

Modelos de competencia metapoblacional para las políticas públicas habitacionales en ciudades intermedias turísticas. Una propuesta para San Carlos de Bariloche

Recibido: 2024-09-03

Aceptado: 2025-07-02

Cómo citar este artículo:

Malvicino, F. E., Barrios García, G., y Chicaval, J. M. (2025). Modelos de competencia metapoblacional para las políticas públicas habitacionales en ciudades intermedias turísticas. Una propuesta para San Carlos de Bariloche. *Revista INVI*, 40(115), 1-xx.

<https://doi.org/10.5354/0718-8358.2025.75870>

Facundo E. Malvicino

Universidad Nacional de Río Negro, San Carlos de Bariloche, Argentina,

femalvicino@unrn.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-7255-2619>

Gonzalo Barrios García

Universidad Nacional de Río Negro, San Carlos de Bariloche, Argentina,

gbarrios@unrn.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0003-1277-1120>

Juan Manuel Chicaval

Universidad Nacional de Río Negro, San Carlos de Bariloche, Argentina,

jmchicaval@unrn.edu.ar

 <https://orcid.org/0009-0001-4642-7224>



Modelos de competencia metapoblacional para las políticas públicas habitacionales en ciudades intermedias turísticas. Una propuesta para San Carlos de Bariloche

Resumen

Las ciudades turísticas presentan problemas en el acceso habitacional de las poblaciones residentes. Una de las causas es la competencia que se establece entre el uso de alquiler transitorio y el residencial permanente. En San Carlos de Bariloche (Patagonia, Argentina), en el contexto de postpandemia, las políticas impulsadas por el gobierno nacional lograron un fuerte incremento en el arribo de turistas anuales. Esto impulsó un aumento en la oferta de cabañas y departamentos de alquileres turísticos lo que acentuó las dificultades de acceso a la vivienda. En este trabajo analizamos la disputa por la vivienda, su relación con la actividad turística local y la intervención con políticas públicas. Para ello se adoptaron dos estrategias: Primero, un análisis de las estadísticas disponibles; y, en segundo lugar, la adaptación de un modelo de competencia metapoblacional que permita formalizar la dinámica habitacional observada empíricamente. Entre los principales resultados, presentamos un modelo que relaciona ambas variables y plantea una justificación teórica de una política de zonificación para mitigar el problema habitacional en un contexto de creciente demanda turística.

Palabras clave: turismo, hábitat, metapoblaciones, zonificación, Bariloche (Argentina).



Meta-Population Competition Models for Public Housing Policies in Intermediate Tourist Cities. A Proposal for San Carlos de Bariloche

Abstract

Touristic cities tend to face challenges in providing housing access for their resident populations. Among the multiple possible causes, one is the competition that arises between the temporary rental use and permanent residential use. In San Carlos de Bariloche (Patagonia, Argentina), in the post-pandemic context, policies implemented by the national government led to a significant increase in annual tourist arrivals. This prompted a rise in the availability of cabins and vacation rental apartments, exacerbating housing access difficulties. In this study, we analyze the dispute over housing, its relationship with local tourism, and public policy intervention. To achieve this, two strategies were employed. An analysis of available statistics and the adaptation of a metapopulation competition model to formalize the empirically observed housing dynamics. Among the key findings, we present a model that links both variables and provides a theoretical justification for a zoning policy to mitigate housing issues in the context of a growing tourist demand.

Keywords: tourism, housing, metapopulations, zoning, Bariloche (Argentina).



Modelos de competição metapopulacional para as políticas públicas habitacionais em cidades turísticas intermediárias. Uma proposta para San Carlos de Bariloche

Resumo

As cidades turísticas tendem a apresentar problemas no acesso à habitação das populações residentes. Entre as múltiplas causas possíveis, uma é a concorrência que surge entre o uso do aluguel temporário e o residencial permanente. Em San Carlos de Bariloche (Patagônia, Argentina), no contexto pós-pandêmico, as políticas promovidas pelo governo nacional conseguiram um aumento significativo na chegada de turistas anuais. Isso impulsionou um aumento na oferta de cabanas e apartamentos para aluguel turístico, o que exacerbou as dificuldades de acesso à moradia. Neste trabalho, analisamos a disputa pela moradia, sua relação com a atividade turística local e a intervenção com políticas públicas. Para isso, adotamos duas estratégias que consistem em uma análise das estatísticas disponíveis e na adaptação de um modelo de competição metapopulacional que permita formalizar a dinâmica habitacional observada empiricamente. Entre os principais resultados, apresentamos um modelo que vincula ambas as variáveis e expõe uma justificativa teórica de uma política de zoneamento para mitigar o problema habitacional em um contexto de crescente demanda turística.

Palavras-chave: turismo, habitat, metapopulações, zoneamento, Bariloche (Argentina).

Introducción

Las ciudades turísticas tienden a presentar problemas en la oferta de soluciones habitacionales para las poblaciones residentes. Una de las múltiples causas es la competencia que se establece entre el uso de alquiler transitorio y el residencial permanente. Este problema se ve agudizado con la proliferación de las nuevas plataformas digitales (por ejemplo, *Airbnb*, *Booking*, entre otras) que facilitan la publicación de propiedades y la reserva para alojamientos turísticos (Gil y Sequera, 2018; Gutiérrez Gallego, 2016; Lerena Rongvaux, 2022; Martínez-Caldentey *et al.*, 2020). La dinamización de la actividad turística incentiva la refuncionalización de las viviendas y produce un cambio de la oferta de alquiler permanente a temporario. Esto genera un aumento del precio del alquiler de los bienes inmuebles y consecuentemente el desplazamiento de la población residente que ya no puede afrontar los costos.

La ciudad de San Carlos de Bariloche (de aquí en adelante, SCB) se ubica en el noroeste de la Patagonia Argentina y es uno de los principales destinos turísticos del país. La reactivación económica y las políticas impulsadas por el gobierno nacional luego de la pandemia tuvieron un impacto directo en el crecimiento en la cantidad de turistas anuales. Si bien el programa fue acompañado con un aumento de la oferta de plazas registradas, también lo fue en la cantidad de alojamientos no registrados a través de plataformas digitales, lo que agudizó la problemática de escasez de alquileres permanentes. A raíz de este problema, se sancionaron las ordenanzas 3443-CM-24 (Concejo Municipal San Carlos de Bariloche, 2024a), que declara la emergencia habitacional, y la 3456-CM-24 (aún no implementada) (Concejo Municipal San Carlos de Bariloche, 2024b), que establece la creación de un observatorio de alquileres frente a la falta de información oficial sistematizada.

En distintas ciudades del mundo, esta problemática es abordada a partir de normativas que buscan limitar los efectos negativos de la turistificación de la vivienda. Por ejemplo, en ciudades de Alemania y Reino Unido, la plataforma *Airbnb* tuvo impacto en el alza de precios del alquiler permanente (Yeung y Coyle, 2016). En ciudades de España, la plataforma también generó un aumento de precios, redujo la oferta de alquileres permanentes y expulsó a la población local de sus barrios (García-Ayllon, 2018; Gil y Sequera, 2018; Gil García, 2020). En Ciudad de México, el crecimiento, la concentración espacial y de oferentes de espacios de *Airbnb* igualmente entró en conflicto con la vivienda en alquiler de la población local (González Loyde, 2023). En Lima, el aumento de estadía de corto plazo afectó principalmente a sectores medios y bajos por el incremento de precios (Pérez Guerra, 2023). Asimismo, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires la expansión de alquileres temporarios a través de *Airbnb* acompañó al proceso de inquilinización y reforzó las restricciones del acceso a la vivienda a la población local (Lerena Rongvaux, 2022).

Los impactos negativos relevados en el párrafo anterior fueron abordados por una serie de políticas urbanas que pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de restricción y agruparse en tres categorías (Nieuwland y van Melik, 2018). En primer lugar, las restricciones cuantitativas consisten en limitar la cantidad de alojamientos, de visitantes, de alquiler o de veces que se puede alquilar un alojamiento por año. En segundo

lugar, las restricciones cualitativas pueden ser por el tipo de alojamiento (por ejemplo, alquiler de una habitación), o los requisitos específicos de seguridad (por ejemplo, instalación de infraestructura adaptada para discapacidad). Estas restricciones suelen estar asociadas a la obtención de licencias o el cobro de tasas como formas de regulación del alquiler turístico (Guerra Molina, 2018; Vallvé, 2017). En tercer lugar, las restricciones de ubicación consisten en delimitar los alojamientos temporarios a ubicaciones específicas o a ciertas densidades en ciertos barrios y vecindarios. Estas políticas se sustentan en análisis espaciales explícitos con caracterizaciones sobre lo que existe en el territorio (relevamientos en campo, análisis cualitativo de imágenes satelitales, georreferenciación, GIS, etc.). Así, en función del diagnóstico realizado, se determina una cierta ordenación y planificación turística del territorio con miras a un desarrollo más armónico, equilibrado y sustentable (Cachay, 2021; Mendoza y Alcívar, 2020; Sonaglio y Bueno, 2009). Estas medidas suelen ser resistidas por su carácter excluyente y falta de flexibilidad, ya que los propietarios deben utilizar sus terrenos de manera menos rentable y las ciudades pierden capacidad de adaptación frente a cambios del mercado (Calle-Vaquero *et al.*, 2021; Yiu y Cheung, 2021).

En este trabajo analizamos el problema habitacional en una ciudad turística y ofrecemos dos contribuciones: primeramente, se realiza un aporte metodológico al implementar un modelo matemático para analizar la competencia por el destino de la vivienda entre alquileres temporarios (turísticos) y permanentes; y, en segundo lugar, a partir de los resultados de la simulación de los modelos, se ofrecen elementos para discutir la implementación de una política de restricción de ubicación como la zonificación.

En lo que respecta al recurso metodológico, se adoptaron dos estrategias. Por un lado, se realizó el análisis de las estadísticas disponibles para caracterizar la problemática señalada; por otro lado, utilizamos un modelo matemático de competencia metapoblacional para formalizar la dinámica habitacional observada empíricamente. Los estudios de metapoblaciones fueron concebidos en la biología a partir de los trabajos de Wright (1931), Andrewartha y Birch (1954) y Levins (1969) y cobraron gran relevancia en los campos de la ecología y la genética (Bustamante, 2022). Hasta donde se pudo indagar, esta herramienta no ha sido aplicada a fenómenos sociales y consideramos que podría ofrecer un esquema heurístico adecuado para explorar la problemática habitacional en una ciudad turística intermedia. A su vez, la simulación numérica de estos modelos permite diseñar nuevas estrategias de políticas públicas. De esta manera, comenzamos con el modelo básico de Levins (1969) y, a partir de modificaciones en el sistema de ecuaciones, avanzamos progresivamente en su complejidad hasta alcanzar dos nuevos modelos. La primera extensión del modelo original consiste en una propuesta de intervención con políticas de zonificación habitacional que protege a la población residente y mejora la tasa de ocupación total del suelo. En la segunda propuesta, la política habitacional se analiza junto con la incorporación de una tercera ecuación que interrelaciona la actividad económica de la ciudad con la disponibilidad de población residente y la demanda de alojamiento temporal. Frente a la escasez de datos, esta metodología nos permite analizar la problemática descrita y proponer una justificación teórica para la intervención con políticas públicas.

Además de esta introducción, el trabajo se organiza de la siguiente manera. En el apartado dos, presentamos el estado de situación y la caracterización de la problemática habitacional de SCB; en el tercer

apartado desarrollamos la metodología con la formalización del modelo básico y las adaptaciones realizadas para estudiar el problema descrito; en cuarto lugar, analizamos las simulaciones de los modelos; en el quinto apartado esbozamos la discusión de los resultados y las limitaciones de la metodología aplicada. Y, para finalizar, concluimos el trabajo con las reflexiones finales.

Problemática y estado del arte

SCB es una ciudad de 135.755 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INDEC], 2022) que se ubica como ciudad cabecera de la región andina y nodo político-administrativo con servicios de media-alta complejidad (Civitaresi y del Valle Colino, 2019). A partir de 1930, el distrito se constituye como destino turístico con la institucionalización del territorio andino y la mejora en las vías de acceso (Bandieri, 2014; Mendes, 2010). Con el transcurso de los años, SCB se consolidó como una de las ciudades turísticas más importantes de la Argentina, con una matriz productiva poco diversificada (Abaleron *et al.*, 2009; Barrios García, 2020; Kozulj, 2016; Lolich, 2011; Núñez y Vejsbjerg, 2010; Picone, 2013). Según el Plan Estratégico de Turismo Sustentable de San Carlos de Bariloche, entre el 40 % y 45 % del total de puestos de trabajo dependen de forma directa o indirecta del turismo (Municipio de San Carlos de Bariloche, 2017).

En cuanto a la situación habitacional, el problema de acceso a la vivienda en la población local data de al menos dos décadas. Una serie de normativas municipales dan cuenta de la situación y de su agravamiento actual, a saber, las ordenanzas 1594-CM-06, 1971-CM-09, 2080-CM-10, 2165-CM-11, 3443-CM-24 y la 3456-CM-24 (Concejo Municipal San Carlos de Bariloche, 2006, 2009, 2010, 2011, 2024a, 2024b). Esta problemática ha sido trabajada en diversos estudios académicos desde un abordaje que se centra en el rol de las políticas públicas, aunque ninguno lo relaciona con los ciclos de la actividad turística (Colino *et al.*, 2018; Cravino, 2021; Guevara y Marigo, 2022; Guevara y Wallace, 2022; Guevara *et al.*, 2018).

De acuerdo con los datos censales de 2001 y 2022, la cantidad de viviendas particulares a escala departamental aumentó de 36.888 a 69.354 (+88 %), mientras que la población pasó de 93.101 a 135.755 habitantes (+46 %) (INDEC, 2001 y 2022). Durante el mismo período, los hogares inquilinos aumentaron de 4.918 a 16.411 (+234 %) y su representación entre todas las formas de tenencia de la vivienda se incrementó del 16 % al 26 %. Asimismo, Guevara y Barrios García (2023) estiman que la proporción de viviendas subocupadas y vacantes en SCB se encuentra en el orden del 19 % del total de viviendas sobre un total relevado de 45 mil unidades. A partir del censo poblacional del 2022, la población con vivienda propia en SCB se estima en un 60 % y si se asume que el 40 % de las viviendas están vacías o destinadas a algún tipo de alquiler, el 47,5 % de estas viviendas se encontrarían vacantes o subocupadas.

El problema habitacional señalado se encuentra relacionado con el desplazamiento de la vivienda permanente por el alquiler turístico. Por lo tanto, es necesario analizar la dinámica turística a partir de la demanda y oferta habitacional. A continuación, caracterizamos la demanda turística a partir de las estadísticas municipales de arribos. En el período 2001-2019 (según las estadísticas municipales) esta estimación se encuentra en el orden de los 680 mil turistas anuales. Tras la finalización del ASPO (*Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio*), implementado durante la pandemia del COVID19, la actividad turística en Argentina registró una significativa recuperación económica. Esto fue posible por las políticas de promoción turística como el “Pre-Viaje”, las restricciones a la movilidad internacional de pasajeros y el régimen cambiario que desalentaron los viajes al exterior. En 2022 y 2023, SCB superó la barrera del millón de visitantes, lo que representa un aumento mayor al 65 % respecto del promedio (Figura 1).

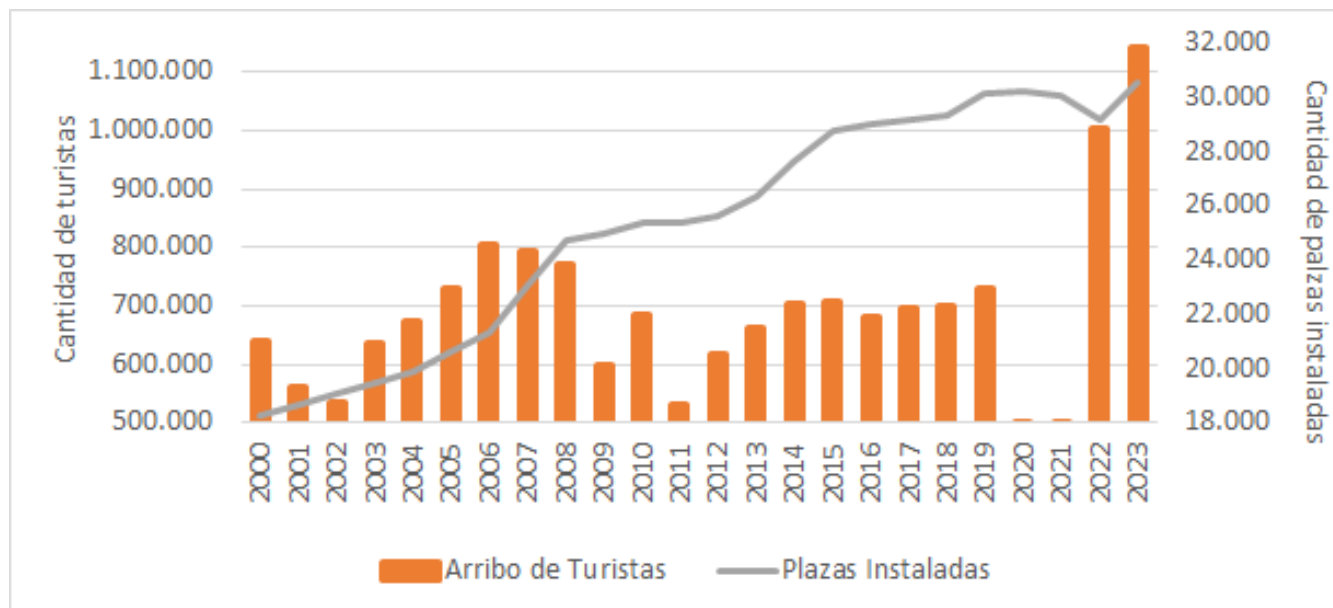
En cuanto a la oferta hotelera y de alojamientos temporarios registrados, también se observa un crecimiento sostenido. Entre 2006 y 2024, la cantidad total de camas instaladas pasó de 21.312 a 31.757 (+49 %), esto es una tasa acumulada anual del 2,24 %. Sin embargo, este incremento no fue homogéneo; de hecho, el segmento de cabañas de alquiler turístico (CAT) y departamentos de alquiler turístico (DAT) es el que refleja el mayor aumento de plazas, incrementándose de 3.717 a 10.007 plazas (+169 %). En términos relativos, este segmento pasó de representar el 17 % de la oferta de plazas de alojamientos turísticos al 32 % de la oferta total.

Esta información puede ser ampliada por los estudios específicos realizados sobre los datos de las plataformas digitales, no contempladas en las estadísticas oficiales. En *Airbnb*, SCB es el destino con mayor cantidad de ofertas entre las ciudades turísticas y la segunda ciudad en relación con la oferta total del país (Bercovich *et al.*, 2024). Entre octubre de 2021 y agosto del 2023 se registró un aumento del 230 % en la cantidad de publicaciones, lo que ubica a SCB como una de las ciudades con mayor incremento en la oferta de la plataforma digital. Según *AirDNA*, proveedora de estadísticas basadas en plataformas de reservas de alojamiento, SCB tiene alrededor de 5.000 anuncios, de los cuales al menos 3.017 estaban activos en el mes de agosto del 2024, lo que representa un incremento del 76 % con respecto al año anterior. Es importante señalar que el 90 % de la oferta está conformada por propiedades completas (tipo CAT y DAT), lo que indica el potencial desplazamiento de la vivienda permanente (Granero Realini y Alvaredo, 2023).

A partir de lo anterior, postulamos que el aumento de alojamientos de tipos CAT y DAT se produce por el desplazamiento de la oferta de alojamiento permanente hacia la temporaria. El aumento de la actividad turística incrementa la demanda de alojamiento que, frente a una oferta relativamente menos elástica en el corto plazo, redundará en una mayor rentabilidad de los alquileres temporarios respecto de los permanentes. Las plataformas digitales facilitan el desplazamiento de la oferta habitacional hacia el alquiler temporario. Asimismo, el precio del alquiler permanente también aumenta por la menor oferta y el mayor costo de oportunidad que representan los alquileres turísticos. En este contexto, la población residente no logra incrementar sus ingresos respecto al encarecimiento de los alquileres permanentes, sufre la disminución de su poder adquisitivo y se reduce su acceso a la vivienda (Devia, 2023; “Escasez de viviendas”, 2023; Malvicino *et al.*, 2024; Marzal, 2023a, 2023b; Montiel, 2023).

Figura 1.

Arribo de turistas y aumento de plazas instaladas en SCB (2001-2023).



Fuente: Elaboración propia con datos del Municipio de SCB. Observaciones: la reducción de arribos observada en 2009 se explica por la influenza A y la crisis financiera internacional, en 2011 por la erupción del Volcán Puyehue Cordón-Caulle y en 2020 y 2021 por la pandemia del COVID-19.

Metodología

A partir de la problemática presentada en el apartado anterior se construyeron una serie de modelos teóricos de competencia metapoblacional para estudiar la competencia por la vivienda en SCB. Los modelos de competencia metapoblacional analizan la disputa por el espacio físico (es necesario recalcar que tal dimensión no se incluye explícitamente en este trabajo). Estos modelos presentan dinámicas no lineales y una posibilidad restringida de crecimiento poblacional y competencia por el espacio. La estrategia de presentación reviste un carácter de complejidad progresivo. En primer lugar, describimos el modelo básico de Levins (1969) sin dinámica de competencia para introducir la interpretación de las variables, los parámetros y las razones que justifican su implementación en el caso de estudio. En segundo lugar, desarrollamos el modelo con competencia metapoblacional entre dos tipos de poblaciones, una dominante y otra débil, que nos permite caracterizar la disputa habitacional en una ciudad turística intermedia. En tercer y cuarto lugar, presentamos nuestras dos adaptaciones de los modelos básicos para analizar la política de zonificación de acuerdo con la dinámica habitacional en SCB: Así, en la primera extensión, ensayamos una política de restricción de ubicación (por ejemplo, zonificación) que restringe el alquiler temporario y permite mejorar las condiciones de acceso a la vivienda permanente para la población residente; mientras que en la segunda extensión, se modeliza la relación entre la actividad económica y los diferentes tipos de alquiler, lo que nos permite resaltar la mutua dependencia que existe entre el turismo y la población trabajadora local.

Antes de avanzar formalmente con los modelos, es necesario realizar algunas aclaraciones metodológicas. La modelización matemática nos permite acotar la complejidad del problema. Si bien recurrimos al análisis de la condición de “equilibrio” de los modelos, no se espera que un objeto de estudio de las ciencias sociales se comporte como un sistema estable que tiende a un estado estacionario. En este trabajo, la noción de equilibrio adopta un carácter metodológico, no ontológico. El carácter ontológico implica considerar al equilibrio como un estado inherente del sistema, donde las perturbaciones se amortiguan con el tiempo por sus tendencias equilibrantes. Por otro lado, una concepción metodológica del equilibrio reconoce una tendencia que se encuentra en permanente cambio con fluctuaciones constantes en su entorno (Laibman, 1997). De esta manera, consideramos que los sistemas reales no se encuentran en equilibrio, pero su implementación metodológica nos orienta en la calibración de los parámetros.

Antes de finalizar la sección, es necesario explicitar los supuestos utilizados en los modelos. En primer lugar, asumimos que los alojamientos permanentes y temporarios son sustitutos perfectos. Esto acota la complejidad del modelo, ya que otorga cierta simetría en el desplazamiento de un alojamiento a otro. Sin embargo, los tiempos de disponibilidad de una vivienda permanente no son los mismos que los de uso turístico y, por lo tanto, existen asimetrías en los plazos que requiere el cambio de la composición de la oferta. Una vivienda con destino turístico debe estar amueblada y equipada, mientras que las viviendas con destino de alquiler permanente suelen estar desocupadas porque los inquilinos disponen de sus bienes. Por lo tanto,

frente a una caída en la demanda del alquiler turístico, es probable que los propietarios retengan las unidades antes de volver a destinarlas al alquiler permanente. En segundo lugar, asumimos que los propietarios de los inmuebles toman decisiones de acuerdo con una lógica racional con arreglo a fines y eligen la opción que representa mayor rentabilidad económica en el corto plazo. En tercer lugar, no contemplamos el rol del sector público en el control y la fiscalización del cumplimiento de la tributación de impuestos y las normativas sobre el destino de las viviendas. En cuarto lugar, se asume que el alquiler temporario es más rentable que el alquiler para vivienda permanente, lo que se corresponde con la tendencia observada en la oferta de vivienda temporaria y el precio de los alquileres permanentes en relación con los salarios. Por último, omitimos el rol del sector hotelero tradicional en la oferta de alojamiento y su incidencia en la dinámica local.

Las simulaciones fueron realizadas en el software R Studio (v. 2024.04.2); los paquetes utilizados fueron *phaseR* (Grayling, 2014) y *deSolve* (Soetaert *et al.*, 2010).

MODELO BÁSICO METAPOBLACIONAL

El modelo básico planteado por Levins (1969) consiste en una única “especie” que ocupa un hábitat estructurado en zonas interconectadas de “parches”. En nuestra adaptación, utilizamos el término *parcelas* porque resulta más adecuado para el caso de estudio. A su vez, asumimos que la ciudad se encuentra fraccionada en parcelas y que cada una de ellas representa una vivienda que puede estar “ocupada” o “desocupada”. Si la parcela (vivienda) se encuentra desocupada, su estado puede cambiar a ocupada por el desplazamiento de la población. La variable de estado es la fracción x de parcelas ocupadas y puede adoptar valores entre 0 (todas las parcelas están desocupadas) y 1 (todas las parcelas están ocupadas). El modelo no contempla la dinámica al interior de cada parcela, la heterogeneidad espacial o las diferencias entre las parcelas. El balance entre la ocupación y la desocupación de parcelas se puede expresar como la ecuación diferencial (1).

$$\dot{x} = c \cdot x(1 - x) - mx \quad (1)$$

Donde $\frac{dx}{dt} = \dot{x}$ y representa la variación en el tiempo de la proporción de parcelas ocupadas. El término c es la tasa de colonización (ecología) o de ocupación de las parcelas, esto es, la velocidad con que una vivienda desocupada cambia de estado y pasa a estar ocupada. Esta tasa puede estar asociada al crecimiento poblacional. El parámetro local m representa la velocidad con la que se desocupa una parcela cualquiera, sin importar el motivo. Decimos que se trata de un parámetro local porque hace referencia a un sitio que queda desocupado. En la ecuación (1), el término $(1 - x)$ es la fracción de parcelas vacías y la expresión $c \cdot x(1 - x)$ es la velocidad de ocupación global: en este caso, la única condición de una parcela para ser ocupada es que esté vacía. El término mx es la velocidad de desocupación de parcelas (por ejemplo, cambio en las condiciones económicas, sociales o ambientales que motivan el alejamiento de la ciudad de parte de la población). Los parámetros c y m adoptan valores positivos y, para nuestro caso, están asociados al comportamiento demográfico (por ejemplo, crecimiento poblacional, migración, etc.). Las ecuaciones del sistema son similares

a las de un modelo logístico, donde el crecimiento de la población se encuentra autolimitado de acuerdo con cierta capacidad de carga del sistema. El equilibrio es:

$$x^* = 1 - \frac{m}{c} \quad (2)$$

Donde $x = 0$ indica que ninguna parcela se encuentra ocupada, lo que remite a la imagen de una “ciudad fantasma”; por otro lado, $x = 1$ indica que todas las viviendas están ocupadas. Este sistema es globalmente estable, sí y solo sí, $c > m$, lo que permite que haya viviendas ocupadas, esto es, que la capacidad de ocupar las parcelas supere a su extinción o desocupación. El resultado más interesante es que, si m es distinto de 0 y c no tiende a infinito, la especie nunca ocupa completamente el hábitat disponible ($x^* < 1$) y siempre quedan lugares vacíos.

El sentido de incorporar este modelo es poder introducir la dinámica metapoblacional. Una población presenta un ritmo de crecimiento que se traduce en la ocupación del espacio, lo que podemos asociar al crecimiento de la población de una ciudad y la necesidad de ocupar viviendas. El aspecto más relevante para nuestro análisis se presenta a continuación con un modelo de competencia por un mismo espacio de dos tipos de poblaciones diferentes: una residente y otra transitoria.

MODELO DE COMPETENCIA METAPOBLACIONAL

El sistema puede ser extendido a dos tipos de poblaciones que compiten entre sí por las parcelas. Esto nos permite caracterizar el problema de la asignación de la vivienda al alquiler temporario o permanente. En este caso, las parcelas ocupadas pueden adoptar tres estados: ocupada por el alquiler temporario o turístico, ocupada para vivienda permanente o vacía. Asimismo, se puede asumir una jerarquía entre los grupos, tal como suele ocurrir entre dos poblaciones competidoras. Por un lado, asumimos que es la fracción de parcelas ocupadas por el alquiler temporario (a partir de ahora, AT) y representa al grupo dominante con capacidad para desplazar al grupo dominado u ocupar las parcelas vacías. Por otro lado, indicamos con el grupo dominado que ocupa las parcelas vacías con alquileres de vivienda permanente (a partir de ahora, VP). El grupo solo puede cambiar el estado de las parcelas vacías, pero no puede desplazar al grupo dominante. La fortaleza de los AT radica en su mayor rentabilidad económica y flexibilidad relativa a las VP. Esto es particularmente efectivo en un contexto de elevada inflación, controles cambiarios y restricciones de movilidad internacional de pasajeros como se observó en Argentina en el contexto de la recuperación económica posterior a la pandemia del COVID 19.

El sistema se escribe de la siguiente forma:

$$\dot{x}_T = c_T x_T (1 - x_T) - m_T x_T \quad (3)$$

$$\dot{x}_P = c_P x_P (1 - x_T - x_P) - m_P x_P - c_T x_T x_P \quad (4)$$

De forma similar al modelo simple, los coeficientes y representan la velocidad con la que la parcela cambia de estado y pasa a estar ocupada por AT y VP, respectivamente. Asimismo, m_T y m_P indican la velocidad con la que se desocupan las parcelas. En la ecuación (3), el término $C_T X_T (1 - X_T)$ indica que lo único que impide que el AT ocupe una parcela es que ya esté ocupada por otro AT. La ocupación de VP depende de que la parcela se encuentre vacía, según lo indica el término $C_P X_P (1 - X_T - X_P)$. El término $C_P X_P (1 - X_T - X_P)$ es un término de expulsión competitiva medido con intensidad y , en este trabajo, se interpreta como la velocidad de refuncionalización de la vivienda o modificación del estado de la parcela de VP a AT. El equilibrio no trivial viene dado por (5) y (6):

$$x_T^* = 1 - \frac{m_T}{c_T} \quad (5)$$

$$x_P^* = 1 - \frac{m_P}{c_P} - \left(1 + \frac{c_T}{c_P}\right) x_T^* \quad (6)$$

La ecuación (5) es el equilibrio de las parcelas destinadas a AT y es similar al modelo simple. El equilibrio de VP en la ecuación (6) presenta términos similares x_T^* a . Los dos primeros términos de la derecha son similares a (5), pero el tercer término negativo de la derecha está asociado a la tasa de ocupación relativa de ambas poblaciones y la ocupación de la población dominante AT. De esta manera, cuanto mayor sea el valor de equilibrio de AT, menor será la ocupación de VP.

La condición de estabilidad en (5) es similar al modelo de una única población, como se ve en (7). La condición de estabilidad de (6) se puede expresar en términos de su tasa de colonización como en (8). El análisis de estabilidad se realiza en el Anexo 1.

$$\frac{m_T}{c_T} < 1 \quad (7)$$

$$c_P > \frac{c_T(c_T + m_P - m_T)}{m_T} \quad (8)$$

La persistencia de la competencia requiere que se cumplan las condiciones (7) y (8). Esto significa que los dos grupos competidores subsisten en equilibrio mientras comparten un único recurso. Esto es posible gracias a que el competidor dominante deja huecos en su hábitat que el competidor dominado los puede aprovechar. A continuación, ensayamos un modelo con política de restricción de ubicación.

MODELO CON POLÍTICA DE ZONIFICACIÓN

Los modelos de la biología problematizan cómo las perturbaciones de la actividad humana afectan a los ecosistemas. Según Tilman *et al.* (1994), una pequeña destrucción del hábitat en función de su ocupación puede tener consecuencias dramáticas para el ecosistema de manera retardada en el tiempo, pero determinantes para el competidor dominante. La población dominante suele tener mayor demanda de recursos y es más vulnerable a los cambios en las condiciones del entorno (Laguna *et al.*, 2015). En el contexto de nuestro trabajo, la analogía con el grupo dominante AT es inmediata. Los arribos turísticos que dan sentido al AT buscan las condiciones locales particulares de la ciudad y responden significativamente a cambios en las condiciones ambientales y sociales del entorno como pandemias, desastres naturales o crisis político-económicas (Figura 1). Por su parte, la población residente que ocupa las viviendas en forma permanente responde más lentamente a estos eventos, ya que su horizonte de permanencia es de largo plazo. Por lo tanto, una “destrucción de parcelas”, como una política de zonificación, afectaría en menor proporción al grupo VP, permitiría una mayor participación relativa de VP y una mayor ocupación total de parcelas (véase la demostración matemática en el Anexo 2).

Dada la mencionada problemática habitacional de SCB, la destrucción de parcelas resulta pertinente para simular una política de restricción de ubicación o zonificación. De esta manera, introducimos el parámetro Z que simula una destrucción de parcelas para limitar al competidor dominante (AT). Este parámetro representa la decisión de restringir la explotación turística de las viviendas para aumentar la oferta destinada a viviendas permanentes. Las ecuaciones (9) y (10) conforman el nuevo sistema.

$$\dot{x}_T = c_T x_T (1 - Z - x_T) - m_T x_T \quad (9)$$

$$\dot{x}_P = c_P x_P (1 - x_T - x_P) - m_P x_P - c_T x_T x_P \quad (10)$$

Donde el nuevo parámetro Z representa la fracción de parcelas prohibidas para AT, esto es, que no están disponibles para la ocupación del grupo dominante. El equilibrio del sistema es:

$$x_T^* = 1 - \frac{m_T}{c_T} - Z \quad (11)$$

$$x_P^* = 1 - \frac{m_P}{c_P} - \left(1 + \frac{c_T}{c_P}\right) x_T^* \quad (12)$$

La implementación de la zonificación Z tiene efectos distintos sobre los competidores. Por un lado, reduce el número de parcelas ocupadas por AT; por otro, aumenta la fracción de ocupación de VP. El valor x_T^* aumenta con un mayor c_T y menores valores de m_T . En cuanto al equilibrio VP, una política de zonificación puede incluso revertir el efecto de una mayor tasa de ocupación de las AT. Si $Z = 0$, un aumento de c_T implica un menor x_P^* , pero con $Z > 0$, x_P^* mejora con respecto al modelo anterior. Asimismo, la política de zonificación

permite mejorar la ocupación total de parcelas. Matemáticamente, la diferencia de la ocupación total con y sin zonificación es directamente proporcional a las tasas relativas de ocupación y la tasa de zonificación, $\frac{c_T}{c_P} Z$ (Anexo 2). Por lo tanto, se infiere que la zonificación permitiría mejorar la condición relativa de la población residente y la ocupación total de parcelas.

Si consideramos a la zonificación como un parámetro de política de ordenamiento territorial, vemos que cuando alcanza un valor crítico Z_c , el AT puede quedar totalmente excluido y el sistema se reduce a una única población como en la ecuación (1).

$$Z_c = 1 - \frac{m_T}{c_T} \quad (13)$$

El valor crítico identificado en (13) indica que la AT desaparece y solo persiste VP. Es decir, la demanda de viviendas transitorias puede eliminarse sin necesidad de prohibir completamente la actividad, ya que puede quedar anulada si la fracción de viviendas prohibidas para este destino iguala el valor de ocupación de la ecuación (5) del sistema anterior.

MODELO CON POLÍTICA DE ZONIFICACIÓN Y CRECIMIENTO ECONÓMICO (TURÍSTICO)

Dada la importancia de la actividad turística para SCB, se buscó incluir al modelo una nueva variable que represente los impactos de los estímulos exógenos a la ciudad sobre la actividad económica. Este nuevo modelo consiste en un sistema de tres dimensiones que incorpora la dinámica económica representada por g . El incremento de la actividad económica con el aumento de arribos turísticos tracciona la demanda de AT. Sin embargo, el turismo es un sector intensivo en mano de obra y su crecimiento se encuentra limitado por la disponibilidad de los trabajadores residentes que demandan VP para permanecer en la ciudad. Si la VP ha sido desplazada por el AT, se reduce o encarece la disponibilidad de mano de obra, lo que limita el desarrollo local de la actividad económica por el lado de la oferta. El nuevo sistema queda representado por las ecuaciones (14) - (16).

$$\dot{x}_T = c_{T,g} x_T (1 - Z - x_T) - m_T x_T \quad (14)$$

$$\dot{x}_P = c_P x_P (1 - x_T - x_P) - m_P x_P - c_{T,g} x_T x_P \quad (15)$$

$$\dot{g} = c_g g (p_P x_P - g) \quad (16)$$

Donde $C_{T,g}$ deja de ser un parámetro constante y pasa a depender de la actividad económica, de forma tal que $c_{T,g} = f(g)$, $df(g)/dg > 0$. El parámetro P_P es positivo y está asociado a la productividad de los trabajadores residentes que ocupan VP. Un valor de P_P más elevado indica que se requiere un menor nivel de ocupación de VP para garantizar un mismo crecimiento económico. El parámetro C_g es un parámetro de velocidad de ajuste de la actividad económica al equilibrio. Esto significa que la tasa de ocupación de la población dominante (AT) depende positivamente de la actividad económica representada por g . Cuando aumenta la actividad turística,

la demanda habitacional temporaria también se incrementa. A su vez, el crecimiento de la actividad turística varía de acuerdo con una función logística donde el límite lo impone la población residente: la disponibilidad de mano de obra representa un límite para el crecimiento económico de la actividad turística (intensiva en mano de obra). Es decir, la población residente trabajadora tiene que encontrar un lugar donde vivir y puede permanecer en la ciudad en la medida que ocupen una VP. El equilibrio es:

$$x_T^* = 1 - \frac{m_T}{c_{T,g}} - Z \quad (17)$$

$$x_P^* = \left(1 - \frac{m_P}{c_P}\right) - \left(1 + \frac{c_{T,g}}{c_P}\right) x_T^* \quad (18)$$

$$g^* = p_P \cdot x_P \quad (19)$$

Por razones de simplicidad, consideremos una función simple del tipo $C_{T,g} = f(y) = \alpha g$, donde α es un parámetro que vincula el crecimiento económico con la ocupación de AT. Este parámetro representa las preferencias del turismo en cuanto a alojamiento. Un aumento de α indica que los turistas priorizan el alojamiento temporario frente a las alternativas tradicionales. En este caso, el modelo (14)-(16) cambia a:

$$\dot{x}_T = \alpha g \cdot x_T (1 - Z - x_T) - m_T x_T \quad (20)$$

$$\dot{x}_P = c_P x_P (1 - x_T - x_P) - m_P x_P - \alpha g x_T x_P \quad (21)$$

$$\dot{g} = c_g (p_P x_P - g) \quad (22)$$

La interpretación de los términos es similar a los casos anteriores, salvo por la incorporación de la ecuación (22) asociada a la actividad económica. Asimismo, es importante observar que el término de refuncionalización de las viviendas $-\alpha g x_T x_P$ ahora está mediado por la variable de estado asociada a la actividad económica y la preferencia del tipo de alojamiento. De esta manera, el flujo turístico aumenta el desplazamiento de VP por AT, pero reduce el crecimiento económico de largo plazo como se observa en (22) y en (25). Por lo tanto, el desplazamiento de VP por AT impulsado por el auge económico se encuentra limitado. El nuevo equilibrio es:

$$x_T^* = 1 - \frac{m_T}{\alpha g} - Z \quad (23)$$

$$x_P^* = \left(1 - \frac{m_P}{c_P}\right) - \left(1 + \frac{\alpha g}{c_P}\right) x_T^* \quad (24)$$

$$g^* = p_P \cdot x_P \quad (25)$$

Si se realizan las sustituciones, los puntos de equilibrio dependen fundamentalmente de los parámetros de la población residente que ocupa VP y de la tasa de desocupación del AT (Anexo 3). Por la presente formulación del modelo, el equilibrio del AT queda asociado negativamente a la política de zonificación (Z) y su tasa de desocupación, pero positivamente a la actividad económica y las preferencias de alojamiento turístico. En el corto plazo queda afectada directamente por la política de restricción de ubicación, pero en el largo plazo se ve parcialmente compensada por la relajación del límite al crecimiento determinado por la mayor disponibilidad de VP para alojar mano de obra. Asimismo, la tasa de zonificación crítica que anula los AT varía con la tasa de crecimiento de largo plazo $Z_c = 1 - \frac{m_T}{\alpha g}$.

Por su parte, la actividad económica se relaciona positivamente con el parámetro de productividad de la población residente y la ocupación de VP. Esto significa que AT requiere de VP para poder existir. En el caso de VP, la ecuación (24) arroja una expresión no lineal, aunque las posibilidades quedan restringidas a valores positivos y menores a la unidad (Anexo 3). El aumento de la tasa de restricción Z afecta negativamente a AT y positivamente a VP, pero al aumentar la ocupación de residentes se dilata el límite al crecimiento y la posibilidad de crecimiento de AT.

En lo que refiere a la ocupación total, la incorporación del crecimiento económico vinculado a VP no cambia cualitativamente el resultado observado en el modelo anterior. Sin embargo, la mejora en la ocupación total queda vinculada directamente al crecimiento económico de largo plazo y, por lo tanto, a la ocupación de VP.

Resultados

En esta sección desarrollamos el análisis de las simulaciones numéricas de los modelos presentados en la sección anterior. Dentro de lo posible, los parámetros han sido elegidos de acuerdo con las estadísticas oficiales disponibles y los criterios formales que exige el modelo matemático. La tasa de ocupación de VP se eligió de acuerdo con el crecimiento poblacional neta anual promedio de SCB en los últimos años, la cual se estima en el orden del 2 % anual (Malvicino *et al.*, 2021). Dado que se debe tener en cuenta la tasa de desocupación, se utilizó un valor bruto de crecimiento poblacional mayor. La tasa de ocupación de los AT es similar al crecimiento anual promedio de la oferta de CAT y DAT, indicada en la descripción de la problemática de SCB. A su vez, la relación entre la tasa de ocupación y desocupación de AT debe ser más baja que la de VP de acuerdo con las condiciones observadas en la sección metodológica. Esto se justifica porque el turismo de estas características es solo una parte del turismo total y es razonable asumir que los AT tienen una tasa de desocupación más elevada por unidad de tiempo que la VP. Los VP suelen estar acompañados de contratos que estipulan plazos más prolongados que los de una estancia de tipo turística.

El primer modelo metapoblacional que utilizamos no contiene competencia, pero permite definir las condiciones iniciales para los próximos modelos de la VP. Si consideramos una ciudad sin turismo (modelo básico), una tasa de ocupación por unidad de tiempo (c) del 2,75 % y una de desocupación (m) del 0,25 %, arrojaría un valor de equilibrio del 90 % de las parcelas disponibles destinadas a VP. Si la ciudad deviene turística, podemos utilizar el modelo de competencia metapoblacional. Suponemos que las condiciones de ocupación de VP no cambian ($c_p=2,75$ y $m_p=0,25$), mientras que los AT se ocupan al 5 % y se desocupan a una tasa relativamente elevada del 3,75 % ($c_T=5$ y $m_T=3,75$). Los nuevos valores de equilibrio indican una menor ocupación de VP (20,45 %) y mayor participación de AT (25 %), lo que arroja una ocupación total del 45,45 %. En este ejemplo, la dominancia de AT se manifiesta con un desplazamiento de VP. Al igual que en el modelo de una población, las parcelas no se ocupan en su totalidad. Aunque no se espera que este modelo tenga un carácter predictivo, podemos corroborar que los valores obtenidos guardan razonabilidad con la dinámica local de SCB. De acuerdo con las estimaciones de Guevara y Barrios García (2023), se puede calcular que aproximadamente el 47,5 % de las viviendas que podrían destinarse al alquiler se encuentran vacantes o subocupadas.

Los escenarios planteados permiten una representación del problema del caso de estudio. La simulación de la política de zonificación consiste en asignar valores al parámetro Z que restringe el uso de parcelas para AT. Si se considera una restricción del 10 % de las parcelas ($Z=0,10$), el nuevo equilibrio del sistema es $(x_T^*; x_P^*)=(15,0 \%; 48,6 \%)$ y muestra una mejora en la ocupación de la población inferior (x_P). Las parcelas totales ocupadas alcanzan el 63,6 %, incluso un poco por encima de los resultados del modelo anterior. Además, el resultado se corresponde con lo explicado en la sección metodológica: que la población dominante es más sensible a las condiciones generales del entorno, en particular cuando los cambios son dirigidos directamente hacia ella. Tal como se indicó en la metodología, la diferencia de la ocupación total con y sin zonificación es $\frac{C_T}{C_P}Z=18,2 \%$. El valor crítico de la zonificación que anula los AT es $Z_c=0,25$, de acuerdo con el equilibrio del modelo sin zonificación.

Finalmente, cuando se incorpora la dinámica económica, las condiciones de equilibrio se modifican. Los parámetros utilizados en la simulación se definieron para obtener valores razonables de equilibrio en las variables de estado. De esta manera, el parámetro que vincula el crecimiento económico con la tasa de ocupación de AT se planteó en $\alpha=2$, lo cual arroja una tasa de colonización de AT $C_{T,g}=5 \%$ para $g^*=2,5 \%$ anual. De la misma manera, dado que el crecimiento depende de X_p , asumimos un valor asociado a la productividad laboral local de $P_p=5$ que permite calibrar un crecimiento económico límite de largo plazo similar al crecimiento poblacional. Este valor se corresponde con las estimaciones observadas en otros trabajos que indican una productividad constante para SCB (Malvicino et al., 2021). De esta manera, si la VP ocupa el 50 % de las parcelas, el valor de equilibrio de largo plazo para el crecimiento económico sería $g^*=2,5 \%$. La tasa de ajuste de crecimiento se planteó en $C_g=0,5$, lo cual indica que la diferencia entre el crecimiento observado y el valor de equilibrio de largo plazo se reduce a la mitad cada año hasta converger. La elección de este parámetro es arbitraria dado que no existen estimaciones de ciclos económicos locales para SCB que permitan calcular este valor.

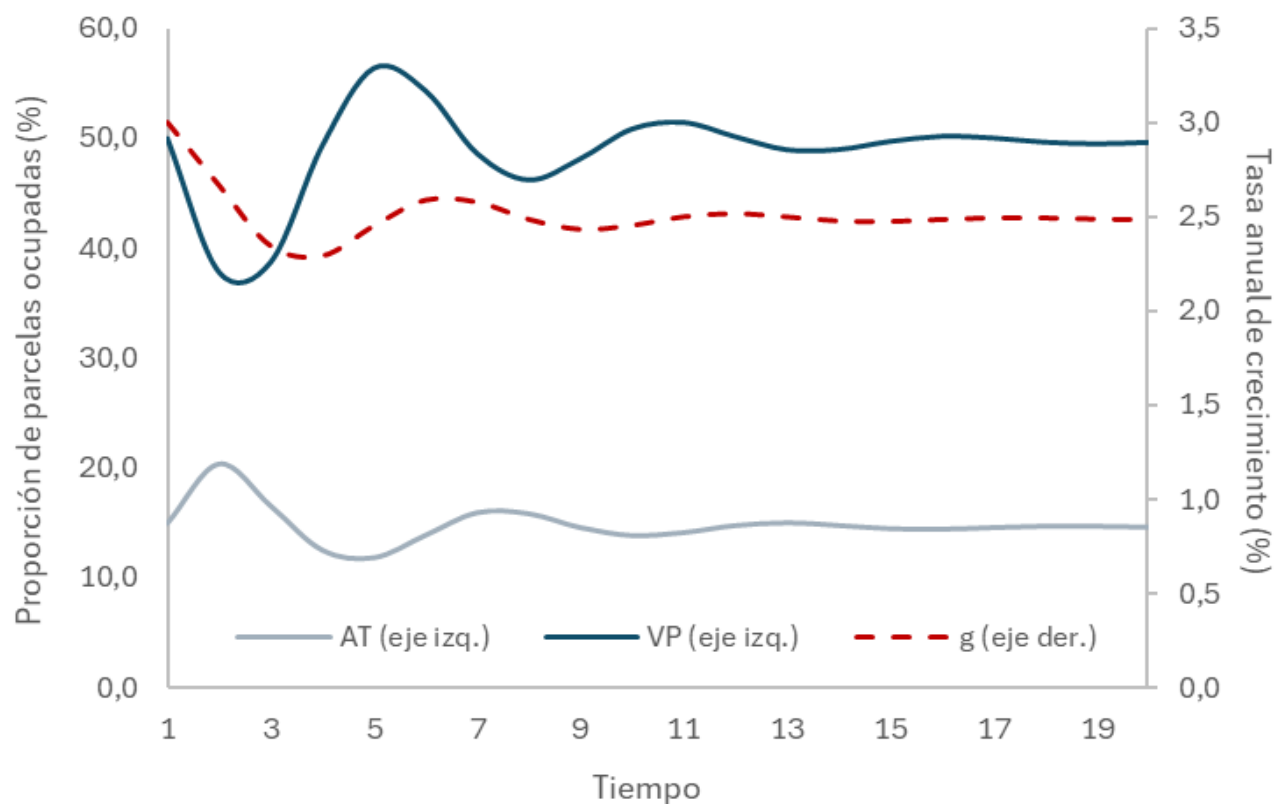
Los resultados para un escenario similar al analizado anteriormente arrojan cambios en la composición de la ocupación total al incorporar la actividad económica. Sin tener en cuenta la restricción por zonificación, la VP ocupa la proporción mayoritaria de las viviendas con un 45,3 %, la AT ocupa el 17,2 %, la ocupación total es del 62,5 % y el crecimiento de largo plazo es del 2,26 % anual. Cuando se incorpora la zonificación del 10 %, la ocupación de VP asciende al 49,8 %, la AT desciende al 14,6 %, la ocupación total mejora en poco menos de dos puntos porcentuales con un nuevo crecimiento económico del 2,49 % anual. Si bien el impacto de la zonificación Z sobre AT es directo, el efecto negativo sobre el equilibrio de x_T es compensado parcialmente por el aumento del crecimiento económico en el largo plazo. Al existir mayor ocupación de VP, la actividad económica puede incrementarse al relajar las limitaciones de oferta de los trabajadores residentes. La simulación numérica se grafica en la Figura 2.

La simulación de la Figura 2 parte de un estímulo a la actividad económica (por ejemplo, política de promoción turística) que redundaría en un incremento en la tasa de crecimiento al 3 % respecto del valor de equilibrio de 2,5 % (curva roja cortada). El crecimiento económico impulsa la demanda de AT (curva gris) que crece durante dos períodos y desplaza a la VP. La VP (curva azul) pierde participación en la ocupación de parcelas y provoca una restricción al crecimiento desde la oferta que ajusta con rezago, tal como se supuso con el parámetro $C_g = 0,5$. Al imponerse una tasa de crecimiento menor, los AT disminuyen y se recupera la ocupación de VP. Esta recuperación da lugar al aumento posterior de la actividad económica. La dinámica cíclica se repite hasta que el sistema converge al equilibrio luego de quince períodos. Vale mencionar que este modelo no tiene carácter predictivo y el “equilibrio” es un recurso metodológico, por lo que no buscamos afirmar que el tiempo de convergencia simulado (ni la convergencia en sí misma) se corresponde con el comportamiento real de la sociedad. En un período como el obtenido, existen múltiples factores que pueden alterar sistemáticamente la estructura del modelo, el valor de los parámetros y su dinámica. Este es el caso del cambio en las preferencias de alojamiento de los turistas que se observa en las últimas décadas.

A continuación, realizamos un análisis de sensibilidad sobre el cambio en las preferencias de alojamiento turístico y el efecto de diferentes grados de zonificación. El análisis de sensibilidad sobre el parámetro (preferencia turística por los AT) se justifica en la tendencia creciente de oferta y ocupación de CAT y DAT observada en las estadísticas oficiales. De esta manera, planteamos tres escenarios de baja, media y alta preferencia por AT con diferentes valores de α . En la Tabla 1 se presenta los resultados de la simulación de tres escenarios con creciente y diferentes valores de zonificación Z.

Figura 2.

Simulación del modelo con política de zonificación y actividad económica.



Fuente: Elaboración propia. Los parámetros son $c_r=5$, $m_r=3,75$, $c_p=2,75$, $m_p=0,25$, $Z=0,1$, $p_p=5$, $c_g=0,5$ y $\alpha=2$. La variable AT indica el porcentaje de parcelas ocupadas para alquiler temporario, VP es la proporción de parcelas ocupadas para vivienda permanente y g es la tasa de crecimiento anual de la economía, medida en el eje derecho. Las condiciones iniciales de VP y AT son el punto de equilibrio del modelo de zonificación sin crecimiento económico $(x_{r0}; x_{p0}; g)$ y el nuevo equilibrio $(x_r^*; x_p^*; g^*)=(14,6 \%; 49,8 \%; 2,49 \%)$.

Tabla 1.

Análisis de sensibilidad de zonificación y preferencias turísticas.

Z	$\alpha = 1$				$\alpha = 2$				$\alpha = 3$			
	AT	VP	Total Ocup.	g	AT	VP	Total Ocup.	g	AT	VP	Total Ocup.	g
0 %	4,9 %	78,9 %	83,8 %	3,9 %	17,2 %	45,3 %	62,5 %	2,3 %	21,6 %	31,9 %	53,4 %	1,6 %
5 %	3,6 %	82,0 %	85,6 %	4,1 %	16,0 %	47,4 %	63,4 %	2,4 %	20,3 %	33,5 %	53,8 %	1,7 %
10 %	2,2 %	85,4 %	87,5 %	4,3 %	14,6 %	49,8 %	64,4 %	2,5 %	19,1 %	35,2 %	54,3 %	1,8 %
15 %	0,7 %	89,0 %	89,7 %	4,4 %	13,3 %	52,3 %	65,6 %	2,6 %	17,7 %	37,2 %	54,9 %	1,9 %
20 %	-	92,9 %	92,9 %	4,6 %	11,9 %	55,1 %	67,0 %	2,8 %	16,4 %	39,3 %	55,7 %	2,0 %

Fuente: Elaboración propia. Los valores observados indican porcentajes y representan los estados de equilibrio de ocupación temporaria (AT), alquiler permanente (VP), ocupación total y tasa de crecimiento económico anual de largo plazo (g).

En la Tabla 1, los escenarios se ordenan de menor a mayor preferencia por AT (α) y la restricción por zonificación aumenta de arriba hacia abajo. El análisis finaliza con un $Z=0,2$ o 20 % para facilitar la lectura del cuadro y sin pérdida de generalidad para valores más elevados. El primer escenario de baja preferencia por AT plantea un turismo con preferencia por los hospedajes tradicionales (por ejemplo, hoteles). La ocupación total es mayor al resto de los escenarios, la VP es predominante y la tasa de crecimiento de largo plazo tiene una menor restricción de mano de obra y adopta valores más altos. El segundo escenario de preferencia media por AT se corresponde con el simulado en la Figura 2. La tasa de crecimiento se encuentra en valores cercanos a los observados en los últimos años y la tasa de ocupación de AT ($c_{T,g}$) sin zonificación es cercana al 5 % anual. La zonificación afecta particularmente a AT y permite una mayor ocupación de VP con un impacto positivo en el crecimiento económico. En el tercer escenario, la preferencia por los AT es elevada y la ocupación total es menor por una menor participación de VP. A su vez, la menor ocupación para VP pone un mayor límite a la actividad económica que redundaría en menores tasas de crecimiento económico de largo plazo.

En términos generales, se observa que a menor α , mayor es el aprovechamiento de las parcelas por VP, menor es la ocupación de AT y mayor la ocupación total. La tasa de crecimiento de largo plazo es más elevada por la mayor disponibilidad de mano de obra. Asimismo, el impacto de la zonificación es positivo en la tasa de ocupación total, pero menos efectiva a medida que aumenta α . Es importante indicar que, al incorporar el crecimiento económico, el impacto negativo de la zonificación sobre AT disminuye en el largo plazo. En el modelo sin crecimiento, un $Z=0,1$ reduce directamente la ocupación de equilibrio de AT en 10 puntos porcentuales, pero al incorporar la dinámica

económica su reducción se encuentra entre 2,5 y 2,7 puntos porcentuales, según el valor de α . Por ejemplo, en el primer escenario, el valor de equilibrio de AT sin zonificación se ubica en el 5 %, por lo que en un modelo sin dinámica económica hubiera sido suficiente una política de zonificación de $Z=0,05$ para excluir al alquiler temporario. Sin embargo, al incorporar el crecimiento económico, Z debe ascender al 20 % para alcanzar una política de exclusión total. Probablemente, en el corto plazo esta compensación futura del crecimiento económico no redunde en una disminución del conflicto entre la autoridad municipal que implementa Z y los propietarios que ofrecen los AT: el efecto de Z es directo, mientras que la compensación de largo plazo es diferida, indirecta y está sujeta a cambios del contexto económico y social.

Conclusiones

El trabajo plantea una problemática habitacional observada en SCB que también se observa a nivel mundial. Esta consiste en la dificultad para acceder a la vivienda permanente en una ciudad turística debido a la competencia que se establece entre el acceso a la vivienda permanente y la oferta de vivienda de alquiler temporario. De esta manera, analizamos la dinámica de competencia y el efecto de la intervención pública a partir de políticas de restricción de ubicación (zonificación) y la adaptación de los modelos de competencia metapoblacional utilizados en ecología.

De acuerdo con los aumentos de la actividad turística observados en los datos disponibles de SCB, el modelo de competencia adaptado a la problemática local representa el desplazamiento de VP por el AT. En los modelos de política de zonificación, incorporamos un parámetro que limita la explotación turística de las viviendas (AT) y permite aumentar la oferta destinada a VP. De acuerdo con el modelo, esto repercute en una mayor tasa de ocupación total de las parcelas disponibles. Además, esta herramienta nos permite definir los límites de una medida de zonificación, a partir de la cual se elimina la posibilidad de conversión hacia alojamiento temporario. Los resultados de los modelos indican que no es necesaria una prohibición total para eliminar la competencia de AT. Por último, la simulación del cuarto modelo con la dinámica económica y la preferencia por el tipo de alojamiento pone en evidencia la interdependencia de la oferta y demanda de AT y VP. Este modelo incorpora un límite endógeno al sistema, ya que la actividad turística no puede crecer indefinidamente sin el crecimiento de la fuerza de trabajo que proporciona la población residente. Por lo tanto, se concluye que el crecimiento de la actividad turística por encima de la capacidad instalada local impulsa la demanda de alojamientos turísticos que resulta en un desplazamiento de la VP y la población residente. Y esto, finalmente, redundará en una disminución de la oferta de mano de obra que repercute negativamente en el crecimiento de la actividad turística en el largo plazo. La disminución de la oferta de mano de obra sin un aumento en la productividad laboral se traduce en peores servicios, escasez de fuerza de trabajo o un mayor costo de vida que afecta el poder adquisitivo del ingreso. Cualquiera de estas posibilidades afecta negativamente a la actividad económica y empeora las condiciones de vida de la población residente.

Los resultados alcanzados permiten revisar las críticas a las políticas de restricción de ubicación mencionadas en la introducción. Las críticas señaladas plantean un ordenamiento urbano centrado en la renta inmobiliaria de corto plazo, en vez de orientar las políticas públicas a garantizar el acceso a la vivienda de la mayor parte de la población residente. Nuestro análisis plantea que la política de zonificación permite mejorar el acceso a la VP y alcanzar mejores resultados de actividad económica en el largo plazo.

Asimismo, el estudio realizado nos permite plantear dos inquietudes: En primer lugar, el supuesto de sustitución perfecta entre alojamientos otorga simetría en los cambios de la oferta de AT frente a variaciones en la actividad económica. Sin embargo, un supuesto más realista debería contemplar un rezago en el cambio de estado de los AT cuando cae la actividad económica. Esto traería aparejados cambios en la velocidad de ajuste hacia el equilibrio.

En segundo lugar, el modelo no contempla los efectos de la competencia en un escenario con creación de nuevas parcelas (construcción de nuevas viviendas), tal como sucede en una ciudad intermedia. Esperamos que estas preguntas sean abordadas en futuras investigaciones.

Por último, y para terminar, es imprescindible señalar que el análisis no está orientado a limitar la actividad turística en sí misma, sino al uso de las viviendas que afectan a la población residente de la ciudad. Una ciudad turística consolidada cuenta con un sistema hotelero capaz de brindar el alojamiento a los visitantes, más allá de las nuevas prácticas turísticas promocionadas por las plataformas digitales. Tal como lo demuestran los casos internacionales citados, existen diversas iniciativas de regulación que pueden mejorar la situación del acceso a la vivienda para las poblaciones residentes. Y es en esta línea que este trabajo contribuye a la discusión de políticas públicas de restricción de ubicación.

Agradecimiento

Los autores desean agradecer a la Dra. Fabiana Laguna por sus valiosos comentarios que han enriquecido a este estudio.

Declaración de autoría

Facundo E. Malvicino: Conceptualización, análisis formal, investigación, redacción – borrador original, software.

Gonzalo Barrios García: Conceptualización, curación de datos, investigación, supervisión, redacción – revisión y edición.

Juan Manuel Chicaval: Conceptualización, curación de datos, validación, redacción – borrador original.

Referencias

- Abaleron, C. A., López Alfonsín, R., Kozulj, R., Giovannini, M., y Gluch, M. (2009). *Evolución de la sustentabilidad turística de San Carlos de Bariloche. Escenarios de oportunidades y amenazas para el corto y mediano plazo*. Ministerio de Turismo de la Provincia de Río Negro.
- Andrewartha, H. G. y Birch, L. C. (1954). *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press.
- Bandieri, S. (2014). *Historia de la Patagonia*. Sudamericana.
- Barrios García, G. (2020). *Políticas de ordenamiento urbano, el turismo, el paisaje y la ciudad. El caso de San Carlos de Bariloche*. II Congreso Internacional de Desarrollo Territorial. Universidad Nacional de Río Negro.
- Bercovich, F., Alvaredo, C., Guevara, T., Malvicino, F., Barrios García, G., y Chicaval, J. M. (2024). *El alquiler turístico en Bariloche. Su impacto en el acceso a la vivienda*. Centro de Estudios Metropolitanos.
- Bustamante, R. O. (2022). Modelos metapoblacionales y su importancia en ecología: más allá de Richard Levins. *Revista de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos*, 2(1), 21-25.
- Cachay, J. (2021). Turismo vivencial y desarrollo territorial, para una propuesta de zonificación turística para la valoración del territorio en Celendín–Cajamarca.
- Calle-Vaquero, M., García-Hernández, M., y Mendoza de Miguel, S. (2021). Urban planning regulations for tourism in the context of overtourism. Applications in historic centres. *Sustainability*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/su13010070>
- Civitaresi, H. M. y del Valle Colino, E. V. (2019). Turismo, transformaciones territoriales y resiliencia: Bariloche como evidencia de una ciudad turística intermedia argentina. *Reder Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción de Riesgos de Desastres*, 3(1), 41-52. <https://doi.org/10.55467/reder.v3i1.22>
- Colino, E., Civitaresi, H. M., Medina, V. D., y Cavanagh, E. (2018). Bariloche, planeamiento urbano, turismo y transformaciones espaciales de una ciudad intermedia. En A. L. Guerrero, M. de Batista y M. E. Estrada (Coords.), *XII Bienal del Coloquio Transformaciones Territoriales: Interrogantes y desafíos en las territorialidades emergentes* (pp. 23-39). Asociación de Universidades del Grupo Montevideo.
- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2006). *Ordenanza 1594-CM-06. Creación del banco de tierras*.
- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2009). *Ordenanza 1971-CM-09. Prorrogar la emergencia habitacional en el ejido de San Carlos de Bariloche*.
- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2010). *Ordenanza 2080-CM-10. Establecer derecho de participación municipal en renta urbana diferencial generada por acciones urbanísticas*.
- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2011). *Ordenanza 2165-CM-11. Establecer la emergencia habitacional en el ejido de San Carlos de Bariloche*.

- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2024a). Ordenanza 3443-CM-24. *Se declara el estado de emergencia en materia económica, financiera, fiscal, de servicios públicos y habitacional*.
- Concejo Municipal San Carlos de Bariloche. (2024b). Ordenanza 3456-CM-24 *Se crea el observatorio de alquileres de San Carlos de Bariloche*.
- Cravino, M. C. (2021). La ciudad de San Carlos de Bariloche (Argentina): entre la atracción turística y la exclusión urbana. En H. Riquelme Brevis, A. Lazo Corvalán, y F. Oyarce Ortuya (Eds.), *El turismo en el desarrollo de las ciudades. Reflexiones desde el contexto latinoamericano*. Universidad Autónoma de Chile. <https://doi.org/10.32457/UA.74>
- Devia, C. (2023, 11 de junio). *Bariloche: necesitan nombrar médicos pero no encuentran alquileres*. #La17. <https://lu17.com/contenido/38703/bariloche-necesitan-nombrar-medicos-pero-no-encuentran-alquileres>
- Escasez de viviendas y aumento de precios: la crisis habitacional en Bariloche. (2023, 18 de julio). ANB. <https://www.anbariloche.com.ar/noticias/2023/07/18/90328-escasez-de-viviendas-y-aumento-de-precios-la-cri-sis-habitacional-en-bariloche>.
- Gandolfo, G. (2005). *Economic dynamics*. Springer.
- García-Ayllon, S. (2018). Urban transformations as an indicator of unsustainability in the P2P mass tourism phenomenon: The Airbnb case in Spain through three case studies. *Sustainability*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/su10082933>
- Gil, J. y Sequera, J. (2018). Expansión de la ciudad turística y nuevas resistencias. El caso de Airbnb en Madrid. *EMPIRIA Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, (41), 15-32. <https://doi.org/10.5944/empiria.41.2018.22602>
- Gil García, J. (2020). Turistificación, rentas inmobiliarias y acumulación de capital a través de Airbnb. El caso de Valencia. *Cuadernos Geográficos*, 60(1), 95–117. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i1.13916>
- González Loyde, R. (2023). Los oferentes de Airbnb en la financiarización de la vivienda en las áreas centrales de la Ciudad de México. *URBS Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 13(1), 101-107.
- Granero Realini, G. y Alvaredo, C. (2023). *Alquileres temporarios en Argentina. Crecimiento acelerado en el contexto de la crisis habitacional*. Centro de Estudios Metropolitanos.
- Grayling, M. J. (2014). phaseR: An R package for phase plane analysis of autonomous ODE systems. *The R Journal*, 6(2), 43-51.
- Guerra Molina, I. (2018). *La actual controversia entre los límites a la propiedad privada y la regulación de arrendamientos vacacionales mediante plataformas web. El caso de Baleares y Airbnb* [tesis de grado]. Universidad Pontificia Comillas. <http://hdl.handle.net/11531/19133>
- Guevara, T. y Barrios García, G. E. (2023). *Crisis de los inquilinos, subocupación y vacancia de viviendas en San Carlos de Bariloche*. Fundación Ambiente, Desarrollo y Hábitat Sustentables.
- Guevara, T. y Marigo, P. (2022). Acceso al suelo durante la posconvertibilidad: un análisis sobre las políticas públicas en San Carlos de Bariloche (2003-2015). *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 14(1), 90–110. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v14.n1.848>
- Guevara, T. y Wallace, J. (2022). Política de suelo urbano en San Carlos de Bariloche (2001-2019) aportes para un balance crítico. *Urbano (Concepción)*, 25(45), 54-63. <https://doi.org/10.22320/07183607.2022.25.45.05>

- Guevara, T. A., Paolinelli, J., y Marigo, P. (2018). Políticas de producción de suelo. En T. Guevara (Ed.), *Urbanización y hábitat en Bariloche: Ciudades que habitan una ciudad* (pp. 103-121). Editorial UNRN. <https://doi.org/10.4000/books.eunrn.1611>
- Gutiérrez Gallego, M. (2016). *La competencia desleal en el supuesto de AIRBNB* [tesis de grado]. Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/21961>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Censo nacional de población, hogares y viviendas 2001*. Autor.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022). *Censo nacional de población, hogares y viviendas 2022*. Autor.
- Kozulj, R. (2016). *Aproximaciones a la identificación de la actividad económica de San Carlos de Bariloche años 2014-2015*. Universidad Nacional de Río Negro.
- Laguna, M. F., Abramson, G., Kuperman, M. N., Lanata, J. L., y Monjeau, J. A. (2015). Mathematical model of livestock and wildlife: Predation and competition under environmental disturbances. *Ecological Modelling*, 309-310, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.04.020>
- Laibman, D. (1997). *Capitalist macrodynamics: A systematic introduction*. Macmillan.
- Lerena Rongvaux, N. (2022). Tendencias de mercantilización de la vivienda en América Latina: el submercado de alquileres temporarios a través de plataformas digitales. Airbnb en Ciudad de Buenos Aires. *Geograficando*, 18(2), e115. <https://doi.org/10.24215/2346898Xe115>
- Levins, R. (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the ESA*, 15(3), 237-240. <https://doi.org/10.1093/besa/15.3.237>
- Lolich, L. (2011). Los planes urbanos como ordenadores del paisaje cultural patagónico en zonas de frontera. Caso Bariloche, Patagonia argentina (1934-1979). En P. Núñez (Comp.), *Miradas transcordilleranas: Selección de trabajos del IX Congreso Argentino-Chileno de Estudios Históricos e Integración Cultural* (pp. 106-126). IIDyPCa, UNRN-CONICET.
- Malvicino, F. E., Attaguile, M. A., y Ruiz, S. (2021). Impacto del COVID-19 sobre la actividad económica de San Carlos de Bariloche: Una aproximación a partir de indicadores sintéticos. *Cuyonomics Investigaciones en Economía Regional*, 5(8), 40-62. <https://doi.org/10.48162/rev.42.034>
- Malvicino, F. E., Guevara, T. A., y Barrios García, G. E. (2024). ¿Lo que es bueno para el turismo es bueno para todos? Un análisis del impacto del pre-viaje en San Carlos de Bariloche. *Población y Sociedad*, 31(1). <https://doi.org/10.19137/pys-2024-310108>
- Martínez-Caldentey, M. A., Blázquez-Salom, M., y Murray, I. (2020). Habitabilidad y Airbnb: el alquiler de la vivienda en el distrito centro de Madrid. *Cuadernos de Turismo*, (46), 367-393. <https://doi.org/10.6018/turismo.451881>
- Marzal, D. (2023a, 15 de febrero). En Bariloche la falta de alquileres condiciona la vida de los universitarios. *El Cordillerano*. <https://www.rionegro.com.ar/economia/sociedad/en-bariloche-la-falta-de-alquileres-condiciona-la-vida-de-los-universitarios-2745322/>
- Marzal, D. (2023b, 16 de junio). El drama de los alquileres en Bariloche también repercute en los sindicatos. *El Cordillerano*. <https://www.rionegro.com.ar/sociedad/el-drama-de-los-alquileres-en-bariloche-tambien-repercute-en-los-sindicatos/>

- Mendes, J. M. (2010). Estado, frontera y turismo. Historia de San Carlos de Bariloche: Laura Marcela Méndez. Buenos Aires: Prometeo, 300 p. *Desde la Patagonia. Difundiendo Saberes*, 9(14), 27.
- Mendoza, I. y Alcívar, G. L. (2020). La zonificación territorial como instrumento de planificación y gestión de destinos turísticos afectados por desastres naturales: la estrategia posterremoto de 2016 en Portoviejo (Ecuador). *Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.21071/riturem.v4i1.12718>
- Montiel, J. C. (2023, 10 de junio). Médicos y enfermeras que podrían venir a Bariloche afectados por las dificultades al momento de alquilar. *El Cordillerano*. <https://www.elcordillerano.com.ar/noticias/2023/06/10/163053-medicos-y-enfermeras-que-podrian-venir-a-bariloche-afectados-por-las-dificultades-al-momento-de-alquilar>
- Municipio de San Carlos de Bariloche. (2017). *Plan estratégico de turismo sustentable de San Carlos de Bariloche: Visión 2025*. Autor.
- Nieuwland, S., y van Melik, R. (2018). Regulating Airbnb: how cities deal with perceived negative externalities of short-term rentals. *Current Issues in Tourism*, 23(7), 811–825. <https://doi.org/10.1080/13683500.2018.1504899>
- Núñez, P., y Vejsbjerg, L. (2010). El turismo, entre la actividad económica y el derecho social: El Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina, 1934-1955. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 19(6), 930–945.
- Pérez Guerra, J. (2023). Vivienda e informalidad urbana: el caso de Airbnb y sus posibles impactos en un distrito de Lima. *La Colmena*, (16), 19-33. <https://doi.org/10.18800/lacolmena.202301.001>
- Picone, M. A. (2013). La idea del turismo en San Carlos de Bariloche a través de dos guías (1938). *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 22(2), 198-21
- Soetaert, K., Petzoldt, T., y Setzer, R. W. (2010). Solving differential equations in R: Package deSolve. *Journal of Statistical Software*, 33(9), 1–25. <https://doi.org/10.18637/jss.v033.i09>
- Sonaglio, K. y Bueno, L. d. S. (2009). Zonificación, ocupación y uso del suelo por medio del SIG. Una herramienta en la planificación sustentable del turismo. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18(4), 381-399.
- Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L., y Nowak, M. A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. *Nature*, 371, 65-66. <https://doi.org/10.1038/371065a0>
- Vallvé, M. L. T. (2017). Economía colaborativa y alojamiento. En J. J. Montero Pascual (Dir.), *La regulación de la economía colaborativa: Airbnb, BlaBlaCar, Uber y otras plataformas* (pp. 283-325). Tirant lo Blanch.
- Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, 16(2), 97-159. <https://doi.org/10.1093/genetics/16.2.97>
- Yeung, Y. C. y Coyle, D. (2016). *Understanding Airbnb in fourteen European cities*. The Jean-Jacques Laffont Foundation Digital Chair Working Papers.
- Yiu, C.-Y., y Cheung, K.-S. (2021). Urban zoning for sustainable tourism: A continuum of accommodation to enhance city resilience. *Sustainability*, 13(13), 7317. <https://doi.org/10.3390/su13137317>

Anexos

ANEXO 1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL MODELO DE COMPETENCIA METAPOBLACIONAL

El análisis de estabilidad del sistema requiere el estudio del jacobiano (A1.1) evaluado en el equilibrio. En un sistema de 2x2, se estudian los valores de la traza y el determinante que conforman la ecuación característica y definen los valores de las raíces del sistema. El sistema es estable cuando la traza (Tr) es negativa y el determinante (Det) es positivo. El jacobiano evaluado en el equilibrio del modelo de competencia metapoblacional es el siguiente:

$$J_{2x2} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -c_T x_T^* & 0 \\ -(c_T + c_P) x_P^* & -c_P x_{VP}^* \end{bmatrix} \quad (A1.1)$$

La traza obtenida es:

$$Tr = -c_T x_T^* - c_P x_P^* = -(c_T x_T^* + c_P x_P^*) \quad (A1.2)$$

En este caso alcanza con que los componentes de la diagonal principal sean negativos, lo cual se cumple para los valores de equilibrio relevantes (positivos) y mientras los parámetros se asuman positivos. El modelo que incorpora la zonificación se modifica levemente, pero las condiciones de estabilidad son similares.

Ahora bien, es posible analizar las condiciones sobre los parámetros para que los valores de equilibrio sean positivos. En el caso de x_T^* se requiere que la tasa de ocupación (c_T) sea superior a la tasa de desocupación (m_T). En lo que respecta a x_{VP}^* , la condición sobre su tasa de ocupación (c_P) se analizó en la ecuación (8). Sin embargo, es posible hacer un análisis equivalente para la tasa c_T . En este caso, se obtiene una expresión cuadrática en los parámetros que ofrece límites superiores e inferiores. Al reacomodar (8) en función de c_T se obtiene:

$$-c_T^2 + (m_T - m_P)c_T + c_P m_{AT} > 0 \quad (A1.3)$$

Donde la solución requiere hallar las raíces en caso de igualar (A1.3) a cero es:

$$c_{T1,2}^* = \frac{(m_T - m_P)}{2} \pm \frac{\sqrt{(m_T - m_P)^2 + 4c_P m_T}}{2} \quad (A1.4)$$

La expresión (A1.4) permite deducir que los valores de tasa de ocupación c_T son reales, aunque pueden adoptar signo negativo. Si bien es razonable suponer que la tasa de desocupación del AT es mayor a la tasa de desocupación de VP ($m_T > m_P$), el segundo término de la derecha puede ser mayor en valores absolutos al primero y arrojar una raíz real negativa. Sin embargo, este valor quedaría descartado por carecer de sentido socioeconómico. Además, para que los equilibrios sean relevantes, también se debe cumplir que $c_T > m_T$ por lo que c_T queda acotado a los valores positivos.

ANEXO 2. OCUPACIÓN TOTAL CON ZONIFICACIÓN

La ocupación total de parcelas se calcula como la suma de los valores de equilibrio de VP y AT. En el caso sin zonificación tenemos:

$$x_T^* + x_P^* = 1 - \frac{m_T}{c_T} + 1 - \frac{m_P}{c_P} - \left(1 + \frac{c_T}{c_P}\right) \left(1 - \frac{m_T}{c_T}\right) \quad (A2.1)$$

En el modelo con zonificación tenemos nuevos valores de equilibrio que denominamos $(x_{T,Z}^*, x_{P,Z}^*)$ para mayor claridad. La nueva ocupación total es:

$$x_{T,Z}^* + x_{P,Z}^* = 1 - \frac{m_T}{c_T} - Z + 1 - \frac{m_P}{c_P} - \left(1 + \frac{c_T}{c_P}\right) \left(1 - \frac{m_T}{c_T} - Z\right) \quad (A2.2)$$

Si la zonificación permite una mayor ocupación total de parcelas, deberíamos observar que (A2.2) es mayor que (A2.1). La diferencia entre ambas expresiones es:

$$(x_{T,Z}^* + x_{P,Z}^*) - (x_T^* + x_P^*) = -Z - \left(1 + \frac{c_T}{c_P}\right) (-Z) = \frac{c_T}{c_P} Z \quad (A2.3)$$

La expresión (A2.3) es positiva y aumenta con la tasa de zonificación y la relación de tasas de ocupación. Por lo tanto, cuanto mayor sea la tasa de ocupación de AT, mayor es el impacto de la zonificación sobre la ocupación total de parcelas.

ANEXO 3. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD DEL MODELO CON ZONIFICACIÓN Y ACTIVIDAD ECONÓMICA

Del equilibrio obtenido en el modelo (23)-(25) se pueden realizar los sucesivos reemplazos y alcanzar las siguientes expresiones en términos de las isolíneas.

$$x_P^*|_{x_T=0} = \frac{m_T x_T}{p_P(1-Z-x_T)} \quad (A3.1)$$

$$x_P^*|_{x_P=0} = \frac{1}{c_P + p_P x_T} [c_P(1 - x_T) - m_P] \quad (A3.2)$$

$$x_P^*|_{g=0} = \frac{g}{p_P} \quad (A3.3)$$

La ecuación (A3.1) es una expresión no-lineal en . Los valores de equilibrio de las poblaciones deben hallarse entre cero y uno. De la intersección de (A3.1) y (A3.2) se obtiene el valor del crecimiento económico compatible con la población residente.

En el análisis de estabilidad de un sistema de 3x3 aplicamos las condiciones de Routh Hurwitz (Gandolfo, 2005). A partir de un jacobiano de tres dimensiones genérico, como el que se detalla a continuación, se obtienen la traza, el determinante y la suma de los menores principales de segundo orden. Estos valores conforman los parámetros que forman parte de la ecuación característica.

$$J_{3x3} = \begin{pmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{pmatrix}$$

La ecuación característica es:

$$\lambda^3 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda + a_3 = 0$$

Donde los parámetros () son: a_i ($i = 1,2,3$) son:

$$a_1 = -Tr(J_{3x3})$$

$$a_2 = \begin{vmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} J_{11} & J_{13} \\ J_{31} & J_{33} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} J_{22} & J_{23} \\ J_{32} & J_{33} \end{vmatrix}$$

$$a_3 = -Det(J_{3x3})$$

El sistema es estable cuando $a_i > 0$ ($i=1,2,3$) y $b = a_1 a_2 - a_3 > 0$. El sistema definido por las ecuaciones (5.1), (5.2) y (5.3) reviste las siguientes características de estabilidad. El jacobiano valuado en el equilibrio es:

$$J_{3x3} = \begin{bmatrix} -\alpha g^* x_T^* & 0 & \alpha x_T^* (1 - Z - x_T^*) \\ -(c_P + \alpha g^*) x_P^* & -c_P x_P^* & -\alpha x_T^* x_P^* \\ 0 & c_g p_P & -c_g \end{bmatrix} \quad (A3.4)$$

$$a_1 = -Tr(J_{3x3}) = -(-\alpha g^* x_T^* - c_P x_P^* - c_g) > 0 \quad (A3.5)$$

$$a_2 = \alpha g^* x_T^* c_P x_P^* + \alpha g^* x_T^* c_g + c_P x_P^* c_g + \alpha g^* x_T^* x_P^* c_g p_P > 0 \quad (A3.6)$$

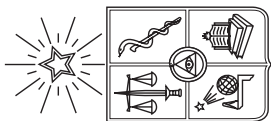
$$a_3 = -[-\alpha g^* x_T^* (c_P c_g x_P^* + \alpha c_g p_P x_T^* x_P^*) - \alpha x_T^* (1 - Z - x_T^*) (c_P + \alpha g^*) x_P^* c_g p_P] > 0 \quad (A3.7)$$

Los tres términos son positivos, por lo que resta analizar el signo de b . Si b adopta un valor mayor a cero, el sistema es estable:

$$b = a_1 a_2 - a_3$$

$$b = (\alpha g^* x_T^* + c_P x_P^* + c_g)(\alpha g^* x_T^* c_P x_P^* + \alpha g^* x_T^* c_g + c_P x_P^* c_g + \alpha g^* x_T^* x_P^* c_g p_P) - \alpha g^* x_T^* (c_P c_g x_P^* + \alpha c_g p_P x_T^* x_P^*) - \alpha x_T^* (1 - Z - x_T^*)(c_P + \alpha g^*) x_P^* c_g p_P \quad (\text{A3.8})$$

revista invi



Revista INVI es una publicación periódica, editada por el Instituto de la Vivienda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, creada en 1986 con el nombre de Boletín INVI. Es una revista académica con cobertura internacional que difunde los avances en el conocimiento sobre la vivienda, el hábitat residencial, los modos de vida y los estudios territoriales. Revista INVI publica contribuciones originales en español, inglés y portugués, privilegiando aquellas que proponen enfoques inter y multidisciplinarios y que son resultado de investigaciones con financiamiento y patrocinio institucional. Se busca, con ello, contribuir al desarrollo del conocimiento científico sobre la vivienda, el hábitat y el territorio y aportar al debate público con publicaciones del más alto nivel académico.

Director: Dr. Jorge Larenas Salas, Universidad de Chile, Chile.

Editor: Dr. Pablo Navarrete-Hernández, Universidad de Chile, Chile.

Editores asociados: Dra. Mónica Aubán Borrell, Universidad de Chile, Chile

Dr. Gabriel Felmer, Universidad de Chile, Chile

Dr. Carlos Lange Valdés, Universidad de Chile, Chile

Dr. Daniel Muñoz Zech, Universidad de Chile, Chile

Dra. Rebeca Silva Roquefort, Universidad de Chile, Chile

Coordinadora editorial: Sandra Rivera Mena, Universidad de Chile, Chile.

Asistente editorial: Katia Venegas Foncea, Universidad de Chile, Chile.

Traductor: Jose Molina Kock, Chile.

Diagramación: Ingrid Rivas, Chile.

Corrección de estilo: Leonardo Reyes Verdugo, Chile.

COMITÉ EDITORIAL:

Dra. Julie-Anne Boudreau, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Victor Delgadillo, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México.

Dra. María Mercedes Di Virgilio, CONICET/ IIGG, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Dr. Ricardo Hurtubia González, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Dra. Irene Molina, Uppsala Universitet, Suecia.

Dr. Gonzalo Lautaro Ojeda Ledesma, Universidad de Valparaíso, Chile.

Dra. Suzana Pasternak, Universidade de São Paulo, Brasil.

Dr. Javier Ruiz Sánchez, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Dra. Elke Schlack Fuhrmann, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Dr. Carlos Alberto Torres Tovar, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Dr. José Francisco Vergara-Perucich, Universidad de Las Américas, Chile

Sitio web: <http://www.revistainvi.uchile.cl/>

Correo electrónico: revistainvi@uchilefau.cl

Licencia de este artículo: Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)