-62. Reimpresión en Stewart, M. (1972): *The City. Problems of Planning*. Ed. Penguin, Harmondsworth.

- Brizuela, a. B., Aguirre, C., & Velasco, I. (2007). Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. *Remote Sensing of Environment*.
- Buzai, G. (2014). Mapas sociales Urbanos. *Lugar editorial*. Buenos Aires.
- Candelaria Martínez, B., Rosado, O. R., López, F. G., Hernández, P. P., Becerra, Á. M., & Vargas Villamil, L. (2011). Aplicación De Modelos De Simulación En El Estudio Y Planificación De La Agricultura, Una Revisión [Application of Simulation Models in Agricultural Research and Planning, a Review]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Castello B. y Maria Luisa (2006). Cidades médias no Brasil. In: SPOSITO, E. S.; SPOSITO, M. E. B.; SOBARZO, O. (Org.). Cidades médias: produção do espaço urbano e regional. São Paulo: *Expressão Popular*.
- Castells, M. (2001). La sociología urbana de Manuel Castells. In *Ida Susser (ed.)*. Madrid: *Alianza Editorial*.
- Centro de Estudios Socioterritoriales (2021) Catastro de Campamentos 2020-2021.
<https://ceschile.org>
- CIREN (2019). DEM Alos Palsar Región de Tarapacá.
- CIREN (2019) DEM Alos Palsar Región de Magallanes y la Antártica Chilena.
- Consejo de Monumentos Nacionales (sf) Santuario de la Naturaleza Cerro Dragón.
<https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/santuarios-de-la-naturaleza/cerro-dragon>
- Cordero Quinzacara, E. (2007). El derecho urbanístico: los instrumentos de planificación territorial y el régimen jurídico de los bienes públicos. *Revista de Derecho (Valparaíso)*. <https://doi.org/10.4067/s0718-68512007000100009>
- Decreto con Fuerza de Ley N°241 de 1977. Por la cual se aprueba el texto refundido, coordinado y sistematizado sobre Zonas Francas.
- Dirección General de Aguas (2015). Red Hidrográfica: Polilíneas de los drenes de todo

Chile.

- Dillon, B., Cossio, B., & Pombo, D. (2010). Valor del suelo urbano en una ciudad intermedia: La volatilidad del capital y sus resultados. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*.
- Eastman, R. J. (2006). IDRISI Andes, Guide to GIS and Image Processing. *Clark University, Worcester*, 87-131.
- Escolano, S. y Ortiz, J. (2004). La complejidad de los procesos de reestructuración socioespacial de las ciudades intermedias: persistencia y cambio en la ciudad de Puerto Montt (Chile). *Anales de la Geografía*. Volumen XXIV, 79-106.
- Gómez, D. (2008). Ordenación territorial. *Ediciones Mundi-Prensa*.
- González, S. (1992). La Zona Franca de Iquique en su perspectiva industrial: Un dilema regional. *Eure*. Volumen XVIII (54) 79-90.
- Harris, C. D., & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*.
<https://doi.org/10.1177/000271624524200103>
- Henríquez Ruiz, C., & Azócar García, G. (2007). Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación de impacto ambiental. *Scripta Nova. Revista Electronica de Geografía y Ciencias Sociales*.
<https://doi.org/10.1344/sn2007.11.1368>
- Henríquez, C., Azócar, G., & Aguayo, M. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: Aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*.
<https://doi.org/10.4067/s0718-34022006000200004>
- Henríquez, C. (2014). Modelando el Crecimiento de Ciudades Medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable. *Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Hidalgo, R. y Borsdorf, A. (2005). Barrios cerrados y fragmentación urbana en América Latina: Estudio de las transformaciones socioespaciales en Santiago de Chile (1990-2000). *Serie GEOlibros N°3. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad*

Católica de Chile.

Hidalgo Dattwyler, R., Borsdorf, A., Zunino, H., & Alvarez Correa, L. (2008). Tipologías de expansión metropolitana en Santiago de Chile: precariópolis estatal y privatópolis inmobiliaria. *Scripta Nova. Revista Electronica de Geografía y Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.1344/sn2008.12.1536>

Hidalgo, R. (2009). Chile: del país urbano al país metropolitano. Transformaciones recientes en las ciudades chilenas. In *Chile: del país urbano al país metropolitano*.

Hidalgo, R., & Borsdorf, A. (2005). La exclusión residencial y el desarrollo de la ciudad moderna en América Latina: de la polarización a la fragmentación. El caso de Santiago de Chile. *Geographicalia*.

Hidalgo, R, Alvarado, V. y Santana, D. (2016). Los expulsados de la metrópoli: expolio y esquimo en la localización de la vivienda social en la ciudad neoliberal. Una perspectiva de Santiago y Valparaíso: *Revista Estudios Socioterritoriales*, N°20 (41-55).

HU, Z. ling, DU, P. jun, & GUO, D. zhi. (2007). Analysis of Urban Expansion and Driving Forces in Xuzhou City Based on Remote Sensing. *Journal of China University of Mining and Technology*. [https://doi.org/10.1016/S1006-1266\(07\)60086-8](https://doi.org/10.1016/S1006-1266(07)60086-8)

Huong, H. T. L., & Pathirana, A. (2013). Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/hess-17-379-2013>

Ilustre Municipalidad de Iquique (2020) Solicitud de datos de patentes comerciales y permisos de edificación realizada el 19 de agosto de 2020 y resuelta el 16 de septiembre de 2020

Ilustre Municipalidad de Iquique (2020) Resumen Ejecutivo de la imagen objetivo y alternativas. *Actualización del Plan Regulador Comunal de Iquique*.

Ilustre Municipalidad de Punta Arenas (2011) Acta de sesión N°56 extraordinaria de fecha 11 de abril de 2011, del honorable Concejo Municipal de Punta Arenas.

Ilustre Municipalidad de Punta Arenas (2020) Solicitud de datos de patentes comerciales

y permisos de edificación realizada el 19 de agosto de 2020 y resuelta el 14 de septiembre de 2020.

Instituto Nacional de Estadísticas (1992). Resultados Censo 1992. *Por país, regiones y comunas.*

Instituto Nacional de Estadísticas (1993). Censos 1970 – 1982. *Cifras comparativas Tomo II. I región a región Metropolitana.*

Instituto Nacional de Estadísticas (1993). Censos 1970 – 1982. *Cifras comparativas Tomo III. VI región a XII región.*

Instituto Nacional de Estadísticas (2002). Resultados Censo 2002. *Por país, regiones y comunas.*

Instituto Nacional de Estadísticas (2005). *Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos.*

Instituto Nacional de Estadísticas (2017). Resultados Censo 2017. *Por país, regiones y comunas.*

Jiang, Z. (2007). The road extension model in the land change modeler for ecological sustainability of IDRISI. *GIS: Proceedings of the ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems.*
<https://doi.org/10.1145/1341012.1341030>

Lefebvre, H. (1968). El derecho a la ciudad. *Península.*

Lefebvre, H. (1991). The Production of Space. *Blackwell.*

López-Morales, E. (2013). Gentrificación en Chile: Aportes conceptuales y evidencias para una discusión necesaria. *Revista de Geografía Norte Grande.*
<https://doi.org/10.4067/s0718-34022013000300003>

López-Morales, E. (2016). Gentrification in Santiago, Chile: a property-led process of dispossession and exclusion. *Urban Geography.*
<https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1149311>

- Manushevich, D., & Beier, C. M. (2016). Simulating land use changes under alternative policy scenarios for conservation of native forests in south-central Chile. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.032>
- Maricato, E. y Ferreira, J. (2002). Operación urbana consorciada: diversificación urbanística participativa o profundización de la desigualdad. *Instituto de la Ciudad y Reforma Urbana*, 1-18.
- Mas, J., Kolb, M., Houet, T., Paegelow, M., Teresa, M., & Unam, G. (2010). Una comparación de diferentes enfoques de modelación de cambios de cobertura / uso del suelo. *Selper*.
- Maturana, F., Fuenzalida Díaz, M., Arenas, F., & Henríquez, C. (2016). La Planificación Territorial En Chile Y El Proceso De Descentralización. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Maturana, F., Rojas, A., & Saavedra, A. B. (2016). Ciudades intermedias en Chile. Territorios olvidados. In *Eure*. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000200014>
- Méndez, R. (1999) Geografía Económica: La lógica espacial del capitalismo global. *Investigaciones Geográficas*.
- Ministerio de Educación (2015). Establecimientos de Educación. Disponible en http://www.geoportal.cl/arcgis/rest/services/MinisteriodeEducacion/chile_mineduc_Establecimientos_educacion_escolar_abr2020/MapServer.
- Ministerio de Salud (2013). Establecimientos de Salud de Chile. Disponible en http://www.geoportal.cl/arcgis/rest/services/MinisteriodeSalud/chile_minsal_Establecimientos_salud_2021/MapServer.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2007). Indicadores Urbanos. *Observatorio urbano*. http://observatoriourbano.minvu.cl/indurb/wp_pre_ciudades.asp?idComciu=0
- Muñiz, I.; Galindo, A. & García-López, M. (2005). Descentralización, integración y policentrismo en Barcelona. *Departamento de Economía Aplicada*.
- Naciones Unidas (2012). World urbanization prospects: The 2011 revision. New York: United Nations, Population Division, *Departament of Economic and Social*

Affairs, Population Division.

Patagonia TV Tour, (07 de Agosto de 2018). Chile: UN 10% CRECIERON LAS VENTAS DE ZONA FRANCA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DE 2018.

Patagonia TV Tour. <http://www.patagoniatvtour.com/inicio/noticia/14721>.

Pontius, R. G., Boersma, W., Castella, J. C., Clarke, K., Nijs, T., Dietzel, C., Duan, Z., Fotsing, E., Goldstein, N., Kok, K., Koomen, E., Lippitt, C. D., McConnell, W., Mohd Sood, A., Pijanowski, B., Pithadia, S., Sweeney, S., Trung, T. N., Veldkamp, A. T., & Verburg, P. H. (2008). Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change. *Annals of Regional Science*. <https://doi.org/10.1007/s00168-007-0138-2>

Pontius, R. G., & Santacruz, A. (2014). Quantity, exchange, and shift components of difference in a square contingency table. *International Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.969814>

Proudfoot, M. J., & Hoyt, H. (1940). The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities. *Journal of the American Statistical Association*. <https://doi.org/10.2307/2279683>

Puertas, O. L., Henríquez, C., & Meza, F. J. (2014). Assessing spatial dynamics of urban growth using an integrated land use model. Application in Santiago Metropolitan Area, 2010-2045. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.024>

Pumain, D. & Sain-Julien, T. (2014) T. Análisis espacial. Las interacciones. Santiago de Chile: *Serie de GEOLibros N°21, Instituto de Geografía Pontificia Universidad Católica de Chile/ Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía-Universidad de Concepción.*

Rehner, J., & Vergara, F. (2014). Efectos recientes de la actividad exportadora sobre la reestructuración económica Urbana en Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022014000300006>

Rehner, J.; Rodríguez, S.; Murray, W. E. (2018). Ciudades en auge en Chile: Rol de la actividad exportadora en la dinámica del empleo urbano. *Revista EURE*. Tomo 44, N°131: 151.171.

- Rojas, C., Muñiz, I., & García, M. Á. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *Eure*.
- Rojas A, y Maturana, F. (2015). Ciudades Intermedias en Chile, Ciudades olvidadas. *Eure* Volumen XLII (126). <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000200014>
- Romero, A. (2016). Análisis comparativo de modelos de cambio de uso de suelo para su aplicación en desastres naturales. Caso de estudio sistema urbano Iquique – Alto Hospicio. Proyecto de graduación para optar al grado de Magister en Geografía y Geomática. *Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Rosete, F. (2008). Modelos predictivos de cambio de uso de suelo en la península de baja California, México. Tesis para acceder al grado de Doctor en Geografía, *Universidad Nacional Autónoma de México*.
- SABATINI, F., & SOLER, F. (1995). Paradoja de la planificación urbana en Chile. *EURE (Santiago de Chile)*.
- Sabatini, F. (2000). Reforma de los mercados de suelo en Santiago, Chile: efectos sobre los precios de la tierra y la segregación residencial. *EURE (Santiago)*. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612000007700003>
- Santos, M. (2000). La naturaleza del espacio. In *Ariel geografía*.
- Servicio de Impuestos Internos (2020) Áreas Homogéneas. *Observatorio de Mercado de Suelo Urbano*.
- Suarez, A; (2005). Segregación residencial y pobreza. Consecuencias del aislamiento social de residentes en asentamientos precarios. *XXV Congreso de la Asociación Latinoamericana de sociología*.
- Tapia Zarricueta, R. (2011). Vivienda social en Santiago de Chile: Análisis de su comportamiento locacional, período 1980- 2002. *Revista INVI*. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582011000300004>

- Taulelle, F. (2015). A la búsqueda de las ciudades intermedias. Algunos elementos de discusión. In *Ciudades intermedias en Chile Territorios olvidados*.
- Truffello, R., & Hidalgo, R. (2015). Policentrismo en el Área Metropolitana de Santiago de Chile: reestructuración comercial, movilidad y tipificación de subcentros. *EURE (Santiago)*. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612015000100003>
- Uribe, M. y Vargas, M. (2016). Historia, desarrollo e impacto de las Zonas Francas y aduanas en Colombia y Perú. Universidad Libre Seccional Pereira.
- Varga, O. G., Pontius, R. G., Singh, S. K., & Szabó, S. (2019). Intensity Analysis and the Figure of Merit's components for assessment of a Cellular Automata – Markov simulation model. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.057>
- Verburg, P. H., & Overmars, K. P. (2007). Dynamic Simulation of Land-Use Change Trajectories with the Clue-S Model. In *GeoJournal Library*. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5648-2_18
- Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. S. A. (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model. *Environmental Management*. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630-x>
- Verburg, P. (2010). The CLUE model: Hands-on exercise. *University Amsterdam*.
- Zhang, X.; Bai, Z.; Fan, X.; Lu, Y.; Cao, Y.; Zhao, Z.; Sun, Q.; Pan, J. Urban Expansion Process, Pattern, and Land Use Response in an Urban Mining Compositied Zone from 1986 to 2013. *J. Urban Plan. Dev.* 2016, 142, 6014. [10.7770/0719-2789.2019.cuhso.04a03](https://doi.org/10.7770/0719-2789.2019.cuhso.04a03)
- ZOFRI S.A., (2020). Memoria Anual ZOFRI 2020.

ANEXOS

Anexo 1: Configuración Dyna-CLUE

Configuración archivo main.1 Iquique y Punta Arenas

Parámetros modelo Dyna-CLUE

Línea	Descripción	Ciudad	
		Iquique	Punta Arenas
1	N° usos de suelo	2	2
2	N° regiones	1	1
3	Máx. de variables independientes en la regresión logística	12	12
4	Total de fuerzas motrices	16	15
5	N° de filas	1.482	1.179
6	N° de columnas	384	572
7	Área celda (Hectáreas)	0,09	0,09
8	X-coordenada inferior izquierda	374.874,172	363.093,556
9	Y-coordenada inferior izquierda	7.724.826,96	4.098.647,53
10	Códigos de uso de suelo	0 1	0 1
11	Códigos para elasticidades de conversión	1 0,1	1 0,1
12	Iteración de variables	0 3 3	0 10 15
13	Año de comienzo y término de simulación	2020 2050	2020 2050
14	N° y código de factores explicativos que cambian todos los años	0	0
15	Tipo de elemento de salida	3	3
16	Elección de regresión para región específica	0	0
17	Iniciación de historia de uso de suelo	1 5	1 5
18	Elección de cálculo de vecinos	0	0
19	Adición de preferencia de localización específica	0	0
20	Error estimado	0,05	0,05

Fuente: Elaboración propia

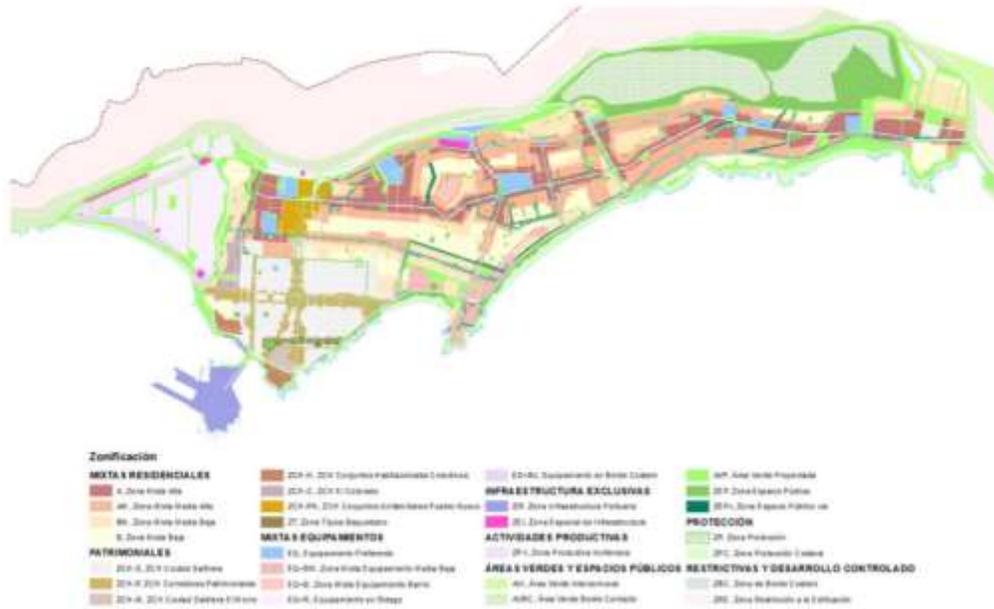
Resultado correlación Fuerzas Motrices Punta Arenas

	AAEH	Densidad poblacional	Ciudad	Buses	Centro urbano	Colegios	Jardines	Universidades	Línea de costa	Redes eléctricas	Parques	Hospitales	Atención primaria	Zona Franca	Parques comerciales	Puerto principal	Puerto secundario	Aeropuerto	Permisos de edificación
AAEH	1	0.9928	0.0020	0.0044	0.0048	0.0051	0.0028	0.0045	0.0051	0.0065	0.0022	0.0054	0.0056	0.0048	0.0024	0.0045	0.0045	0.0060	0.0053
Densidad poblacional	0.5928	1	(-0.018860)	(-0.013304)	(-0.016056)	(-0.017899)	(-0.018164)	(-0.016283)	(-0.013096)	(-0.009962)	0.0270	(-0.019650)	(-0.017427)	(-0.016022)	(-0.018463)	(-0.016224)	(-0.016226)	(-0.015530)	(-0.012886)
Ciudad	0.0020	(-0.018860)	1	0.9999	0.9996	0.9998	0.9998	0.9996	0.9702	0.7712	0.5199	0.9996	0.9992	0.9996	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9897
Buses	0.0044	(-0.013304)	0.9999	1	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9895	0.7607	0.4900	0.9997	0.9994	0.9999	0.9994	0.9999	0.9999	0.9999	0.9898
Centro urbano	0.0048	(-0.016056)	0.9996	0.9999	1	0.9999	0.9999	1.0000	0.9719	0.7716	0.5274	1.0000	0.9994	1.0000	0.9994	1.0000	0.9994	0.9994	0.9488
Colegios	0.0051	(-0.017899)	0.9998	0.9999	1	1.0000	0.9999	0.9999	0.9716	0.7714	0.5242	0.9999	0.9994	0.9999	0.9994	0.9999	0.9999	0.9999	0.9993
Jardines	0.0028	(-0.018164)	0.9998	0.9999	1.0000	1	0.9999	0.9999	0.9714	0.7715	0.5237	0.9999	0.9994	0.9999	0.9996	0.9999	0.9999	0.9999	0.9477
Universidades	0.0045	(-0.016283)	0.9996	0.9999	1.0000	0.9999	0.9999	1	0.9720	0.7716	0.5269	1.0000	0.9994	1.0000	0.9995	1.0000	0.9994	0.9994	0.9480
Línea de costa	0.0051	(-0.013996)	0.9702	0.9899	0.9719	0.9716	0.9714	0.9720	1	0.7882	0.5204	0.9717	0.9710	0.9719	0.9705	0.9721	0.9721	0.9709	0.9323
Redes eléctricas	0.0065	(-0.009962)	0.7712	0.7607	0.7716	0.7714	0.7715	0.7716	0.7882	1	0.4974	0.7716	0.7709	0.7715	0.7708	0.7715	0.7715	0.7708	0.752
Parques	0.0022	0.0270	0.5199	0.4900	0.5274	0.5242	0.5237	0.5269	0.5204	0.4974	1	0.5285	0.5245	0.5276	0.5189	0.5268	0.5268	0.5290	0.4379
Hospitales	0.0054	(-0.015650)	0.9996	0.9997	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000	0.9717	0.7716	0.5265	1	0.9994	1.0000	0.9994	1.0000	0.9995	0.9995	0.9483
Atención primaria	0.0056	(-0.017427)	0.9992	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9710	0.7705	0.5245	0.9994	1	0.9994	0.9990	0.9994	0.9994	0.9999	0.9487
Zona Franca	0.0048	(-0.016022)	0.9996	0.9999	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000	0.9719	0.7715	0.5276	1.0000	0.9994	1	0.9994	1.0000	0.9994	0.9994	0.9487
Parques comerciales	0.0024	(-0.018463)	0.9995	0.9994	0.9994	0.9996	0.9996	0.9995	0.9705	0.7708	0.5189	0.9994	0.9999	0.9994	1	0.9994	0.9994	0.9994	0.9320
Puerto principal	0.0045	(-0.016224)	0.9996	0.9992	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000	0.9721	0.7715	0.5268	1.0000	0.9994	1.0000	0.9994	1	1	0.9994	0.9480
Puerto secundario	0.0045	(-0.016226)	0.9996	0.9992	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000	0.9721	0.7715	0.5268	1.0000	0.9994	1.0000	0.9994	1	1	0.9994	0.9480
Aeropuerto	0.0060	(-0.015530)	0.9990	0.9998	0.9994	0.9995	0.9993	0.9994	0.9709	0.7708	0.5290	0.9995	0.9999	0.9994	0.9998	0.9994	0.9994	1	0.9447
Permisos de edificación	0.0053	(-0.012886)	0.9997	0.9484	0.9488	0.9474	0.9477	0.0460	0.9323	0.7532	0.4379	0.9483	0.9467	0.9487	0.9520	0.9460	0.9460	0.9447	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Propuesta de PRC

Propuesta de Zonificación Ciudad de Iquique



Fuente: Ilustre Municipalidad de Iquique, 2020

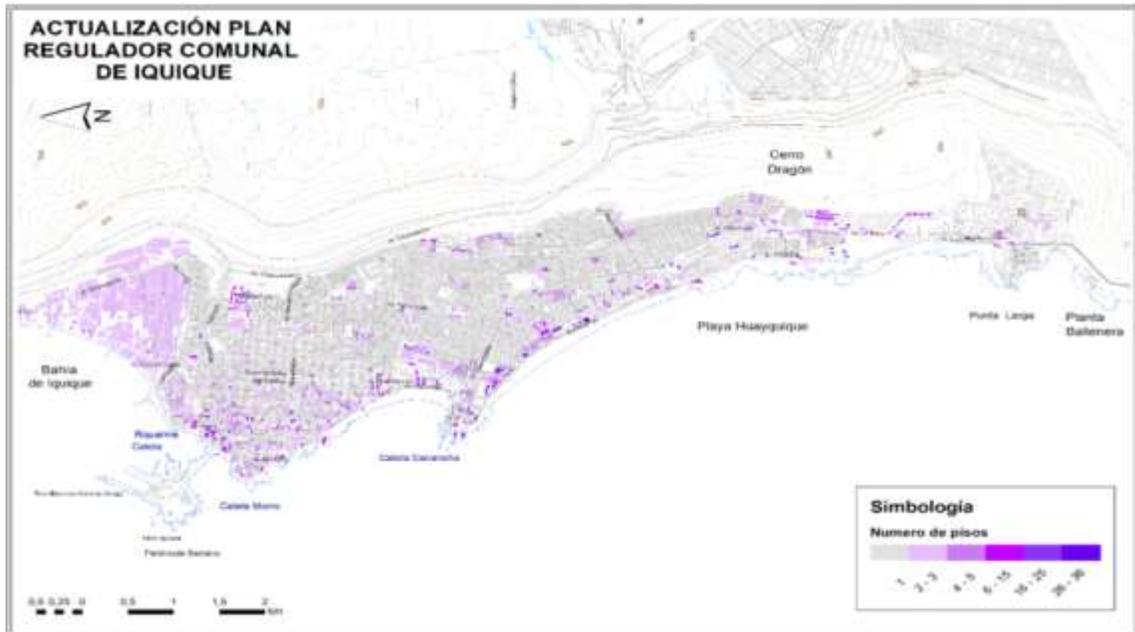
Exposición del proyecto de PRC Punta Arenas



Fuente: Ilustre Municipalidad de Punta Arenas, 2011

Anexo 5: Niveles de densidad en altura Iquique

Alturas de edificación Área Urbana de Iquique



Fuente: Ilustre Municipalidad de Iquique (2020)

Anexo 6: Localización de Campamentos

Campamentos Iquique



Fuente: Centro de Estudios Socioterritoriales (2021)

Campamentos Punta Arenas



Fuente: Centro de Estudios Socioterritoriales (2021)

Anexo 7: Imagen Aérea de Iquique

Toma Aérea de la ciudad de Iquique, orientación norte-sur



Fuente: Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, (sf)

Anexo 8: Imágenes de terreno Punta Arenas

Ciudad de Punta Arenas desde Mirador Cerro la Cruz, orientación Surponiente-Nororiente



Fuente: Fotografía del autor

Límite de la zona urbana de Punta Arenas desde Mirador Cerro la Cruz, orientación sur-norte



Fuente: Fotografía del autor

**Ciudad de Punta Arenas desde Mirador Cerro la Cruz, orientación
Norte-Sur**



Fuente: Fotografía del autor

