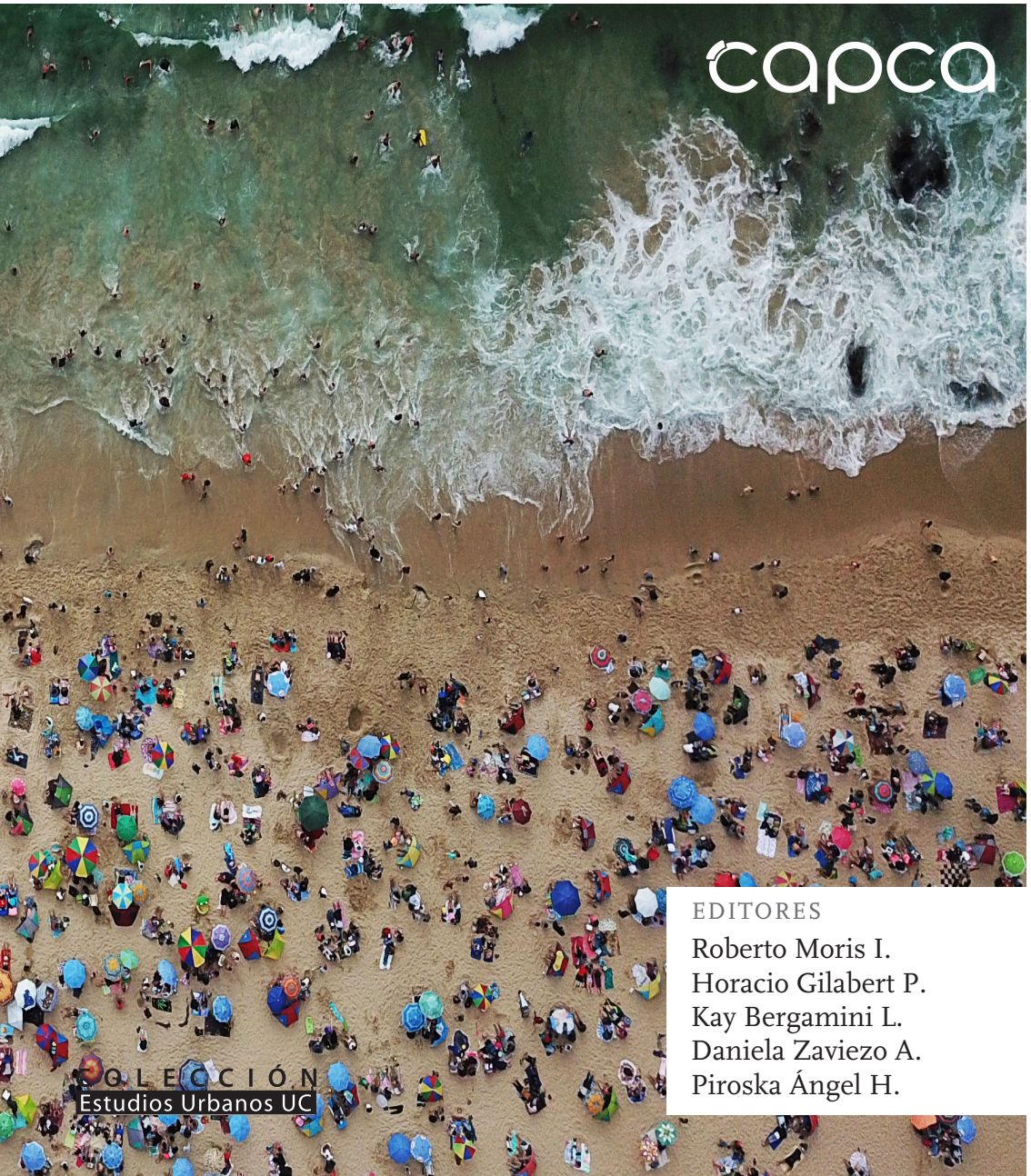
TERRITORIOS DEL MAÑANA

Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable de los territorios



EDITORES
Roberto Moris I.
Horacio Gilabert P.
Kay Bergamini L.
Daniela Zaviezo A.
Piroska Ángel H.

COLECCIÓN
Estudios Urbanos UC

Territorios del mañana

Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable de los territorios

Roberto Moris I.
Horacio Gilabert P.
Kay Bergamini L.
Daniela Zaviezo A.
Piroska Ángel H.
[editores]

Territorios del mañana

Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable de los territorios

COLECCIÓN
Estudios Urbanos UC

RiL editores

312.09 Moris I., Roberto
M Territorios del mañana. Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable / Roberto Moris I., Horacio Gilabert P., Kay Bergamini L., Daniela Zaviezo A., Piroska Ángel H., editores. – – Santiago : RIL editores • Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2022.

308 p. ; 23 cm.
ISBN: 978-956-01-0907-1

1 POBLACIÓN-CHILE. 2. PLANIFICACIÓN URBANA-ASPECTOS SOCIALES-CHILE. 3. DESARROLLO URBANO-ASPECTOS SOCIALES-CHILE

Territorios del mañana.
Modelos predictivos de capacidad de carga
para la gestión sustentable
Primera edición: septiembre de 2022

© Roberto Moris I., Horacio Gilabert P., Kay Bergamini L.,
Daniela Zaviezo A., Piroska Ángel H., 2022
Registro de Propiedad Intelectual
Nº 2022-A-7301

© RIL® editores, 2022

Sede Santiago:
Los Leones 2258
CP 7511055 Providencia
Santiago de Chile
(56) 22 22 38 100
ril@rileditores.com • www.rileditores.com

Sede Valparaíso:
Cochrane 639, of. 92
CP 2361801 Valparaíso • (56) 32 274 6203
valparaiso@rileditores.com

Sede España:
europa@rileditores.com • Barcelona

© Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2022
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Pontificia Universidad Católica de Chile
El Comendador 1916
CP 7520245 Providencia
Santiago de Chile
(56) 22 3545505
https://estudiosurbanos.uc.cl/

Composición e impresión: RIL® editores

Impreso en Chile • *Printed in Chile*

ISBN 978-956-01-0907-1

Derechos reservados.

Índice

Prológo
Magadalena Vicuña, ... 9

Introducción 15

Capítulo 1. El concepto de capacidad de carga

La evolución del concepto de capacidad de carga
Kay Bergamini, Francisca Ibáñez, Piroska Ángel, Andrea Alarcón y Daniela Zaviezo 21

La estrecha relación entre el turismo, la planificación territorial y la capacidad de carga
Piroska Ángel y Daniela Zaviezo 33

Capítulo 2. Medir la capacidad de carga demográfica como herramienta para la toma de decisiones de política pública

¿Por qué y cómo medir la capacidad de carga demográfica?
José Ignacio Medina, Horacio Gilabert, Piroska Ángel y Daniela Zaviezo 39

Una propuesta metodológica para medir la capacidad de carga demográfica
Piroska Ángel, Kay Bergamini, Horacio Gilabert, Cala del Río, Daniela Zaviezo y José Ignacio Medina 49

Capítulo 3. Investigación aplicada: Modelos de Capacidad de Carga Demográfica en Chile

Modelo de Capacidad de Carga para el territorio de Isla de Pascua
Roberto Moris, Kay Bergamini, Horacio Gilabert, Daniela Zaviezo y Piroska Ángel 67

CAPCA, modelo predictor de la capacidad de carga para la gestión sustentable
Roberto Moris, Horacio Gilabert, Kay Bergamini, Daniela Zaviezo, José Ignacio Medina, Rodrigo Culagovski, Cala del Río, Piroska Ángel, Andrea Alarcón y Santiago Díaz de Valdés 119

Capítulo 4. Perspectivas para los modelos de capacidad de carga

Modelos de capacidad de carga, más que un motor de cálculo
Daniela Zaviezo, Piroska Ángel y Roberto Moris 179

Capítulo 5. Investigaciones asociadas

¡Nos llenamos de gente!... clasificación de comunas chilenas según su criticidad por efectos de la capacidad de carga territorial en periodos de mayor población flotante
Francisca Ibáñez 187

Limpieza de playas. ¿Quién, cómo y dónde? Estrategias de recolección y gestión de basura marina en la zona costera de El Quisco
Andrea Alarcón 215

Capacidad de carga sociocultural: una propuesta metodológica para medir el impacto del aumento demográfico en Rapa Nui
Piroska Ángel H. 241

CAPCA: sistema producto + servicio para la entrega de una plataforma de ciudad digital, enfocado en la adopción efectiva
Cala del Río 259

Prológo

Magadalena Vicuña
Instituto de Estudios Urbanos
Pontificia Universidad Católica de Chile

Alcanzar equilibrios entre oferta y demanda de bienes, recursos o servicios constituye hoy una suerte de mandato o imperativo ineludible para la gestión y planificación urbana y territorial. Los procesos de urbanización y transformación de ciudades y territorios, cada vez más rápidos y dinámicos, exigen contar con herramientas precisas y eficaces para planificar y prospectar futuros escenarios para habitar de forma sustentable barrios, ciudades y territorios.

«Territorios del mañana. Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable de los territorios» constituye un significativo aporte a la planificación y gestión urbana y territorial, desde tres dimensiones principales: teórica, práctica y académica. En primer lugar, y desde una perspectiva teórica, cabe destacar el punto de partida de la investigación realizada y la propuesta de CAPCA como monitor de capacidad de carga. Una de las condiciones para la gestión territorial que esta investigación releva como premisa es la incertidumbre, cuestión que viene debatiéndose hace ya un tiempo y que, en el último par de años, evidentemente, ha cobrado mayor relevancia por la crisis que se han superpuesto a partir de 2019.

En este sentido, cobra relevancia una reciente Editorial de la *Revista INVI* (Mayo 2021[1]), en la cual Javier Ruiz Sánchez y Francesco Musco relevan un planteamiento sumamente pertinente: la incertidumbre no solo no invalida la planificación, sino que la hace más imprescindible. Aunque suene paradójico, plantean los autores, planificar en tiempos de incertidumbre sería la única manera de ser capaces de habitar la incertidumbre, condición inherente a los organismos y sistemas complejos.

Esta incertidumbre cobra fuerza también en un país como Chile y ya entrado el siglo XXI, altamente expuesto a riesgos de desastres socionaturales, acrecentados por y sumados al proceso de cambio climático, crisis y vaivenes macroeconómicos y políticos, fallas tecnológicas, fenómenos migratorios, urbanización informal y pandemia. En fin, una serie de condiciones sociales, económicos, culturales y medioambientales que nos indican que los procesos de transformación espacial y territorial no son precisamente lineales. Muy por el contrario, su naturaleza es dinámica y se requiere de nuevos procedimientos y herramientas adaptativas que nos permitan vivir «en» y «con» la incertidumbre propia de la complejidad de ciudades y territorios (Ruiz Sánchez & Musco, 2021).

Los procesos de desarrollo urbano y territorial se ven interrumpidos, desviados, alterados, reconfigurados por eventos que, si bien no son predecibles, según Ruiz Sánchez y Musco (2021), sí son previsibles e imaginables, lo que pone en cuestión tanto nuestro modelo de habitar como nuestras formas de tomar decisiones sobre el modelo de habitar en un marco de incertidumbre creciente. Los autores nos plantean que estamos ante una reivindicación de la validez de la toma de decisiones y la planificación, incluso en situaciones de enfrentamiento a la incertidumbre. El proyecto CAPCA avanza justamente en este sentido.

Ash Amin, en su trabajo «Planificación urbana en un mundo incierto» (2011[2]), plantea que nuestro contexto de incertidumbre interpela fuertemente a las formas tradicionales de planificación urbana y territorial. La planificación urbana tradicional, también conocida como planificación racional-comprehensiva, ha constituido el modelo clásico de prospectar las transformaciones urbanas.

---

1 Sánchez, J. R., & Musco, F. (2021). Incertidumbre. Planificar en marcos de incertidumbre/habitar en tiempos de incertidumbre. *Revista INVI*, *36*(101).

2 Amin, A. (2011). Urban planning in an uncertain world. *The new Blackwell Companion to the city*, 631-642.

Este modelo, denominado «ortodoxo» por Jane Jacobs (1961), ha prevalecido por décadas, buscando la integralidad y exhaustividad del análisis urbano y promoviendo una visión del planificador urbano basada en la ciencia, la racionalidad y, de alguna manera, la superioridad técnica.

Es conocida la crítica a la racionalidad simplificadora de la planificación urbana, la zonificación monofuncional, los grandes conjuntos habitacionales y la entrega del espacio público al automóvil. Este modelo comienza a hacer crisis durante los setenta, principalmente la crítica a los enfoques positivistas y por el énfasis que los enfoques posmodernos ponen en la diversidad y la diferencia, lo que deriva en la necesidad de un estilo de planificación más plural, consciente de las relaciones de poder, y más sensible a las demandas sociales. Cabe traer aquí la crítica de John Friedmann (2020[3]), quien abogaba por una planificación que, dado el contexto de incertidumbre y riesgos propios del desarrollo urbano, pusiera énfasis en la creatividad y emprendimiento de las comunidades, superando dicha tradición vertical y centralista.

La planificación transita desde el paradigma del conocimiento al de la deliberación (Forester, 1996[4]), la cual también evidencia limitaciones, radicadas principalmente en el escepticismo hacia el conocimiento experto y la intervención programática de los territorios (Amin, 2011). Ash Amin plantea entonces una pregunta que parece sumamente válida ante la propuesta presentada en este libro: ¿es posible actuar con autoridad técnica en un mundo urbano incierto sin comprometer el involucramiento de *stakeholders* y la movilización de diversos conocimientos?

Desde una dimensión práctica y de políticas públicas, CAPCA constituye un significativo aporte a la gestión municipal. El reforzamiento de las capacidades municipales en la planificación y gestión de ciudades y territorios, falta de recursos técnicos y la duplicidad de funciones en estamentos públicos, entre otros, son desafíos que enfrentamos cotidianamente. Por otro lado, la pérdida de la confianza en las instituciones y, como señalan los autores de CAPCA, la disponibilidad de tecnologías e información sin filtros, las expectativas

---

3 Friedmann, J. (2020). *Planning in the public domain: From knowledge to action*. Princeton University Press.

4 Forester, J. (1994). Bridging interests and community: advocacy planning and the challenges of deliberative democracy. *Journal of the American Planning Association*, *60*(2), 153-158.

ciudadanas de mayor exigencia y la multiplicación de demandas en contextos de transformación social exigen diagnósticos y acciones prácticamente en tiempo real.

La aplicación del monitor de capacidad de carga para la gestión municipal sustentable tiene el potencial para contribuir a superar, en parte, algunas de estas limitaciones. CAPCA identifica elementos objetivos para hacer supuestos sobre los cuales planificar y tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo. En este sentido, CAPCA constituye una herramienta para la autonomía, descentralización y gobernanza en territorios particularmente estresados, como pueden serlo las áreas urbanas turísticas y costeras o aquellas más expuestas a amenazas socionaturales.

A su vez, el enfoque ecosistémico institucional que propone CAPCA es, sin duda y en todo sentido, un nuevo paradigma para la planificación y gestión territorial, y contribuye a avanzar en uno de los principales objetivos de la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU): implementar en Chile un sistema de planificación urbana integrada, «compuesto simultáneamente por planes de ordenamiento territorial, sistemas de financiamiento y decisiones de inversión, así como herramientas de gestión para el funcionamiento de las actividades y sistemas urbanos» (MINVU, 2014). También en el marco de la PNDU, CAPCA aporta a las capacidades locales de seguimiento y monitoreo de la planificación y gestión urbana, mediante la implementación de diagnósticos dinámicos, y por tanto, de suma utilidad en tanto cuenta con múltiples bajadas y aplicaciones, desde la elaboración de instrumentos de planificación territorial, como planes reguladores comunales, a la integración de dichos diagnósticos en instrumentos de gestión como los planes de desarrollo comunal, entre otros. Destaca el amplio alcance de la propuesta de diagnóstico colaborativo, que contribuye a dar legitimidad a las líneas de base, sus respectivos seguimientos y construcción de escenarios futuros para una toma de decisiones lo más validada y consensuada posible.

En este sentido, constituyen desafíos de implementación para CAPCA la capacidad de gestión local de la plataforma (usabilidad), la disponibilidad de datos y la definición de componentes mínimos para su replicabilidad, calidad y actualización (insumos del modelo estadístico), y por supuesto, el testeo de la capacidad del modelo para predecir indicadores, control y tamizaje de datos. En efecto, la

definición de estándares adaptados a las realidades locales del país constituye un desafío necesario, pero no exento de dificultades.

Los problemas del siglo XXI son cada vez más complejos y crecientemente requieren ser abordados desde la interdisciplina. En este sentido, un tercer plano a destacar de «Territorios del mañana. Modelos predictivos de capacidad de carga para la gestión sustentable de los territorios» lo constituye la integración de reflexiones, aprendizajes y hallazgos que cristalizan en la formulación y concreción de CAPCA, una experiencia notable de investigación interdisciplinaria, de transferencia a la política pública y de vinculación de la UC con el medio. Es destacable la contribución de académicos del Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC en liderar iniciativas de investigación de punta, aplicada a las crecientes demandas de nuestros territorios. En el potencial alcance y escalaridad del Proyecto CAPCA confluyen trayectorias de experiencias de docencia, estudios e investigación de diverso origen, puestas al servicio del ambicioso pero imprescindible e ineludible objetivo de planificar y gestionar territorios sustentables.

Introducción

Es ampliamente reconocido el impacto que ejerce el aumento progresivo de la población sobre los recursos naturales y los entornos vitales (Ganivet, 2020; Khan et al., 2021; Lin et al., 2009; Singer, 1970). Sin embargo, menos atención se ha prestado a la cuantificación del problema (Ganivet, 2020; Lane, 2010). La evaluación de la capacidad de carga demográfica puede ayudar a la comprensión de este proceso y su gestión. No solo porque permite calcular el número óptimo de población para un territorio según la mejor correlación de recursos e impactos, sino que también puede impulsar la equidad y la sostenibilidad en el uso de los recursos de la tierra de acuerdo a sus límites (Peng & Deng, 2021; Seidl & Tisdell, 1999).

El debate sobre la capacidad de carga se inició en 1798 con Thomas R. Malthus, quien señaló que la crisis del planeta surgiría por el crecimiento demográfico. Bajo el supuesto de que, si no se presentaban los mecanismos de control, llegaría el momento en que el planeta no produciría el alimento necesario para el sustento de sus habitantes (Malthus, 1798). Si bien las sociedades han logrado producir los recursos para su subsistencia, en parte gracias a los avances tecnológicos, es importante señalar que, uno de los conceptos claves para entender la crisis ambiental es la capacidad de carga demográfica.

El acelerado crecimiento demográfico, principalmente producto de las mejoras en las condiciones de vida que han influido en el aumento de la esperanza de vida y la disminución de la mortalidad

infantil, junto con el exacerbado consumo del mundo moderno, ha derivado en una tendencia de aumento de demanda de recursos con grandes repercusiones sobre la sostenibilidad del planeta (Ganivet, 2020). Es posible que aquella demanda se ejerza a un ritmo más rápido que su capacidad de regeneración, provocando el desarrollo de conflictos socioambientales como la crisis en la disponibilidad de agua dulce, la deforestación, la desertificación, el calentamiento global, contaminación, entre otros.

Para garantizar el uso de los recursos de la Tierra de manera equitativa y sostenible, es trascendental conocer la capacidad de carga de los territorios, lo que presenta enormes implicancias en la práctica política, económica, educativa y de planificación (Lane, 2010) y es por esto que, con el tiempo, han existido diversos enfoques para su cuantificación.

Los alcances de la crisis global y su correlación con el concepto de capacidad de carga motivan el desarrollo del presente libro, que tiene por objetivo exponer el resultado del proceso de investigación aplicada desarrollada por el Programa Planes y Proyectos Urbanos UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, a partir del desarrollo de una propuesta metodológica para medir la capacidad de carga en una estructura dinámica que apoye la toma de decisiones de políticas públicas.

Dicha propuesta se basa en la experiencia adquirida mediante el desarrollo de dos modelos de cálculo en territorios disímiles, pero experiencias comunes en torno a la presión turística, el aumento demográfico y la tensión que ejercen sobre la calidad de vida de sus residentes.

El primero de ellos se trata del caso Rapa Nui o Isla de Pascua, territorio insular que, producto de su patrimonio arqueológico, la preservación de la cultura viva, su biodiversidad y geografía, se ha consolidado como uno de los destinos turísticos más importantes de Chile. Sin embargo, esta condición ha significado un aumento de la actividad turística y de la demografía en las últimas tres décadas, con diversos beneficios, desventajas y vulnerabilidades (Ángel, 2017; Ilustre Municipalidad de Isla de Pascua, 2019). El estudio para el cálculo de la capacidad de carga demográfica fue realizado entre agosto de 2016 y diciembre de 2017, en el contexto de un convenio de cooperación e investigación aplicada firmado entre el Ministerio del Interior y Seguridad Pública de Chile, a través de la Subsecretaría

de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) y la Pontificia Universidad Católica de Chile. Dicho estudio derivó en el principal instrumento para la implementación de la Ley 21.070 que regula el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de Isla de Pascua.

Entre sus alcances, dicha ley estipula la necesidad de contar con un instrumento técnico que permita calcular la capacidad de carga demográfica de Rapa Nui. Esto considerando un set de variables, como también los periodos de latencia y saturación que fundamenten un Plan de Gestión de Carga Demográfica, instrumento de integración de políticas públicas destinadas a velar por el desarrollo sustentable de la isla.

El segundo caso se sitúa en El Quisco, comuna costera de la zona central de Chile de la Región de Valparaíso, localizada a 114 kilómetros aproximadamente de la ciudad capital Santiago. Esta zona destaca por sus playas y por ser uno de los principales destinos turísticos de los residentes de la Región Metropolitana de Santiago. Esto ha incidido en el progresivo aumento de la segunda residencia y en las actividades turísticas que ha presionado la capacidad comunal de entregar servicios adecuados (Moris et al., 2021; Alarcón, 2020).

El año 2019 el equipo de investigación se adjudicó el concurso FONDEF-IT de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), obteniendo financiamiento para el desarrollo del proyecto «Modelo predictor de la capacidad de carga para la gestión sustentable» para el desarrollo de un *software* «CAPCA» de modelación de la capacidad de carga orientado a la gestión municipal. Con el objetivo de que los municipios puedan conocer anticipadamente los impactos del aumento demográfico sobre el medioambiente, los servicios básicos, la economía y otras variables. El estudio considera a la comuna de El Quisco como caso de estudio para el desarrollo del *software* y la implementación del proceso de pilotaje.

El libro se compone de seis capítulos. El primero de ellos expone la evolución del concepto de capacidad de carga como consecuencia de las transformaciones en el contexto histórico, político y epistemológico para luego, transitar a sus diversos enfoques y dimensiones. A su vez, el capítulo aborda la relación que existe entre dicho concepto, el turismo y la planificación territorial.

El segundo capítulo busca dilucidar por qué y cómo medir la capacidad de carga en contextos urbanos desde una revisión conceptual

para, luego, presentar una propuesta metodológica construida a partir de la experiencia de los dos casos de estudio. Asimismo, propone una carta de navegación que pueda servir para la aplicación de la herramienta en otros casos o territorios.

El tercer y cuarto capítulo abordan en profundidad la construcción de la herramienta de cálculo para los casos de estudio: el Modelo de Capacidad de Carga para Isla de Pascua y el caso de CAPCA o modelo de capacidad de carga para El Quisco, respectivamente.

El quinto capítulo aborda la discusión y plantea una serie de conclusiones a partir de todos los temas tratados en el libro. Finalmente, el sexto y último capítulo presenta un resumen de las tesis de pregrado y magíster desarrolladas en el marco de los proyectos de Isla de Pascua y Capca.

Capítulo 1
El concepto de capacidad de carga

La evolución del concepto de capacidad de carga

Kay Bergamini[1]
Francisca Ibáñez[2]
Piroska Ángel[3]
Andrea Alarcón[4]
Daniela Zaviezo[5]

El concepto de capacidad de carga podría ser actualmente uno de los más populares en la política ambiental, además de uno de los más versátiles. Y, aunque el economista Thomas Robert Malthus nunca lo ocupó como tal, se le considera como el punto de inicio de esta idea (Baby, 2014; Chen et al., 2011; Cohen, 1995; Lane, 2010; Sayre, 2008; H. Shi et al., 2016; C. Wei et al., 2014).

1 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. kbergani@uc.cl
2 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. fdibanez@uc.cl
3 Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl
4 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. afalarcon@uc.cl
5 Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl

En 1798, Malthus ya manifestaba su preocupación por la llamada «explosión demográfica» de la época, dado el rápido aumento de población en el planeta versus la cantidad de alimento que era necesario producir para lograr mantener a sus habitantes (Wei et al., 2014). Él explica la capacidad de carga como un indicador dinámico entre la cantidad de individuos y los límites que pone la naturaleza a su crecimiento, considerando el incremento —o no— anual de alimentos que se pueda producir. Además, plantea que la tasa de crecimiento de la población siempre ganaría en comparación con la tasa de crecimiento de alimentos, pero actualmente, los cambios tecnológicos han favorecido a la expansión de la capacidad de carga del planeta, permitiendo, a su vez, un aumento en la cantidad de gente que puede habitar en ella (Cohen, 1995).

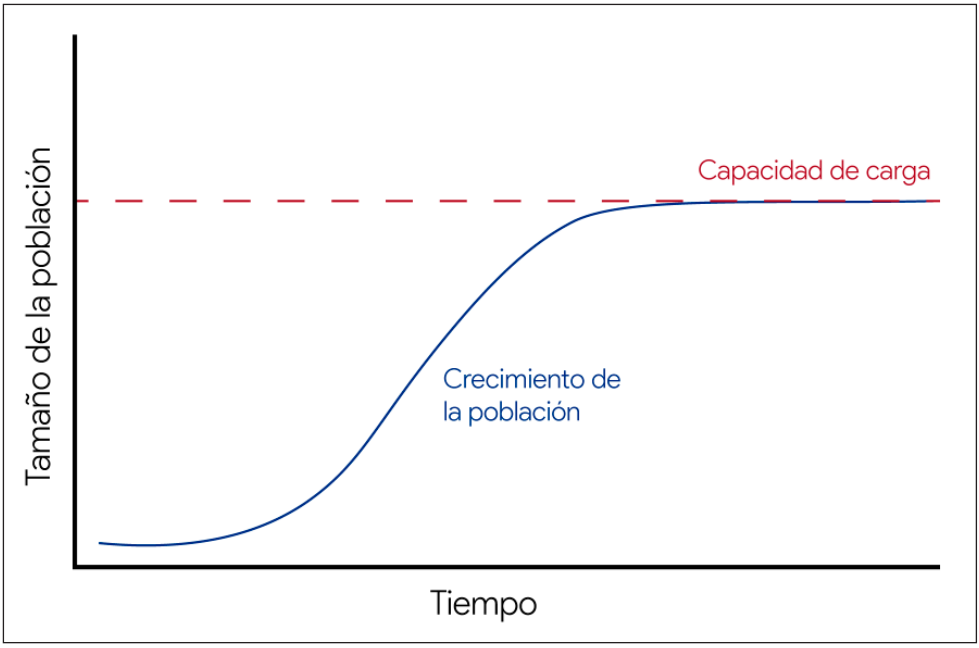
En 1820 y en respuesta a Malthus, William Godwin calcula el número total de seres humanos que podría soportar la Tierra, llegando a la cifra de nueve mil millones de personas. Godwin fue uno de los primeros que intentaron estimar este número, pero nunca se refirió a este como la capacidad de carga demográfica de la Tierra propiamente tal (Sayre, 2008). Unos años más tarde, en 1838, el ecologista Pierre-Françoise Verhulst aplica la idea de Malthus en cuestiones de la población humana, nuevamente aludiendo al crecimiento de la población como un problema dado el posible agotamiento de recursos, explicando que el crecimiento de la población debe tener un límite (Price, 1999; Sayre, 2008).

Con los años, la idea de capacidad de carga comenzó a expandirse hacia otros campos de las ciencias, apareciendo el concepto como tal por primera vez en el Anuario de 1906 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Price, 1999). El término resultó útil para Hardween y Palmer, que en 1922 lo utilizan aplicado a la ecología, asociando las dinámicas entre herbívoros domésticos (población ganadera) y ambiente. Buscaban determinar cuántos animales podían estar en un área sin causar un deterioro irremediable en ella, en otras palabras, querían encontrar la cantidad límite de animales pastando en un lugar particular sin dañarlo (Dias Cordeiro, Körössy, & Fragoso Selva, 2012; Price, 1999; Shi et al., 2016), es decir, la conceptualización se instaura para la gestión de los pastizales con el fin de avaluar la tasa de sostenibilidad del ganado (Kessler, 1994; Liu & Borthwick, 2011).

Posteriormente, en 1933, Leopold tomó los estudios de Hardween y Palmer para aplicarlos a herbívoros salvajes. Desde este punto, el concepto de capacidad de carga comenzó a abrirse camino entre los libros de texto (Price, 1999).

En 1953, Eugene Odum en su libro *Fundamentals of Ecology*, le acuñó una expresión matemática al término con ayuda de la ecuación logística K propuesta años antes por Raymond Pearl y Lowell Reed para modelos generales de crecimiento de la población (Price, 1999). Pearl y Reed, al igual que Malthus, razonaron que debe haber algún límite absoluto más allá del cual sería imposible un mayor crecimiento de la población, y que la tasa de crecimiento se reduciría a medida que se acercara a ese límite, el cual sería la capacidad de carga (Kessler, 1994; Pearl & Reed, 1920; Price, 1999). Por lo tanto,el modelo logístico de la capacidad de carga implicaría dos ideas principales, primero, que el medioambiente establece un límite constante para el crecimiento de las poblaciones, y segundo, que las poblaciones crecen hasta que se estabilizan en ese límite (Price, 1999). Lo anterior, se puede apreciar en la figura 1.

Figura 1. Capacidad de carga como asíntota de la curva de crecimiento de la población en el tiempo

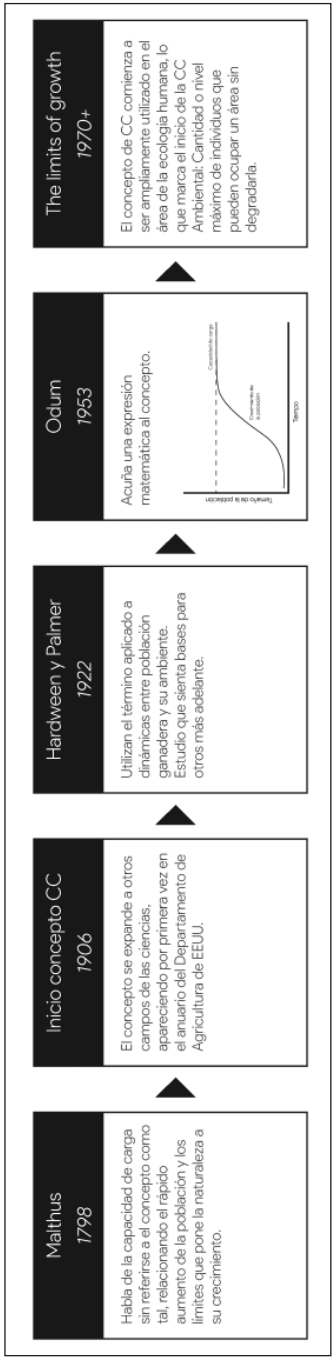


Fuente: Elaboración propia sobre la base de Prince (1999).

A partir de 1960 los trabajos transitaron en una línea de investigación asociada a calcular el número de visitantes que pueden hacer uso de un área recreativa natural, sin abatir sus características ecológicas esenciales. Esta nueva corriente nace a partir del interés por la planificación turística (Bretlaender & Toth, 2014; Byron et al., 2011; Shi et al., 2016) debido a la toma de conciencia de los impactos generados por el turismo de masas y su incidencia en el uso excesivo de los recursos naturales (Oreja-Rodríguez & Yanes-Estévez, 2007). De hecho, el ecoturismo y turismo sostenible reconoce que la planificación turística se basa en dos criterios importantes: los recursos turísticos locales y la capacidad de carga del ecoturismo, a saber, velar para que el turismo proteja el medioambiente y asegure la conservación de las áreas naturales investigando su Capacidad de Carga Ambiental (Shi et al., 2015).

Alrededor de los años 70, luego de la publicación del libro The limits to Gorwth, el cual, mediante una investigación de dinámica de sistemas, toma nuevamente la idea de que el crecimiento de la población y el capital productivo que esta tiene versus la producción de alimentos, consumo de recursos y contaminación, podrían llevar a un posible colapso global y, por lo tanto, existirían límites sostenibles para que aquello no ocurra ligados a fuentes renovables y no renovables, y a los distintos sumideros de residuos o contaminación (Meadows et al., 1972). Con ello, la capacidad de carga comenzó a ser ampliamente utilizada en el área de la ecología humana, enfocándose en tamaños máximos de la población y escalas socioeconómicas con relación a recursos y el medioambiente (Shi et al., 2016).

Figura 2. Evolución del concepto de capacidad de carga en el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

En 1975, Godschalk y Parker exploraron el uso de tres tipos de capacidad de carga, ambiental, institucional y perceptual en sistemas naturales y artificiales. Estos fueron los inicios de la capacidad de carga ambiental, la cual se convertiría en una importante herramienta para la planificación y gestión de los territorios (Liu & Borthwick, 2011).

Posteriormente, la visión de capacidad de carga se fue desarrollando desde nuevos puntos de vista, considerando en el análisis aspectos biofísicos, sociales, culturales, humanos, de percepción, institucionales, turísticos y económicos, entre otros (Baby, 2014; Kessler, 1994; Liu & Borthwick, 2011; Seidl & Tisdell, 1999; Shi et al., 2016). Desde aquí, diversas áreas de las ciencias naturales y sociales han abordado el concepto, creando debates y críticas del mismo (Sayre, 2008).

El concepto también se ha denominado capacidad ecológica, resiliencia ecológica y Capacidad de Carga Ecológica cuando se aplica a sistemas locales, regionales y urbanos. Evolucionando luego hacia la Capacidad de Carga Social, Capacidad de Carga Cultural y la Capacidad de Carga Turística (Liu & Borthwick, 2011). Actualmente se utiliza en el manejo de la vida silvestre, química, medicina, economía, antropología, biología de las poblaciones e ingeniería y mecánica de materiales. Pero, por sobre todo, se utiliza junto con argumentos neo-Maltusianos, en relación con el crecimiento de la población y los recursos mundiales que esto implica (Sayre, 2008).

A su vez, y dado que distintas áreas del conocimiento han estudiado el concepto, este se define a partir de varios aspectos diferentes que abarcan tres dimensiones principales: biofísica (ecológica o calidad ambiental), social (cultural humana) y económica. En consecuencia, desde aquí nacen enfoques que integran estos aspectos multidimensionalmente (Cohen, 1995; Shi et al., 2016). Es así como aparecen los conceptos de capacidad de carga de recursos, capacidad de carga ecológica, capacidad de carga ambiental, entre otros (Wei et al., 2014). Es por esto que los estudios de capacidad de carga buscan el límite biofísico donde, si es que se cruza, se amenaza con la integridad del ambiente (Dias Cordeiro et al., 2012).

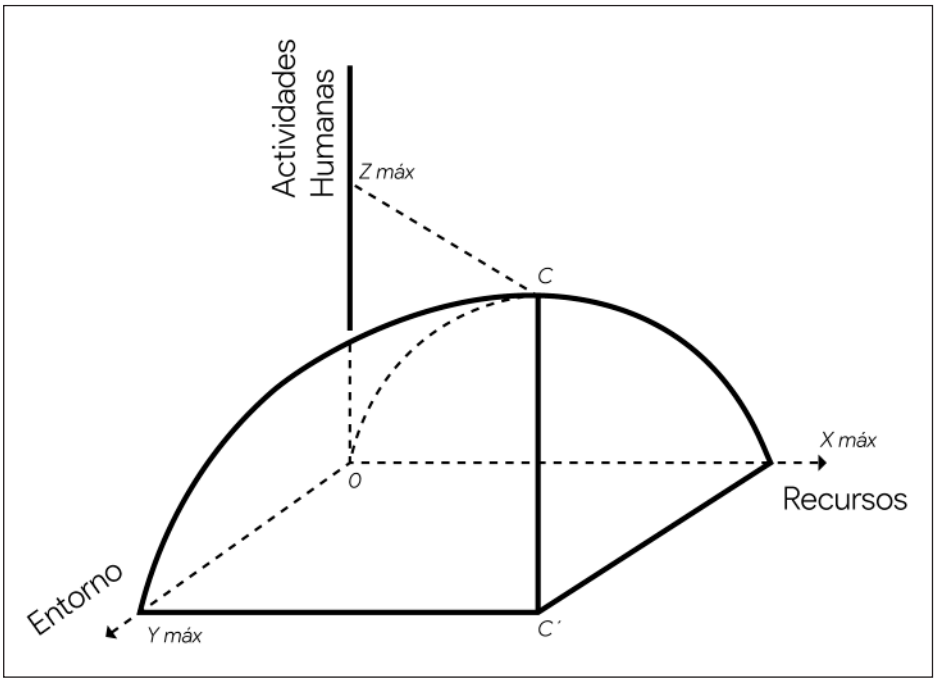
Todos los nuevos usos del concepto hacen alusión a una idea básica, la cantidad de elementos X que pueden estar en una cantidad fija de Y. Desde allí, se intenta determinar un límite máximo u óptimo para X. En relación con lo expuesto, la definición general de lo que se

va a entender por capacidad de carga es la cantidad o nivel máximo de individuos que pueden ocupar un área determinada sin degradarla (Cohen, 1995; Sayre, 2008). En la práctica, la capacidad de carga se estima comparando el estrés sobre el medioambiente (demanda de recursos o huella ecológica) con los umbrales ambientales (recursos disponibles o capacidad ecológica) (Liu & Borthwick, 2011).

Una de las definiciones más comunes de la capacidad de carga se asocia a la máxima población que puede soportar un determinado hábitat sin dañar de forma permanente la productividad del ecosistema del que depende esa población (Agencia Europea de Medio Ambiente, 1998). De dicha descripción se desprende que el concepto tiene una estrecha relación con la ecología. Sin embargo, desde su postulado inicial ha ido evolucionando como consecuencia de las transformaciones en el contexto político y epistemológico (Coccossis, 2004). En ese sentido, la capacidad de carga en contextos modernos interpela al número de seres humanos que pueden hacer uso de un espacio sin degradar su entorno natural, cultural y social, con el fin último de mantener la calidad de vida deseada en un largo plazo (Abernethy, 2001).

A partir de este fundamento y, con el desarrollo y auge del paradigma de sustentabilidad, el concepto ha adquirido mayor protagonismo (Baños-González et al., 2013; Navarro Jurado et al., 2012) considerando que la capacidad de carga se puede vincular de manera estrecha con la visión de sustentabilidad (Abernethy, 2001). Bajo estas nuevas perspectivas, el concepto ha adquirido mayor complejidad desde el aspecto metodológico, es decir, cómo medir la capacidad de carga considerando aspectos ecológicos, sociales y culturales. Lo anterior se puede ver en la figura 3, donde se presentan dos categorías, el cuerpo de carga, asociado a recursos y entorno (natural, cultural, social, físico, entre otros), y el cuerpo de presión, el cual está relacionado con las actividades humanas en el territorio.

Figura 3. Modelo conceptual de capacidad de carga



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Dan-lin & Han-ying (2002).

Los enfoques anteriores, de alguna forma permitían establecer límites numéricos, por ejemplo, el número máximo de personas que podía visitar un sitio turístico, tal como permite la metodología desarrollada por Miguel Cifuentes (1992) que, gracias a su procedimiento de cálculo sencillo y útil ha sido utilizado en diversos estudios (Cifuentes et al., 1999; Dias e Cordeiro, Körössy, & Fragoso Selva, 2012; Segrado et al., 2008; Soria-Díaz & Soria-Solano, 2015). A pesar de esto, con los nuevos rumbos, no es posible encontrar un solo número (Buckley, 1999; Navarro Jurado et al., 2012). Lo anterior ha incidido en que muchas veces este enfoque pierda su horizonte práctico, siendo escasos los estudios que abordan impactos más complejos a nivel territorial (López Bonilla & López Bonilla, 2008; Navarro Jurado et al., 2012).

Actualmente, se han llevado a cabo estudios de capacidad de carga basados en diferentes teorías, en los cuales se han aplicado distintos enfoques de investigación, tales como la capacidad de carga turística (PAP, 1997; Hernández, 2000; Echamendi, 2001; Botero

et al., 2008; Cócola Gant, 2016; Amer, 2009; Navarro et al., 2012; Navarro et al., 2013; Neuts, 2012; Coccosiss, 2001; Carrascal, 1998; Segrado et al., 2008), capacidad de carga ecológica (Kang et al., 2010; Fang et al., 2017; Liu & Borthwick, 2011; Shi et al., 2016), capacidad de carga humana (Graymore et al., 2010), capacidad de carga regional (Dan-lin & Han-ying, 2002) y capacidad de carga urbana (ILPWRM, 2012; Wei et al., 2015; Wei et al., 2016), donde la integración de estas dimensiones analíticas se vuelven fundamentales al establecer un marco de evaluación de capacidad de carga para los administradores de áreas urbanas.

En relación con la Capacidad de Carga Turística, la definición que más se destaca es la correspondiente a la Organización Mundial del Turismo, la cual plantea que es «el número máximo de personas que pueden visitar un destino turístico al mismo tiempo sin causar destrucción del entorno físico, económico o sociocultural y una disminución inaceptable de la calidad de la satisfacción del turista» (PAP, 1997; Segrado et al., 2008; Navarro et al., 2013). En cuanto a la capacidad de carga ecológica, esta se refiere al límite propuesto a los recursos naturales, capacidad de asimilación ambiental, servicios de los ecosistemas y la capacidad de apoyo de la sociedad que permita llevar a cabo actividades socioeconómicas sin causar daños o alteraciones a las funciones o estructuras del medioambiente (Liu & Borthwick, 2011).

Por su parte, la capacidad de carga humana está definida como la capacidad de recuperación del sistema ambiental, donde se puedan absorber los impactos de las perturbaciones antrópicas sin modificar su función o estado (Graymore et al., 2010). Respecto a la capacidad de carga regional, esta se basa en la capacidad sistemática de una sociedad para mantener cierto número de población y producción socioeconómica, y a su vez pueda mantener una tasa de explotación de recursos razonable (Dan-lin & Han-ying, 2002).

Finalmente, es la capacidad de carga urbana la que hace referencia al límite del desarrollo urbano para satisfacer óptimamente las demandas de la población de un área urbana en específico, considerando el sistema natural y sus componentes artificiales. En esta capacidad se consideran diferentes factores, tales como el impacto al medioambiente, disponibilidad de recursos naturales, infraestructura y servicios, la percepción pública, contexto institucional y el apoyo de la sociedad (Wei et al., 2015). Es preciso destacar que es

con este enfoque que la capacidad de carga toma relevancia en la planificación y gestión urbana ya que, al contemplar la capacidad de carga urbana en estos ámbitos, contribuye a un alto grado de satisfacción de sus residentes en cuanto a su conexión con la ciudad a nivel físico, cultural y espiritual, esto debido a sus servicios urbanos funcionales, calidad ambiental, sistema de transporte óptimo y un grato ambiente cívico (Wei et al., 2015).

Lo anterior se puede cumplir mediante la definición de límites, logrando un equilibrio entre el sistema natural y los componentes artificiales, los cuales deben satisfacer adecuadamente las demandas humanas (Wei et al., 2015).

A partir de ello, se puede señalar que la capacidad de carga de un territorio no es fija, por ende, puede aumentar o disminuir mediante el mejoramiento o deterioro de la infraestructura, el uso de tecnologías, las preferencias de los residentes, la inversión, los patrones de consumo, los estilos de vida, la disminución de la capacidad de regeneración de los recursos naturales, el cambio climático, la resiliencia de las especies, entre otros (Graymore et al., 2010; McKeon et al., 2009; Navarro Jurado et al., 2012; Shi et al., 2016; Taiwo et al., 2017; Wei et al., 2015, 2016) y en consecuencia debe ser entendida de manera dinámica.

Lane (2010) considera que algunos de los criterios para la evaluación de la capacidad de carga que se deben considerar son: la tecnología; las condiciones ambientales; los valores morales; los niveles y la distribución del bienestar social; permitir la elección de hábitos culturales como la dieta y la tradición; considerar respuestas dinámicas en el tiempo y variaciones aleatorias; evaluar los niveles de impacto y riesgo; considerar las limitaciones de los recursos, de los sistemas espaciales, biológicos y climáticos, entre otros aspectos. A su vez, se considera trascendente el uso de datos creíbles que permitan otorgar información para la planificación orientada en un largo plazo.

Dimensiones de la capacidad de carga

A partir de la revisión bibliográfica, se puede identificar que las variables afectadas por los flujos y el aumento demográfico progresivo se pueden organizar en cinco dimensiones: 1) Sociocultural; 2)

Medioambiental; 3) Infraestructura; 4) Territorial; 5) Socioeconómica; las cuales son detalladas en la figura a continuación.

Figura 4. Variables identificadas respecto a la capacidad de carga

Dimensiones de la Capacidad de Carga

SOCIOCULTURAL	Cobertura del orden público y aumento del crímen	Pérdida de la identidad cultural	Convivencia entre residentes y migrantes		
	Allegamiento	Turistificación	Deterioro del patrimonio arqueológico o arquitectónico	Convivencia entre residentes y turistas	
MEDIOAMBIENTAL	Contaminación acústica	Degradación paisajística	Superficie de solana de playa	Calidad del aire	Generación de residuos
	Calidad del agua de mar	Biodiversidad	Erosión de suelo	Especies y plagas introducidas	Contaminación y sobreexplotación de recursos naturales
INFRAESTRUCTURA	Cobertura de agua potable	Cobertura de la red de distribución eléctrica	Capacidad de recolección de residuos sólidos domiciliarios	Capacidad de red vial y cobertura de transporte	
	Cobertura del sistema de evacuación de agua potable	Cobertura distribución de gas	Cobertura red de telecomunicaciones	Capacidad de carga del servicio de atención de salud	Capacidad de carga del servicio de educación
TERRITORIAL	Superficie de espacios públicos	Gestión de aseo y ornato			
	Densificación y expansión urbana	Cambios de uso de suelo			
SOCIOECONÓMICA	Inflación	Estacionalidad del empleo	Escasa diversificación económica (centrada en turismo y sector terciario)		
	Deterioro de la calidad de la experiencia turística	Aumento del gasto público en mantenimiento de la infraestructura urbana			

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se produce un sobreimpulso de población, los ecosistemas y diversas variables territoriales se ven estresados, lo que se traduce en problemas económicos, tensiones sociales, migración forzada, mortalidad, reducción en la esperanza de vida, conflictos grupales, concatenando el rebasamiento del sistema cuando la capacidad de carga es excedida (Poster, 1994; Taiwo et al., 2017).

La estrecha relación entre el turismo, la planificación territorial y la capacidad de carga

Piroska Ángel[1]
Daniela Zaviezo[2]

Como se ha mencionado con anterioridad, la capacidad de carga es un concepto que se ha utilizado ampliamente en los estudios de turismo y recreación desde la década de 1960, reforzado por el discurso del turismo sostenible o sustentable, situándose como uno de los primeros instrumentos para definir sus límites de crecimiento (Kennell, 2016). De hecho, la Organización Mundial de Turismo propone una definición de capacidad de carga como el número máximo de personas que pueden visitar un destino turístico al mismo tiempo, sin causar la destrucción del entorno físico, económico, sociocultural y una disminución inaceptable en la calidad de la satisfacción de los visitantes (UNWTO, 1981). Lo anterior, debido a que el turismo como actividad económica ha sido cuestionado por las fricciones que puede causar sobre un territorio, a pesar de la importancia que puede ejercer sobre la economía local y el mejoramiento de la calidad de

1 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl
2 Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl

vida de los residentes (Ángel, 2017; Gómez Bruna & Martín Duque, 2019; Jurowski & Gursoy, 2004; Ko & Stewart, 2002; Moris et al., 2021; Tarlombani da Silveira, 2005).

Ello ha promovido la inclusión del principio de sustentabilidad en la actividad, con el fin de gestionar y prevenir los impactos negativos que se han ido desarrollando, tales como la transformación de los lugares, los efectos de la masificación temporal o el aumento demográfico, pérdida de biodiversidad, exclusión de la comunidad, monopolios multinacionales, entre otros (Almeida-García et al., 2016; Maldonado, 2006; Tarlombani da Silveira, 2005).

Es claro que, uno de los efectos negativos de la consolidación turística es la explosión demográfica, tanto de turistas y nuevos residentes, producto de la llegada de nuevos habitantes atraídos por las posibilidades económicas que brinda la actividad. Para dicho efecto, parte importante de la bibliografía que intenta dilucidar y dar respuesta a este tipo de problemáticas y su manifestación en las diferentes componentes territoriales deriva del concepto de capacidad de carga. En particular a partir del reconocimiento de que cuando se desborda la capacidad de los sistemas locales, se genera un declive, no solo en los entornos vitales, sino también en el patrimonio local y en la calidad de vida de los residentes (Ángel, 2017; Bergamini et al., 2021; Ibáñez, 2021; Moris et al., 2021; Prats, 2002).

Por otra parte, es importante hacer énfasis en aquellos territorios especialmente vulnerables. El desarrollo económico de las islas, principalmente las pequeñas, depende en gran medida de los países continentales, debido a la escasa disponibilidad de recursos y activos locales (Baldacchino, 2020), una diversificación económica limitada, fragilidad ecológica, aislamiento geográfico y la falta de conectividad efectiva y eficiente que impide la integración en la economía mundial (Puig-Cabrera & Foronda-Robles, 2019; Vítová et al., 2019). Por ello, las economías isleñas suelen beneficiarse de la actividad turística (Vítová et al., 2019) situándose en una de sus principales industrias, a partir de la creación de empleos, generación de ingresos, la educación, reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible, posicionando al turismo como un impulsor para mejorar la calidad de vida de los territorios insulares, así como convertir sus vulnerabilidades en ventajas competitivas (Puig-Cabrera & Foronda-Robles, 2019). No obstante, la actividad turística puede también provocar impactos perjudiciales, tales como la degradación del paisaje, de la calidad

de vida y del medioambiente y, por esto, requiere consideraciones especiales, debido a que existen características distintivas de las islas, como territorios frágiles, aspectos históricos y socioculturales que pueden dar lugar a desafíos únicos en torno a la capacidad de carga.

Por otra parte, la planificación territorial es un proceso deliberado y continuo que tiene por objetivo central organizar el desarrollo territorial para promover a su vez el desarrollo sustentable, la calidad de vida deseada y el bienestar social para sus habitantes, vale decir, es un proceso fundamental para prevenir o mitigar el desarrollo de conflictos socioambientales (Bush & Doyon, 2019; Berke & Conroy, 2000). A su vez, corresponde a una etapa posterior al diagnóstico, que hace posible anticipar los posibles cambios, efectos, impactos que se generan en el entorno y, por efecto, medir la capacidad de carga es un insumo relevante para la planificación territorial y la toma de decisiones informada, considerando que la gestión de un territorio, el cual se ve sometido periódicamente a ciclos previsibles de demanda o carga, debería ser anticipatorio en lugar de reactivo.

En el caso de comunas o territorios que reciben turistas, por ejemplo, la capacidad de la infraestructura de servicios básicos debe anticiparse al flujo de individuos que llegan en los periodos de vacaciones. No obstante, el desarrollo de cualquier política pública y posterior planificación territorial implica un largo proceso de toma de decisiones y una de las piedras angulares de este proceso es la disposición de información adecuada (Manteiga, 2000).

La gestión local cuenta con una serie de instrumentos de planificación y operación (Planes reguladores, Planes de Desarrollo Comunal, Ordenanzas, Inversiones, etc.) que les ayudan a distinguir los problemas que los territorios enfrentan; sin embargo, estas herramientas carecen de las capacidades de integración de antecedentes de manera adecuada para fundamentar sus acciones, y al mismo tiempo, son estáticas, por lo tanto, no son capaces de proyectar resultados en el tiempo.

Si bien es cierto, con el objetivo de apoyar estos procesos se han venido desarrollando diversas estrategias de colaboración, incorporando la tecnología disponible, tales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten gestionar información geoespacial o las Infraestructuras de Datos Especiales (IDE) que permiten integrar herramientas de código abierto y cerrado en función de objetivos específicos (Rajabifard et al., 2016), en la práctica,

ambos recursos han demostrado bajos niveles de integración de datos y utilización en los gobiernos municipales.

Asimismo, numerosas comunas enfrentan el colapso de sus sistemas naturales y de sus servicios frente al aumento de población, ya sea en época estival (población flotante), como por un incremento producto de la migración desde el campo a la ciudad o por amenidad; con pocas posibilidades de conocer de manera cierta la magnitud de este impacto, así como su proyección en el tiempo. Por lo tanto, existe un problema en la carencia de información integrada a nivel territorial que alerte respecto de los problemas ambientales, urbanos y sociales que en él se podrían desencadenar producto del aumento explosivo y/o constante de la población.

Hasta el momento, en general, la planificación del territorio se realiza de manera reactiva y sin un análisis integrado de la información disponible (tanto municipal como sectorial). Por lo tanto, las decisiones respecto de proyectos sociales y/o de inversión se toman de manera aislada sin que sea posible medir su impacto sobre otras variables de interés para el territorio, y sobre todo sin saber si efectivamente son prioritarias frente a los problemas que enfrenta una localidad.

El desarrollo de herramientas para medir la CC debe contemplar que estos instrumentos sean funcionales a la planificación y gestión de territorios, con el fin de informar o dar cuenta de aquellos factores desarrollados a partir del aumento demográfico que impactan la calidad de vida de los residentes y sus posibilidades de sustentabilidad en un corto, mediano y largo plazo. Su desarrollo debería considerar la oportunidad de recopilar, integrar y analizar información disponible a manera de generar proyecciones que permitan comprender los impactos demográficos, entregando indicadores necesarios para la toma de decisiones que permitan anteponerse a las crisis ambientales, económicas y sociales que podrían producirse.

Capítulo 2
Medir la capacidad de carga demográfica como herramienta para la toma de decisiones de política pública

¿Por qué y cómo medir la capacidad de carga demográfica?

José Ignacio Medina[1]
Horacio Gilabert[2]
Piroska Ángel[3]
Daniela Zaviezo[4]

Cuando el deterioro ambiental se transforma en una reconocida preocupación, por lo general, existen datos científicos que avalan el problema. Para hacer útil esa información, es necesario traducir las observaciones científicas y la abundante información en un número reducido de parámetros capaces de ofrecer información útil, a nivel político, sobre el problema, sus causas, su situación y sus tendencias. Estos parámetros, o indicadores, pueden ser simples o compuestos, siendo la capacidad de carga uno de estos últimos.

El ejercicio de medir la capacidad de carga tiene ventajas evidentes a nivel local, dada la posibilidad de predecir estados de latencia y saturación en diferentes componentes territoriales (sociales,

1 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. jose.medina@uc.cl
2 Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. hgilab@uc.cl
3 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontiaficia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl
4 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl

culturales, ambientales, económicos, normativos, políticos, entre otros). Esto posibilita la identificación oportuna de futuros problemas, para los cuales se puede tener claro un margen de acción para la formulación de planes, estrategias e inversiones que permitan evitar la superación de sus umbrales, dada la disponibilidad de información integrada para la toma de decisiones.

Reconociendo que, el objetivo de la planificación y la gestión territorial consiste en establecer un desarrollo lo más sustentable posible, a mediano y largo plazo a escala local y global, es necesario adelantarse a la ocurrencia de problemas vinculados con la gestión y uso de los recursos naturales. Como también, el colapso de los servicios básicos, las brechas entre demanda y oferta de recursos y servicios, conflictos sociales o la ausencia de cobertura para nuevos residentes. Por lo tanto, es necesario trabajar con límites de carga en los diferentes componentes territoriales de manera integral (Prats, 2007).

A partir de la idea anterior, resulta interesante construir una herramienta que permita tanto a los tomadores de decisiones como a la comunidad local, visualizar los efectos que genera el impacto demográfico, los patrones de consumo y cómo estos se relacionan con la gestión local.

Mediante la recopilación y análisis de publicaciones académicas e informes de diversas instituciones que buscan identificar aspectos técnicos y metodológicos para medir la capacidad de carga, se puede observar un set abundante de indicadores, algunos con metodologías cuantitativas u otros cualitativas. También es posible encontrar modelos matemáticos que permiten obtener información acerca de la dinámica temporal de sistemas complejos o para gestionar territorios o recursos, que, en su mayoría, hacen referencia a sistemas socioecológicos o socioambientales (Bergamini et al., 2021; Moris et al., 2021).

Varios estudios muestran el proceso que estructura los pasos a seguir para calcular la capacidad de carga. Dependiendo del objetivo del estudio, estos incluyen el levantamiento y sistematización de la información existente, definición de indicadores y umbrales de sostenibilidad, validación de los resultados por medio de la participación comunitaria, la generación de escenarios alternativos y la integración de los resultados con la planificación y manejo del territorio (Baños & Vera, 2004; Klaric et al., 2003; Martínez Vega et al., 2009).

Además, más que un valor fijo, los estudios demuestran que lo que se espera del cálculo de la capacidad de carga es un intervalo o escenario que permita mirarla como una herramienta de gestión para la toma de decisiones y no solo como un valor numérico, puesto que no necesariamente deben proporcionar solo el nivel máximo, sino también pueden ofrecer un nivel mínimo de desarrollo para el sostenimiento de las comunidades locales (Coccossis, 2004; Instituto Universitario de Geografía Universidad de Alicante, 2001).

En este sentido, Brown (2011) propone reenmarcar la pregunta que origina el cálculo de la capacidad de carga desde «¿Cuántos son demasiados?» a «¿Cuáles son las condiciones apropiadas o aceptables?». Esto implica que la capacidad de carga deja de ser un concepto netamente cuantitativo y objetivo; por el contrario, se lo comprende como un concepto que supone en su evaluación la creación de criterios validados política y socialmente.

Los sistemas dinámicos para medir la capacidad de carga

Se entiende un sistema como un «conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo» (Arnold, 1998, p. 41). Un sistema a su vez se cierra si no interactúa con otro sistema, y se abre si recibe causas o genera efectos en otro sistema (Patten, 1978). Estos pueden ser estáticos, es decir, que sus propiedades descriptivas no cambian en el tiempo, pudiendo variar espacialmente, o dinámicos, que se modifican en el tiempo y espacialmente (Moreno & Becerra, 2012).

Los sistemas dinámicos han sido utilizados en diversas disciplinas, ya que tienen la ventaja de permitir comprender las relaciones estructurales que rigen un comportamiento a lo largo del tiempo (Van Den Belt, 2004). De esta manera, permiten trabajar con diferentes escenarios de desarrollo basados en la tendencia. El uso de modelos de sistemas dinámicos y de softwares de modelación se ha aplicado en variados ámbitos, tales como el turismo (Patterson et al., 2004), acuicultura (Grant et al., 2007), provisión de servicios ecosistémicos (Boumans et al., 2015), dinámica de pesticidas (Rose et al., 2008), manejo de recursos hídricos (Vamvakeridou-Lyroudia

LS, 2008), demostrando que la aproximación de modelación es lo suficientemente flexible para permitir el tratamiento de problemas de distinto tipo, espaciales y no espaciales, y de diferentes escalas geográficas y temporales.

Autores como Baños-González et al. (2013) utilizan los sistemas dinámicos para investigar las relaciones entre procesos ambientales y socioeconómicos, y los factores limitantes en la Reserva de la Biosfera de Fuerteventura en las Islas Canarias. Los autores construyen un modelo que tiene como objetivo mejorar la gestión de la reserva en un escenario donde la creciente industria del turismo ha incrementado la ocupación del territorio por usos antropogénicos, lo que está aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas hacia procesos como el sobrepastoreo y la degradación de hábitats naturales que albergan numerosas especies protegidas.

El instrumento de medición integra un conjunto de treinta indicadores de sostenibilidad para realizar un análisis de los cambios recientes en los sectores que permite cuantificar el grado de conflicto entre los principales factores e indicadores y así, convertirse en una herramienta para favorecer una gestión orientada a minimizar esos conflictos y a reforzar políticas de desarrollo sostenible en la Reserva. La herramienta expuesta por estos autores considera la definición de una variable clave, cuyas fluctuaciones determinan la dinámica del resto de los modelos.

La capacidad de carga de un territorio puede ser analizada como un sistema dinámico, en el cual, esta variable clave podría ser la población para simular futuros cambios generados en diferentes componentes, basados en el aumento demográfico, logrando el desarrollo de una herramienta que integre elementos sociales, ambientales y urbanos.

Su función es otorgar información relevante sobre el escenario que se puede desarrollar si se mantienen las tasas de incremento de población, pero a su vez, dar luces sobre aquellas variables que se encuentran en estados críticos o para aquellas sobre las que aún queda cierto margen de tiempo para actuar, lo que posibilita desarrollar la planificación territorial.

Si bien, los modelos de simulación dinámica son muy sofisticados para prospectar tendencias, la gran desventaja de estos son sus requerimientos de datos para construir los submodelos o dimensiones

que lo constituyen, lo que explica el porqué su aplicación ha sido limitada a contextos académicos.

Medir la capacidad de carga en contextos urbanos

El aumento descontrolado de la población en ciudades —y estacionalmente en balnearios— puede generar una sobrecarga de la infraestructura, medioambiente y servicios. Esto significa que el desarrollo urbano fue masivo y concentrado más allá de sus límites inherentes, conduciendo a problemas como congestión vehicular, escasez y aumento de precios de viviendas, deforestación, contaminación del aire, sobredemanda por disposición de residuos sólidos y tratamiento de aguas, entre otros (Wei et al., 2015). El concepto de capacidad de carga urbana y su prospectiva se erige como una importante herramienta para la planificación urbana toda vez que permita administrar, construir y distribuir recursos urbanos en el mediano y largo plazo, permitiendo, por tanto, abordar las demandas crecientes del aumento de la población (Wei et al., 2015; Sarma et al., 2012).

Durante el último tiempo se observa un aumento de la popularidad de este concepto y su aplicación en estudios urbanos y territoriales (Wei et al., 2016; Sarma et al., 2012). No obstante, su aplicación se ha concentrado en el ámbito de evaluación del desarrollo urbano en vez de prospectiva y planificación (ver, p. ej., Chatterjee & Chatterjee, 2016; Su, Xue, & Liang, 2019). Para analizar la capacidad de carga urbana, se han utilizado alrededor de ocho enfoques, todos desarrollados en un ámbito académico:

Análisis energético: basado en termodinámica y teoría de sistemas, este método permite evaluar cuánta energía perdida puede tolerar un sistema para mantener las actividades económicas desarrolladas en una región en particular. Su principal ventaja es que estima de manera holística la contribución de los capitales naturales y los procesos ecológicos en las actividades humanas. Entre sus principales desventajas destacan la gran cantidad de datos requeridos; falta de métodos claros para analizar y evaluar; y su falta de evidencia para generalizaciones (Wei et al., 2015).

IPAT: es un modelo de restricciones múltiples que utiliza diferentes factores para calcular la capacidad de carga. Sus siglas indican la ecuación $I=P\times A\times T$, donde «I» representa impacto, «P»

población, «A» afluencia (p.ej. autos per cápita), «T» es tecnología (p.ej. emisiones de SO2 por auto) (Rubin & Davidson, 2001). Esta ecuación matemática es uno de los intentos más pioneros para estimar el nivel de degradación ambiental de la población que habita en un área urbana, incorporando el uso de múltiples factores o restricciones (Sarma et al., 2012). A pesar de ser una herramienta muy sencilla y sólida para visualizar impactos y degradación del entorno, no entrega información respecto a límites de recursos naturales, ni tampoco sobre efectos dinámicos recursivos (p.ej. cómo «T» pudiese afectar a «A»).

Huella ecológica: este método evalúa la cantidad de área de suelo necesaria para sostener una región, incluidos los requisitos de consumo de recursos y la asimilación de la contaminación, comparándola con la disponibilidad de suelo ecológicamente productiva (Wei et al., 2015). Un área de suelo ecológicamente productiva puede definirse como un área que produce los recursos requeridos por su población habitante y que absorbe los desechos generados por la misma. Dado que la huella ecológica y la capacidad de carga se miden con las mismas unidades, se pueden comparar directamente. Si la huella ecológica de una región es mayor que la capacidad de carga, la región tiene un «déficit ecológico». Por el contrario, si la capacidad de carga de una región es mayor que la huella ecológica, la región tiene un «resto ecológico» (Sarma et al., 2012). En este método, el uso de suelo consta de seis categorías principales: jardines, uso de energía fósil, ambiente construido, pastos, cultivos y bosques. Aunque la huella ecológica permite evaluar robustamente impactos sobre recursos renovables, tiende a subestimar impactos en recursos no renovables (Bargaoui, Liouane, & Nouri, 2014; Wei et al., 2015).

Presión-Estado-Respuesta (PSR): este modelo ayuda a abordar el problema de los vínculos físicos insuficientes y ambiguos entre la sociedad y la naturaleza. Ha sido promovido por la OCDE (Sarma et al., 2012). Proporciona un marco socioeconómico para rastrear el proceso de causalidad de la degradación ambiental, enfatizando las relaciones causa-efecto existentes entre las cuestiones ecológicas, físicas, económicas y de otro tipo. El significado práctico es que proporciona un marco útil para identificar y organizar los respectivos indicadores entre economía y medioambiente, con la garantía de que no se descuidan factores importantes. Sin embargo, carece

de una métrica que permita distinguir relaciones entre sociedad y medioambiente (Wei et al., 2015; Sarma et al., 2012).

Modelos gráficos de crecimiento de población: este modelo ha sido utilizado para representar el impacto del crecimiento humano en el tiempo (Wei et al., 2015; Sarma et al., 2012). Hay dos tipos de crecimientos: exponencial y logístico. Permite tener una mirada dinámica sobre el crecimiento de la población. Por ejemplo, cuando se sobrepasa la capacidad de carga, la resistencia ambiental tendrá efecto e impedirá que la expansión ilimitada de la población se estabilice en un equilibrio, es decir, la curva de crecimiento logístico. La principal desventaja de este modelo es que no funciona muy bien para la escala local.

Indicadores comparativos: este método es utilizado por muchos modelos de capacidad de carga (ver p.ej., Baró et al., 2016; Widodo et al., 2015). En esencia, los valores de capacidad de carga son comparados por valores de referencia, pudiendo ser estos valores aceptables, mínimos, o estándares de capacidad de carga. El mayor inconveniente de este método es que los valores de referencia pueden ser arbitrarios y subjetivos (Wei et al., 2015; Sarma et al., 2012).

Modelos de equilibrio general: evalúan el crecimiento económico y población, a través de funciones de producción que se asocia a recursos naturales, capital, mano de obra, entre otros (ver, por ejemplo: Manning et al. (2018), Sheng et al. (2009), Fang et al. (2017), Hoffmann (2019), entre otros).

IPAT como herramienta de planificación

La prospectiva de impactos y su influencia en política pública ha tenido una aplicación limitada. Ejemplos de ello incluye a «Límites del Crecimiento» de Donella Meadows o el uso del IPAT en temas de prospectiva y mitigación del cambio climático para compromisos de reducción de países (ver, por ejemplo, Blanco et al., 2014).

Como herramienta prospectiva para la planificación territorial, destaca la elaboración de modelos dinámicos de simulación. Estos modelos matemáticos permiten evaluar tanto los impactos de tendencias de crecimiento demográfico, así como la evaluación de instrumentos de planificación. Esta categoría incluye modelos de equilibrio general, donde todo se evalúa desde la perspectiva de costos y beneficios (ver p.ej., Fang et al., 2017; Hoffmann, 2019),

y modelos dinámicos híbridos, que combinan variables ecológicas (o ambientales) con otras sociales y económicas. A pesar de ser una herramienta válida para prospectar tendencias, sus requerimientos de capital humano y disponibilidad de información para su construcción, ha incidido que su aplicación se vea escasamente desarrollada.

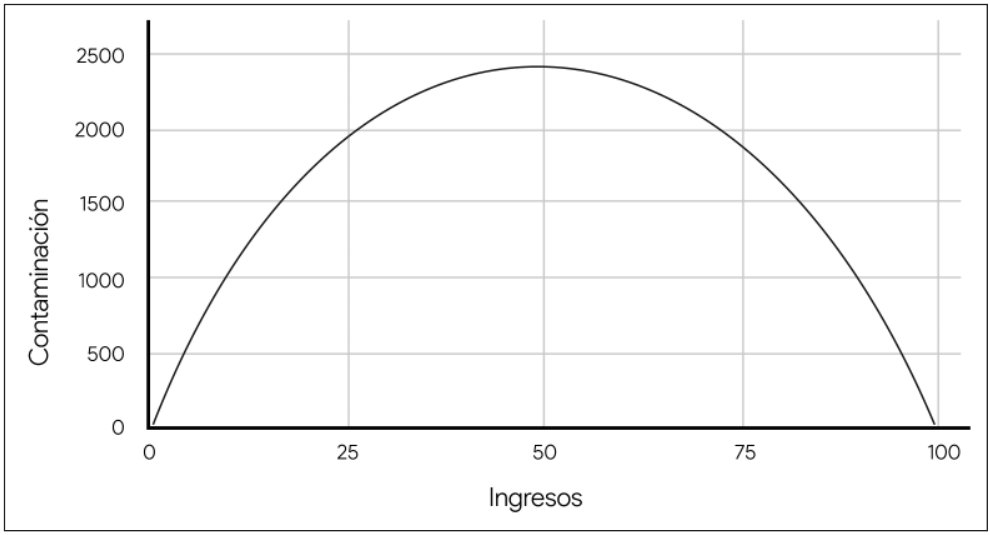
En términos de guías, destaca la publicación «Carrying Capacity in Regional Environmental Management» de la EPA de Estados Unidos (Bishop, 1974). En el ámbito regulatorio, sobresale la ley de planificación espacial 26/2007 de Indonesia, que incorpora el concepto, pero su aplicación a nivel municipal genera muchísima incertidumbre por la falta de datos de calidad, entre otros factores (Wijaya et al., 2017).

De todos estos modelos, se considera que el que ofrece más bondades, considerando los datos disponibles en el caso de Chile, es el IPAT. Su flexibilidad permite combinar distintos enfoques y utilizar resultados de regresiones estadísticas, dando la posibilidad de proyectar crecimientos e impactos dependiendo de variables explicativas, y combinarlos en un ambiente dinámico.

Versiones avanzadas del IPAT permiten hacer prospectivas dinámicas. Por ejemplo, STIRPAT (STochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) posibilita elaborar modelos dinámicos para evaluar cambios en cada elemento del IPAT, en términos de elasticidades. Es decir, porcentaje de cambio de cada factor por cambios en variables independientes. Se puede, además, identificar y tratar estadísticamente la codeterminación (endogeneidad) de la población, la afluencia y la tecnología. De esta manera, se modela cómo se afectan simultáneamente la afluencia a la población, la población a la afluencia, entre otros. Esto se puede graficar de la siguiente manera. Supongamos que una población ha logrado ciertos niveles de desarrollo, reduciendo la tasa de mortalidad de infantes y ancianos. La población aumenta, ejerciendo una presión al ecosistema y generando impactos. A medida que la población sea más educada, se podría esperar que se constituyan familias más reducidas donde se planifica un número de hijos más reducido. Así también, familias con mayor ingreso per cápita y más educadas pueden exigir un medioambiente más limpio, ya que conocen el impacto en la salud, generando a su vez, un impacto en el largo plazo sobre expectativas de vida. Más educación en un periodo puede incidir a su vez en ingresos más elevados de siguientes generaciones. Esto

sería consistente con la curva de *Kuznets*, donde la contaminación aumenta a medida que lo hacen los ingresos per cápita hasta llegar a un cierto nivel, para luego reducirse.

Figura 5. Ejemplo de curva de Kuznets Ambiental estilizada



Fuente: Elaboración propia.

Existen muchas maneras de poner a disposición esta herramienta para municipios. En este sentido, pensamos el IPAT con un nivel de dinámica restringida, donde los usuarios pueden presumir sobre PIB per cápita a nivel nacional, ingresos per cápita y niveles de educación secundaria a nivel comunal, que permita hacer proyecciones tanto de la población como de impactos per cápita.

A modo general, el PIB per cápita puede estar asociado al momento económico nacional, los fondos municipales, accesibilidad a créditos, etc. El ingreso per cápita y la educación son netamente locales y tienen un efecto en cómo se comportan los residentes de una comuna.

Una propuesta metodológica para medir la capacidad de carga demográfica

Piroska Ángel[1]
Kay Bergamini[2]
Horacio Gilabert[3]
Cala del Río[4]
Daniela Zaviezo[5]
José Ignacio Medina[6]

Para desarrollar esta propuesta metodológica, el equipo de investigación ha construido dos modelos de capacidad de carga demográfica mencionados con anterioridad: el Modelo de Capacidad de Carga Demográfica para Isla de Pascua o Rapa Nui y CAPCA. Cada uno de ellos con sus particularidades territoriales y, por ende,

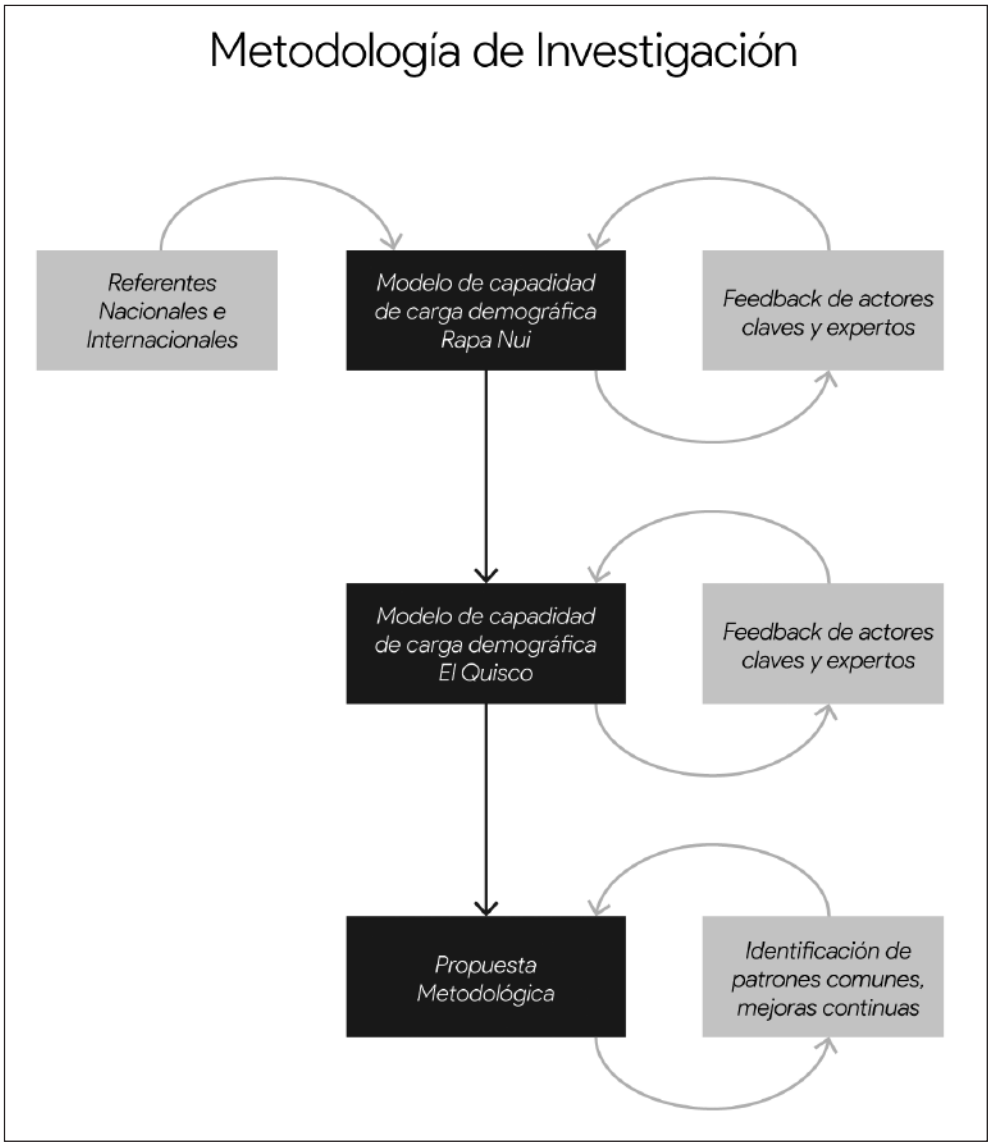
1 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl
2 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. kbergani@uc.cl
3 Facultad de Agronomía e Ingeniera Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. hgilab@uc.cl
4 Escuela de Diseño, Pontificia Universidad Católica de Chile. cdelrio5@uc.cl
5 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl
6 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. jose.medina@uc.cl

con diferencias sustantivas respecto a los indicadores de interés, la disponibilidad de datos y la administración de la herramienta de cálculo. El objetivo de este capítulo no es detallar el procedimiento de construcción de cada uno de estos modelos (lo que se desarrolla en los capítulos cuatro y cinco), sino ofrecer una carta de navegación que pueda servir para su aplicación en otros casos o territorios con problemas similares en su capacidad de carga y su vinculación con la gestión local y la planificación territorial.

La figura a continuación representa a gran escala el procedimiento que permitió el desarrollo de la propuesta metodológica expuesta en este apartado. Esta se inicia a partir de un estudio de referentes nacionales e internacionales como insumo para la contrucción del Modelo de Capacidad de Carga Demográfica para Rapa Nui, el cual fue construido de manera iterativa con el *feedback* de actores claves y expertos en la temática y el territorio en estudio. Una vez finalizado el proceso de construcción de este primer modelo, el equipo de investigación explora nuevas mejoras a partir del uso de *softwares* más amigables, la simplificación de algoritmos, la ampliación de variables de salida del modelo, la simplificación en el ingreso de datos, así como una interfaz más amigable y de fácil acceso que dieron como resultado el Modelo para la comuna de El Quisco, construido de igual manera con el *feedback* de actores claves y expertos.

Los aprendizajes de ambos procesos permiten generar esta propuesta metodológica general a partir de la identificación de patrones comunes y mejoras entre procesos.

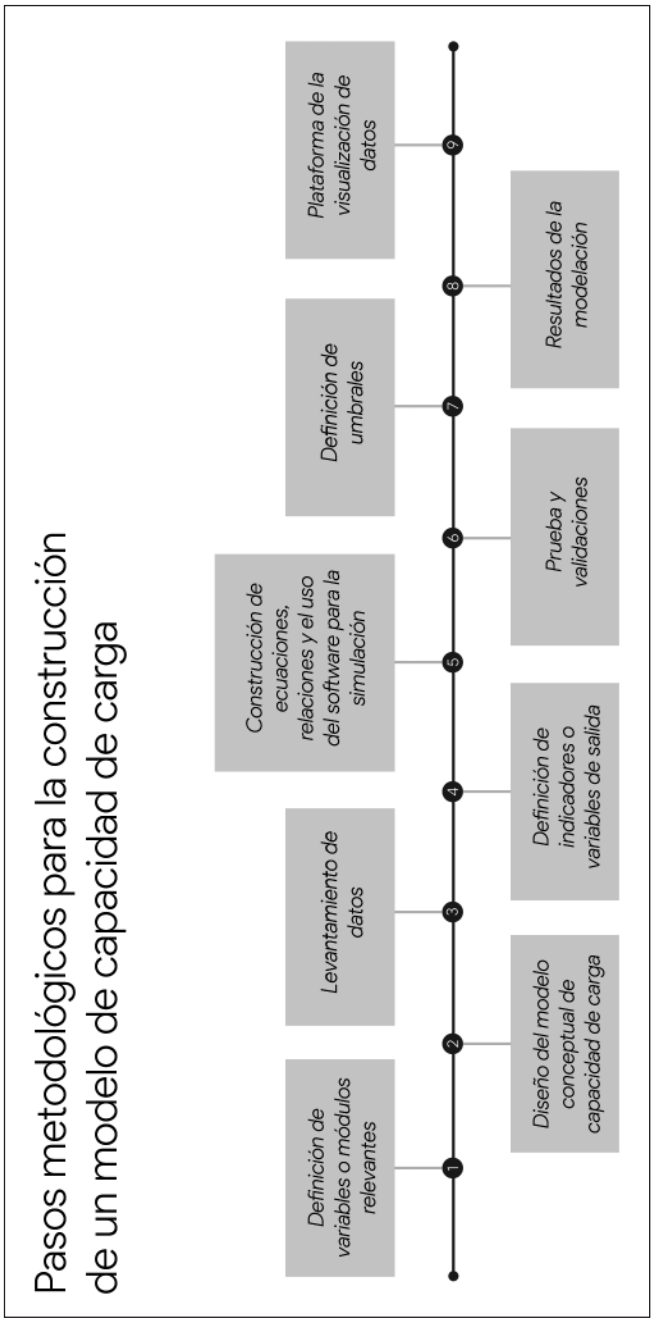
Figura 6. Proceso de investigación para la construcción de la propuesta metodológica



Fuente: Elaboración propia.

La propuesta metodológica expuesta se configura, a su vez, en ocho etapas, enunciadas en la figura 7, las cuales serán detalladas posteriormente.

Figura 7. Pasos para construir un Modelo de Capacidad de Carga Urbana



Fuente: Elaboración propia.

Paso 1: Definición de variables o módulos relevantes

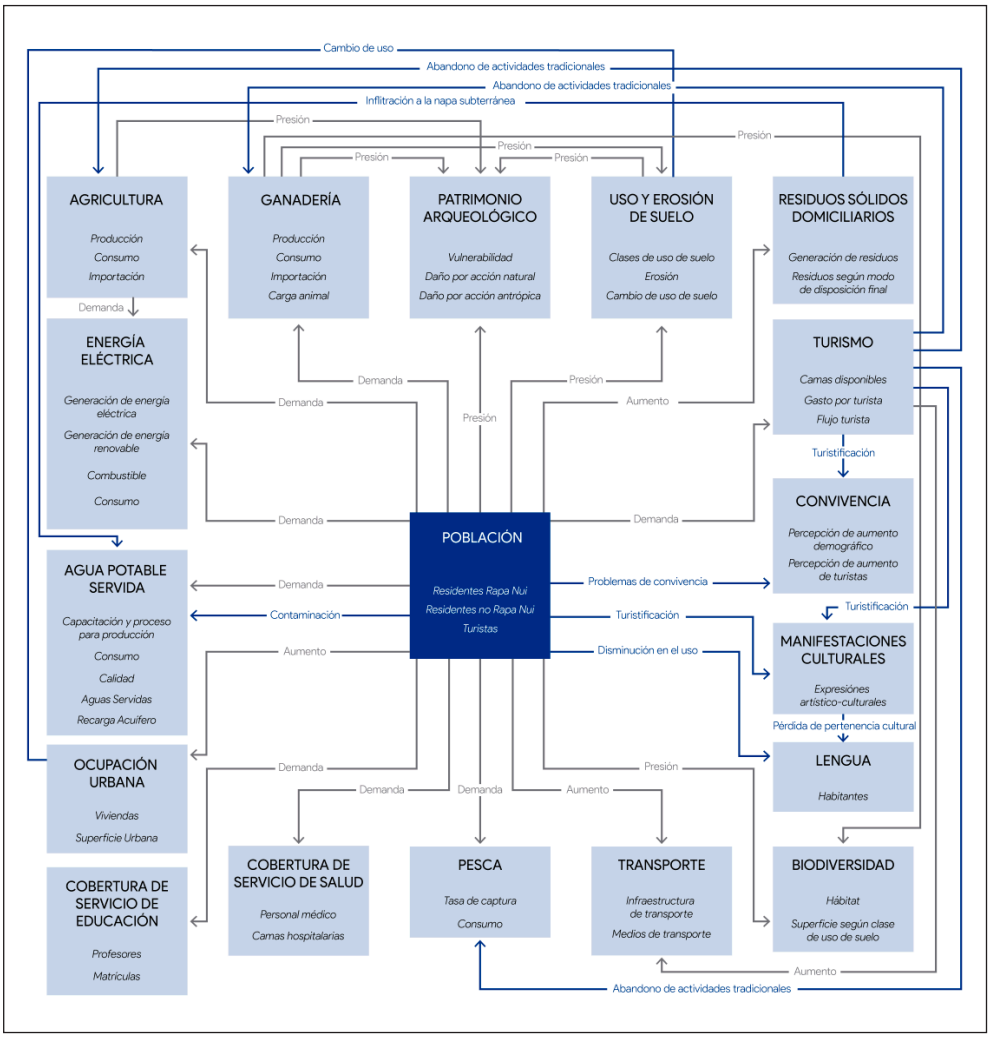
La primera etapa consiste en definir las variables para las cuales se necesita un modelo predictor. En esta etapa, los tomadores de decisiones de o los territorios en análisis y los actores involucrados en el diagnóstico y la solución final deben definir qué se debe modelar o predecir. Dicha información debe ser recogida mediante la revisión de estudios de condiciones base, talleres y encuestas, con el fin de reconocer los principales problemas del territorio y su vinculación con el aumento demográfico, para así, reconocer aquellos elementos que deben ser considerados dentro del motor de cálculo.

A modo de ejemplo, para la construcción del Modelo de Capacidad de Carga Demográfica para el territorio de Rapa Nui, se priorizaron en función del consenso en diversas instancias participativas con expertos locales, según su relevancia y disponibilidad de información para la medición y monitoreo de la problemática, diecisiete temáticas asociadas al aumento demográfico: agricultura; ganadería; patrimonio arqueológico; erosión y usos de suelo; residuos sólidos domiciliarios; turismo; convivencia; manifestaciones culturales; lengua; biodiversidad; transporte; pesca; cobertura del servicio de salud; cobertura del servicio de educación; ocupación urbana; agua potable y servida, y energía eléctrica.

Paso 2: Diseño del modelo conceptual de capacidad de carga

En esta etapa se define la arquitectura, la escala espacial y temporal (anual, mensual, trimestral u otro) que se debe considerar en el motor de cálculo. A su vez, se debe definir el desglose de cada variable identificada, es decir, cada variable debiera ser un modelo en sí mismo, por esta razón, de aquí en adelante, a las variables o temáticas identificadas en la etapa anterior se les denominará módulos, que presentan sistemas y que forman parte de un engranaje dinámico y vinculado al aumento de población. A continuación, se expone como ejemplo el modelo conceptual a partir del Modelo de Capacidad de Carga de Rapa Nui.

Figura 8. Modelo conceptual, caso Rapa Nui



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa, el módulo de población condiciona y restringe el resto de los módulos considerados (elemento central de la figura), es decir, es el hilo conductor del modelo, debido a que impacta en todos los otros sistemas incorporados en el análisis.

Asimismo, cada uno de estos módulos contiene procesos e interacciones. A modo de ejemplo, el módulo de población está compuesto por los residentes, turistas y población flotante. A su vez, la

población residente puede estar determinada por diversos factores, tales como: tasas de natalidad, mortalidad, migración, emigración, PIB per cápita, tasa de educación, ingresos per cápita u otros.

Paso 3: Levantamiento de datos

Para abordar la construcción de un modelo complejo, es relevante hacer énfasis en la necesidad de contar con datos, tanto actuales como históricos. Para el caso de los modelos de simulación dinámica, se debe asumir que los patrones de comportamiento observados de los sistemas se repetirán en el futuro, lo que se materializa en la construcción de relaciones o funciones a partir de datos de periodos o años pasados, en el uso de tasas de consumo o demandas pasadas y en la incorporación de información histórica.

En esta instancia se combina la revisión de estadísticas históricas, consulta de bases de datos públicas, levantamiento de información, entre otros. Los datos se traducirán finalmente en tasas de cambio (tasa de mortalidad, por ejemplo), parámetros fijos (disponibilidad máxima de manejo de residuos sólidos domiciliarios) o variables dinámicas (número de personas en cierto percentil de edad) que configurarán la expresión matemática del Modelo de Capacidad de Carga.

Es primordial considerar que, al tratarse de un modelo dinámico, la exigencia de datos es mayor, debido a que la proyección en el tiempo demanda la estimación de tendencias. Es por esta razón que existe un número mínimo de dos datos, los cuales deben ser lo más actualizados posibles. Pese a lo anterior, obtener dos datos no es un escenario ideal, ya que son insuficientes para detectar aquellas tendencias y, por tanto, la calidad y cantidad de datos que se utilizan para la construcción de un modelo condiciona en gran medida su calidad como herramienta de predicción.

La carencia de datos en aquellos módulos que han sido definidos como primordiales se puede solucionar de dos maneras: la primera a partir del levantamiento de datos, considerando el costo económico y los esfuerzos necesarios para su alcance, y una segunda alternativa, relacionada con una de las ventajas evidentes de la simulación dinámica que trata de la posibilidad de modelar variables de manera simple, sin datos y sin posibilidad de predecir comportamientos en el tiempo. Es decir, realizar la maqueta de relaciones entre variable

sin datos que permitan predecir su comportamiento y, en la medida que se obtenga la información en el mediano o largo plazo, es posible proponer representaciones más complejas. No obstante, es posible que, en ciertos ámbitos relevantes, tales como los culturales, las estimaciones no son modelables en el tiempo y para abordarlos se pueden establecer índices o diagnósticos estáticos en lugar de predecir evoluciones.

Paso 4: Definición de indicadores o variables de salida del modelo

El siguiente paso consiste en identificar cuáles serán las variables de salida del modelo, es decir, cuál es la información que se quiere obtener a partir de la modelación matemática. Es posible que pueda ser una o más variables de salida por módulo, las cuales tienen que ser cotejadas con la etapa anterior en cuanto a la viabilidad de su medición a partir de los datos disponibles. A continuación, se exponen como ejemplo los indicadores (o variables de salida) seleccionados para el Modelo de Capacidad de Carga (MCC) para la comuna de El Quisco.

Cuadro 1. Variables de salida (indicadores) Modelo de Capacidad de Carga para la comuna de El Quisco

Módulos	Variables de salidas (indicadores)
Residuos sólidos domiciliarios	Toneladas RSD generadas/mes
	Toneladas de residuos compostadas/mes
	Toneladas de residuos reciclados/mes
Agua potable	Consumo total de agua potable/mes
	Consumo de agua potable per cápita/mes
	Consumo de agua potable industrial/mes
	Consumo de agua potable municipal/mes
Aguas servidas	m^3 de agua tratada (recolectada)/mes
	Nº de viviendas conectadas a alcantarillado
	Nº de viviendas conectadas a fosa séptica

Energía eléctrica	Consumo total de energía eléctrica/mes
	Consumo de energía per cápita/mes
	Consumo de energía municipal/mes
Cobertura servicio de salud	Nº de atenciones de urgencia/mes
	Nº de médicos/1.000 habitantes
	Nº de camas utilizadas para atención de urgencia/mes
Cobertura servicio educación	Nº de matrículas y prospectiva de expansión según plan
	Aumento de demanda de matrículas esperable
Seguridad	Nº de incivilidades y delitos/mes
	Número de denuncias mensuales

Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Construcción de ecuaciones, relaciones y el uso de *software* para la simulación

En esta etapa se ajustan las ecuaciones componentes del MCC. Cada uno de los módulos se estructura como un sistema dinámico, con reservorios, fuentes y flujos, que se conectan mediante relaciones, parámetros y variables que reproducen, simplificadamente, las relaciones entre los componentes del modelo.

Dichas relaciones se construyen usando la información empírica y, por ello, se deben estimar los parámetros de las funciones que dan forma a las tasas de cambio dentro de cada submodelo y de las relaciones cuantitativas entre variables dentro de cada submodelo y entre submodelos. La construcción de estas relaciones cuantitativas involucra una combinación de procedimientos de regresión lineal o no-lineal, ajuste de respuestas por tramos, agregación de información, interpolación y extrapolación de datos y modelación cualitativa. En definitiva, procedimientos que permitan probar las ecuaciones del MCC y que se traducen en el cálculo del valor de las variables-respuesta en cada submodelo, sean estas variables cuantitativas o cualitativas.

En esta etapa, la forma de los submodelos, las ecuaciones, las variables-insumo y variables-respuesta, y sus relaciones y conexiones mutuas, se ordenan y codifican como un modelo matemático de dinámica usando algún tipo de plataforma o *software* para

este propósito. Se considera pertinente el uso de herramientas que ofrezcan un ambiente de modelación y simulación, tales podrían ser *Vensim* o *Stella* que ofrecen la posibilidad de construir, manipular, corregir, modificar y validar modelos de simulación dinámica de manera sencilla y flexible, o el *software Rstudio* para contruir el modelo en un entorno estadístico e informático.

En esta etapa, además, se inicializa el valor de todas las variables de estado del MCC, es decir de los *stocks*, que cumplen la función de describir el estado del «sistema» en un determinado instante y lugar. De la misma manera, es necesario inicializar el valor de los parámetros del modelo, que en algunos casos se ha determinado en la etapa anterior o se ha establecido sobre la base de información histórica o medida en forma *ad-hoc*.

Los capítulos cuatro y cinco explican en detalle el proceso la construcción de ecuaciones de los dos casos de estudio: Rapa Nui y El Quisco, respectivamente.

Paso 6: Pruebas y validaciones

Esta etapa consiste, por un lado, en verificar que el ajuste de las relaciones cuantitativas ha sido correctamente traducido en su implementación computacional. Una vez que el MCC está correctamente armado, es necesario analizar los resultados obtenidos y hacer las correcciones. En esta etapa se contrastan los resultados con información empírica usada en el ajuste, es decir, se extrae, por ejemplo, el valor de una serie de tiempo generada con el MCC y se compara con una serie equivalente, pero observada, o bien se compara el valor final o acumulado de una variable o de un conjunto de variables con los valores observados de esas mismas variables. Este contraste de valores observados y valores estimados/simulados es lo que llamamos validación predictiva del MCC.

Por otro lado, es necesario contrastar el valor de variables claves o de submodelos claves con la opinión de expertos o de actores relevantes o de la comunidad, especialmente en el caso de variables socioeconómicas o culturales, donde la definición de «observado» y «estimado» es bastante más complicada. Esta validación apunta, además, a hacer un juicio de los resultados globales del modelo, especialmente en la tendencia, valor y tasa de cambio de variables-respuesta clave y su relación con otras variables-respuesta. Esta

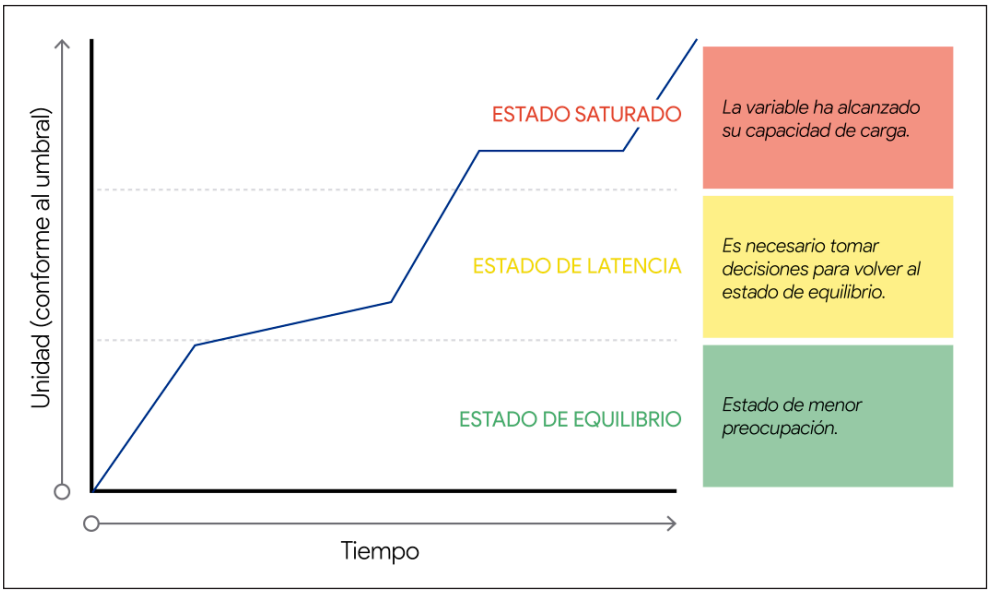
validación es cuantitativa, pero, además, debe incorporar elementos cualitativos en relación con la consistencia entre variables-respuesta.

Asimismo, debe hacerse una evaluación del MCC en su forma propuesta respecto de su utilidad como herramienta de gestión para los tomadores de decisión o actores interesados. De estas validaciones emanan recomendaciones para cambiar y/o mejorar los submodelos o el MCC en general.

Paso 7: Definición de umbrales

Una vez construidos y validados los módulos, se procede a discutir la definición de umbrales o límites de capacidad de carga para cada una de las variables de salida de modelo. Para el caso de los módulos relacionados con servicios básicos o para variables físicas en general, puede ser sencillo definir dichos umbrales de saturación, no obstante, en dimensiones ambientales o socioculturales es necesario recoger la opinión de expertos locales y de la propia comunidad. Para la definición de estados de latencia se considera pertinente considerar el tiempo necesario que requiere un tomador de decisión de ser alertado para coordinar la gestión en torno a dicha variable, antes de entrar a un nivel de saturación, por tanto, en cada caso se debe considerar la capacidad de respuesta que tienen las organizaciones o instituciones relevantes.

Figura 9. Umbrales de decisión

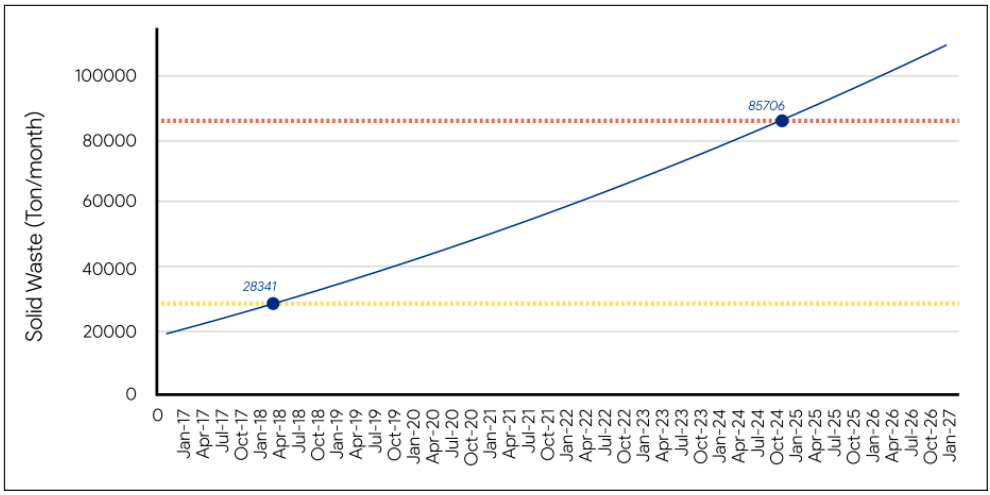


Fuente: Elaboración propia.

Paso 8: Resultados de la modelación

Una vez ingresados los datos al modelo, se obtiene la proyección del impacto en el tiempo. A modo de ejemplo se puede observar la siguiente figura que indica el aumento de residuos sólidos domiciliarios depositados en el vertedero en el caso de Rapa Nui, el cual llega a su nivel de saturación en el año 2025. El modelo incluye una alerta a los tomadores de decisiones (umbral de latencia) de siete años antes de su colapso, que tiene por objetivo indicar cuándo deberían empezar las gestiones para la solución del problema, considerando los extensos plazos y coordinaciones para la construcción, por ejemplo, de un relleno sanitario en este territorio insular.

Figura 10. Resultados de modelación MCC Rapa Nui, Residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Elaboración propia.

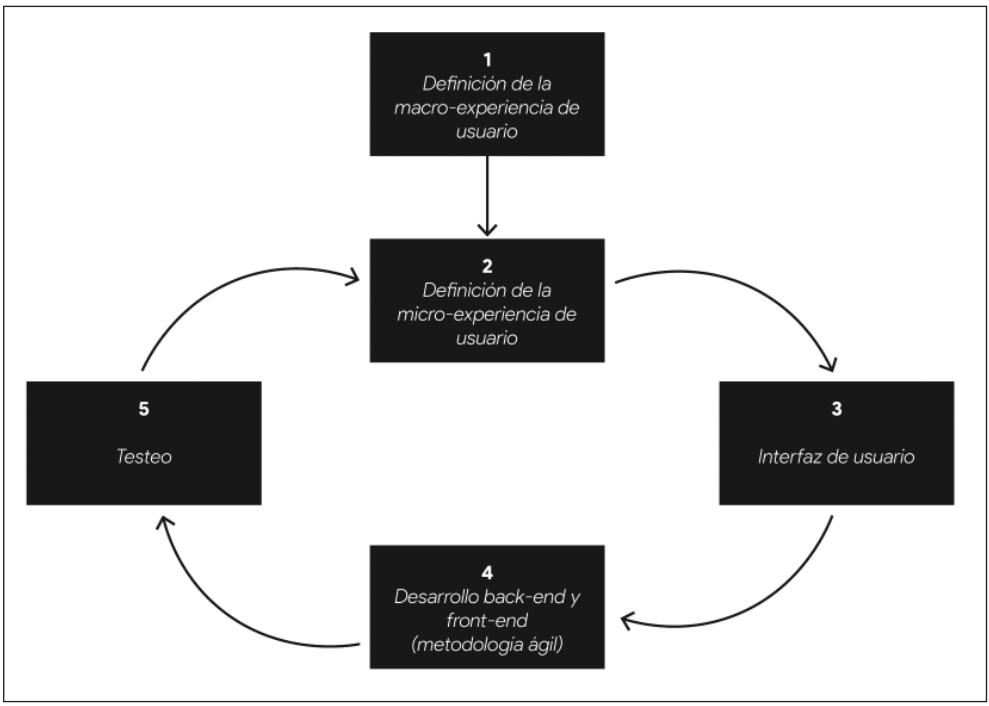
Paso 9: Una plataforma de visualización de datos

Una vez construido el modelo, es necesario traducir esa información técnica a un lenguaje sencillo y que, a su vez, permita conectar a los tomadores de decisiones locales con el modelo de cálculo para su uso como herramienta de trabajo y de planificación.

El objetivo es crear una interfaz más amigable, considerando la simplificación del ingreso de datos, de fácil operatividad, comprensible y atractiva en torno a la visualización de datos.

El paso metodológico que concreta el desarrollo de la plataforma se compone de cinco momentos, el primero estático que gatilla un ciclo que involucra los otros cuatro que siguen una lógica iterativa. A continuación, se explica en detalle qué pasa en cada uno de estos momentos.

Figura 11. Diagrama metodológico del desarrollo de la plataforma Capca



Fuente: Elaboración propia.

1. *Definición de la macro-experiencia de usuario*: en este primer paso, se definen los lineamientos principales de la experiencia de usuario en la plataforma. Se establecen los módulos que la componen y el flujo de información entre ellos, sin entrar en detalle en el desarrollo de cada uno de los módulos, pero sí comprendiendo todas las partes que compondrán la interfaz de uso y cómo estas se relacionan. Para esto, se utilizan como herramientas las historias de usuario, donde se realiza un mapeo de todas las acciones que un usuario debería poder hacer al utilizar el *software*.
2. *Definición de la micro-experiencia de usuario*: tomando los módulos definidos en la etapa anterior, se realiza una jerarquización para el desarrollo de estos, sobre la base de criterios que tienen que ver con la construcción coherente del sistema desde el punto de vista de los programadores y las funcionalidades a priorizar para el avance del proyecto. Tomando este orden

se revisa la experiencia de usuario en detalle para cada uno de estos módulos, definiendo los *wireframes*[7] finales del viaje del usuario correspondiente a las funcionalidades involucradas.

3. *Interfaz de usuario*: tomando el resultado de la etapa anterior para cada módulo, se desarrollan los prototipos de alta fidelidad gráfica para los *wireframes* propuestos. En otras palabras, se realiza una versión de las pantallas planificadas con el diseño final que se verá en la plataforma y se realizan correcciones de estilo, identidad y funcionalidad antes de pasar a la próxima etapa.
4. *Desarrollo*: utilizando la metodología de trabajo ágil, comienza la programación del módulo seleccionado. El *backend*[8] comienza utilizando las guías experienciales; una vez avanzado esto, el desarrollo del *frontend*[9] se puede complementar con la interfaz diseñada.
5. *Testeo*: una vez integrados los códigos *back* y *front end* se realizan testeos para ver que las funcionalidades planificadas estén correctamente desarrolladas, se realizan pruebas de concepto y con usuarios internos. Si se detectan errores en esta etapa —que tienen que ver meramente con desarrollo— se vuelve atrás a enmendarlo. Si se deben corregir errores que tienen que ver con la experiencia de usuario, se comienza el ciclo de desarrollo modular nuevamente, empezando nuevamente en el punto 2 con la micro-experiencia de usuario. Si los testeos tienen resultados positivos, entonces se comienza nuevamente el ciclo, pero con el siguiente módulo de la lista jerarquizada.

Se debe considerar que, además del ciclo iterativo por etapa, el desarrollo de los módulos puede generar cambios experienciales a nivel macro, por lo que toda la metodología está sujeta a iteraciones y vueltas atrás en las etapas, de ninguna manera se sigue de manera lineal.

---

7 Estructura visual o esqueleto del sitio web.

8 Corresponde a la parte del desarrollo web que se conecta con la base de datos y el servidor.

9 Parte del sitio web que interactúa con el usuario.

Capítulo 3
Investigación aplicada: Modelos de Capacidad de Carga Demográfica en Chile

Modelo de Capacidad de Carga para el territorio de Isla de Pascua

Roberto Moris[1]
Kay Bergamini[2]
Horacio Gilabert[3]
Daniela Zaviezo[4]
Piroska Ángel[5]

El 23 de marzo 2018 se dictó la Ley 21.070 que «Regula el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de Isla de Pascua» (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2018). La ley tiene como premisa amortiguar la presión ejercida sobre las diferentes componentes ambientales, sociales y de infraestructura; que afectan la calidad de vida de la población local.

1 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. rmoris@uc.cl
2 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. kbergani@uc.cl
3 Facultad de Agronomía e Ingeniera Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. hgilab@uc.cl
4 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl
5 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl

Según los datos estadísticos, la población que reside en Isla de Pascua o Rapa Nui ha aumentado progresivamente (Instituto Nacional de Estadísticas, 1982; 1992; 2002; 2014). Esta situación ha causado la preocupación de su comunidad, que ha manifestado la necesidad de enfrentar los efectos que este incremento de población genera o puede generar en los aspectos socioculturales, y medioambientales, y en la dotación de servicios básicos, originados fundamentalmente por la alta migración de personas, principalmente desde Chile continental, atraídas por las posibilidades económicas que brinda la actividad turística, y el aumento de población turística que año a año visita Rapa Nui.

Dicho incremento de población, tanto residente como flotante, fundó el requerimiento de los habitantes de establecer un mecanismo de control migratorio, preocupación que expresó en 2006 la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua (CODEIPA) ante la Presidencia de la República. A través de una serie de medidas legislativas y administrativas, el gobierno se comprometió con la protección del patrimonio local, acción que tuvo su primer avance el año 2007, con la aprobación de la reforma constitucional que define a Isla de Pascua (junto a la Isla de Juan Fernández) como «territorio especial», a partir del reconocimiento de su fragilidad y vulnerabilidad ecosistémica, así como de la necesidad de proteger su patrimonio cultural y natural (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2007). Esta asignación plantea el fundamento de establecer restricciones o limitaciones para el ingreso y su permanencia temporal o definitiva de personas en tales territorios, con el fin de resguardar su singularidad (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2007).

El cumplimiento de esta visión de protección y cautela avanzó durante el segundo mandato de la Presidenta Bachelet. En abril del 2016, la Presidenta firmó el proyecto que regula el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de Isla de Pascua, el que fue previamente expuesto a consulta indígena, obteniendo un 97,7% de respaldo (SUBDERE, 2016). Un año después, el proyecto fue aprobado por la Cámara de Diputados y en diciembre de 2017 por la Sala del Senado.

Específicamente, en los artículos 11, 12 y 13 del título IV «Instrumentos de gestión de la capacidad de carga demográfica», en el párrafo 1° «Decreto que establece la capacidad de carga demográfica», la ley indica los requerimientos necesarios para el establecimiento

del decreto que define el estado de Isla de Pascua respecto de su capacidad de carga demográfica. Para la aplicación de la ley queda establecido que se requiere:

- Dictamen de un decreto que establezca los rangos de latencia y saturación para la capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua (Artículo 11 de la Ley 21.070).
- Realización de un estudio que establece la fórmula de la capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua considerando las condiciones ambientales del territorio especial, las condiciones geográficas, demográficas, culturales, usos de suelo actuales y potenciales, disposición de residuos y demás pertinentes; y los niveles de flujo permanente y transitorio que el territorio puede soportar en un determinado periodo (artículo 13 de la Ley 21.070).
- En su artículo 12, la ley señala que el decreto debe dictarse cada seis años, en consecuencia, el método y la fórmula de cálculo de la capacidad de carga demográfica deben tener vigencia durante este periodo.

Si bien la ley fue publicada en marzo de 2018, el trabajo para la definición de la Capacidad de Carga Demográfica para Isla de Pascua comenzó en agosto de 2016, con el desarrollo del «Estudio Modelo de Capacidad de Carga Demográfica para el territorio de Isla de Pascua» (MCCIP), encargado por la División de Desarrollo Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional (Subdere) al Observatorio de Ciudades de la Pontificia Universidad Católica de Chile (OCUC). Entre agosto de 2016 y diciembre de 2017, el equipo de investigación trabajó en el desarrollo del Modelo de Capacidad de Carga para Isla de Pascua. En específico, el estudio permitió la definición del estado actual del territorio insular según lo que indica la ley (saturación o latencia) para un conjunto de variables relevantes para la protección del patrimonio ambiental y cultural en Rapa Nui.

Dado que en su artículo 13 la ley señala expresamente la necesidad de una fórmula para realizar los cálculos de capacidad de carga demográfica, la Universidad Católica, a través del mismo equipo que desarrolló el MCCIP, elaboró un indicador que logra integrar los resultados del Modelo y permite definir el estado único y general respecto de la capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua,

así como la población máxima que, en sus condiciones actuales, puede soportar.

El presente capítulo resume el desarrollo del proyecto que permitió obtener el Modelo de Capacidad de Carga para Rapa Nui, así como los resultados obtenidos.

Construcción del Modelo

La primera acción para construir el instrumento de medición de la capacidad de carga de Rapa Nui consistió en la recopilación y análisis de publicaciones académicas e informes técnicos de diversas instituciones, con el fin de identificar aspectos conceptuales del término «capacidad de carga» (CC), las metodologías de medición y las variables que estos estudios incluyen en su análisis, es decir, examinar cómo se estaba midiendo y conceptualizando la capacidad de carga en el mundo, y qué experiencias se podrían rescatar con miras a desarrollar un instrumento de medición para Rapa Nui. También se revisaron estudios con enfoques de sustentabilidad y su relación con territorios insulares.

En total se examinaron 95 documentos que permitieron identificar las variables utilizadas para medir o evaluar la capacidad de carga de determinados territorios y que, potencialmente, servirían para el instrumento de medición en cuestión.

Uno de los referentes metodológicos clave para el desarrollo del modelo de cálculo de la capacidad de carga correspondió a los modelos de simulación dinámica, especialmente el presentado por Banos, Martínez y Esteve (2013) para la Reserva de la Biósfera de Fuenteaventura en Islas Canarias. Dicho modelo es capaz de integrar elementos sociales y ambientales, tales como uso del territorio; biodiversidad; recursos hídricos; calidad ambiental y socioturísticos, que se construyen de manera independiente, pero que se relacionan entre sí. A su vez, el modelo contempla la definición de una variable clave o *driver*, cuyos movimientos condicionan la dinámica del resto de los modelos. La construcción de este modelo de simulación se define como un proceso iterativo, que se inicia con el desarrollo de un modelo conceptual que integra una serie de variables con sus interacciones que son validadas por expertos.

La segunda etapa del estudio consistió en el desarrollo de una Línea Base de Isla de Pascua. Para su elaboración se recopiló y

analizó una gran cantidad de información con el objetivo de retratar la situación actual de la Isla en ámbitos críticos para su desarrollo y que, de alguna manera, se ven impactados por el aumento progresivo de la población residente y flotante. La línea de base consideró una caracterización de los siguientes cinco aspectos: demográficos, económicos, patrimoniales y culturales, asentamientos humanos e infraestructura; y medioambiente.

Los principales problemas identificados se presentan a continuación en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Principales problemáticas identificadas en Rapa Nui asociadas al aumento demográfico

Energía
Recurso hídrico
Residuos
Cobertura del servicio de salud y educación
Cambio en los patrones urbanos
Dependencia alimentaria con el continente
Usos y erosión del suelo
Debilitamiento de la cultura local y desarrollo de conflictos sociales
Lengua
Patrimonio arqueológico

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificados los problemas y las posibles variables que los componen, y obtenida la información cuantitativa (datos) disponible para cada uno de ellos, se procedió a traspasar dicha información a un *software* de simulaciones dinámicas.

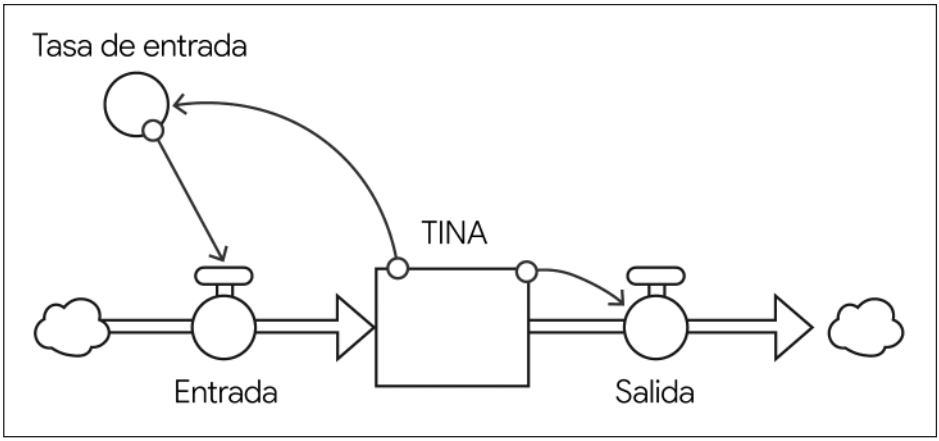
El *software* utilizado para la construcción del Modelo de Capacidad de Carga para Isla de Pascua corresponde a *Stella*® en su versión *Architect* 1.1.2 para el sistema operativo *Mac OS*. *Stella*® (también disponible para sistema *Windows*). Es un *software* de simulación que permite realizar la modelación de sistemas mediante una interfaz gráfica donde se usan bloques de construcción de modelos para representar los elementos básicos de un sistema.

Para construir un modelo lo primero que se debe hacer es definir las variables de estado, es decir, aquellas variables que definen las características del sistema y que determinan su dinámica. Estas

variables se representan por *stocks* y la interfaz gráfica permite pinchar y arrastrar estos elementos para incluirlos en un modelo. Luego se debe definir cómo cambian estos *stocks*, es decir, definir los flujos que determinan cómo cambian en el tiempo estos elementos del modelo. La interfaz permite tomar y arrastrar flujos para asociarlos a un *stock*. Esta es la estructura básica de un MDS; los elementos adicionales que entrega *Stella* para construir un modelo son solo un soporte complementario a esta estructura básica que define la dinámica del sistema.

La figura a continuación ejemplifica cómo se pueden utilizar estos elementos de construcción para definir un pequeño modelo que representa una tina de baño que acumula agua (representado por el *stock* TINA), y que cambia como resultado del balance entre dos flujos, la entrada de agua (representada por el flujo de entrada) y pérdida de agua (representada por el flujo de salida). Hay una variable adicional, que representa una tasa variable de entrada de agua que depende de la cantidad de agua que se haya acumulado en la tina.

Figura 1. Modelo de la tina de baño



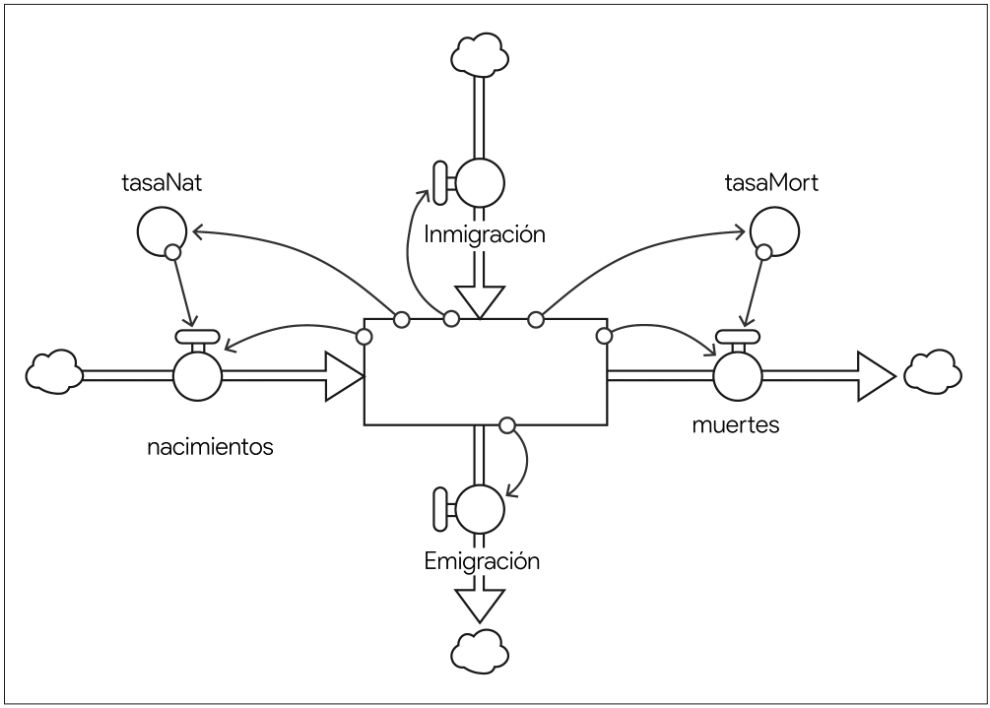
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para explicar el proceso de construcción de módulos, se tomó como referencia un módulo básico de «Población». La principal variable de interés es la población residente y, por lo tanto, hay un *stock* que la representa y que registra el número de personas residentes en la isla. Los cambios en la población residente se

originan en flujos de entrada (aquellos que incrementan el número de habitantes), «nacimientos» e «inmigración», y en los flujos de salida (aquellos que disminuyen el número de personas en la isla), «muertes» y «emigración».

Los convertidores en este módulo representan las tasas de natalidad y mortalidad. Cuando se conecta la tasa de natalidad con los nacimientos y la población, se está representando la fórmula de la tasa de natalidad: (número total de nacimientos en un año/población total) x 1.000, lo mismo para representar la tasa de mortalidad.

Figura 2. Módulo básico de población



Fuente: Elaboración propia.

Este ejercicio se realizó para todos los módulos propuestos para el modelo. Luego, fue necesario establecer las conexiones entre los diferentes módulos, de manera que los datos influyan en el resultado final asociado al módulo que se desea analizar. A modo de ejemplo, el *driver* población se vincula con el módulo de energía eléctrica a través del consumo, por ende, a mayor población total, mayor tasa de consumo eléctrico.

Es importante destacar que la dinámica estacional del flujo de turistas tiene un comportamiento variable dependiendo del mes, lo que obliga a que la resolución temporal del modelo sea mensual. Por la misma razón, todos los procesos, tasas, flujos y variables en cada subsistema tendrán la misma resolución temporal, pese a que el dato original sea anual u en otro intervalo de tiempo.

Un supuesto es que el modelo asume que los consumos y la inversión tendrán un aumento, que se relacionan con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional. Por ello es que se considerará un incremento del PIB en una tasa anual de 2,3, cifra extraída como referencia del incremento nacional del año 2015 según el Banco Central.

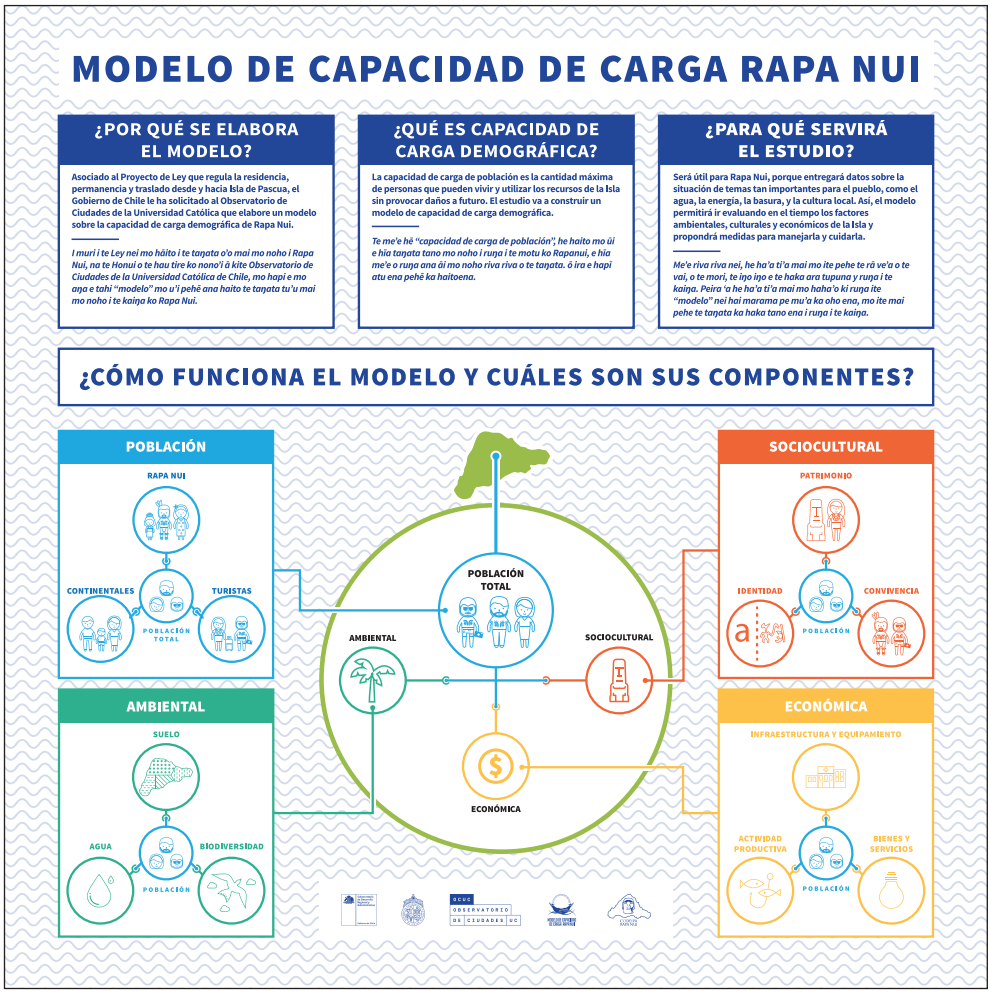
Sociabilización y validación del instrumento

La siguiente fase del estudio consistió en la sociabilización del modelo conceptual con los residentes de Isla de Pascua. El objetivo de esta fase fue dar acceso a la información generando instancias abiertas a toda la comunidad y, de esta manera, otorgar la posibilidad a que esta pudiera evaluar y comentar la información que se le proporcionó. El nivel de participación realizado es de carácter informativo y consultivo.

Para lograr este objetivo, se realizó un proceso de «traducción» desde un lenguaje técnico del modelo a uno coloquial, para que todo ciudadano interesado pueda entenderlo. Dada su complejidad, se utilizaron recursos gráficos y con pertinencia local. Para ello, diseñadores del equipo crearon íconos e imágenes amigables, accesibles y simplificadas del modelo conceptual, así como de las partes que lo componen.

El primer producto generado para la sociabilización fue un diagrama simplificado del modelo (ver figura 3), con su correspondiente explicación, que se utilizó como material de apoyo para explicar el modelo a la comunidad. El texto del panel móvil se presentó tanto en español como en lengua rapa nui.

Figura 3. Diagrama simplificado del modelo-panel móvil



Fuente: Elaboración propia.

El segundo producto consistió en una cápsula radial, que invitó a la comunidad a conocer el trabajo investigativo realizado, a través de dos actividades:

1. Inscripción en la gobernación provincial o municipio para que el equipo asistiera a una reunión con su familia para explicar el modelo.
2. Acercarse a un recinto específico de la municipalidad, en donde el equipo estaría respondiendo consultas o sugerencias.

La utilización de la radio local se debe a que es el medio de comunicación más utilizado en la Isla y se buscaba que la mayor cantidad de personas tuviera acceso a la información. Las cápsulas fueron transmitidas los días previos a la visita del equipo de investigación, tanto en castellano como en lengua rapa nui.

El tercer producto fue un cuadernillo que presentaba de manera simplificada y amigable el modelo en su nivel conceptual, explicando su origen y fundamentos.

Figura 4. Portada cuadernillo para difusión

Fuente: Elaboración propia.

Una vez generados estos productos, el equipo de investigación viajó a Rapa Nui.

En la Isla, las primeras actividades consistieron en entrevistas radiales a los directores del proyecto, en donde se profundizó respecto del trabajo realizado en el lugar y la importancia del modelo.

Dada la importancia y necesidad de incluir a las distintas autoridades de Rapa Nui, de forma paralela se organizaron reuniones informativas con organizaciones claves: el Honui, CODEIPA, Consejo Municipal, Servicios Públicos e instituciones locales. Las reuniones consistieron en informar a las organizaciones y representaciones políticas de la comunidad la estructura del modelo, sus avances, las actividades que se han estado realizando en terreno y consultar la opinión sobre el grado de representatividad del modelo en referencia a la realidad de la Isla y su aplicación para la ejecución de la futura ley de residencia, permanencia y traslado.

Después de la construcción del instrumento, este se sometió a validación con expertos locales, compuestos por miembros de organizaciones políticas de Rapa Nui, funcionarios de servicios públicos a nivel local y central, y diversos expertos en los temas de las variables definidas, con el objetivo de corroborar si el instrumento de medición tiene pertinencia local y si se encuentra correctamente construido. En consecuencia, esta etapa buscó validar las variables propuestas para el instrumento, ver la posibilidad de considerar otras nuevas y ahondar en las relaciones entre ellas.

Módulos del modelo de capacidad de carga

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los módulos que conforman el Modelo de Capacidad de Carga para Isla de Pascua.

Driver Población

Representa la dinámica mensual de la población total (residentes y turistas) en la Isla, distinguiendo, dentro de los residentes, aquellos de origen rapa nui de los que no son de la etnia. Su finalidad es estimar el comportamiento del crecimiento de la población en el tiempo, tanto de sus residentes, como la población de turista. Como se ha señalado con anterioridad, el módulo población condiciona y restringe el resto de los módulos considerados, es decir, la población es el hilo conductor del modelo debido a que «impacta» en el resto de los sistemas incorporados en el análisis.

Este módulo está basado en los datos proporcionados por las estadísticas oficiales de la población residente (INE) para las tasas de 1) mortalidad y natalidad; y 2) fracción de población residente que se declara de origen rapa nui. Asimismo, a partir de estadísticas de llegada de pasajeros en avión y en barco, así como también de estimaciones de número de turistas por cada año, se logra estimar la cantidad de gente que está usando los recursos de la Isla para cada mes del año.

El módulo tiene dos submodelos importantes, el de la población residente y el de la población de turistas. El submodelo de la población residente registra el número de personas residentes en la Isla, que cambia con los nacimientos, muertes, emigración e inmigración. El submodelo de turistas registra el flujo mensual de turistas que llegan usando un vector de llegadas (convertidor Tránsito), ya que el arribo de turistas es distinta en cada mes. La suma de ambas poblaciones entrega el número total de personas cada mes en la Isla.

Módulo Agua potable y servida

Este módulo representa la dinámica del abastecimiento del agua por parte de la población, considerando la captación de agua desde el acuífero, la producción de agua potable, su consumo y la generación de aguas servidas.

El modelo es un ciclo de producción-consumo-desecho-infiltración, donde se consideran las fuentes documentadas de origen-destino del agua que es extraída desde el acuífero para ser tratada en la planta y luego distribuida para consumo. La estimación de la producción mensual de agua potable se basa en datos proporcionados por SASIPA para los años 2013-2015. Los registros del consumo se encuentran por cliente (medidor), por lo que se utilizó un factor de conversión para estimar el consumo de la población, sea ella residente o flotante. El consumo de agua es estimado usando una tasa promedio per cápita mensual que es aplicada a la población total (residentes más turistas) para calcular el consumo residencial. Esta tasa per cápita cambia en el tiempo usando la variación mensual del PIB. Respecto a la generación de aguas servidas, no se tienen estudios de su cuantificación en la Isla, por lo que se consideró una estimación en función de un coeficiente de recuperación para los casos en los que no se cuenta con alguna planta de tratamiento, y en el mejor de

los casos, datos de la planta en el caso contrario. Se asume que el total de aguas servidas infiltra hacia las capas inferiores del suelo. Se consideró como indicador de la calidad del agua un parámetro relacionado con la generación de aguas servidas (coliformes fecales totales), que fue relevado en la actividad de terreno y que tiene directa relación con la cantidad de población existente en un contexto en el cual no existe un sistema de alcantarillado público. Sin embargo, no se han podido obtener datos que permitan representar el comportamiento de dicho contaminante, puesto que las únicas mediciones que existen no corresponden al agua cruda de los pozos de captación de agua potable, sino que al agua potable ya generada.

Módulo Energía eléctrica

Este módulo representa la dinámica del abastecimiento de energía eléctrica para consumo en la Isla. Las tasas de consumo son producto de las cifras mensuales de ventas entregadas por SASIPA para los años 2013-2015. No se pudo obtener cifras de empresas instaladoras de paneles solares en la Isla (Rapa Nui Soluciones Sustentables y Ata Solar).

El modelo estima el consumo total de energía eléctrica considerando tres tipos de consumidores (de acuerdo a los registros de SASIPA). Estas fuentes de consumo son: 1) clientes residenciales, 2) consumo de la planta de agua potable, y 3) otros clientes. Se destaca el consumo de energía para la producción de agua potable («consumo planta» en el esquema), que permite vincular este módulo con el de agua por la dependencia de energía para la generación de agua potable.

La única fuente de consumo que varía en función de la población es la residencial, que cambia en la medida que la población fluctúa. Este consumo de clientes residenciales se calcula usando una tasa per cápita mensual que es aplicada a la población para entregar una estimación del consumo total. Al igual que en caso del consumo de agua potable, la tasa per cápita varía con el PIB. Los otros consumos (otros y planta de agua) son fijos, pero el consumo de otros también varía con el PIB.

Módulo Residuos sólidos domiciliarios

Este módulo representa la dinámica de la generación y manejo de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) generados por la población de la Isla. Con la información que se dispone, es posible identificar una tasa de generación per cápita diferenciada por turista y residente. El modelo estima la generación total de RSD, separados por residentes y turistas, y sigue el ciclo de vida de estos residuos hasta su destino final. Como parte del manejo de residuos se considera la fracción de RSD, que es:

- Enviada al vertedero.
- Enviada a Orito, planta para reciclaje.
- Rechazada de Orito y enviada al vertedero.
- Reutilizada.
- Enviada al continente.
- Enviada a Ecoparque (actualmente cero).

Pese a que aún no se encuentra en funcionamiento, el modelo considera la existencia del Ecoparque, futuro relleno sanitario que se debería construir en la Isla para reemplazar al actual vertedero. En cuanto este relleno comience a operar, el modelo considerará para el cálculo la fracción de residuos sólidos que ahí se depositen.

La lógica del modelo es bastante simple: se genera un volumen total de residuos en un mes que luego son asignados mediante fracciones fijas a los distintos destinos finales (Orito, vertedero, continente, etc.). El volumen de producción de RSD se obtiene por la multiplicación de una tasa de generación per cápita por la cantidad de personas, esto está separado por residentes y turistas. Por el momento, solo se tienen datos de generación de RSD, por lo que no es posible cuantificar el volumen de residuos que proviene del área comercial o industrial.

La inclusión de residuos peligrosos fue analizada, pero ella solo podría ser incorporada cuando se disponga de una cuantificación sistemática en el tiempo de sus volúmenes y destinos finales bajo la misma lógica que el submodelo de RSD. Actualmente, la información disponible no es suficiente para la construcción de un submodelo con las características deseadas.

Módulo Usos y erosión de suelo

Este módulo representa la dinámica de los distintos tipos de uso del suelo en la Isla de acuerdo a la clasificación hecha por CIREN el año 2013:

- MAT+PRAD: matorrales más praderas
- CULTIVOS: uso agrícola
- URBANIZADO: sic, se incluye Hanga Roa y el aeropuerto y otras zonas
- BOSQUE: zonas con árboles o plantaciones
- SIN VEGETACIÓN: sic
- OTROS USOS: No clasificados, incluido el borde costero

Se separan de estos usos la superficie del parque y los humedales, ya que son de especial interés. Cada uno de los *stocks* representa la superficie en hectáreas de cada uno de estos usos y los flujos que los vinculan representan los cambios de superficie que cambian de clase de uso en un intervalo de tiempo. Este módulo solo refleja la situación actual y no permite proyectar la dinámica de cambio de uso del suelo entre los ya definidos, ya que no se cuenta con información suficiente para estimar las tasas de cambio entre estos distintos usos.

El OCUC hizo un estudio que permitió establecer la situación al año 2016, pero las relaciones de flujos entre distintos usos actualmente están todas ellas definidas como cero. La información necesaria para parametrizar los flujos de cambio de uso es un estudio que estime las superficies en estas (u otras) clases de uso del suelo en tres a cinco años más y que muestre, además, dónde se produjeron cambios de uso del suelo y qué patrón siguen esos cambios. Asimismo, no se consideran todos los cambios posibles, ya que probablemente en el mediano plazo (3-5 años) no es posible pensar en tierras de cultivo que se conviertan en bosques o bien matorrales o praderas (MAT+PRAD) que se conviertan en bosques. El modelo actualmente contempla aquellos flujos que reflejan los cambios más probables y, en el futuro, cuando se tenga información suficiente para estimar estos cambios, debería establecerse un flujo de cambio de uso del suelo por año o bianual, que es la escala detectable de este tipo de cambios, lo que es fácil de implementar en el *software*.

Este mismo módulo contempla una estimación de los cambios de superficie entre distintas clases de erosión (leve, moderada y severa), y aquí sí hay una estimación de las tasas anuales de cambio entre esta clase de erosión, la que fue estimada con información del estudio de CIREN (2013) y de Cruz y Honorado (1998), que entregan alguna consistencia para estimar estos cambios. Asimismo, se espera en el futuro estimar la relación que tienen estos flujos de cambio con la población, residente o turista, que pueden ser factores de estos cambios.

Módulo Agricultura

Este módulo representa la dinámica de abastecimiento y consumo de productos agrícolas, específicamente, de hortalizas, frutas, cereales y cultivos. Se considera la producción e importación de cada uno de estos productos.

Si bien Rapa Nui tiene una producción de gran cantidad de estos productos, para efectos de ordenar el análisis y simplificarlo, se escogieron las especies más importantes en superficie de cultivos agrícolas de acuerdo al último Censo Agropecuario 2007. Las especies en cada clase son las siguientes:

- Cultivos y cereales (CULT): papa, mandioca y otras
- Hortalizas (HORT): maíz, tomate fresco, sandía y lechuga
- Frutas (FRUT): piña, naranja, plátano y palta

No se consideró la importancia por volumen consumido, ya que esa información no está disponible.

Módulo Ganadería

Este módulo representa la dinámica de abastecimiento y consumo de productos ganaderos, específicamente de carne, y la dinámica de la población de porcinos, bovinos y caballos. Se considera la producción e importación de carne de bovinos y porcinos.

El módulo considera la producción local de carne con base en la dinámica de las poblaciones de porcinos y bovinos y su rendimiento por cabeza. Asimismo, se estima la evolución de la población de

equinos. El consumo de carne de bovinos y porcinos se estima usando una tasa de consumo per cápita y el total de la población. Las tasas de consumo son promedios nacionales calculados por el Ministerio de Salud (Encuesta Nacional de Consumo Alimentario, 2014).

De manera análoga al módulo de Agricultura, el desafío en este módulo radica en la calidad de la información a utilizarse, dado que se cuenta con tasas de consumo a nivel nacional y no específicas para la Isla. Por otra parte, los datos de importaciones de carne tienen el mismo problema que en el módulo de Agricultura.

El módulo, además, hace una estimación de las cargas animales, en términos de unidades animales (solo bovinos) y de cabezas por hectárea (bovinos y equinos), para compararlas con algún estándar deseable o máximo. Sin embargo, la referencia de superficie en el cálculo de estas cargas es estática, es decir, considera una superficie fija (matorrales + praderas) que proviene del módulo de Uso del suelo, y dado que este módulo es estático, no hay cambios en la superficie de referencia.

Módulo Pesca

Este módulo representará la dinámica de abastecimiento y consumo de pescado en la Isla. Se considera solo la captura total de pescado, puesto que no se tienen registros de importación de este producto. El módulo tiene la misma lógica que Agricultura y Ganadería, es decir, se intenta establecer el balance entre consumo y abastecimiento de pescados. Asimismo, tiene los mismos inconvenientes respecto de las tasas de consumo per cápita estimados por el Ministerio de Salud, que en particular para pescados, probablemente están subestimadas en la Isla.

Si bien en un comienzo se pensó diferenciar por especie de pez capturado e incorporar otros productos de mar, la falta de información impide hacer esa distinción. Por lo mismo, solo se puede, hasta el momento, modelar la cantidad total de pescado capturado y su consumo esperado.

Módulo Turismo

Este módulo representa la ocupación y disponibilidad de alojamiento y gasto de los turistas en la Isla. Para ello se considera el crecimiento de la disponibilidad de camas formales e informales para el turismo y su uso por parte de los turistas. Asimismo, se considera el gasto promedio de los turistas. El módulo estima la cantidad de camas ocupadas cada mes (1 turista = 1 noche-cama) en el sistema formal (hoteles, residenciales y cabañas) y hace una estimación de camas en el sistema informal. Esta cifra de noches-cama es contrastada con la cantidad mensual de turistas, dato que proviene del módulo Población, donde ya se ha ajustado la permanencia promedio de los turistas. La separación entre turistas nacionales e internacionales se hace mediante una fracción fija inicial que va cambiando en el tiempo, siguiendo la tendencia observada en los últimos cinco años de la cantidad de ambos tipos de turistas.

Módulo Lengua

Este módulo, que originalmente representaba a la identidad Rapa Nui, representa el cambio en la población que habla esa lengua, distinguiendo entre la población de origen rapa nui y la continental. Los datos se obtienen de la Encuesta Sociolingüística desarrollada por el Ministerio de Educación y Unesco en el año 2016-2017 y el Censo 2017. Actualmente, el módulo está inactivo y se supone que estima la cantidad de personas total en la Isla que declaran hablar la lengua rapa nui.

Módulo Patrimonio arqueológico

Este módulo representa los elementos necesarios para establecer un índice del estado del patrimonio arqueológico de Rapa Nui. Dicho índice se estructura a partir de tres ejes o variables claves:

- Cambio en el estado de un grupo de sitios arqueológicos relevados en la Isla, inicialmente veinticinco sitios presentes en el Plan de Uso Público de CONAF. (En el futuro pueden añadirse más sitios, en la medida que exista información asociada a ellos).

- Emergencia y daños registrados en el patrimonio arqueológico.
- Gestión del patrimonio arqueológico.

Este módulo fue diseñado y propuesto por un grupo de especialistas de la Isla y se presenta tal como fue conceptualizado por ellos.

En la actualidad, no se tienen datos para ser ingresados al módulo, por tanto, solo se presentará su estructura y no los resultados. Por consiguiente, dicho módulo requiere de una planificación tanto para el levantamiento de información y su registro.

Módulo Cobertura del servicio de educación

Este módulo representa la dinámica de las cohortes de alumnos que ingresan y egresan de los tres niveles de educación primaria en la isla —prebásica, básica y media— para compararla con la capacidad de los establecimientos educacionales. La información para construcción de este módulo proviene de los registros 2004-2015 del Ministerio de Educación, que registra el número de alumnos en cada cohorte. El módulo simplemente proyecta la evolución de las cohortes a lo largo de tiempo, usando como datos de entrada la cantidad de personas viviendo en la Isla.

Módulo Ocupación urbana

El módulo representa el cambio en la densidad de las viviendas sobre la superficie urbana y utilizará la información obtenida de censos y de la encuesta. Para la proyección se modela el cambio en el número de viviendas en el tiempo en razón del incremento en la población residente. Esto estima una densidad de población promedio por vivienda, lo que genera una predicción del número de viviendas y de la densidad urbana en términos de viviendas y habitantes por km^2, asociando este número de viviendas a una superficie urbana, por lo que el módulo pretende reflejar más bien el cambio en la superficie urbana asociada a viviendas.

Módulos excluidos

Los módulos de Transporte, Biodiversidad, Convivencia e Identidad fueron parte de la propuesta original del modelo de capacidad de carga como elementos importantes a considerar, pero en la versión final no se incluyeron. Para algunos de estos módulos hubo una propuesta de estructura inicial, pero por distintas razones, algunas comunes a todos ellos y otras particulares a cada uno, no se consideraron en el modelo definitivo.

La principal razón, que es común a estos cuatro módulos, es que la información básica necesaria para construirlos y definir los flujos y *stocks*, es decir, series de tiempo con información de los *stocks* considerados, o bien, no existía o tenía niveles de precisión o desagregación insuficientes para ajustar o estimar tasas de cambio confiables.

Módulo Transporte

En el caso del módulo de Transporte, la idea original pretendía hacer una estimación objetiva acerca de la percepción que tienen los residentes de que hay congestión vehicular en Hanga Roa y, al mismo tiempo, representar la dinámica de uso de la infraestructura para la conectividad de la población en la Isla y con el continente, así como la disponibilidad de los medios de transporte que lo permitan. Este módulo entregaría el flujo de vehículos, barcos y aviones en la Isla, haciendo énfasis en los cambios generados en el parque automotor en los últimos años, permitiendo verificar la saturación en tres puntos de control dentro de Hanga Roa.

El módulo no pudo ser construido principalmente por falta de información de congestión, es decir, de cantidad de autos transitando en los puntos de control. Asimismo, la información de barcos de carga y pasajeros y de aviones de carga prácticamente no existe o está dispersa en registros a los que no se tuvo acceso. Asimismo, y asumiendo que la idea original era poner cifras a la percepción de congestión y de estimar la tasa de uso de la infraestructura vial de la Isla, se consideró que el modelo propuesto era demasiado complejo y se trató de simplificar. Sin embargo, la simplificación resultó también en un modelo para el que no había información de calidad disponible.

Módulo Biodiversidad

En el caso de los módulos de Biodiversidad, la idea era elegir especies emblemáticas que representaran a la biodiversidad terrestre y definir, sobre la base de información de la superficie de bosques, matorrales y praderas, una superficie potencial de hábitat para esa(s) especie(s) como una aproximación a su estado de conservación que se resumiría en un índice de estado.

Luego, estos índices de estado se usarían para componer un índice de estado de la biodiversidad. Hay varias ventajas en esta aproximación; por una parte, se conecta el estado de la biodiversidad con la dinámica de la población total a través de los cambios que esta dinámica provoca en las superficies de bosques, matorrales y praderas. Esta es una aproximación flexible, en el sentido de que permite agregar especies y otros atributos, ya sea al índice de estado o al índice global de biodiversidad para evaluar el estado de la biodiversidad. Además, es simple en la medida que pueda definirse la relación entre las superficies de vegetación y el estado de los hábitats para las especies de interés. Sin embargo, este módulo no se desarrolló por varias razones: en primer lugar, no hay información confiable en el tiempo de las categorías de conservación de «especies» emblemáticas; segundo, sorprendentemente, al preguntar en los talleres que se hicieron con actores locales qué especies se consideraban emblemáticas de la isla, se llegó a un listado que eran en su mayoría especies introducidas (acacias, cítricos y otros) que no tienen valor de conservación, y tercero, no se pudo crear un módulo de uso del suelo que funcionara dinámicamente (módulo Uso del suelo) por las razones que ya se expusieron en el resumen de ese módulo. Quizás, la idea pueda ser aplicable, con mayor cantidad y calidad de información, a otro tipo de especies; marinas, vida silvestre terrestre o invertebrados terrestres.

Módulo Convivencia

El módulo de Convivencia fue desechado tempranamente en el desarrollo del modelo. Este debía generar un índice o medir de alguna manera el nivel de conflicto que se estaba percibiendo en la convivencia de la población residente rapa nui con la población residente no rapa nui, es decir, continentales. Si bien fue un tópico

que apareció en las fases iniciales del proyecto como relevante para la población de la Isla, y preguntado —a nivel de percepciones— en la encuesta realizada por OCUC en 2016, se consideró en primer lugar que era un asunto no modelable, al menos bajo la forma general en que se estaba construyendo el instrumento; por otro lado, se consideró que era una temática demasiado sensible para ser incluida en un modelo matemático que genera, básicamente, números o cifras bajo la forma de índices. Con seguridad, la medición y monitoreo de este tópico tiene mejores instrumentos que el modelo propuesto en el marco de este proyecto.

Módulo Identidad

En las primeras reuniones de validación se llegó al acuerdo de que el módulo representaría el cambio en lo que se ha sintetizado como *la identidad rapa nui*. Ello, representado por la fracción de población residente rapa nui y no rapa nui que habla la lengua y que participa en, al menos, tres manifestaciones tradicionales artístico-culturales, como puede ser la danza, música, arte corporal, mitos y leyendas, *Kai*, artesanía y tallado, historia antigua y tradición oral.

Los datos en lo relacionado con el habla se obtendrían de la encuesta realizada por OCUC en la Isla y de información censal, mientras que, para la práctica en manifestaciones artístico-culturales no existen datos históricos, sino que se recopilarían de la encuesta realizada. En la medida que se obtenga información para de este módulo, se realizaría la inclusión de la fracción de la población que se identifica como cultores, según lo conversado en la mesa de trabajo.

Sin embargo, ya en las próximas mesas de trabajo y validaciones se llegó a la conclusión de que dicho módulo presentaba varias problemáticas. La primera es que realmente la identidad rapa nui no se puede determinar de una manera cuantitativa, y a su vez, las variables consideradas en el módulo no contaban con la posibilidad acceder a datos cuantitativos en el tiempo. Por lo tanto, se llegó al acuerdo con los actores locales de excluir esta variable del instrumento de cálculo.

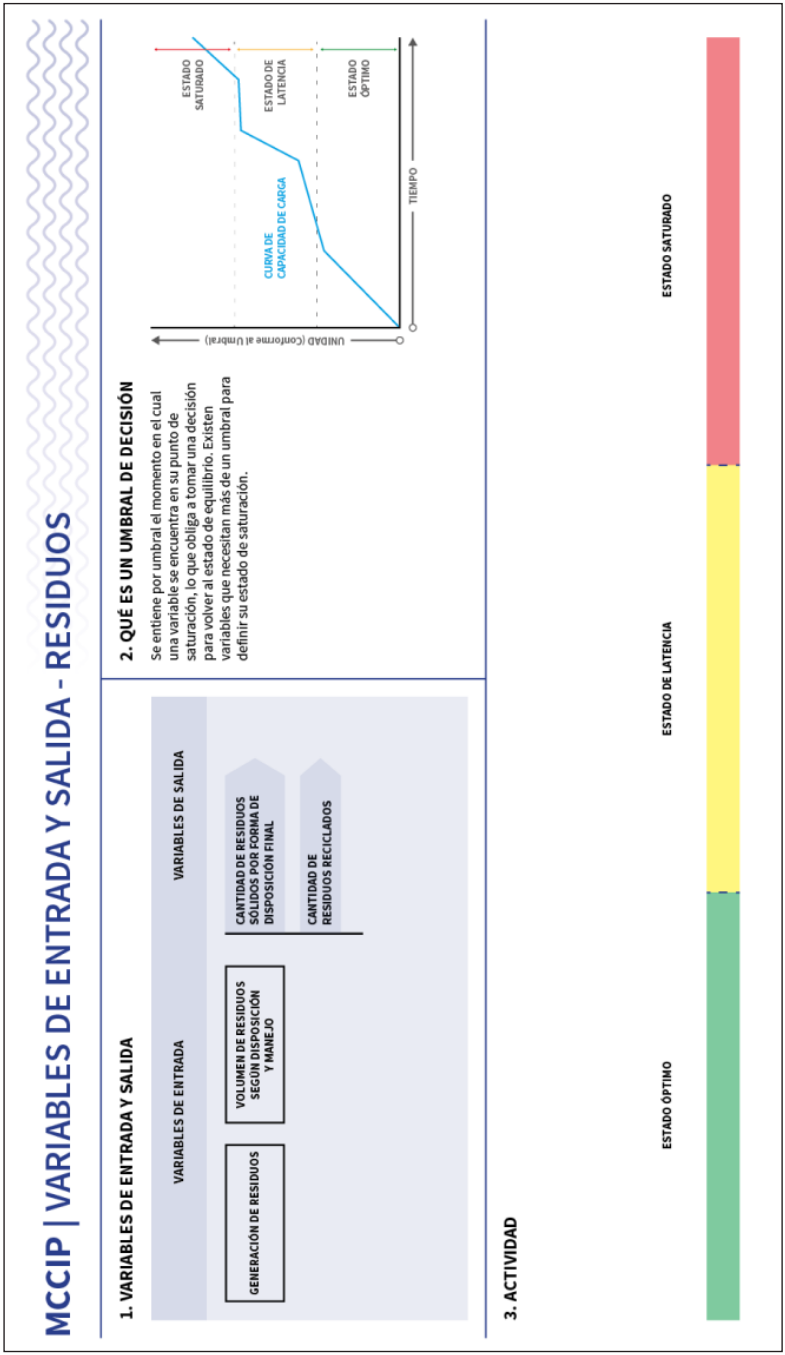
Definición de umbrales

Una vez construidos los módulos, se procedió a discutir con los mismos actores citados para la validación anterior, la definición del umbral o límite de capacidad de carga de cada una de las variables de salida del modelo, que se refieren a los resultados de la modelación.

Para la actividad, nuevamente se realizaron trabajos gráficos, que corresponden a fichas para cada módulo, en donde se pueden visualizar las variables de entrada al módulo y las de salida, tal como se puede observar en la figura a continuación, que toma como ejemplo el módulo de residuos sólidos domiciliarios.

La figura señala que, mediante la modelación se obtendrán dos resultados (variables de salida): 1) la cantidad de residuos sólidos por forma de disposición final (ya sea vertedero o planta de reciclaje) y 2) la cantidad de residuos reciclados. En la sección derecha de la ficha se observa una breve descripción de qué es un umbral y, mediante estos ejemplos, se inició una discusión grupal sobre cómo definir estados de latencia y saturación. La actividad es un insumo para los investigadores, los que debieron recoger las percepciones y sugerencias a la hora de plantear la definición de cada uno de estos límites.

Figura 5. Ficha talleres para la definición de umbrales



Fuente: Elaboración propia.

Con aquella información, el equipo fijó los umbrales de saturación. Por otra parte, para definir un estado de latencia, se consideró el tiempo necesario que requiere un tomador de decisión de ser alertado para coordinar la gestión en torno a dicha variable antes de entrar en un nivel de saturación, por tanto, en cada caso se debe considerar la capacidad de respuesta que tienen las organizaciones o instituciones relevantes.

Resultados de la aplicación del Modelo

A partir de la información recopilada, el sistema de cálculo construido permitió proyectar la variación de una serie de aspectos ambientales, culturales y territoriales frente a cambios en el número de los habitantes en Isla de Pascua. Además, como resultado de la investigación de referentes y el trabajo participativo, se identificaron los umbrales de latencia y saturación que permiten determinar en qué momento y con qué número de habitantes cada uno de los módulos del modelo se encuentra en alguno de estos dos estados. Para las variables de consumo, el cálculo se realizó considerando dos PIB: 2,3%, que corresponde a la tasa anual de crecimiento de un único año (2015), y 4,9%, que corresponde a la tasa de crecimiento medio anual de los últimos cuatro años, ambos proporcionados por el Banco Central.

El resumen de los resultados obtenidos se presenta en el cuadro a continuación:

Cuadro 2. Tabla resumen resultados modelo de capacidad de carga según módulo

Residuos sólidos domiciliarios		Energía eléctrica	Agua potable y servida		Módulo
5	4	3	2	1	N° de variable
Volumen de material para reciclaje de Orito	Volumen de residuos sólidos depositados en vertedero	Consumo de energía eléctrica	Aguas servidas	Consumo de agua potable	Variable de salida
4,14820 ton	20.297,8 ton	813.579,08 kWh/mes	61.218,8742 m^3/mes	68.020,52 m^3/mes	Valor actual (dic. 2016)
No definido. Se debe implementar registro propuesto	85.085 ton	842.602,5 kWh/mes	No Definido	103.610 m^3/mes	Valor de umbral de saturación
Volumen de despachables al continente en un año es superior a los despachados al continente	Capacidad máxima estimada para el vertedero	Capacidad máxima instalada de generación de electricidad	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos de contaminación de la napa	Capacidad máxima instalada de producción de agua potable	Cualificación del umbral de saturación
No Definido	Abril 2025	Febrero 2017	No Definido	Febrero 2023	Mes de saturación
No Definido	10.799 personas	8.456 personas	No Definido	10.940 personas	Población para mes de saturación
Periodo necesario para ampliar la capacidad de despacho hacia el continente (2 años)	Periodo necesario para poner en marcha un nuevo vertedero (7 años)	Periodo necesario para poner en marcha aumento producción energía eléctrica (3 años)	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos de contaminación de la napa	Periodo necesario para poner en marcha aumento producción de agua potable (3 años)	Definición del umbral de latencia
No Definido	Abril 2018	Comienza saturado, por lo que no se define mes de latencia	No Definido	Febrero 2020	Mes de latencia
No Definido	Latencia	Saturado	No Definido	Óptimo	Resultados del modelo

Turismo	Agricultura	Ganadería	Pesca	Módulo
9	8	7	6	N° de variable
Variación en el número de camas formales e informales	Brecha entre oferta y demanda	Unidades animales	Brecha entre oferta y demanda	Variable de salida
1.019 turistas mes	Sin información	3.918 unidades animales	3.684,99 ton peces demandados	Valor actual (dic. 2016)
2.779 turistas mes	No Definido	2.246 unidades animales	3.738 ton peces capturados	Valor de umbral de saturación
Número de camas disponibles promedio mes anual	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el potencial productivo agrícola	Capacidad de carga animal, de acuerdo a la disponibilidad de alimentos, descontada la superficie sensible a la erosión	El umbral se define a partir de la captura de peces, es decir, la oferta del recurso	Cualificación del umbral de saturación
Febrero 2024	No Definido	El modelo comienza saturado	El modelo comienza saturado	Mes de saturación
2.779 turistas	No Definido	7.750 personas	7.750 personas	Población para mes de saturación
Periodo necesario para poner en marcha un servicio de alojamiento (3 años)	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el potencial productivo agrícola	Periodo necesario para elaborar e implementar un plan de gestión de la carga animal (6 años)	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos respecto de los ciclos ecológicos de las especies presentes en área de extracción de Rapa Nui. De acuerdo a la experiencia se estima que seis años antes es un periodo suficiente para la realización de estudios y desarrollar las medidas asociadas al mejoramiento de la condición.	Definición del umbral de latencia
Febrero 2021	No Definido	No aplica	Comienza saturado, por lo que no se define mes de latencia.	Mes de latencia
Óptimo	No Definido	Saturado	Saturado	Resultados del modelo

Cobertura del servicio de salud	Cobertura del servicio de educación	Lengua	Convivencia turismo	Módulo
13	12	11	10	N° de variable
Planificación de la cartera de prestaciones	Razón entre número de matrículas y capacidad de matrículas	Proporción Rapa Nui hablantes de la lengua vernácula/no hablantes de la lengua vernácula	Fracción de personas con una percepción negativa del turismo	Variable de salida
7.750 personas en Isla de Pascua	Colegio Lorenzo Baeza: 96% de ocupación/ Colegio Hermano Eugenio Eyraud: 93% de ocupación/ Colegio San Sebastián de Akivi: 57% de ocupación/ Aldea Educativa: 109% de ocupación	61% de la población rapa nui presenta un nivel de competencia lingüística alto*	10% percepción negativa	Valor actual (dic. 2016)
5.000 habitantes	100% de las matriculas disponibles	50% de población Rapa Nui un alto nivel de competencia lingüística	50,1% de la población con percepción negativa	Valor de umbral de saturación
Número de personas para las cuales está diseñada la cartera de prestaciones del Hospital	Matrículas disponibles	Menos del 50% de los rapa nui presentan una competencia lingüística alta	Mayor al 50% de la muestra percibe impacto negativo	Cualificación del umbral de saturación
El modelo comienza saturado	No se define de manera temporal	No se define de manera temporal	No se define de manera temporal	Mes de saturación
7.750 personas	No Definido	No Definido	No Definido	Población para mes de saturación
90% de la cartera de prestación	95% de matrículas disponibles ocupadas	Menos del 80% de población rapa nui presenta una competencia lingüística alta	Periodo necesario para elaborar e implementar un plan de turismo responsable (2 años) o bien cuando un 30% de la población tenga una percepción negativa del turismo	Definición del umbral de latencia
Comienza saturado, por lo que no se define mes de latencia	No aplica	No aplica	No aplica	Mes de latencia
Saturado	Latencia	Latencia	Óptimo	Resultados del modelo

Vivienda y ocupación		Capacidad de transporte	Módulo
16	15	14	N° de variable
Vivienda	Ocupación urbana	Congestión vehicular	Variable de salida
3.423 viviendas en zona urbana	9,292578 km^2	2.396 vehículos	Valor actual (dic. 2016)
3.040 viviendas en zona urbana	4,5557 km^2	No Definido	Valor de umbral de saturación
Capacidad de carga urbana según estudio Ámbar	El área correspondiente al límite urbano definido en el PRC	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos respecto de la capacidad vial	Cualificación del umbral de saturación
El modelo comienza saturado	El modelo comienza saturado	No Definido	Mes de saturación
7.750 personas	7.750 personas	No Definido	Población para mes de saturación
Periodo que demora la definición y aprobación de un nuevo PRC (10 años)	Periodo que demora la definición y aprobación de un nuevo PRC (10 años)	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos respecto de la capacidad vial	Definición del umbral de latencia
Comienza saturado, por lo que no se define mes de latencia	Comienza saturado, por lo que no se define mes de latencia	No Definido	Mes de latencia
Saturado	Saturado	No Definido	Resultados del modelo

Patrimonio arqueológico			Módulo
19	18	17	N° de variable
Gestión del Parque Nacional	Denuncias y tráfico	Estado general del sitio	Variable de salida
Sin información	Sin información	Sin información	Valor actual (dic. 2016)
No Definido	No Definido	No Definido	Valor de umbral de saturación
No está definido, se requiere definir criterios de verificación de los ítems de gestión del PN Rapa Nui propuestos en el módulo	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el número y tipo de denuncias	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el estado general de los sitios	Cualificación del umbral de saturación
No Definido	No Definido	No Definido	Mes de saturación
No Definido	No Definido	No Definido	Población para mes de saturación
No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el estado general de los sitios	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el estado general de los sitios	No está definido, se requiere de estudios adicionales específicos para determinar el estado general de los sitios	Definición del umbral de latencia
No Definido	No Definido	No Definido	Mes de latencia
No Definido	No Definido	No Definido	Resultados del modelo

Módulo	N° de variable	Variable de salida	Valor actual (dic. 2016)	Valor de umbral de saturación	Cualificación del umbral de saturación	Mes de saturación	Población para mes de saturación	Definición del umbral de latencia	Mes de latencia	Resultados del modelo
Suelo	20	Porcentaje de suelos en distintos niveles de erosión	Erosión severa: 612,5 ha. Erosión mediana: 844,4 ha. Erosión leve: 13.495 ha.	No Definido	A partir de los estudios, se podría definir un umbral para los niveles de erosión de suelo aceptables para Isla de Pascua.	No Definido	No Definido	A partir de los estudios, se podría definir un umbral para los niveles de erosión de suelo aceptables para Isla de Pascua	No Definido	No Definido
	21	Cambios de uso de suelo	Sin información	No Definido	A partir de los estudios, se podría definir un umbral para el cambio en el uso de suelo aceptable para Isla de Pascua.	No Definido	No Definido	A partir de los estudios, se podría definir un umbral para el cambio en el uso de suelo aceptable para Isla de Pascua	No Definido	No Definido

*Corresponde al resultado del estudio «Encuesta Socio Lingüística» elaborado por el Ministerio de Educación y UNESCO durante el año 2016-2017.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cabe señalar que algunas variables de salida presentan resultados numéricos, es decir, tienen más de tres datos disponibles y, por ende, permiten su modelación en el tiempo. Entre ellas están:

- Población
- Agua potable
- Energía eléctrica
- Vertedero (módulo Residuos sólidos domiciliarios)
- Erosión (módulo Usos y erosión de suelo)
- Brecha entre oferta y demanda (módulo Agricultura)
- Unidades animales (módulo Ganadería)
- Brecha entre oferta y demanda (módulo Pesca)

Turismo

Sin embargo, solo para algunas de estas variables fue posible definir un umbral, lo que permite definir el estado de la variable, ya sea saturado, latente u óptimo.

Por otra parte, existen un conjunto de variables con un resultado estático, es decir, tienen una representación fija en el tiempo, puesto que solo tienen un dato disponible, ellas son:

- Residuos sólidos domiciliarios-variable residuos recuperables
- Usos y erosión de suelo-variable usos de suelo

Lengua

Finalmente, el módulo de Patrimonio arqueológico no cuenta con información para determinar una modelación y un punto fijo en el tiempo.

El Modelo de Capacidad de Carga para Rapa Nui tiene sus ventajas evidentes a partir de la posibilidad de predecir la saturación de la capacidad de carga demográfica de diferentes componentes territoriales. Lo anterior permite la identificación oportuna de futuros problemas, para los cuales se puede tener claro el margen de acción para formular planes, estrategias e inversiones que permitan evitar la superación de sus umbrales. A su vez, el instrumento cumple la función de dotar de información a la comunidad insular y los tomadores de decisiones, quienes a partir de los resultados del modelo deberán decidir, de acuerdo a su visión de desarrollo, qué acciones tomar.

En la medida que se disponga de información (datos cuantitativos), se pueden modelar los módulos ya construidos, y al mismo tiempo formular nuevos, cuando se considere que la capacidad de carga demográfica del territorio está limitada bajo más dimensiones que las consideradas en el modelo inicial. A pesar de que el modelo tiene ventajas relevantes para la gestión local, la carencia de datos es una limitante para su uso. De esta manera, se torna ineludible la necesidad de generar información y conocimiento que permitan, de acuerdo a las prioridades locales, dotar de datos a dichos módulos, con el fin último de hacer de esta herramienta un instrumento que permita desarrollar un territorio según las necesidades y aspiraciones

locales, promoviendo su calidad de vida en términos ambientales, socioculturales y económicos.

A continuación, se presenta la información que se requiere de manera específica para cada uno de los módulos, para el funcionamiento ideal del modelo.

Cuadro 3. Información específica para el funcionamiento ideal del modelo

Módulo	Dato	Unidad de medida	Institución responsable
Energía eléctrica	Consumo diésel al mes para producción energía	L/mes	SASIPA
	Capacidad máxima de generación de energía eléctrica	kwh/mes	SASIPA
	Consumo eléctrico población al mes	kwh/mes	SASIPA
	Consumo eléctrico planta de agua potable al mes	kwh /mes	SASIPA
	Consumo eléctrico otros al mes	kwh /mes	SASIPA
	Litros de diésel importados al mes	L/mes	ENAP
Complemento al módulo energía	Balones de gas importados de 45 kg al mes	N° de balones	Gobernación marítima
	Balones de gas importados de 15 kg al mes	N° de balones	Gobernación marítima
	Balones de gas importados de 5 kg al mes	N° de balones	Gobernación marítima
Agua potable y servidas	Capacidad máxima de producción de agua potable	m^3/mes	SASIPA
	Pérdidas de agua potable	m^3/mes	SASIPA
	Agua potable consumida al mes	m^3/mes	SASIPA
	Agua potable producida al mes	m^3/mes	SASIPA
	Concentración de coliformes en agua extraída de los pozos, antes de su potabilización	NMP CF/100 mL	SASIPA
	Agua distribuida por camión aljibe	m^3/mes	SASIPA
	Capacidad de la planta de tratamiento de aguas servidas del Hospital Hanga Roa	m^3	Hospital
	Aguas servidas tratadas al mes	L/mes	DGAC

Módulo	Dato	Unidad de medida	Institución responsable
Residuos sólidos domiciliarios	Toneladas de residuos recibidas en vertedero al mes	Toneladas/mes	Municipio. Dirección Municipal Ambiental y Aseo y Ornato
	Toneladas recibidas al mes en Orito	Toneladas/mes	Municipio. Dirección Municipal Ambiental y Aseo y Ornato
	Toneladas mensuales con destino de reutilización de Orito	Toneladas/mes	Municipio. Dirección Municipal Ambiental y Aseo y Ornato
	Toneladas de material de reciclaje enviadas al continente	Toneladas/mes	Municipio. Dirección Municipal Ambiental y Aseo y Ornato
	Toneladas de residuos rechazadas y enviadas a vertedero	Toneladas/mes	Municipio. Dirección Municipal Ambiental y Aseo y Ornato
Transporte	N° de permisos de circulación para motos	Número	Municipalidad. Dirección de Tránsito
	N° de permisos de circulación para autos	Número	Municipalidad. Dirección de Tránsito
	N° de permisos de circulación para buses	Número	Municipalidad. Dirección de Tránsito
	N° de permisos de circulación para minibuses	Número	Municipalidad. Dirección de Tránsito
Turismo	Nº de turistas nacionales arribados al mes	N° de personas	SERNATUR
	Nº de turistas internacionales arribados al mes	N° de personas	SERNATUR
	N° de camas formales con uso turístico al mes	N° de camas	SERNATUR
	N° de camas informales con uso turístico al mes (estimación)	N° de camas	SERNATUR

Módulo	Dato	Unidad de medida	Institución responsable
Población	Tasa de natalidad mensual	Tasa/mes	INE
	Tasa de mortalidad mensual	Tasa/mes	INE
	Inmigrantes mensuales	N° de personas	INE
	Emigrantes mensuales	N° de personas	INE
	Fracción de rapa nui respecto de la población total al mes	N° de rapa nui / N° de personas totales	INE
	Fracción de no rapa nui respecto de la población total al mes	N° de no rapa nui/N° de personas totales	INE
	Total de residentes al mes	N° de personas	INE
	Población flotantes mensual	N° de personas	INE
	N° de turistas nacionales	N° de personas	INE
	N° de persona arribadas al mes	N° de personas	LATAM
	N° de turistas internacionales	N° de personas	INE
	N° de viviendas mensual	N° de viviendas	INE
	N° de habitantes por vivienda	N° de personas / N° de viviendas	INE
Pesca	Toneladas capturadas de peces al mes, pesca artesanal*	Toneladas/mes	SERNAPESCA
	Especie 1	Toneladas/mes	SERNAPESCA
	Especie 2	Toneladas/mes	SERNAPESCA
	Especie 3	Toneladas/mes	SERNAPESCA
	Especie 4	Toneladas/mes	SERNAPESCA
	Especie 5	Toneladas/mes	SERNAPESCA
Ganadería	N° de caballos al mes	N° de animales /mes	SAG
	N° de bovinos al mes	N° de animales /mes	SAG
	N° de porcinos al mes	N° de animales /mes	SAG
	Importación de productos cárnicos	kg/mes	SAG
	Producción de carne porcina	kg/mes	SAG
	Importación carne de porcino	ton/mes	
	Importación carne de bovino	ton/mes	
	Producción de carne bovina	kg/mes	SAG

Módulo	Dato	Unidad de medida	Institución responsable
Cobertura del servicio de educación	Capacidad máxima de matrículas: enseñanza preescolar	N° de matrículas	DAEM
	Capacidad máxima de matrículas: enseñanza básica	N° de matrículas	DAEM
	Capacidad máxima de matrículas: enseñanza media	N° de matrículas	DAEM
	Alumnos matriculados: enseñanza preescolar	N° de niños	DAEM
	Alumnos matriculados: enseñanza básica	N° de niños	DAEM
	Alumnos matriculados: enseñanza media	N° de niños	DAEM
	N° de egresados por año: enseñanza preescolar	N° de niños	DAEM
	N° de egresados por año: enseñanza básica	N° de niños	DAEM
	N° de egresados por año: enseñanza media	N° de niños	DAEM
	N° niños ingresos por año: enseñanza prebásica	N° de niños	DAEM
	N° niños ingresos por año: enseñanza básica	N° de niños	DAEM
	N° niños ingresos por año: enseñanza media	N° de niños	DAEM
	N° de estudiantes que migran al continente	N° de niños	DAEM
	N° de niños en deserción escolar	N° de niños	DAEM
Agricultura	Importación de hortalizas	ton/mes	LATAM
	Importación de frutas	ton/mes	LATAM
	Importación de cereales	ton/mes	LATAM
	Importación de tubérculos	ton/mes	LATAM
	Rendimientos agrícolas	kg/mes	SAG
	Producción agrícola	kg/mes	SAG
	Consumo de productos agrícolas	kg/mes	SAG

Módulo	Dato	Unidad de medida	Institución responsable
Cobertura del servicio de salud	Tasa ingreso de pacientes al mes		Hospital
	Número de doctores por especialidad: médico general	Número	Hospital
	Número de doctores por especialidad: (rellenar)	Número	Hospital
	Número de doctores por especialidad: (rellenar)	Número	Hospital
	Número de doctores por especialidad: (rellenar)	Número	Hospital
	Número de doctores por especialidad: (rellenar)	Número	Hospital
	Número de doctores por especialidad: (rellenar)	Número	Hospital
	Número de enfermeras	Número	Hospital
	Número de pacientes derivados al continente	Número	Hospital
	N° de pacientes hospitalizados al mes	Número	Hospital
	Tasa de altas médicas	Tasa/mes	Hospital
	Tasa de ocupación de camas	Tasa/mes	Hospital

Fuente: Elaboración propia.

Índice de saturación para Isla de Pascua (IPA)[6]

El artículo 13 de la Ley 21.070 define la necesidad de «establecer una fórmula para realizar los cálculos de capacidad de carga demográfica». El MCCIP permite comprender la capacidad de carga demográfica de las veintiuna variables que lo componen y a partir de este se ha generado un indicador general e integrado, denominado «Índice Pascua» (IPA). El IPA es un valor único representativo de la condición general de la Isla, proyectable en el tiempo y a partir del cual se puede obtener la población máxima que puede residir en la Isla, en consideración a sus características ambientales y socioculturales especiales.

[6] El desarrollo del Modelo de Capacidad de Carga contó con una segunda etapa para el desarrollo del Índice Pascua (IPA), en la que participaron los/las investigadores/as Roberto Moris, Kay Bergamini, Ximena Arizaga y Daniela Zaviezo.

El Índice Pascua, IPA, corresponde a la suma ponderada de las variables del MCCIP que refleja el estado general de la Isla.

A continuación, se detalla el proceso metodológico asociado a la construcción de dicho indicador, que consta de tres etapas: normalización de las variables del MCCIP, definición de ponderaciones y agregación de las variables a partir de la ponderación establecida.

Normalización de datos: construcción de los ICA

Como se ha señalado, la construcción del indicador de la capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua «Índice Pascua» requiere integrar los resultados del MCCIP en un único valor que dé cuenta del estado general de la Isla.

Las veintiuna variables del MCCIP están expresadas nominalmente en diversas unidades (kwh/mes, ton/mes m^3/mes, km^2, etc.), por lo tanto, antes de proceder a agregarlas en un solo indicador compuesto, es necesario normalizarlas para evitar la congregación de variables de unidades de medidas distintas y la aparición de fenómenos dependientes de la escala (Schuschny & Soto, 2009). Existen diversas técnicas para la normalización de datos. Para el caso de la creación del IPA, la normalización se realizó mediante la técnica «Distancia a una unidad de análisis de referencia» (Schuschny & Soto, 2009), debido a que logra reflejar el estado de cada una de las variables del modelo respecto del estado de saturación y, al mismo tiempo, permite obtener un valor comparable entre las variables.

La normalización, usando la técnica de la distancia a una unidad de análisis de referencia se calcula mediante la fracción:

$$Y_t^i = \frac{x_t^i}{x_t^R}$$

Donde:

Y es la variable «i» normalizada para un momento «t» (año).

X es el valor de la variable «i» al año «t».

R es el valor de referencia de la variable «i», ya que es en relación con este valor que se quieren comparar valores particulares de la variable «i» en un momento «t». (Adaptado de Schuschny & Soto, 2009).

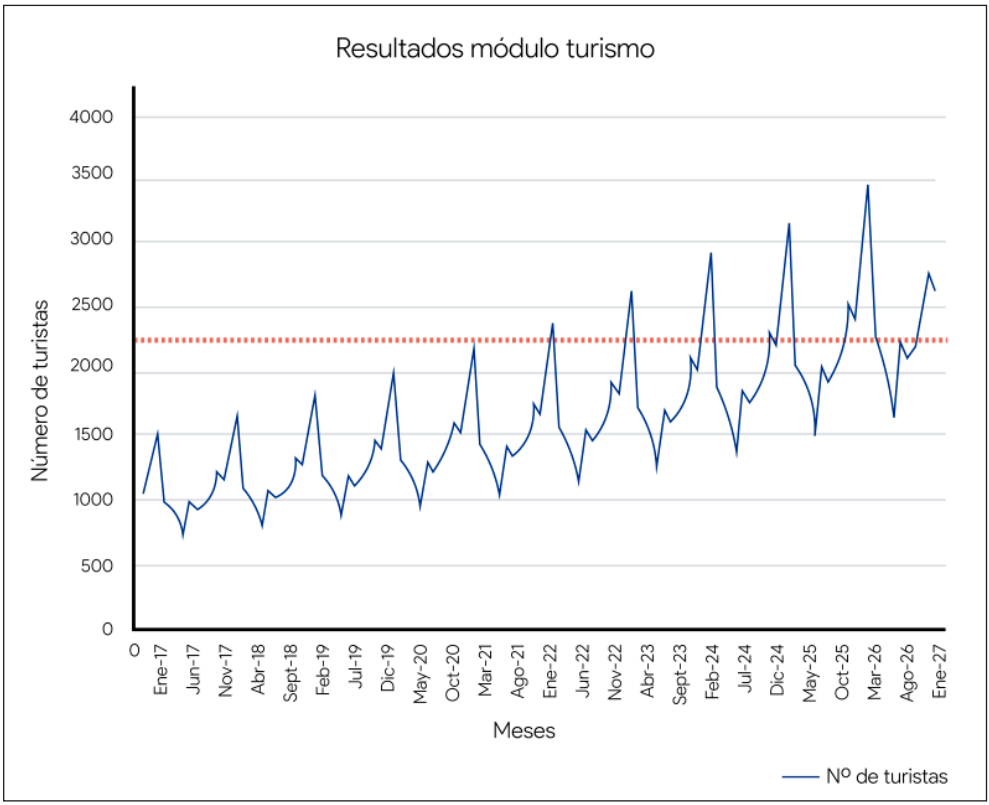
El MCCIP proyecta la población en el tiempo, por lo tanto, es posible conocer el número de personas equivalentes al estado de saturación para cada una de las variables del MCCIP, es decir, con cuántas personas en Isla de Pascua cada variable alcanza su máximo. Este nivel, denominado umbral de saturación, es propio de cada variable y está definido en razón de la unidad respectiva (m^3/mes, ton/mes, km^2, etc.).

Para la construcción del IPA, las variables se han normalizado teniendo como unidad de referencia la población de saturación de cada una de ellas. Se ha denominado Índice de calidad ambiental (ICA) al resultado de la normalización de cada una de las variables, el que se calcula de la siguiente forma:

$$\text{ICA i año t} = \frac{\textit{Población año t}}{\textit{Población de saturación de la variable i}}$$

El ICA transforma el resultado del MCCIP para cada una de las variables en un número que indica a qué distancia se ubica respecto de su estado de saturación, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 6. Resultado MCCIP-Identificación de población para estado de saturación y cálculo de ICA



Fuente: Elaboración propia.

El ICA varía entre el valor 0 (que representa la inexistencia de población influyendo en la variable) hasta valores iguales o superiores 1, los que se obtienen cuando la población del año «t» es igual o superior al número de población con el cual la variable alcanza su estado de saturación. De esta forma, el valor del ICA es propio para cada variable «i».

Ponderación de las variables

Además de la normalización, la creación del índice requiere de la ponderación de las variables puesto que el cálculo del IPA corresponde a la suma ponderada que refleja la importancia de las

variables del modelo comparadas entre sí, frente a la necesidad de proteger el medioambiente y la cultura rapa nui.

La ponderación corresponde a identificar la dominación relativa de una variable frente a otra respecto a un atributo o propiedad en común. Paralelamente a las técnicas de ponderación basadas en criterios estadísticos, existe la posibilidad de establecer el peso relativo de cada variable para construir un indicador sintético a partir de metodologías de índole participativa en las que se consulta la opinión de expertos que contribuyen con su conocimiento, priorizando algunas variables por sobre otras. Estas metodologías eluden la acusación de manipulación que suelen imputárseles a las técnicas sofisticadas, a la vez que le otorgan legitimidad al proceso (Schuschny & Soto, 2009).

Para la ponderación de las variables del MCCIP se optó por el método «Proceso Analítico Jerárquico» (PAJ) que permite la descomposición de estructuras complejas en sus componentes, ordenándolos en una estructura jerárquica, donde se obtienen valores numéricos para los juicios de preferencias los que se sintetizan para determinar qué variable tiene la más alta prioridad (Jiménez, 2002).

El PAJ proporciona escalas de razón que capturan la realidad percibida, y es diferente de una asignación y normalización arbitraria de números. Por lo tanto, permite llevar un problema multidimensional, como es el MCCIP, a un problema en una escala unidimensional (escala de prioridades) en la que se representan las salidas globales (Jiménez, 2002). Si el conjunto de variables que se está comparando respecto de un nodo común es elevado (número de variables superior a 9), es preciso recurrir a medidas absolutas o separar el total de variables en grupos más pequeños. Las posibilidades de agrupación que se elaboraron corresponden a:

- Agrupación por dimensiones: Ambiental, Económica, Social, Cultural y Territorial
- Agrupación por variables ambientalmente críticas: Muy relevantes, Medianamente importantes, Levemente importantes
- Agrupación por condiciones ambientales: Socio ambiental, Cultural, Infraestructura y Equipamiento, Económica
- Agrupación por servicios: Servicios básicos, Servicios productivos, Servicios culturales/sociales

- Agrupación por responsabilidad: Responsabilidad compartida, Responsabilidad servicios públicos IP; Responsabilidad privados IP.

Una vez obtenidas las agrupaciones y seleccionada la más representativa de la Isla mediante consulta a expertos, se procedió a la ponderación de las variables del modelo a través de la escala de valoración propuesta por Thomas Saaty (1994). La escala va desde 1/9 a 9, lo que evita el problema que se plantea cuando se realizan comparaciones relativas entre elementos con valores que van de cero a infinito como en las fórmulas matemáticas habituales.

Agregación de las variables

Una vez calculados los ICA para cada variable y definidos los ponderadores, es posible obtener del «Índice Pascua» o IPA mediante la suma ponderada de los ICA. El IPA se entiende como la representación matemática del estado de la Isla según el año para el cual se utilicen los resultados del modelo y va desde el valor 0 (cero) hasta valores superiores a 1. La fórmula de cálculo del IPA es la siguiente:

$$\mathrm{IPA} = \sum_{i=1}^{n} (\alpha_i \mathrm{ICAañotV}i), \textit{con } i = 1 \ldots n$$

Donde:

αi es el ponderador de la variable i.

ICA añotVi es el valor normalizado de la variable i para la población del año t.

I es el número de variables que varía entre 1 y 21, correspondiente al número de variables de salida del MCCIP. Actualmente existen doce variables con resultados.

Es fundamental comprender que el IPA varía año a año en función de los cambios en los ICA, los que se producen por:

- Un cambio en la situación de la variable en la Isla que obliga a aumentar el umbral de saturación (cuando la condición ha mejorado, por ejemplo, uso eficiente del agua potable) o a disminuir dicho umbral (cuando la condición ha empeorado, por ejemplo, pérdida de un motor para la generación de energía).

- Un cambio en la población para el año de análisis, que cambia la distancia respecto de la población de saturación (normalización) para cada una de las variables del MCCIP.

Definición de rangos

La Ley 21.070 define las acciones que se deben tomar una vez que la capacidad de carga alcanza los estados de latencia y saturación. Para ambos estados es necesario definir el rango en el cual oscilan, de manera de tener una referencia que permita situar el resultado del IPA. Dado que el IPA puede alcanzar valores que van desde el 0 hasta iguales o superiores a 1; la definición de los rangos debe construirse en la misma escala.

El rango del estado óptimo comienza en el valor 0 y el de saturación en el valor 1, por lo tanto, lo que se debe determinar es el valor inferior en el cual comienza el rango que define el estado de latencia.

La definición matemática del rango de latencia corresponde a la normalización de las variables con respecto a su condición óptima, considerando como óptimo el año anterior al definido por el modelo como el año de latencia.

Todas las variables se normalizaron (siendo la población la unidad común de medida) calculando la distancia entre la población en estado óptimo y su umbral de saturación (en población), de la siguiente forma:

$$Vop_n^i = \frac{\textit{Población último año óptimo t}}{\textit{Población de saturación de la variable i}}$$

Donde este cálculo representa la distancia entre el último número de población en estado óptimo y la población de saturación.

Al calcular la suma ponderada para el estado óptimo, se obtiene como resultado el límite superior del estado óptimo general de la Isla, por lo tanto, una vez superado este límite, la Isla entraría en un estado general de latencia. De la misma forma, el límite del estado de latencia corresponde a 0,999, puesto que cuando el IPA alcance valores iguales o superiores 1, la isla se encontrará en estado de saturación.

$$\text{LÍMITE SUPERIOR ESTADO ÓPTIMO} = \sum_{i=1}^{n} (\alpha_i Vopi), \; con\ i = 1 \ldots n$$

Donde:
αi=ponderador de la variable i
Vopi=valor de la variable i normalizada en su último estado estado óptimo

Cálculo de la población de saturación para Isla de Pascua

La población de saturación corresponde al máximo número de personas que, de mantenerse las condiciones actuales, llevan a un estado de saturación de la Isla. Matemáticamente, esto ocurre cuando el IPA es igual a 1. Por lo tanto, la población máxima se define en función del IPA-anual, considerando que el IPA refleja la distancia a un número de población máxima que varía cada año en función de las variaciones en el indicador de cada variable (ICA).

$$\text{Población máxima IP:} \quad \frac{\text{Población año t+1}}{\text{IPA-año t+1}}$$

El logro de la fórmula de cálculo requiere de la consideración de elementos que definen distintos escenarios. El primero es el criterio para el uso de las variables del MCCIP, puesto que como ya se ha señalado, el MCCIP cuenta con veintiuna variables de salida, pero solo doce tienen resultados para el año 2017. Por lo tanto, existen dos alternativas posibles:

- Alternativa 1: la fórmula de cálculo considera las veintiuna variables de salida en la estimación de las ponderaciones, pero solo utiliza los resultados normalizados de las doce variables que cuentan con datos para el cálculo del índice IPA. Mantener las variables sin datos en el modelo permite su incorporación

durante los próximos seis años, en el caso de que se generen dentro de ese periodo.

- Alternativa 2: la fórmula de cálculo considera solo las doce variables con resultado, tanto en la estimación de las ponderaciones como en el cálculo del índice IPA. Esta alternativa no permite incorporar las variables que actualmente no cuentan con resultados en el MCCIP.

El segundo de los criterios corresponde al uso de las proyecciones de crecimiento de la población, puesto que dichas proyecciones son necesarias para establecer el límite superior del rango óptimo, así como las proyecciones de comportamiento de los índices construidos (ICA e IPA). Las proyecciones de población se presentan en dos escenarios:

- Escenario 1: un escenario de tendencia prolongada que considera la tasa de crecimiento de la población en el periodo 1992-2017. Este escenario aminora el impacto de algunas transformaciones demográficas de los últimos años y asume que se mantiene la tasa de crecimiento desde el año 1992.
- Escenario 2: un escenario de tendencia inmediata que considera la tasa de crecimiento de la población en el periodo 2002-2017 (más alta que la anterior) y da a cuenta de los procesos recientes, tales como el aumento del turismo (a partir del año 2000) y la llegada de nuevos residentes provenientes del continente.

La elección de un escenario por sobre otro determinará el año y la población con que la Isla entraría en estado de saturación.

El tercer y último criterio es la forma en cómo se entiende la variable «Ganadería» en el marco de la ponderación de las variables según su relevancia para la protección del medioambiente. Si bien esta es una actividad económica, en Isla de Pascua tiene una connotación distinta puesto que responde a un símbolo de estatus. Asimismo, ha provocado un importante daño al medioambiente (erosión de los suelos) y del patrimonio arqueológico (degradación y destrucción de sitios y piezas arqueológicas); por lo tanto, puede ser considerada también como una variable socioambiental.

Resultados

Para la obtención de los ICA, cada variable se normalizó considerando el año «t» como el 2017, para el cual el Censo 2017 contabilizó 7.750 personas en Isla de Pascua; y como referencia la población equivalente al estado de saturación para cada variable. Los resultados obtenidos para los ICA 2017 se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 4. Resultados cálculo ICA 2017

N°	Variable de salida MCCIP	A	B	C = (B/A)
		Umbral de saturación (en población)	Población 2017	ICA Año 2017
1	Consumo de agua potable	10.940	7.750	0,708
2	Aguas servidas	No Definido	7.750	0
3	Consumo de energía eléctrica[7]	12.684	7.750	0,611
4	Volumen de residuos sólidos depositados en vertedero	10.799	7.750	0,718
5	Volumen de material para reciclaje de Orito	No Definido	7.750	0
6	Pesca: brecha entre oferta y demanda	7.861	7.750	0,986
7	Ganadería: unidades animales	4.443	7.750	*1,744*
8	Agricultura: brecha entre oferta y demanda	No Definido	7.750	0
9	Variación en el número de camas formales e informales	10.529	7.750	0,736
10	Fracción de personas con una percepción negativa del turismo	3.875	7.750	0,200
11	Proporción rapa nui hablantes de la lengua vernácula/no hablantes de la lengua vernácula	3.875	4.728[8]	0,220
12	Educación: razón entre número de matrículas y capacidad de matrículas	8.060	7.750	0,962
13	Salud: planificación de la cartera de prestaciones	5.000	7.750	*1,550*

[7] Valor actualizado.

[8] La variable «Proporción rapa nui hablantes de la lengua vernácula/no hablantes de la lengua vernácula» tiene un comportamiento en el sentido contrario del resto de las variables, puesto que a mayor población hablando la lengua rapa nui, en mejor «estado» se encuentra la variable, por ende, el umbral es un mínimo de población y no un máximo. De acuerdo a la encuesta sociolingüística desarrollada por UNESCO y el Ministerio de Educación durante el año 2016, actualmente el 61% de la población se declara hablando la lengua rapa nui. Este porcentaje es el que se ha considerado como el valor 2017 para compararlo con el umbral de saturación.

14	Tasa de motorización	No Definido	7.750	0
15	Ocupación urbana	3.799	7.750	*2,040*
16	Vivienda	6.883	7.750	*1,126*
17	Patrimonio arqueológico: estado general del sitio	No Definido	7.750	0
18	Patrimonio arqueológico: denuncias y tráfico	No Definido	7.750	0
19	Patrimonio arqueológico: gestión del Parque Nacional	No Definido	7.750	0
20	Porcentaje de suelos en distintos niveles de erosión	No Definido	7.750	0
21	Cambios de uso de suelo	No Definido	7.750	0

Fuente: Elaboración propia.

Definición del rango de latencia

El rango de latencia corresponde al valor que va desde el límite superior del óptimo considerando todas las variables hasta el valor 0,999. Tal como se señaló en la descripción metodológica, el límite superior del estado óptimo corresponde a la suma ponderada de las variables normalizadas en su estado óptimo respecto de su valor de saturación (ambos en población).

El resultado de la suma ponderada para la obtención del límite superior de estado óptimo (umbral inferior de latencia) se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Cálculo límite superior estado óptimo

N°	Variable	A	B	C = (AxB)
		Índice (ICAop) todas las variables en óptimo	Ponderadores ajustados	Valor ponderado para el óptimo
1	Consumo de agua potable	0,779	0,178	0,139
3	Consumo de energía eléctrica	0,775	0,049	0,038
4	Volumen de residuos sólidos depositados en vertedero	0,718	0,173	0,124
6	Pesca: brecha entre oferta y demanda	0,701	0,054	0,038
7	Ganadería: unidades animales	0,776	0,102	0,079

9	Variación en el número de camas formales e informales	0,849	0,133	0,113
10	Fracción de personas con una percepción negativa del turismo	0,111	0,018	0,002
11	Proporción rapa nui hablantes de la lengua vernácula/no hablantes de la lengua vernácula	0,620	0,170	0,105
12	Educación: razón entre número de matrículas y capacidad de matrículas	0,940	0,007	0,006
13	Salud: planificación de la cartera de prestaciones	0,890	0,015	0,014
15	Ocupación urbana	0,727	0,050	0,036
16	Vivienda	0,664	0,050	0,033
Límite superior estado óptimo (umbral inferior de latencia):				0,729

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos, es posible señalar que el rango de latencia comienza en el límite superior del rango óptimo (0,730). Una vez superado dicho límite, la Isla entraría en un estado general de latencia. De la misma forma, el límite superior del estado de latencia corresponde a 0,999, puesto que cuando el IPA alcance valores iguales o superiores 1, la Isla se encontrará en estado de saturación.

Obtención del IPA

Como ya se ha señalado, el Índice para Isla de Pascua corresponde al valor que permite definir el estado general de la Isla (latencia o saturación al año «t»). El resultado obtenido debe compararse con los rangos ya definidos para cada uno de los estados posible de la Isla, tal como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Definición de rangos de latencia y saturación

Índice IPA	Estado general de Isla de Pascua
De 0 a 0,729	Óptimo
De 0,730 a 0,999	Latencia
Mayor o igual a 1	Saturación

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del IPA 2017, correspondiente al IPA base para la proyección de resultados, la fórmula utilizada corresponde a:

$$IPA\ 2017 = \sum_{i=1}^{12} (\alpha_i ICA\ 2017Vi), \text{ con } i=1 \text{ a } 12 \text{ (variables)}$$

Donde:
α_i = *ponderador de la variable i*
ICA 2017 Vi = variable i normalizada a la población 2017

En el cuadro a continuación se presenta el cálculo del IPA para el año 2017.

Cuadro 7. Cálculo de Índice Pascua (IPA) 2017

N°	Variable	A =	B =	C = (AxB)
		Ponderadores ajustados	ICA año 2017	Valores 2017
1	Consumo de agua potable	0,178	0,708	0,126
3	Consumo de energía eléctrica	0,049	0,611	0,030
4	Volumen de residuos sólidos depositados en vertedero	0,173	0,718	0,124
6	Pesca: brecha entre oferta y demanda	0,054	0,986	0,054
7	Ganadería: unidades animales	0,102	*1,744*	0,178
9	Variación en el número de camas formales e informales	0,133	0,736	0,098
10	Fracción de personas con una percepción negativa del turismo	0,018	0,200	0,004
11	Proporción rapa nui hablantes de la lengua vernácula/no hablantes de la lengua vernácula	0,170	0,220	0,037
12	Educación: razón entre número de matrículas y capacidad de matrículas	0,007	0,962	0,007
13	Salud: planificación de la cartera de prestaciones	0,015	*1,550*	0,024
15	Ocupación urbana	0,050	*2,040*	0,102
16	Vivienda	0,050	*1,126*	0,056
Índice Pascua-IPA				0,840

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos, es posible señalar que el valor del Índice Pascua (IPA) para el año 2017 es de 0,84.

Año de saturación, población de saturación y proyección de resultados

La población de saturación se define en función del IPA-anual, por ende, la población de saturación a partir de los datos para el año 2017 se calcula como la razón entre la población del año 2017 (7.750 personas) y el IPA del mismo año (0,84).

$$IP_{2017} = \frac{\text{Población máxima Población 2017}}{\text{IPA 2017}}$$

A partir de los resultados, es posible señalar que la población con la que se alcanza el estado de saturación es de 9.225 personas.

Proyectados en el tiempo, los resultados indican que en las mismas condiciones de oferta y demanda de servicios, y manteniéndose la tasa de crecimiento de la población en Isla de Pascua, el IPA alcanza la saturación en el año 2021 (IPA = 1,01) y que para ese año la población de saturación es de 9.304 personas, tal como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Proyección de IPA y de población

Resultados	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
IPA	0,84	0,88	0,92	0,96	*1,01*	*1,06*	*1,10*	*1,16*	*1,21*	*1,27*
Población Proyectada según tasa de crecimiento 2002-2017		8.128	8.525	8.942	*9.378*	9.836	10.316	10.820	11.348	11.902
Población máxima según IPA año,	9.225	9.246	9.267	9.286	9.304	9.322	9.339	9.355	9.370	9.385

Fuente: Elaboración propia.

Comentarios finales

A partir de los resultados obtenidos, es posible señalar que Rapa Nui tiene un IPA-2017 de 0,84 y, por ende, se encuentra en estado de latencia, puesto que el indicador IPA 2017 supera el valor de 0,73 (umbral inferior de latencia). De mantenerse las actuales condiciones, tanto de migración como de oferta de servicios en la Isla, la población límite es de 9.225 personas y el estado de saturación se alcanzaría el año 2021.

Cuadro 9. Tabla resumen de resultados finales

Límite inferior del rango de latencia	IPA 2017	Población de saturación (personas)	Año de saturación
0,73	0,840	9.225	2021

Fuente: Elaboración propia.

Conforme lo anterior, se cumple el objetivo buscado en el artículo 13 de la Ley 21.070, respecto de que se cuenta con una fórmula para la determinación de un valor de la capacidad de carga demográfica para Isla de Pascua.

Respecto de los valores definidos es importante tener presente que:

- El valor del IPA puede variar año a año en función de la evolución propia de las variables, o la modificación en las condiciones de cada una, producto de las gestiones que se realicen en la Isla.
- Existen nueve variables del MCCIP que no han sido medidas a la fecha. Una vez que se obtengan los resultados y se incorporen a la medición, se puede producir una variación en los resultados medidos del IPA.

CAPCA, modelo predictor de la capacidad de carga para la gestión sustentable

Roberto Moris
Horacio Gilabert
Kay Bergamini
Daniela Zaviezo
José Ignacio Medina
Rodrigo Culagovski
Cala del Río
Piroska Ángel
Andrea Alarcón
Santiago Díaz de Valdés

A partir de la experiencia adquirida con la creación del Modelo de Capacidad de Carga para Isla de Pascua, el Programa de Planes y Proyectos Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile postuló y se adjudicó, en febrero de 2019, el concurso de Conicyt «Fondef IT» para el desarrollo del proyecto «Modelo Predictor de la Capacidad de Carga para la gestión Sustentable», cuyo principal producto es el *software* «CAPCA» (Capacidad de Carga, ex LCPRe en la postulación), elaborado bajo la modalidad «*Software as a Service*» (SaaS).

«*CAPCA*» permite a los municipios conocer de antemano el impacto sobre el medioambiente, los servicios básicos, la economía y la cultura local que significa el aumento de la población, tanto en periodo estival (población flotante) como en el largo plazo (procesos de migración). Conociendo esta información, los municipios pueden planificar de manera integrada las acciones que se desarrollen en el territorio, comprendiendo la magnitud de los problemas, priorizándolos y justificando de manera contundente las inversiones que se desean/deben realizar.

El objetivo de este estudio era elaborar un *software* de gestión de datos que permitiera proyectar en el tiempo el comportamiento de un conjunto de variables afectadas por la presión demográfica, para facilitar la toma de decisiones y la gestión sustentable de un territorio. De manera específica, el proyecto buscaba:

- Adaptar el «Modelo de Capacidad de Carga desarrollado para la Isla de Pascua», de manera de hacerlo funcional para otros territorios donde la presión demográfica sea un catalizador de cambios.
- Crear el «Modelo Predictor de la Capacidad de Carga para la Gestión Sustentable» como un *software* que permita proyectar el comportamiento de una serie de variables que se ven afectadas frente a las variaciones de población en un territorio.
- Pilotear el *software* CAPCA del «Modelo Predictor de la Capacidad de Carga para la Gestión Sustentable» en la comuna de El Quisco.

Tal como estaba considerado, esta primera versión del *software* se desarrolló usando como piloto la comuna de El Quisco, dada su vocación turística y su cercanía con la Región Metropolitana. Esto permitió comprender el comportamiento tanto de los residentes habituales como de los visitantes esporádicos y estivales. De acuerdo con los datos de INE, entre 1992 y 2017 la población de El Quisco aumentó en un 160%, pasando de 6.097 personas en el año 1992 a 15.955 en el año 2017. Este crecimiento posiblemente ha tenido un nuevo salto como consecuencia del fenómeno Covid-19 y la migración de familias a zonas tradicionalmente de segunda vivienda y ciudades intermedias y menores. En cuanto al aumento de población flotante, se estima que la población puede alcanzar las trescientas

mil personas en temporada alta. Esta situación la hace ideal para estudiar la variación y el impacto de las fluctuaciones demográficas en un territorio.

En este primer testeo de nuevos casos, el desafío no fue solo concebir el *software* como una herramienta útil y amigable, sino también identificar cuáles son las variables clave para la gestión sustentable a nivel local, y las fuentes de información disponibles para la proyección del comportamiento de dichas variables, sometidas a una fuerte presión demográfica.

La creación del *software* CAPCA se desarrolló en varias etapas, donde lo más relevante fue el trabajo participativo y multidisciplinario que permitió establecer un vínculo estrecho con el municipio de El Quisco.

Construcción del CAPCA

Entre los meses de junio de 2019 y enero de 2020, el trabajo del equipo de investigación estuvo concentrado en definir las variables para las cuales se necesita un modelo predictor, tomando en consideración el caso de la comuna piloto. A partir de la información recopilada en los talleres municipales y en las entrevistas realizadas con las diversas unidades municipales, las problemáticas de capacidad de carga que enfrenta la comuna se separaron en cuatro grandes grupos:

- Problemas de gestión interna que se presentan de manera constante
- Problemas de gestión interna que se presentan en temporada alta
- Problemas de demanda de servicios que se presentan de manera constante
- Problemas de demanda de servicios que se presentan en temporada alta

En *gestión interna* se consideran los recursos humanos y procedimientos utilizados para proveer de servicios a la población local por la municipalidad. Por ejemplo, cantidad y profesión de funcionarios de las unidades de la municipalidad, manejo de información para la toma de decisiones, etc.

Por otra parte, *demanda de servicios* se refiere a los servicios que brindan tanto la municipalidad como actores privados. Por ejemplo, número de matrículas escolares, toneladas de residuos recolectadas, servicios de salud, servicios de asistencia para reinserción laboral, etc. En este grupo, también incluye acceso a áreas verdes y a agua potable, etc.

Las problemáticas identificadas se presentan en el cuadro a continuación. Algunos de los problemas se encuentran agrupados. En *Servicios de Salud* se incluyen los servicios de salud de familia y SAPU. En *Residuos* se agrupa el aumento de residuos en playas y calles. En *Demanda de Asistencia Municipal* se agrupan todos los servicios que la municipalidad brinda a la población local, excluyendo los problemas en materia de salud, educación, seguridad y desempleo.

Cuadro 1. Identificación de problemas de capacidad de carga en la comuna de El Quisco

Tipo de problema	Permanentes	Estacional
Gestión interna	• Falta de información e insumos de tendencias para la toma de decisiones. • Procedimientos ineficientes (papeleo, falta de capacidades, celo de la información y falta de coordinación).	• Capacidad de funcionarios sobrepasada (falta de personal). • Falta de información e insumos de tendencias para toma de decisiones. • Procedimientos ineficientes (papeleo, falta de capacidades, celo de la información y falta de coordinación).
Servicios municipales	• Demanda de agua potable en escenario de escasez. • Incremento de demanda de servicios de salud. • Incremento de demanda de viviendas para uso permanente y hacinamiento. • Incremento de desempleo. • Incremento de perros callejeros. • Disponibilidad de agua potable en escenario de escasez.	• Demanda de agua potable en escenario de escasez. • Incremento de demanda de servicios de salud. • Incremento de demanda por seguridad en espacios públicos. • Incremento de residuos y colapso del sistema de servicios de gestión y recolección. • Incremento de tráfico y colapso del sistema de viabilidad. • Sobredemanda eléctrica. • Incremento de demanda de agua potable.

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados permitieron identificar que la construcción de CAPCA enfrentaría dos tipos de barreras que limitarán tanto su construcción (en un sentido de profundidad y amplitud), como su funcionalidad (utilización).

Respecto de la construcción, existen factores dentro de la gestión interna que podrían limitar la construcción de alguna de las dimensiones. En materia de funcionalidad, el CAPCA debería asumir el «peor escenario» respecto de las capacidades internas de los municipios en materia de educación digital y registro de datos. De esta forma, si los datos de entrada requeridos por CAPCA implican mucho esfuerzo de la municipalidad para consolidarlos, entonces el sistema falla en su funcionalidad. Lo mismo ocurriría si el personal no tiene habilidades para hacer uso de Excel, de modo de sistematizar la información de entrada necesaria para que el CAPCA pueda predecir algún fenómeno de interés.

La información recopilada, en conjunto con la experiencia desarrollada con la construcción del MCC para Rapa Nui, permitió definir cuáles deberían ser los componentes o «módulos» del *software* CAPCA, las variables de salida o resultado de la modelación o proyección de cada uno de estos módulos, así como la definición de umbral de saturación de las mismas.

Una vez comenzado el trabajo en terreno y posteriormente la definición de módulos del *software*, se desarrolló el levantamiento de información disponible en fuentes oficiales que permitiera alimentar de datos a cada uno de los algoritmos que se construyen para el modelo.

El cuadro a continuación expone los módulos definidos a partir de la identificación de las principales problemáticas asociadas a la capacidad de carga en la comuna piloto viables de medir sobre la base de la disponibilidad de datos, es decir, los módulos finales que componen CAPCA.

Cuadro 2. Módulos CAPCA: sus variables de salida y umbrales por variables

Módulo	Variables de salidas (indicadores)	Umbral por variable
1. Residuos sólidos domiciliarios	Toneladas RSD generadas/mes	Capacidad recolección total mes actual y según cómo se considera expandir en el futuro. Capacidad mensual de compostaje actual y según cómo se considera expandir en el futuro.
	Toneladas de residuos compostados/mes	
	Toneladas de residuos reciclados/mes	Capacidad mensual de reciclaje actual y según cómo se considera expandir en el futuro.
2. Agua potable	Demanda total de agua potable/mes	Capacidad (máxima) de producción de agua potable/mes actual y futuro.
3. Aguas servidas	m^3 de agua tratada (recolectada)/mes	Capacidad del sistema de alcantarillado (tratamiento de aguas servidas)/mes.
4. Energía eléctrica	Consumo total de energía eléctrica/mes.	Demanda máxima que el sistema puede aguantar/mes.
	Interrupciones del servicio eléctrico/mes.	
5. Cobertura servicio de salud	Nº de atenciones de urgencia / mes.	Capacidad de atenciones de urgencia/mes.
6. Cobertura servicio educación	Nº de matrículas totales y prospectiva de expansión según plan.	Demanda total de matrículas (públicas y privadas).
	Nº de matrículas totales educación parvularia.	Demanda total de matrículas para educación parvularia (públicas y privadas).
	Nº de matrículas totales educación básica.	Demanda total de matrículas para educación básica (públicas y privadas).
	Nº de matrículas totales educación secundaria.	Demanda total de matrículas para educación secundaria (públicas y privadas).

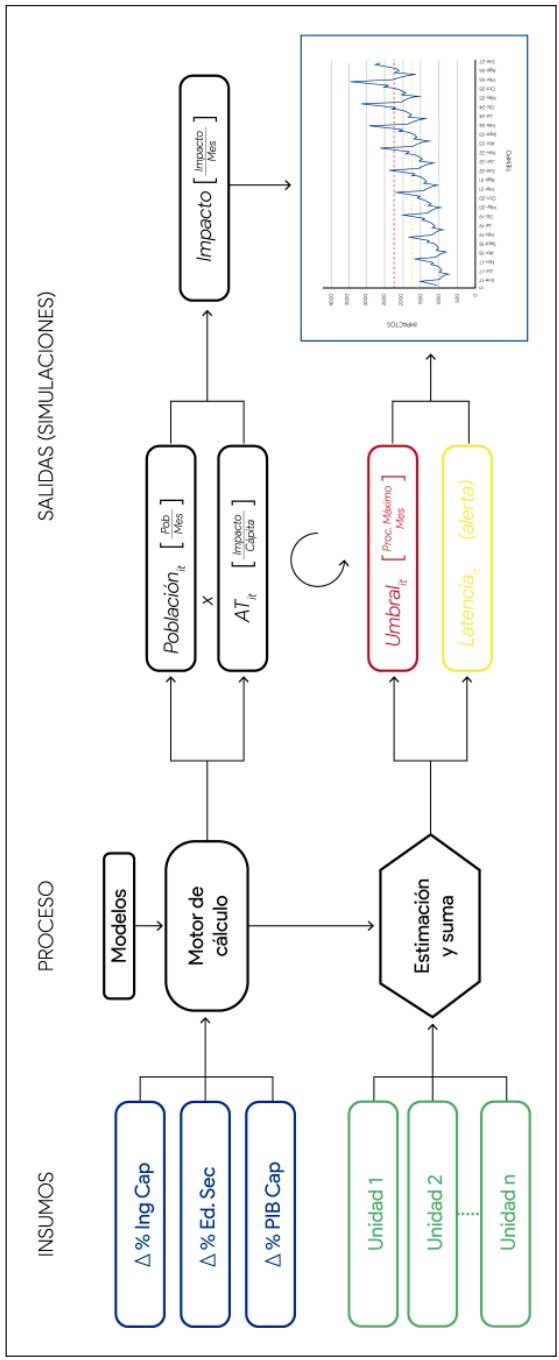
Módulo	Variables de salidas (indicadores)	Umbral por variable
7. Seguridad	Nº de delitos de mayor connotación social/mes.	Tiende a cero. Capacidad máxima del sistema para tratar las denuncias.
	Nº de incivilidades/mes.	
	N° de robos con fuerza, violencia, sorpresa y hurtos.	
	Nº de robos a lugar (habitado y no habitado).	
8. Vivienda	Déficit de viviendas anual.	Tiende a cero.
	Hogares allegados anual.	
	Viviendas irrecuperables anual.	
	Núcleos allegados y hacinados anual.	
9. Motorización	Nº de vehículos totales al mes.	No se ha logrado establecer.
	Nº de vehículos residentes al mes.	No se ha logrado establecer.
	Nº de vehículos de población flotante/mes.	No se ha logrado establecer.
10. Turismo formal	Nº de camas para el alojamiento de turistas/mes.	Nº de plazas disponibles registradas/mes.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El algoritmo de cálculo del CAPCA se expresa de la siguiente manera:

Suponiendo que existe un impacto específico que requiere ser analizado, se compara la proyección del impacto con la capacidad del territorio para procesar o hacerse cargo de ese impacto. De esta manera, se puede entender el impacto como la demanda de agua, generación de residuos, entre otros, mientras la capacidad se refiere a los servicios para hacerse cargo de estos impactos.

Figura 1. Generalización del motor de cálculo a través del IPAT



Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 muestra la esencia del IPAT, donde en el *proceso* la población se multiplica por el impacto per cápita para dar origen al impacto. Esta gráfica muestra los *insumos*, el *proceso* y las *salidas*. Los *insumos* son entregados por el usuario e incluyen supuestos sobre: tasa de crecimiento anual en porcentaje del PIB per cápita nacional $\left[\%\Delta \frac{\text{PIB}}{\text{Cap}}\right]$; tasa de crecimiento anual en porcentaje de los ingresos per cápita de la comuna $\left(\%\Delta \frac{Ingresos}{\text{cap}}\right)$; y tasa de crecimiento porcentual de aquella población residencial mayor a 18 años con educación secundaria completa [%Δ Educ. Sec.].

Además, requiere datos respecto a la capacidad presente y futura del sistema para «procesar» o «enfrentar» el impacto en una categoría particular. Para eso se solicita un «vector» con capacidad bruta y otra con la tasa operacional al mes. Mientras la capacidad bruta representa la capacidad operacional máxima posible manteniendo otras variables controladas, la tasa operacional es la proporción entre la capacidad neta (que llamaremos simplemente «capacidad») y la capacidad bruta. La capacidad neta captura el efecto de sobredemanda o impactos en otras áreas que afectan la capacidad real de un servicio en un mes en particular. Así, la tasa operacional se puede ver afectada en los meses de verano por el aumento de tráfico vehicular y la reducción de velocidad de internet por sobredemanda, lo que impediría que cada unidad que conforma la capacidad logre procesar de forma eficiente el impacto. Por ejemplo, supongamos que la unidad de residuos sólidos domiciliarios puede procesar un 10% menos de RSD al día (es decir, una tasa de 90% respecto a su procesamiento máximo posible) en los meses de temporada alta debido al tráfico, generación *peak* de residuos que no alcanzan a recolectar los camiones en ciertas semanas, etc.

Luego tenemos el *proceso* que calcula el impacto, capacidad y latencia (ICL) de una categoría en particular, comunicándose con las entradas y salidas a través de algoritmos. Está compuesto por dos subprocesos: un motor de cálculo y una suma ponderada de la capacidad bruta para estimar la capacidad mensual (neta).

Por una parte, el motor de cálculo está formado por una serie de modelos (ecuaciones) resultantes de un análisis estadístico de datos provenientes de distintas fuentes (en este caso, del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), entre otras). Por medio

de este motor, se simula población , los impacto per cápita y los impactos en el futuro. Por otra, se tiene el proceso de suma ponderada de la capacidad, donde básicamente estima la capacidad neta en un periodo de tiempo de una categoría. Se obtiene al multiplicar la capacidad bruta estimada por el municipio y la tasa operacional de esta en un mes en particular. Así también, se obtiene la latencia, cuya función es alertar a la unidad de salud sobre la necesidad de aumentar en los próximos años la capacidad. De esta manera, si en una categoría particular la línea de impacto sobrepasa la de latencia, quiere decir que es necesario invertir o mejorar la gestión para aumentar la capacidad en los próximos años, de modo de hacer frente al impacto. Por ejemplo, si en el mes de enero las demandas de urgencias sobrepasan la línea de latencia, quiere decir que es necesario aumentar la capacidad en los próximos periodos.

En las *salidas* se entregan los resultados al usuario en formato de datos y gráficos, tal como se muestra en la figura. El ICL indica salidas sobre impacto, capacidad y latencia en cada categoría.

De esta manera se constituyen diez módulos sobre impactos en: Población, Agua, Energía eléctrica, Viviendas, Educación, Turismo, Residuos Sólidos Domiciliarios, Motorización Seguridad y Salud. En cada uno de ellos, la Población (P) se multiplica por los impactos per cápita (el AT) que se estima con los supuestos de los usuarios para calcular los impactos. Cada módulo estima distintas variables. Por ejemplo, en agua se estima tanto la demanda de agua potable y agua servida.

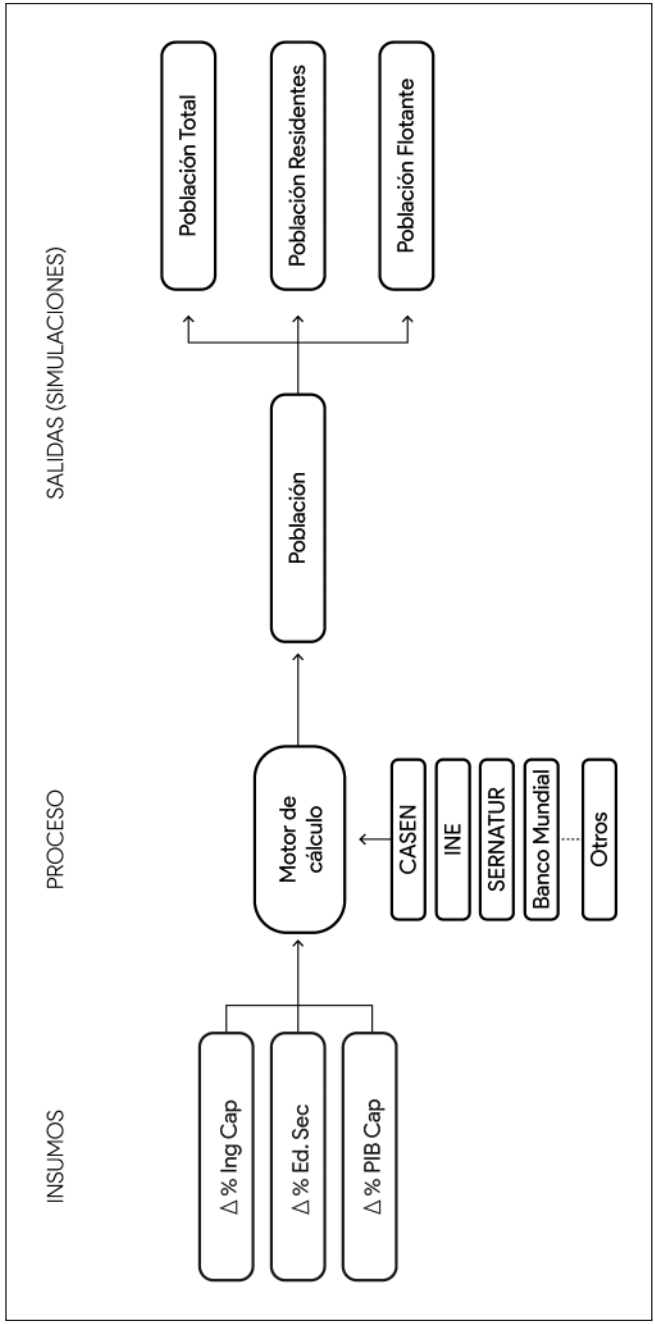
Es importante destacar que el modelo no captura efectos entre módulos. En la medida que se cuente con más datos, será posible hacer frente a la codeterminación de módulos.

Módulos del CAPCA

Driver Población

Este módulo proyecta la cantidad de personas en los siguientes grupos: población total, residente y flotante. La figura contiene un resumen del cálculo para este módulo, donde en el *proceso* se estima la población *P* futura en tres categorías.

Figura 2. Motor de cálculo, población



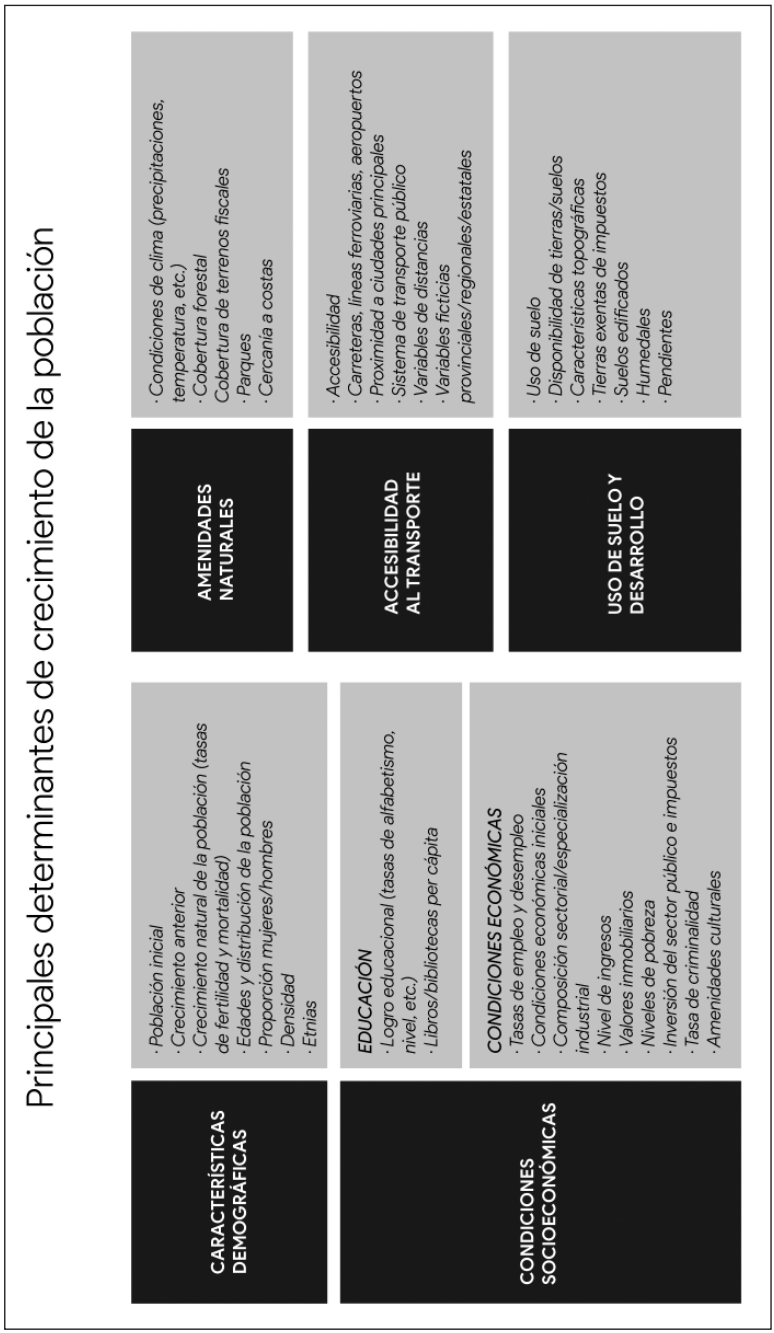
Fuente: Elaboración propia.

El motor está conformado por modelos que, a su vez, son resultantes de un análisis estadístico de datos provenientes de distintas fuentes (en este caso, el Instituto Nacional de Estadística INE, entre otras). Para poder sumar los resultados de población flotante y residente, y así obtener la población total, es necesario transformar los flotantes en una unidad similar a residentes. Para ello, se considera la estadía promedio de flotantes de modo de obtener una «población equivalente», es decir, el promedio al mes de personas no residentes que equivalentemente se distribuirían las veinticuatros horas del día durante todo un mes.

Supuestos de identificación general

Para identificar los factores que explican las variaciones de la población, se realizó una revisión bibliográfica. Como referente se utiliza el documento de trabajo de Álvarez-Díaz et al. (2018), el cual hace una extensa revisión y resumen de artículos que tratan esta problemática en países como Estados Unidos, Francia, España, Brasil, Colombia, México, entre otros. La figura muestra los posibles determinantes de la variación de la población según este artículo:

Figura 3. Determinantes del aumento de la población (Álvarez-Díaz et al., 2018)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Álvarez-Díaz et al. (2018).

De todas las variables explicativas utilizadas en investigaciones anteriores, se identificó que las más relevantes, y disponibles en Chile, estaban asociadas con las condiciones socioeconómicas (niveles de educación comunitaria, PIB nacional per cápita, ingreso per cápita de la comunidad), mientras que otras no están disponibles (por ejemplo, los asociados con la naturaleza de las comodidades, el uso de la tierra, el desarrollo y el transporte). Para considerar los factores no observables directamente, se utilizan variables que podrían correlacionarse con ellos, como latitud, longitud y efectos fijos (constantes) asociados a regiones, provincias y comunas.

Datos para la construcción del módulo

- Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), realizada por Ministerio de Desarrollo Social desde el año 1990 con una periodicidad bianual o trianual. Las CASEN utilizadas incluyen los años 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009, 2013, 2015 y 2017 (http://observatorio.ministeriod esarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen).
- Proyecciones de habitantes por comuna del Instituto Nacional de Estadística (INE): Población y segmentos etarios por comuna del 2002 al 2035 (https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion). Este ajuste es superior a los datos del Censo para el 2002, 2012 y 2017, puesto que se corrigen ciertos errores (por ejemplo, existe una porción de la población no censada para esos periodos).
- Geodatos abiertos del INE: capa de datos espaciales para superficie, latitud y longitud referencial de comunas.
- Banco Mundial: PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo (https://data.worldbank.org/indicator/PA. NUS.PPP).
- Ministerio de Educación: número de matrículas a nivel comunal (http://datos.mineduc.cl/).
- Encuesta Nacional de Empleo del INE: situación de desempleo de población por segmentos etarios (https://bancodatosene.ine.cl).
- Macrotrends: precios históricos del cobre (https://www.macrotrends.net).
- SERNATUR: datos de estimación de población flotante por motivos turísticos total anual por comuna desde 2010 al 2019.

Modelo población residente

Se construye un sistema de ecuaciones ya que se presume endogeneidad. Esta ocurre cuando hay variables que están en el término error correlacionadas con variables explicativas, incidiendo en el sesgo de las estimaciones. En la práctica, se observa endogeneidad entre ingresos per cápita, población y niveles de educación.

Dicho de otra manera, a nivel de comuna, el ingreso per cápita promedio se explica por el nivel de educación y la población, y, a su vez, el nivel de educación por el ingreso per cápita y la población.

El modelo (no restrictivo y general) es el siguiente:

$$\begin{aligned} Ln(Res_{it}) &= x'_{1it}\beta_1 + y'_{1it}\gamma_1 + \alpha_{1i} + \varepsilon_{1it} \\ Ln(EdSec_{it}) &= x'_{2it}\beta_2 + y'_{2it}\gamma_2 + \alpha_{2i} + \varepsilon_{2it} \\ Ln(IngCap_{it}) &= x'_{3it}\beta_3 + y'_{3it}\gamma_3 + \alpha_{3i} + \varepsilon_{3it} \end{aligned}$$

Donde:

- $Ln(Res_{it})$ corresponde al logaritmo natural de la población residente (según proyecciones del INE) al tiempo t, comuna i.
- $Ln(EdSec_{it})$ corresponde al logaritmo natural de personas mayor a 18 años con educación secundaria completa al tiempo t, comuna i (según CASEN y ajustado por proyecciones del INE).
- $Ln(IngCap_{it})$ corresponde al logaritmo natural de los ingresos per cápita al tiempo t, comuna i, ajustados a paridad de poder adquisitivo según datos del Banco Mundial (de acuerdo con CASEN y ajustado por proyecciones del INE).
- La matriz $x1_{it}$ está compuesta por las siguentes variables que se presumen exógenas (instrumentos): el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_{it})$; tendencias del tiempo y tiempo al cuadrado; latitud y longitud de la comuna (*Lat* y *Long*) que captura aspectos que varían con la latitud y longitud.
- La matriz $x2_{it}$ está compuesta por las siguentes variables que se presumen exógenas (instrumentos): el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_{it})$; tendencias de tiempo y tiempo al cuadrado; latitud y longitud de la comuna (*Lat* y *Long*); y matrículas al año t, comuna i ($Matrículas_{it}$

como variable instrumental), que se presume correlacionada con $EdSecPers_{it}$, pero no correlacionada con los errores.

- La matriz $x3_{it}$ está compuesta por las siguentes variables que se presumen exógenas (instrumentos): el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_{it})$; tendencias de tiempo y tiempo al cuadrado; latitud y longitud de la comuna (*Lat* y *Long*); logaritmo natural del precio del cobre para los años t-1, t-2 y t-3 ($PrecioCu_{t\text{-}1}$, $PrecioCu_{t\text{-}2}$, y $PrecioCu_{t\text{-}3}$), presumiendo que se correlaciona con , pero no con los errores; y el logaritmo del número de desocupados entre 25 a 30 años en la comuna i al año t ($Desoc2530_{it}$) que se presume correlacionada con $IngCap_{it}$, pero no con el error idiosincrático.
- La matriz $y1_{it}$ está compuesta por las variables endógenas ($Ln(IngCap_{it})$ y ($Ln(EdSec_{it})$.
- La matriz $y2_{it}$ está compuesta por las variables endógenas ($Ln(Res_{it})$ y ($Ln(IngCap_{it})$.
- La matriz $y3_{it}$ está compuesta por las variables endógenas ($Ln(Res_{it})$ y ($Ln(EdSec_{it})$.
- α_{1i}, α_{2i} y α_{3i} capturan el efecto de la comuna i para la ecuación 1, 2 y 3, respectivamente.
- ε_{1i}, ε_{2i} y ε_{3i} indican el error idiosincrático según la ecuación.

El sistema de ecuaciones se estima a partir de un enfoque que trata la presencia de heterocedasticidad por comuna. Si existe evidencia de heterocedasticidad por grupo, sea porque hay evidencia (de los test y gráficamente) en las regresiones individuales y/o en el sistema, se utiliza el siguiente procedimiento. Primero, se corre el modelo tipo 2SLS (regresión de Mínimos Cuadrados en dos pasos) para estimar los parámetros. Luego, cada error en cada ecuación se promedia por grupo (Vijverberg & Lee, 1991):

$$\hat{\sigma}_j^2 g = \frac{e'_{jg} e_{jg}}{n_g} = \omega_{jg}$$

Con estos valores, se construyen los pesos para lidiar con heterodasticidad por grupo, donde se le asigna w_{jg} a la ecuación j, según cada observación perteneciente al grupo g. Entonces:

$$W_j = [\omega_{j1}, ..., \omega_{jG}],$$
$$\Omega_j = W_j \otimes I_n,$$

donde W_j, es el vector de pesos para las n observaciones en la ecuación j. Los estimadores de las variables instrumentales para la ecuación j es

$$\hat{\delta}_{j-IV} = [\hat{Z}_j' \Omega_j^{-1} Z_j]^{-1} \hat{Z}_j' \Omega_j^{-1} Y_j,$$

siendo en este caso $\hat{Z}_j = X(X'\Omega_j^{-1}X)^{-1}X'\Omega_j^{-1}Z_j$. Tomando en cuenta que

$$E[e_j e_j | X] = \Sigma_j = \sigma_j^2 \Omega$$

la estimación de σ_j^2 es igual a

$$\hat{\sigma}_j^2 = \sum \left(\frac{e_j' e_j}{W_j} \right) / (n - K_j)$$

Luego, la varianza-covarianza de los estimadores es igual a

$$Est.As.Var[\hat{\delta}_{jj-IV}] = [\hat{Z}_j' \Sigma_j^{-1} Z_j]^{-1} \hat{Z}_j' \Sigma_j^{-1} \hat{Z}_j [Z_j' \Sigma_j^{-1} \hat{Z}_j]^{-1}$$

Con los resultados de estas ecuaciones se estima la elasticidad de cada determinante de manera robusta, que son parte del motor de cálculo.

Población flotante

El modelo de población flotante general es dinámico, es decir, la población flotante del periodo influye en la población flotante al periodo . Ello porque se puede entender que la población flotante de un año afecta al del año siguiente debido a que más personas tienen

segunda vivienda, al efecto de pares para visitar la comuna (variaciones de popularidad del destino turístico), entre otros. Los datos que se tienen para ello van desde el 2010 al 2019 (del SERNATUR a nivel anual). El modelo general es el siguiente:

$$Ln(Flot_{it}) = x'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t},$$

donde:

- *Ln* ($Flot_{it}$) corresponde al logaritmo natural de la población flotante al tiempo t, comuna i.
- x_{it} está compuesto por: el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t - 1 (Ln ($PIBcap_{t\text{-}1}$)); el logaritmo natural de la población residente según ajuste del INE en la comuna i al tiempo t (Ln ($Res_{i,t}$)); una variable dicotómica (*Método*) que controla por el cambio de metodología de la estimación de la población flotante posterior al 2012; y Ln ($Flot_{t\text{-}1}$) (variable rezagada) que representa el logaritmo natural de la población flotante en la comuna i, al tiempo t - 1.
- α_i captura el efecto de la comuna i.
- La escala del tiempo es anual.
- $\varepsilon_{i,t}$ indica el error idiosincrático.

Para la implementación del modelo dinámico, se utiliza el método de los momentos generalizado (GMM), considerando que N>>T (siendo N el total de comunas y T el tiempo). El proceso de selección del modelo, para evitar sesgo estadístico en la variable rezagada Ln ($Flot_{t\text{-}1}$), se basa en los siguientes pasos:

- Se estima el modelo de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), donde la estimación del coeficiente de la variable rezagada está sesgada hacia arriba.
- Se estima el modelo de efectos fijos (FE), donde la estimación del coeficiente de la variable rezagada está sesgada hacia abajo.
- Se estima el modelo de diferencia de GMM.
- Se evalúa si la estimación del coeficiente de la variable rezagada está cerca o por debajo del modelo FE. De ser así, se elige el modelo de sistema GMM por diferencia y nivel.

Con instrumentos:

Cuadro 3. Variables instrumentales para población flotante

Periodo	Regresor $y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$	Término error	Instrumentos
t=3	$y_{i,2} - y_{i,1}$	$\upsilon_{i,3} - \upsilon_{i,2}$	y_1 y x_1
t=4	$y_{i,3} - y_{i,2}$	$\upsilon_{i,4} - \upsilon_{i,3}$	y_1, y_2 y x_1, x_2
t=5	$y_{i,4} - y_{i,3}$	$\upsilon_{i,5} - \upsilon_{i,4}$	y_1, y_2, y_3 y x_1, x_2, x_3
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
t=T	$y_{i,T-1} - y_{i,T-2}$	$\upsilon_{i,T} - \upsilon_{i,T-1}$	$y_1, y_2, ..., y_{T-2}$ y $x_1, x_2, ..., x_{T-2}$

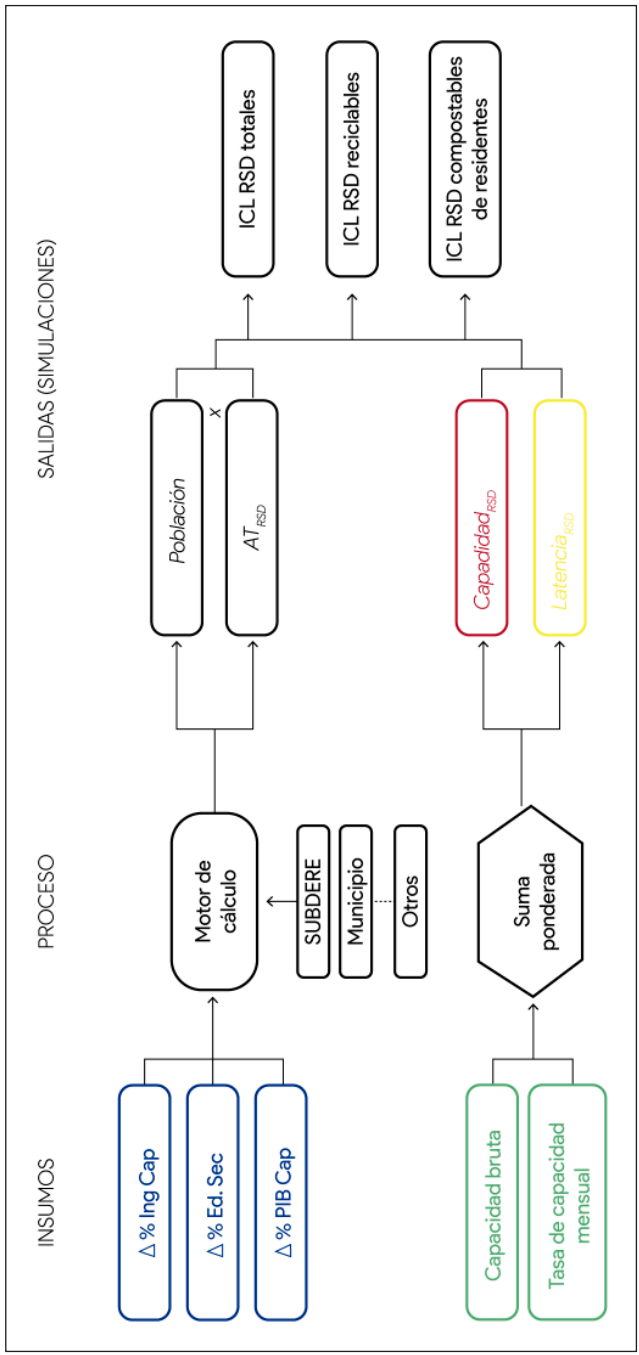
Siendo $y = Ln(Flot)$ y $x = Ln(PIBCap)$

Fuente: Elaboración propia.

Residuos sólidos domiciliarios

Este módulo proyecta los residuos sólidos domiciliarios (RSD) generados al mes, además de la capacidad para hacer frente a este impacto en la comuna. Incluye tres categorías: RSD totales, RSD reciclables y RSD compostables de residentes.

Figura 4. Módulo Residuos Sólidos Domiciliarios



Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 contiene un resumen del proceso del software para el módulo, siguiendo la lógica que se explicó anteriormente. La forma general que toma el IPAT es la siguiente:

$$RSD_{categoría,it}[toneladas] = Población_{it}[personas] \times AT_{categoría,it}\left[\frac{toneladas}{cap}\right]$$

En otras palabras, el *Impacto* ($RSD_{categoría,it}$) en la comuna i y tiempo t se obtiene al multiplicar la *Población* total por el *Impacto per cápita* ($AT_{categoría,it}$). Los RSD reciclables y compostables se constituyen como una fracción de esta generación total. Según SGS SIGA (2018), un 72% de los RSD corresponde a materia orgánica (se aproxima a compostable) y un 19% a reciclable. Se tiene que un de la población es atendida, con cobertura de urbana y rural (SGS SIGA, 2018).

Supuestos de identificación

Teniendo la población total proyectada (suma de residentes con población flotante equivalente), lo que se tiene que proyectar es el AT, es decir, $AT_{categoría,it}$ [*toneladas /cap*] o producción per cápita (PPC).

Como primer gran supuesto, se presume que la población flotante equivalente (total de llegadas de personas no residentes multiplicado por su estadía promedio) tiene un comportamiento similar que el caso de residentes en términos de PPC. Segundo, se presume que mientras se aumentan los niveles de educación secundaria o ingresos, la PPC podría variar.

Datos para la construcción del módulo

Los datos utilizados son:

- Datos municipales: toneladas mes de RSD pudiendo venir del RETC.
- SUBDERE: producción per cápita diaria promedio (Kg/Cap-día) por comuna (SGS SIGA, 2018).
- Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) realizada por Ministerio de Desarrollo.

- Social para considerar niveles de educación e ingresos per cápita por comuna al 2017.
- Proyecciones de habitantes por comuna del Instituto Nacional de Estadística (INE): Población y segmentos etarios por comuna del 2002 al 2035 (https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion).

Modelo de RSD

El modelo general (no restrictivo) es el siguiente:

$$Ln(PPC_i) = x_i'\beta + \alpha_r + \varepsilon_i,$$

donde:

- PPC_i corresponde al logaritmo natural de la producción per cápita diaria promedio (*Kg/Cap-día*) de RSD en la comuna i al 2017.
- α_r captura el efecto fijo de cada locación r, pudiendo ser el efecto fijo de la región o provincia. En este caso se utiliza el de la comuna i.
- La matriz x_i está compuesta por: el logaritmo natural de personas mayor a 18 años con educación secundaria completa en la comuna i al 2017 ($Ln(EdSec_i)$); el logaritmo natural de los ingresos per cápita en la comuna i al 2017, ajustados a paridad de poder adquisitivo según datos del Banco Mundial ($Ln(IngCap_i)$ y según CASEN, y ajustado por proyecciones del INE; el logaritmo natural de la población flotante en la comuna i al 2017 ($Ln(Flot_{i,t})$); el logaritmo natural de la población residente en la comuna i al 2017 ($Ln(Res_{i,t})$); y el logaritmo natural de la población total equivalente la comuna i al 2017 ($Ln(Pob\ Eq_{i,t})$).
- ε_i indica el error idiosincrático.

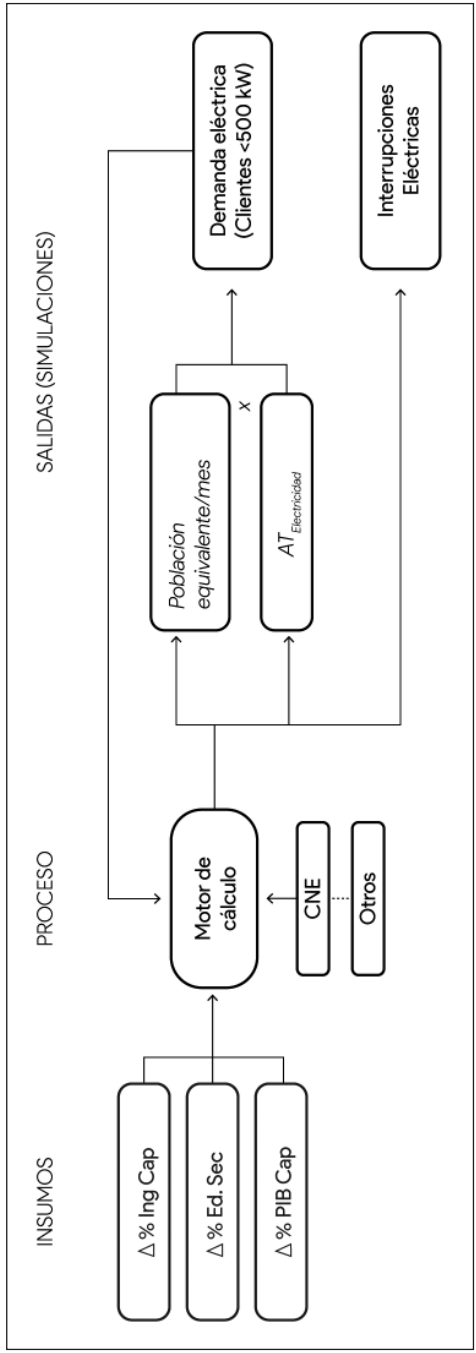
Los parámetros se estiman a través de mínimos cuadrados ordinarios.

Electricidad

Este módulo toma una forma particular, ya que se presume que el Sistema Eléctrico Nacional puede proveer una demanda muy superior a la de una comuna al estar interconectado y, por tanto, no hay capacidad ni latencia asociada. Por una parte, en este módulo se proyecta la demanda de clientes regulados de potencia menor a 500 kW, y por otra, el número de interrupciones explicadas por el aumento de la demanda en *kWh/cap*.

La siguiente figura muestra la arquitectura del módulo. Como en los casos anteriores, esta gráfica señala los *insumos* que entrega el usuario, el *proceso* y las *salidas*.

Figura 5. Módulo Electricidad



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la demanda eléctrica, la forma general que toma el IPAT es la siguiente:

$$Demanda_{it}\ [kWh] = PoblaciónEq_{it}[personas] \times AT_{Electricidad,it}\left[\frac{kWh}{Cap}\right]$$

En otras palabras, el *Impacto* (*kWh*) en la comuna i y tiempo t se obtiene al multiplicar la *Población* total por el *Impacto per cápita* ($AT_{Electricidad}$ en *kWh/Cap*) en el periodo de tiempo i.

Por otra parte, las *Interrupciones* [*hora/mes*] se estiman en función de la demanda eléctrica resultante, la cual se usa como insumo en el motor de cálculo.

Supuestos de identificación

Se centran básicamente en el *Impacto per cápita* (en el gráfico $AT_{Electricidad}$) y las *Interrupciones*. Se presume que la variación de la demanda per cápita depende del mes, la comuna, la población flotante, los residentes y el nivel de riqueza por persona nacional (*PIB/Cap*).

Para el caso de interrupciones, existen muchos factores que explican las interrupciones eléctricas, incluyendo: clima severo/desastres naturales, accidentes vehiculares, falla de equipos, caída de árboles, fauna silvestre, alta demanda eléctrica, entre otros. Este modelo se centra en el efecto de la variación (alta) de la demanda eléctrica en las interrupciones, mientras otros posibles factores se incluyen a través de variables ficticias que capturan efectos fijos de las comunas y meses.

Datos para la construcción del módulo

Los datos fueron obtenidos a partir de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Se obtuvieron datos de demanda de distintos usuarios entre los años 2017-2019, con datos a nivel mensual. Además, se utiliza:

- Población flotante según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).
- Proyecciones de población residente del INE.
- PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo (Banco Mundial).

Modelos de demanda eléctrica

Antes de elegir posibles modelos, se realizaron dos pruebas estadísticas sobre autocorrelación serial.

$$Ln(KwhCap_{i,t}) = x'_{it}\beta + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t},$$

$$Ln(Interrupciones_{i,t}) = Ln(KwhCap_{i,t}) + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t}$$

Donde:

- *Ln*(*KwhCap*) es el logaritmo natural de la demanda de clientes regulados menor a 500 kW en *KwhCap* para la comuna i, periodo t.
- *Ln*(*Interrupciones*) es el logaritmo natural de las interrupciones (en horas) para la comuna i, periodo t.
- La matriz x_{it} está compuesta por: el logaritmo natural de la población flotante en la comuna i, al tiempo t ($Ln(Flot_{i,t})$); el logaritmo natural de la población residente en la comuna i al tiempo t ($Ln(Res_{i,t})$); y el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_t)$.
- α_i captura el efecto de la comuna i.
- δ_i captura el efecto del mes m.
- ε_{it} indica el error idiosincrático.

Se estima con un modelo mixto con efecto aleatorio comunal respecto al intercepto (1|comuna) y robusta con forma AR1 (autorregresiva de orden 1).

En términos matemáticos, el modelo de efectos mixtos simple se expresa como:

$$\begin{aligned} y_{i,t} =& x'_{1,i,t}\beta_1 + ...x'_{k,i,t}\beta_k... \\ & z'_{1,i,t}b_1 + ...z'_{k,i,t}b_k + \varepsilon_{i,t} \\ b_{ik} \sim& N(0, \psi_k^2), Cov(b_k, b_{k'}) = \psi_{kk'} \\ \varepsilon_{it} \sim& N(0, \sigma^2\lambda_{it}), Cov(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{it'}) = \sigma^2\lambda_{it'}, \end{aligned}$$

Donde:

- x_1, ..., xp son regresores de efectos fijos (que, a diferencia del ámbito de econometría, efectos fijos en este contexto se entiende como parámetros que son asumidos constantes.
- z_1, ..., zp son efectos aleatorios, que se supone que se distribuyen normalmente entre los individuos/grupos.
- La covarianza de los coeficientes de efectos aleatorios $\psi\kappa\kappa'$ se supone constante en todos los individuos/grupos.
- La covarianza entre los individuos/grupos de errores, $\sigma^2\lambda_{it}$, se describen mediante el término λ_{it}, que representa la estructura de correlación de los errores dentro de cada grupo (por ejemplo, correlación serial en el tiempo) escalada por la varianza de error común σ^2. $\psi_\kappa^2 = \sigma^2 D$. En general, se asume ψ_κ^2 y $\sigma^2\lambda_{it}$, como matrices definida-positiva.

$$z'_{1,i,t} = 1 \ \ \forall\, i, t,$$

$$z'_{q,i,t} = 0\, \forall i, \forall t, \forall q \neq 1,$$

$$\lambda_{ij} = 1\, \forall i = j, \text{ y 0 de forma contraria}$$

Error conpuesto es, por lo tanto, $u_{it} = 1b_{it} + \varepsilon_{it}$

También el efecto aleatorio se puede incluir en las pendientes. Por ejemplo, supongamos la soguiente especificación:

$$y_{i,t} = b_{0j} + \beta_{0j} + (b_{1j} + \beta_{1j})x_{1j} + (b_{2ij} + \beta_{2j})x_{2ij}$$

donde,

$$\theta_{0j},\ \theta_{1j},\ \theta_{2j}$$

representa efectos aleatorios en el intercepto y las dos pendientes, mientras

$$b_{0j},\ b_{1j},\ b_{2j}$$

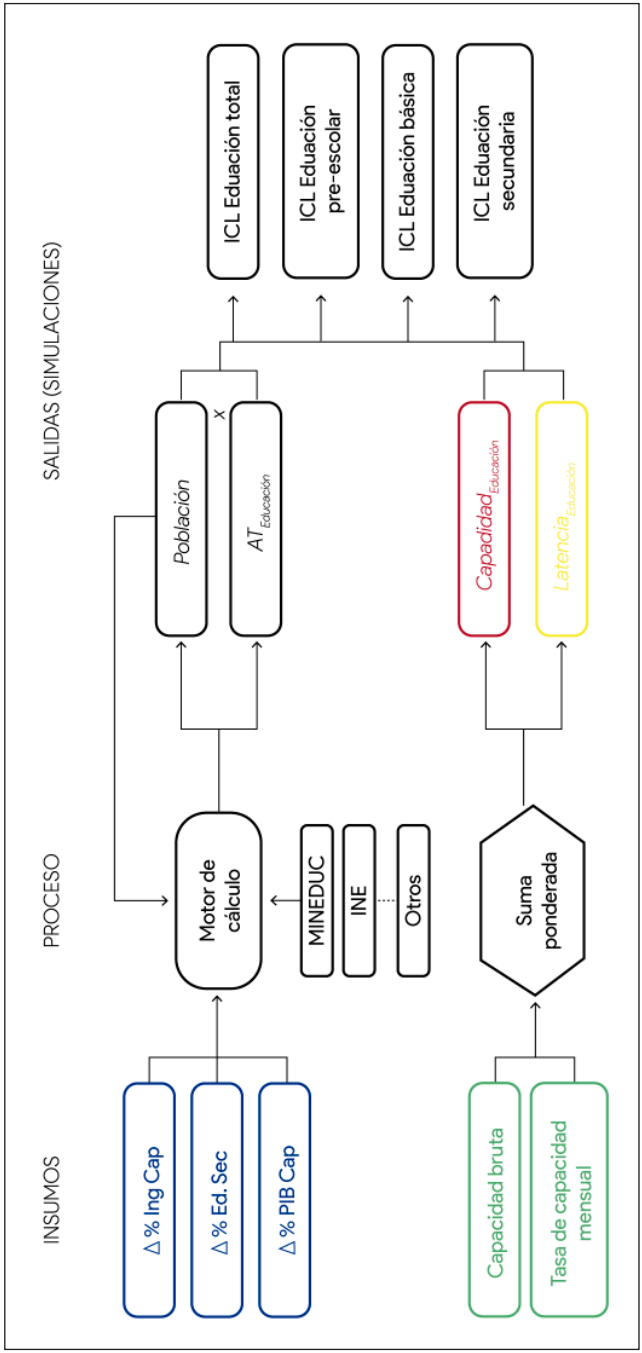
representa el efecto fijo (constante) en el intercepto y las dos pendientes.

Educación

Este módulo en particular es diferente al resto. Por una parte, se modela la demanda de educación potencial de la comuna a través de la proporción de los rangos de edad de las proyecciones del INE al 2035. Por otra, se modela la oferta de educación «No pública», con el objeto de darle señales al municipio de aquella oferta (matrículas) no cubierta según la demanda potencial por segmento (parvulario, básica y secundaria).

El módulo para estimar la oferta no municipal de educación parvularia, primaria y secundaria, se estima como las matrículas totales al año, mientras que la demanda potencial de educación se calcula según los rangos etarios de las proyecciones del INE.

Figura 6. Módulo de Educación



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, la forma de ecuación general del IPAT para la demanda de educación es la siguiente.

$$Educ_i \left[\frac{Personas}{Año} \right] = PoblaciónEq_i \, [Personas] \times Prop.Educ_i \left[\frac{Proproción}{Año} \right]$$

Entonces, vendría a ser la proporción de población en un rango determinado. Por ejemplo, supongamos que al 2030 el 30% de la población residente estará entre el rango 7-14 años (demanda potencial de educación básica). Ese 30% se multiplica por la población residente total.

Supuestos de identificación

Para las matrículas de educación, se modelan las tendencias de ofertas no municipal de educación parvularia, básica y secundaria. El aumento de ello se explica por la demanda en cada uno de esos segmentos y PIB per cápita, de modo de capturar el efecto de variaciones de la «riqueza» del país en la provisión de oferta no pública.

Datos para la construcción del módulo

Los datos para crear las fórmulas de cálculo son los siguientes:

- MINEDUC: matrículas por establecimiento y comuna entre los años 2004 y 2019
- Proyecciones INE: población por segmento 0-6, 7-14 y 15-18 años
- Banco Mundial: PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo

Modelos utilizados

El enfoque utilizado para este análisis se basa en modelos de paneles dinámicos. Estos modelos consideran autocorrelación, es decir, que las matrículas del año t explican una porción de las matrículas del año t+1.

$$Ln(Educ_{i,t}) = \rho \, Ln(Educ_{i,t-1}) + x'_{i,t}\beta + \alpha_i + \upsilon_{it}$$

Donde:

- $Ln(Educ_{i,t})$ corresponde al logaritmo natural de las matrículas de educación del segmento en particular en la comuna i, tiempo t.
- $Ln(Educ_{i,t-1})$ corresponde al logaritmo natural de las mátriculas de educación del segmento en particular en la comuna i, tiempo t-1.
- $x_{i,t}$ es la matriz conformada por el logaritmo natural PIB per cápita, el logaritmo natural de la población en el segmento en particular: Pob0_6 es la población residente de rango etario 0-6 para el segmento parvulario; Pob6_14 es la población residente mayor de 6 y menor de 14 años para el segmento de educación básica; Pob14_18 es la población residente mayor de 14, pero menor a 18 años para el segmento de educación media.
- α_i corresponde al efecto fijo de la comuna.
- v_{it} es el error idiosincrático.

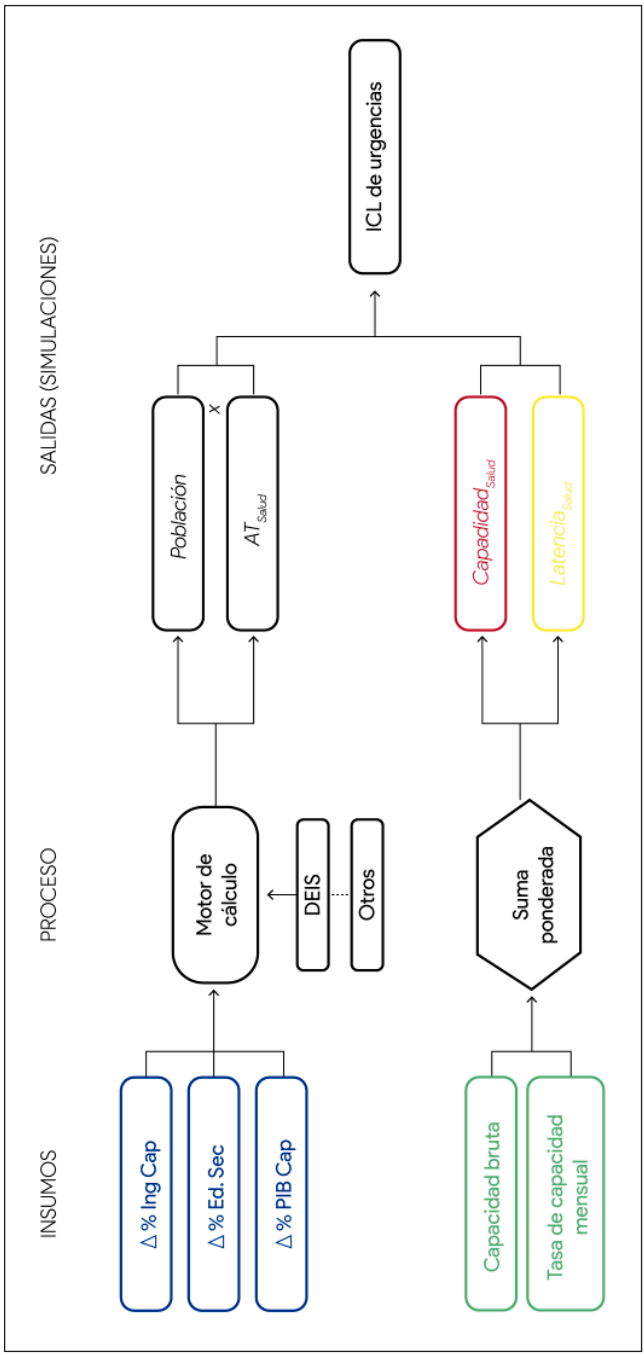
Para estimar parámetros se utiliza el Método de Momentos Generalizables (GMM) de la misma manera como se describe para el caso de población flotante.

Salud

Este módulo proyecta la demanda de urgencias de salud por mes, además de la capacidad para hacer frente a esta demanda.

La figura siguiente contiene un resumen del proceso del software para el módulo. En este se observa la esencia del IPAT, donde en el *proceso* la población se multiplica por *urgencias/cap* para dar origen a *urgencias*.

Figura 7. Módulo de Salud



Fuente: Elaboración propia.

La forma general que toma el IPAT es la siguiente:

$$Urgencias_{it}[n^o\ de\ urgencias] = Población_{it}[personas] \times AT_{Urgencias,it}\left[\frac{n^o\ de\ urgencias}{Cap}\right]$$

En otras palabras y como se dijo anteriormente, el *Impacto* (*urgencias*$_{it}$) en la comuna i y tiempo t se obtiene al multiplicar la *Población* total por el *Impacto per cápita* (*ATurgencias*$_{,it}$).

Supuestos de identificación

Se centran básicamente en el *Impacto per cápita* (*Urgencias*$_{it}$). Se presume que la variación de urgencias per cápita se explica por la cantidad de personas al mes, el nivel de riqueza del país (PIB per cápita) y otras razones que no se observan directamente y que varían de mes en mes, y de comuna en comuna.

Datos para la construcción del módulo

Los datos fueron obtenidos del DEIS (http://cead.spd.gov.cl) del Ministerio de Salud (MINSAL). A partir de las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) sobre la población residente (2002-2035) y de la población flotante del Servicio Nacional del Turismo (SERNATUR), se obtuvo la población a nivel mensual por comuna y la tasa de urgencias per cápita. El PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo se obtuvo del Banco Mundial (https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP).

Modelo de Salud

Debido a las características de no-estacionalidad exhibidas en las series, se aplica la transformación Box-Cox. La transformación es:

$$AT_{Urgencias} = UrgCap\left[\frac{Urgencias/Cap}{mes}\right] \text{ y } \lambda = 0.128.$$

El modelo utilizado para urgencias (no restrictivo) es el siguiente:

$$UrgCapTrans_{i,t} = \alpha_{j[i]} + x1'_{it}\beta + \delta_t + \varepsilon_{i,t},$$

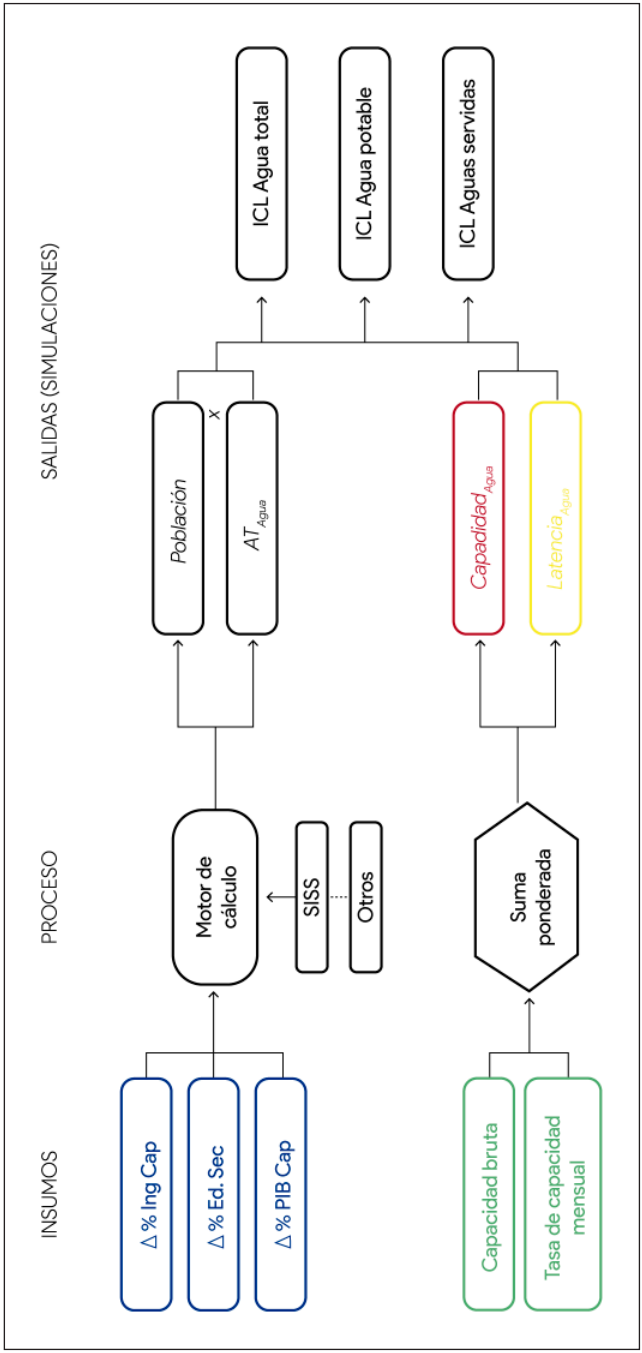
Donde:

- $UrgCapTrans_{i,t}$ corresponde a la transformación de urgencias per cápita al tiempo t, comuna i.
- $\alpha_{j[i]} = \beta_{0j} + b_{0j[i]}$, donde b_{0j} captura el efecto fijo de cada región j y $b_{0j[i]}$ captura el efecto aleatorio de la comuna i en la región j, con $b_{0j[i]} \sim N(0,\psi^2_{[i]})$.
- La matriz x_{it} está compuesta por: el logaritmo natural de la población total equivalente la comuna i al tiempo t ($Ln(Pob\ Eq_{i,t})$) y el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBcap_t)$).
- δ_t captura el efecto aleatorio del mes m, si t corresponde a m.
- $\varepsilon_{i,t}$ indica el error idiosincrático.

Agua

Este módulo proyecta la demanda de servicios sanitarios al mes, además de la capacidad para hacer frente a este impacto en la comuna. Incluye tres categorías: servicios sanitarios totales, agua potable y aguas servidas.

Figura 8. Módulo Agua



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior contiene un resumen del proceso del *software* para el módulo. En este se observa la esencia del IPAT, donde:

$$Agua_{categoría,it}[m^3] = Población_{it}[personas] \times AT_{agua-categoría,it}\left[\frac{m^3}{cap}\right]$$

En otras palabras, el Impacto ($Agua_{categoría,it}$) en la comuna i y tiempo t se obtiene al multiplicar la Población total por el Impacto per cápita ($AT_{agua\text{-}ategoría,it}$). Se calcula la demanda de agua potable y aguas servidas (categorías) como una proporción de la demanda de agua total.

Supuestos de identificación

Teniendo la población total proyectada (suma de residentes con población flotante equivalente), lo que se debe proyectar es el AT_{agua}, es decir, *Agua/Cap* [m^3/*persona-mes*] , que por simplicidad llamaremos AguaCap.

Esta demanda puede estar relacionada con variables de riqueza (ingreso per cápita, PIB) o de inversiones municipales, y evidentemente está condicionada por el tamaño de la población y el mes respectivo en cada comuna, especialmente aquellas con flujos importantes de población flotante. Asimismo, puede relacionarse con el tamaño de la población atendida y, por lo tanto, con el tamaño poblacional de la comuna. Asimismo, se intentará hacer una distinción entre comunas turísticas y aquellas que no tienen ese carácter.

Datos para la construcción del módulo

A continuación, se muestran ciertas estadísticas que resumen los datos utilizados.

- Población flotante según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).
- Proyecciones de población residente del INE.
- PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo (Banco Mundial).
- Datos de consumo de agua (potable y servidas) por comuna y región 2012-2019 (Superintendencia de Servicios Sanitarios).

Modelos

El modelo general (no restrictivo) es el siguiente:

$$Ln(AguaCap_{i,j}) = x'_{it}\,\beta_1 + \alpha_i + \delta_{t=m} + \varepsilon_{i,t}$$

Donde:

- $Ln(AguaCap_{i,j})$ es el logaritmo natural de la demanda de servicios sanitarios para la comuna i, periodo t.
- La matriz x_{it} está compuesto por: el logaritmo natural de la población total (flotante equivalente y residentes) en la comuna i, al tiempo t ($Ln(FlotEquivalente_{i,t} + Res_{i,t})$); y el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_t)$.
- α_i captura el efecto de la comuna i.
- δ_t captura el efecto del mes m, cuando t = m.
- ε_{it} indica el error idiosincrático.

Se estima con un modelo mixto con efecto aleatorio comunal respecto al intercepto (1|comuna) y robusta con forma AR1 (autorregresiva de orden 1), siendo similar al de electricidad.

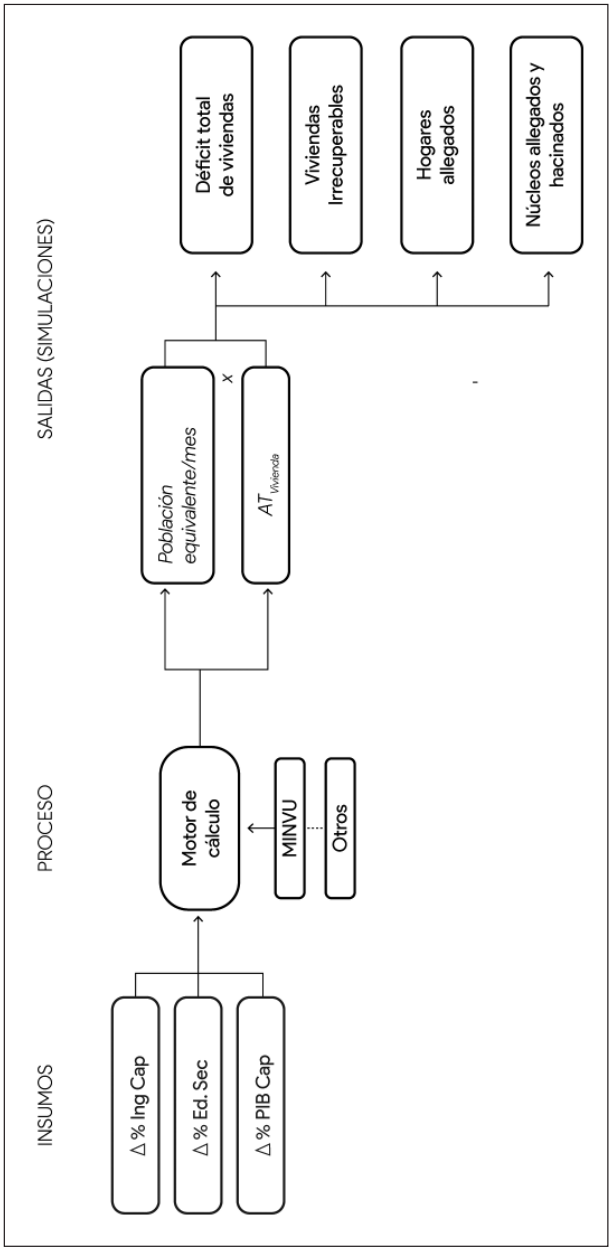
Viviendas

Este módulo proyecta el déficit de viviendas en cuatro grupos: déficit total, hogares allegados, viviendas irrecuperables, núcleos allegados y hacinados. El déficit de viviendas total es la suma de las otras tres categorías (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2007):

- Los hogares allegados corresponden a «dos o más grupos de personas que no comparten presupuesto de alimentación y que comparten una misma vivienda».
- Las viviendas irrecuperables corresponden a las «necesidades de reemplazo derivadas de la existencia de viviendas que no cumplen condiciones mínimas de calidad y/o habitabilidad».
- Por último, los núcleos allegados y hacinados corresponden a «unidades familiares allegadas que —sin constituir hogares— se tipifican como demandantes de vivienda por encontrarse en situación de hacinamiento y disponer de una relativa

autonomía económica que les permite aspirar a una solución habitacional independiente».

Figura 9. Módulo Viviendas



Fuente: Elaboración propia.

La figura 9 contiene un resumen del proceso del *software* para el módulo. Al igual que en Electricidad, no se considera la capacidad. En el *proceso* la población se multiplica por el impacto per cápita (en este caso déficit de *Viviendas/Cap*) para dar origen al impacto (*deficit* de viviendas).

Respecto a viviendas, la forma general que toma el IPAT para sus distintas categorías de déficit de vivienda es la siguiente:

$$Déficit_{it}^{Categoría\ Def.} \left[\frac{Vivienda}{año}\right]$$

$$= Población_{it}\ [Personas] \times AT_{Viviendas,it}^{Categoría\ Def.} \left[\frac{Vivienda/Cap}{año}\right]$$

En otras palabras, el *Impacto* (déficit de vivienda en alguna categoría $Déficit_{it}$) en la comuna i y periodo t se obtiene al multiplicar la *Población* residente por el *Impacto per Cápita* en alguna de las categorías ($AT_{Viviendas,it}$).

Supuestos de identificación

Se centran básicamente en el *Impacto per Cápita* de las tres categorías (en la figura, $AT_{Categoría\ Def.\ /\ Viviendas,i}$). Se presume que la variación del déficit de viviendas se relaciona con el nivel de riqueza a nivel nacional (que, a su vez, se relacionaría con niveles de ingresos familiares, acceso a créditos, políticas y financiamiento estatal de viviendas sociales, etc.), la densidad (asociado a la disponibilidad de superficies para construir viviendas respecto a la población comunal) y la cantidad de población residente que demanda por vivienda.

Datos para la construcción del módulo

Los datos fueron obtenidos del Observatorio Urbano (https://www.observatoriourbano.cl) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), disponibles para los Censos de 2002 y 2017. Con los datos de población del Censo por comuna se obtuvo el déficit de viviendas per cápita para *hogares allegados*, *viviendas irrecuperables* y *núcleos hacinados y allegados*.

Además, se utiliza el ajuste de las cifras de residentes por comuna de los Censos según el Instituto Nacional de Estadística (INE, disponible en https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion).

Modelos Viviendas

Los modelos iniciales (no restrictivos) en cada caso son los siguientes:

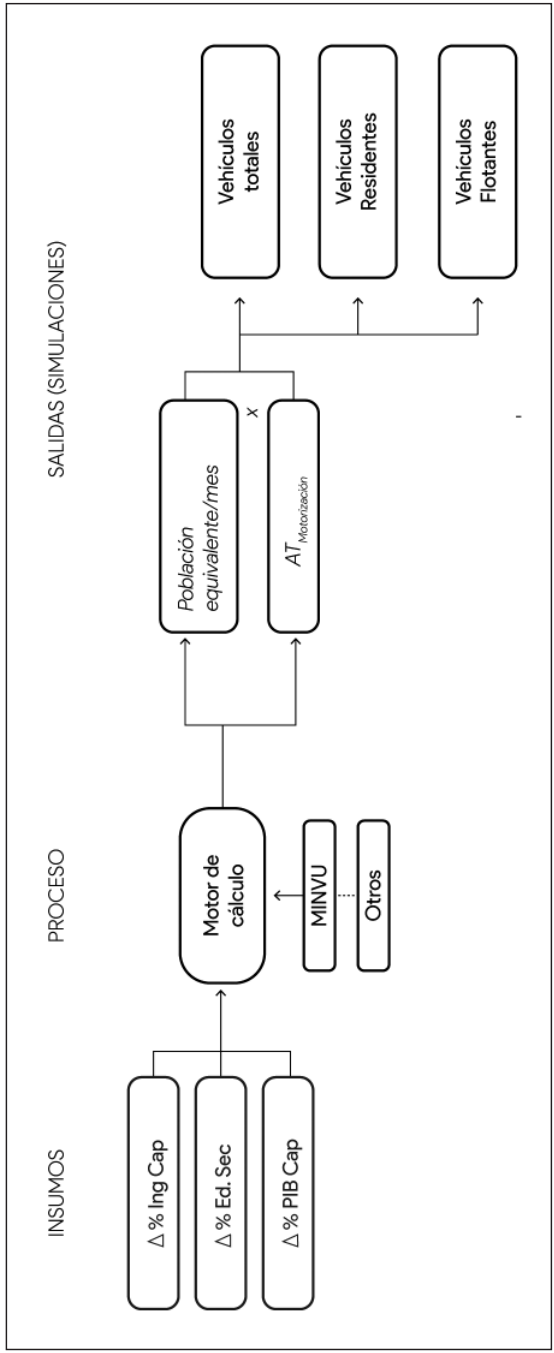
$$\begin{aligned} Ln(AllCap_{i,t}) &= x'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t}, \\ Ln(IrrecupCap_{i,t}) &= x'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t}, \\ Ln(HacCap_{i,t}) &= x'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t}, \end{aligned}$$

- donde: $Ln(AllCap_{i,t})$ corresponde al logaritmo natural de hogares allegados per cápita al tiempo t, comuna i.
- $Ln(IrrecupCap_{i,t})$ corresponde al logaritmo natural de viviendas irrecuperables per cápita al tiempo t, comuna i.
- $Ln(HacCap_{i,t})$ corresponde al logaritmo natural de núcleos hacinados y allegados per cápita al tiempo t, comuna i.
- La matriz x_{it} está compuesta por: el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_t)$); el logaritmo natural de la densidad de la población residente de la comuna i al tiempo t ($Ln(Densidad_{it})$); y el logaritmo natural de la población residente según ajuste del INE en la comuna i al tiempo t ($Ln(Res_{i,t})$).
- α_i captura el efecto de la comuna en cada ecuación.
- ε_{it} captura el error idiosincrático en cada ecuación.

Motorización

Este módulo proyecta la cantidad de vehículos en los siguientes grupos: vehículos totales, de residentes y de flotantes. La figura siguiente contiene un resumen del proceso del *software*, donde en el *proceso* la población se multiplica por el impacto per cápita (en este caso *Vehículos/Cap*) para dar origen al impacto (*Vehículos*).

Figura 10. Modelo Motorización



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en casos anteriores, no existe capacidad asociada. La forma general que toma el IPAT para sus distintas categorías es la siguiente:

$$Vehículos_{it}\left[\frac{Vehículos}{año}\right] = Población_{it}[Personas] \times AT_{Motorización_{it}}\left[\frac{Vehículos/Cap}{año}\right]$$

En otras palabras, el *Impacto* (*Vehículos*) en una comuna i al periodo t se obtiene al multiplicar la *Población* residente por el *Impacto per cápita* ($AT_{Motorización,it}$).

Supuestos de identificación

Se centran básicamente en el *Impacto per cápita* de las tres categorías (en el gráfico, $AT_{Motorización}$). Los supuestos de identificación incluyen el efecto del PIB per cápita nacional, la tasa de motorización del año anterior y los efectos de la población residente. El aumento del PIB per cápita explicaría, por ejemplo, el incremento de acceso a créditos, etc.

Se presume, además, que la población flotante equivalente tendrá la misma tasa de motorización que los residentes.

Datos para la construcción del módulo

Los datos fueron obtenidos del Observatorio Urbano (http://observatoriourbano.minvu.cl/indurb/wp_ indicadores.asp) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), donde se disponen de datos de vehículos por habitante para todas las comuna, desde 1998 a 2017. Se utilizan las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) sobre la población residente (2002-2035) y el PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo se obtuvo del Banco Mundial (https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP).

Modelos

Para cerciorarse de que las proyecciones de tasas de motorización por habitantes estén dentro de ciertos rangos plausibles en las proyecciones, se procedió a transformar los vehículos per cápita $AT_{Motorización}$, tomando como máximo posible el 10% por sobre el percentil 95% de la muestra (es decir, 0,473 vehículos por habitante). La transformación es:

$$VehCapTrans_{it} = \left(\frac{VehCap_{it} - b}{a - VehCap_{it}}\right),$$

donde b indica el mínimo (en este caso 0), el máximo (0,473), i la comuna y t el periodo de tiempo.

El modelo es el siguiente:

$$Ln(VehCapTrans_{it}) = x'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t}$$

Donde:

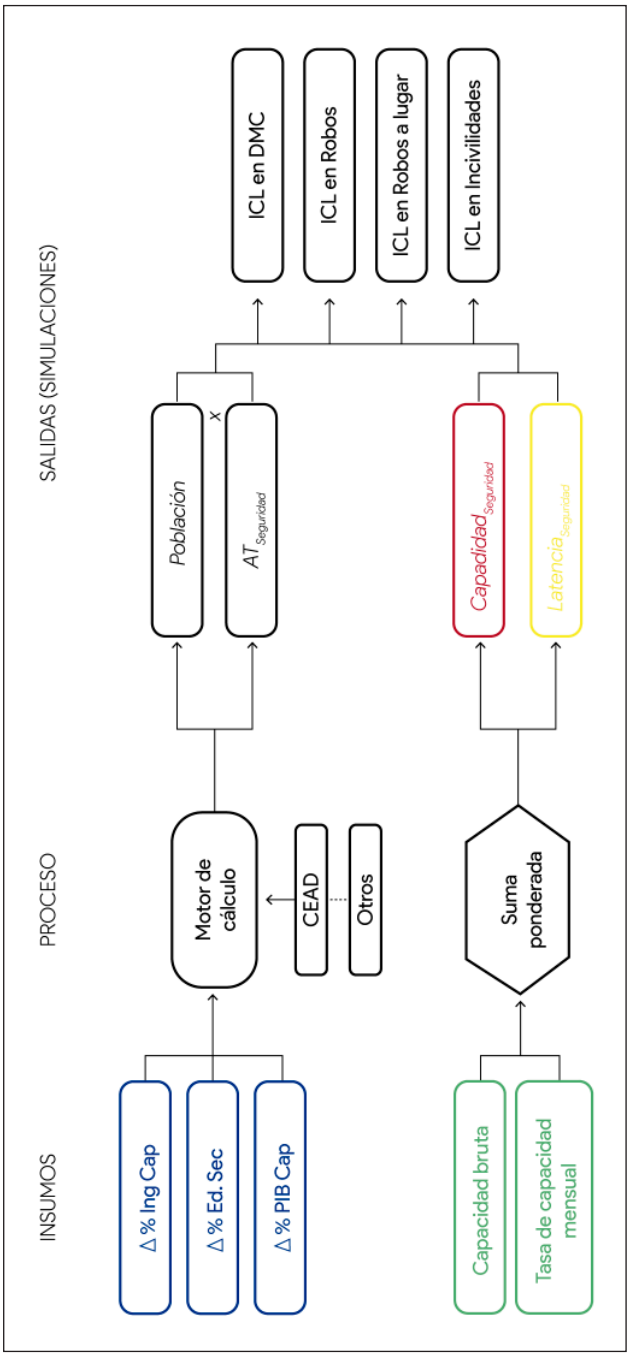
- $Ln(VehCapTrans_{it})$ corresponde al logaritmo natural de la transformación sobre vehículos per cápita al tiempo t, comuna i.
- La matriz x_{it} está compuesta por: el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_t)$); el logaritmo natural de la población residente según ajuste del INE en la comuna i al tiempo t ($Ln(Res_{i,t})$); y $Ln(VehCapTrans_{t\text{-}1})$ representa el logaritmo natural de la transformación sobre vehículos per cápita, en la comuna i, al tiempo t-1 (variable rezagada).
- α_i captura el efecto de la comuna.
- La resolución del tiempo t es anual.
- $\varepsilon_{i,t}$ indica el error idiosincrático.

Para la implementación del modelo dinámico, se utiliza el método de los momentos generalizados (GMM) discutido anteriormente para población flotante y educación.

Seguridad

Este módulo proyecta la cantidad de denuncias en los siguientes grupos: delitos de mayor connotación social (DMC), incivilidades, robos y robos a lugar. Los DMC incluyen a los grupos denominados como «delitos violentos» (robo con violencia, robo con intimidación, robo por sorpresa, lesiones, homicidio y violación) y «delitos contra la propiedad» (robo de vehículo motorizado, robo de accesorios de vehículos, robo en lugar habitado, robo en lugar no habitado, otros robos con fuerza y hurto). Las incivilidades agrupan el consumo de alcohol en la vía pública y ebriedad, amenazas, daños, comercio ambulante, ruidos molestos, desórdenes, riñas y otras. Robos incluye robos con fuerza, violencia, sorpresa y hurtos. Finalmente, robos a lugar incluye robos en lugar habitado y no habitado.

Figura 11. Modelo Seguridad



Fuente: Elaboración propia.

La fórmula del IPAT toma la siguiente forma:

$$Seguridad - categoría_{it}[Denuncias] = Población_{it}[Personas] \times AT_{seguridad-categoría,it}\left[\frac{Denuncias}{Cap}\right]$$

Supuestos de identificación

Se centran básicamente en el Impacto per cápita de las cuatro categorías (en el gráfico, AT*Categoría/Seguridad,i*). Se presume que la variación de denuncias se explica por la cantidad de personas al mes, la razón existente entre población flotante con la población total, razón entre la flotante con la residente, el nivel de riqueza del país (PIB per cápita), y otras razones que no se observan directamente y que varían de mes en mes.

Datos para la construcción del modelo

Los datos fueron obtenidos del CEAD (http://cead.spd.gov.cl) del Ministerio del Interior. A partir de las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) sobre la población residente (2002-2035) y de la población flotante del Servicio Nacional del Turismo (SERNATUR), se obtuvo la población a nivel mensual por comuna. El PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo se obtuvo del Banco Mundial (https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP).

Modelos

El modelo utilizado para DMC es el siguiente:

$$Ln(DMC_cap_{i,t}) = \alpha_{j[i]} + x1'_{it}\beta + \delta_t + \varepsilon_{i,t}$$

Donde:

- $Ln(DMC_cap_{i,t})$ corresponde al logaritmo natural de denuncias de DMC per cápita al tiempo t, comuna i.

- $\alpha_{j[i]} = \beta_{0j} + b_{0j[i]}$, donde β_{0j} captura el efecto fijo de la región j y $b_{0j[i]}$ captura el efecto aleatorio de la comuna i en la región j, con $b_{0j[i]} \sim N(0, \psi^{2/[i]})$.
- $x1_{it}$ está compuesto por: el logaritmo natural de la población residente de la comuna i al tiempo t ($Ln(Res_{it})$); el logaritmo natural de la población flotante en la comuna i al tiempo t ($Ln(Flot_{i,t})$); y el logaritmo natural de la razón entre población flotante y total en la comuna i al tiempo t (($Ln(Flot / Pob.Eq._{it})$).
- δ_t captura el efecto del mes m, si t corresponde a m.
- $\varepsilon_{i,t}$ indica el error idiosincrático.

Para el caso de denuncias para *robos* y *robos a lugar* se toma la proporción histórica mensual de estos delitos del *DMC*. Es decir, no se consideran regresiones para estas categorías.

De manera similar, el modelo para incivilidades es el siguiente:

$$Ln(Inciv_cap_{i,t}) = \alpha_{0[i]} + x2'_{it}\beta + \delta_t + \varepsilon_{i,t}$$

Donde:

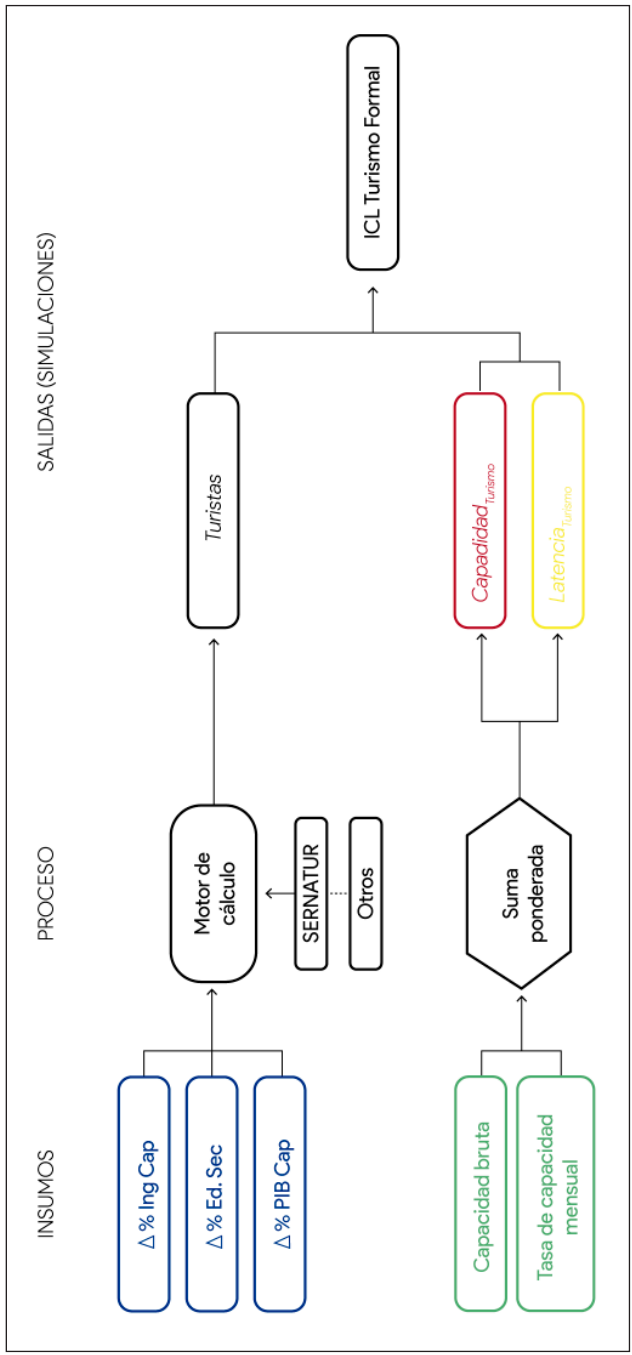
- $Ln(Inciv_cap_{i,t})$ corresponde al logaritmo de denuncias de incivilidades per cápita al tiempo t, comuna i.
- $\alpha_{0[i]} = \beta_{00} + b_{0[i]}$, donde $b_{0[i]}$ captura el efecto aleatorio de la comuna i respecto al intercepto β_{00}, con $b_{00} \sim N(0,\psi^2)$.
- $x2_{it}$ está compuesto por: el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBcap_t)$); el logaritmo natural de la población residente de la comuna i al tiempo t ($Ln(Res_{it})$); el logaritmo natural de la población flotante en la comuna i al tiempo t ($Ln(Flot_{i,t})$); el logaritmo natural de la población total equivalente en la comuna i al tiempo t ($Ln(Pob\ Eq_{i,t})$); y la razón entre población flotante y la residente en la comuna i al tiempo t ($Ln(Flot/Res_{it})$).
- δ_t captura el efecto del mes m, si t corresponde a m.
- $\varepsilon_{i,t}$ indica el error idiosincrático.

Turismo

Este módulo proyecta la cantidad de plazas que se demandan por concepto de turistas formales. Este grupo representa aquellas personas distintas a los residentes, que demandan por plazas en alojamientos (cabañas, hostales, etc.). Se estima como personas equivalentes, ya que considera la llegada total de pasajeros en un mes y su estadía promedio. En otras palabras, esta medida indica el promedio al mes de personas no residentes que equivalentemente se distribuirían las veinticuatro horas del día durante todo un mes.

La forma como se estima este módulo es distinto al resto, puesto que el impacto es igual a turistas equivalentes.

Figura 12. Modelo Turismo



Fuente: Elaboración propia.

Supuestos de identificación

El enfoque utilizado es exactamente igual al de población flotante, con la excepción que se incluyó el efecto fijo del mes, de modo de capturar el efecto —no observable directamente— de los meses en el aumento de turistas.

Datos para la construcción del modelo

Los datos utilizados para este módulo provienen de la Encuesta Mensual a Establecimientos de Alojamiento Turístico (EMAT) por región, mes y varios años (2004-2019) (SERNATUR), datos del INE sobre población residente y PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo (Banco Mundial).

Modelo

El modelo es el siguiente:

$$Ln(TuristasEq_{it}) = x'_{it}\,\beta + \alpha_i + \delta_t + v_{it}$$

Donde:

- $Ln(TuristasEq_{it})$ es el logaritmo natural de turistas equivalentes en la región i, tiempo t.
- La matriz x_{it} está compuesta por: el logaritmo natural de la población residente en la comuna i, al tiempo t ($Ln(Flot_{i,t})$) y el logaritmo natural del PIB per cápita al tiempo t ($Ln(PIBCap_t)$).
- α_i captura el efecto de la comuna i.
- δ_i captura el efecto del mes m, cuando t = m.
- ε_{it} indica el error idiosincrático.

Para la estimación se utiliza el promedio por grupo, siendo de mejor calidad el predictor que el de GMM en este caso.

Donde los parámetros se estiman como:

$$\hat{\beta}_{MG} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\hat{\beta}_{OLS,i}$$

Teniendo como varianza-convarianza

$$V(\hat{\beta}_{MG}) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N} (\hat{\beta}_{OLS,i} - \hat{\beta}_{MG})(\hat{\beta}_{OLS,i} - \hat{\beta}_{MG})'$$

el cual es una versión simplificada de la varianza-covarianza del estimador Swamy (Croissant & Millo, 2008). Este modelo también es consistente en ambos coeficientes y errores estándares.

Resultados obtenidos

El *software* CAPCA se encuentra listo y disponible para ser implementado en cualquier municipio que desee comprender y analizar su capacidad de carga. Actualmente, CAPCA entrega esta información para las siguientes variables:

- Generación de residuos sólidos domiciliarios mensuales: distinguiendo la generación total de residuos, la generación de residuos reciclables y de residuos compostables.
- Consumo de agua potable mensual.
- Tratamiento mensual de aguas servidas.
- Consumo mensual de electricidad.
- Atenciones mensuales de urgencias en salud.
- Demanda por matrículas (preescolar, educación básica y educación media).
- Seguridad (considerando el número de delitos, incivilidades y robos a nivel mensual),
- Vivienda e índices de hacinamiento y allegamiento.
- Nivel de motorización.
- Plazas disponibles para el alojamiento de turistas en la comuna.

Para cada variable que lo permite, se establece su umbral o límite de capacidad de carga. Cuando se alcanza el umbral, es posible señalar que esa variable se encuentra en estado saturado, es decir, se ha logrado su máxima capacidad. El *software* también entrega un segundo límite denominado «latencia», que refleja el 85% de la capacidad total de la oferta para cada una de las variables. Este umbral de latencia actúa como una advertencia y busca alertar al

municipio para que se tomen las acciones necesarias que permitan evitar llegar al estado de saturación.

Asimismo, para cada uno de los módulos, el *software* permite crear escenarios o proyecciones, modificando algunos indicadores claves y determinantes de la población tanto residente como flotante de una comuna. Estos indicadores corresponden a:

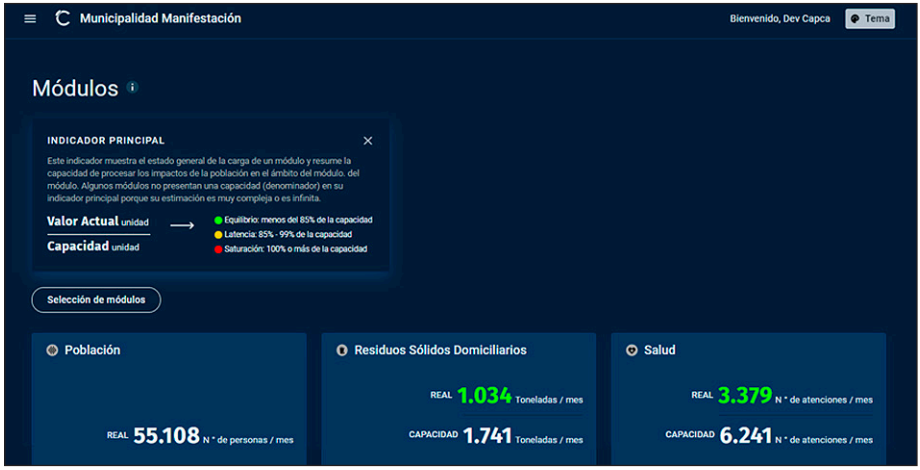
- Tasa de educación: tasa de crecimiento en porcentaje de personas mayores de 18 años con educación secundaria completa.
- Tasa de ingreso: tasa de crecimiento en % de ingresos per cápita.
- Tasa PIB: tasa de crecimiento en % del PIB per cápita.
- Periodo de tiempo: rango de años a simular.

El usuario puede modificar uno o varios de estos indicadores, y con ellos generar escenarios posibles de desarrollo y evaluar cómo se comporta la variable analizada. Estos escenarios se pueden guardar para luego compararlos o usarlos como insumo para la toma de decisiones.

A grandes rasgos, la plataforma de visualización de CAPCA se compone de la siguiente manera:

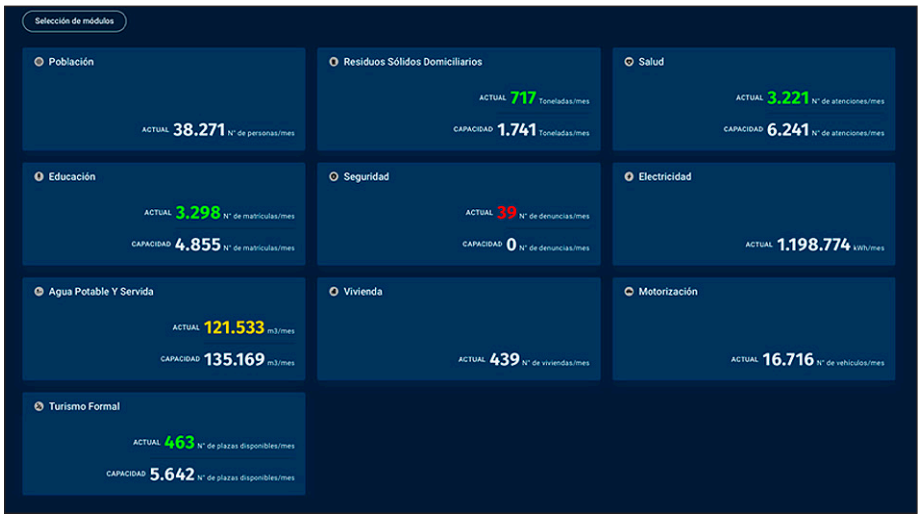
La pantalla de inicio (figura 13) contiene una pequeña descripción sobre cómo leer los datos de los indicadores principales, los cuales se pueden observar en un *dashboard* o panel de control al realizar *scroll* o desplazarse hacia abajo en la plataforma (ver figura 14), lo que permite, mediante la visualización de indicadores, monitorear y analizar en un plano general la capacidad de carga del territorio en análisis.

Figura 13. Pantalla principal de CAPCA



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Dashboard CAPCA



Fuente: Elaboración propia.

Al hacer doble *click* sobre los módulos, se despliega una nueva pantalla (ver figura 15) que muestra en detalle la proyección en el tiempo de las variables de salida del módulo seleccionado, indicando, a su vez, su valor de latencia y saturación.

Figura 15. Ejemplo de módulo en detalle

Fuente: Elaboración propia.

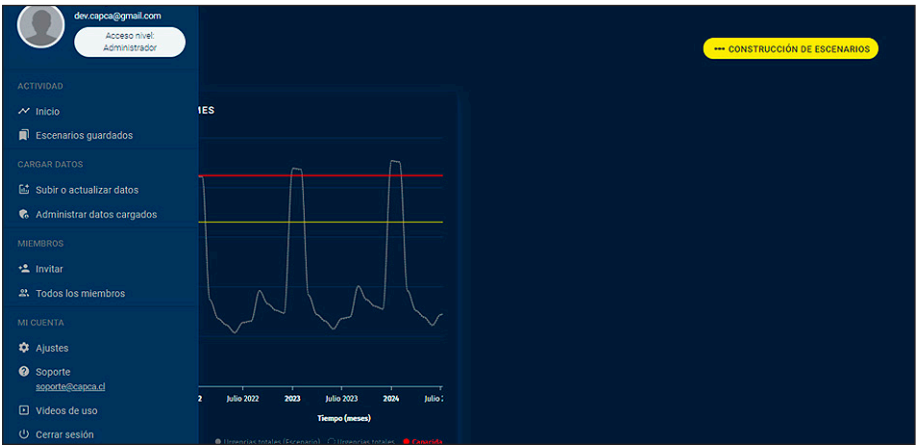
Al costado derecho del visor, es posible ver el botón «construcción de escenario». Al presionar se despliega una barra latera (ver figura 16), que permite al usuario modificar las tasas de educación, ingresos, PIB y periodos de tiempo para el análisis. Esta funcionalidad posibilita observar cambios en las proyecciones bajo supuestos en la variación en dichos indicadores claves. Los escenarios proyectados pueden ser almacenados en la plataforma o descargados en formato PDF.

Figura 16. Construcción de escenarios

Fuente: Elaboración propia.

Al costado izquierdo del visor se encuentra un menú desplegable que al seleccionar presenta otro set de funcionalidades de la plataforma (ver figura 17). La más relevante de señalar corresponde a la sección «Carga de datos».

Figura 17. Funcionalidades de la plataforma del menú desplegable



Fuente: Elaboración propia.

En esta sección, el usuario o funcionario municipal autorizado para tales efectos puede ingresar datos que permiten mantener actualizado el sistema (ver figura 18), los cuales seguirán una política interna de llenado, explicada en la plataforma. En caso de ser una tasa, se utilizará el último valor ingresado para aquel mes, en años anteriores. Si es una capacidad se utilizará el valor ingresado para el mes anterior. En caso de no existir datos anteriores de la variable, correspondientes a las políticas de llenado automático, se utilizará un valor por defecto que corresponde a: Tasa: 100; Capacidad: 0.

Figura 18. Subir o actualizar datos

Fuente: Elaboración propia.

La plataforma contiene otra serie de funcionalidades complementarias que logran facilitar su uso a nivel municipal. El detalle de estas se encuentra en el capítulo 6, en la tesis CAPCA, sistema producto + servicio para la entrega de una plataforma de ciudad digital, enfocado en la adopción efectiva.

A la luz de los resultados obtenidos, es posible señalar que actualmente la administración municipal de El Quisco cuenta con una nueva herramienta de gestión. CAPCA organiza y presenta información relevante de una forma amigable y rápida de analizar. Con dicha información, agrupada en módulos de interés, el municipio puede comprender efectivamente la presión que significa sobre el territorio y sus servicios la variación de población en el territorio en periodos puntuales, como a lo largo del tiempo. La posibilidad de generar proyecciones y escenarios de desarrollo permite la toma de decisiones basada en evidencia, ayudando a mitigar la incertidumbre, los riesgos y la sobrecarga de las distintas áreas que una municipalidad tiene la responsabilidad de gestionar.

Por lo tanto, la contribución de este proyecto es la creación de una herramienta que modifica la forma como se entendía, hasta ahora, la gestión del territorio. Actualmente, los servicios que CAPCA proporciona son ejecutados a modo de consultorías especializadas, específicas respecto al territorio y tienen como desventajas que toman una gran cantidad de tiempo, no contemplan seguimiento, no tienen

un componente tecnológico, no son integrables con otras soluciones y, definitivamente, no permiten poner en práctica una infinidad de proyecciones de escenarios futuros.

Capítulo 4
Perspectivas para los modelos de capacidad de carga

Modelos de capacidad de carga, más que un motor de cálculo

Daniela Zaviezo[1]
Piroska Ángel[2]
Roberto Moris[3]

La herramienta de cálculo propuesta para medir la capacidad de carga demográfica usa los principios de los modelos de simulación dinámica para comprender las interacciones del territorio más allá del uso de indicadores independientes. La interacción de estos indicadores en modelos socioambientales o socioecológicos permite su vinculación con modelos matemáticos como herramienta de apoyo a la planificación territorial.

La elaboración de los modelos expuestos se define como un proceso iterativo, que comienza con el desarrollo de un modelo conceptual que integra una serie de variables con sus interacciones validadas por expertos y termina en una herramienta capaz de proyectar información de interés a partir del escenario demográfico.

Dichas herramientas tienen ventajas evidentes, entre ellas que anuncia cuándo se deben implementar medidas que permiten evitar

1 Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile. dpzaviezo@uc.cl
2 Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. paangel@uc.cl
3 Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. rmoris@uc.cl

procesos de saturación o superación de la capacidad de carga de aspectos ambientales, urbanos, territoriales, económicos y/o culturales en el territorio. A su vez, permite identificar prioridades de toma de decisiones, inversión, desarrollo de planes, programas o proyectos de acuerdo con las variables más críticas.

Sin embargo, si bien el modelo tiene ventajas evidentes para la gestión local, la carencia de datos es una limitante para su uso. De esta manera, se torna ineludible generar información y conocimiento que permitan, de acuerdo con las prioridades locales, dotar de datos a los módulos de interés, con el fin último de hacer de esta herramienta un instrumento que permita desarrollar un territorio considerando las necesidades y aspiraciones locales, promoviendo su calidad de vida en términos ambientales, socioculturales y económicos.

Por otra parte, se trata de una solución novedosa porque hasta el momento, en general, la planificación territorial a escala local se realiza de manera reactiva y sin un análisis integrado de la información disponible. Hasta la fecha, los municipios no cuentan con una herramienta que les permita realizar un diagnóstico retrospectivo a partir del comportamiento observado en indicadores críticos. Por tanto, las decisiones respecto a proyectos sociales y/o de inversión se toman de manera aislada, sin que sea posible medir su impacto sobre otras variables de interés para el territorio y sobre todo sin saber si son prioritarias frente a los problemas que enfrenta la localidad.

El potencial impacto del *software* CAPCA

El algoritmo de predicción de CAPCA toma evidencia del mundo real y la convierte en escenarios probables en el corto y mediano plazo, permitiendo a los usuarios tomar las mejores decisiones y gestionar eficiente y sustentablemente la capacidad de carga de un territorio. Con la información que hoy entrega CAPCA, los municipios pueden saber, por ejemplo, cuántos camiones de basura necesitan en época estival, cuándo podrían colapsar sus rellenos sanitarios o sus sistemas de atención en salud, cómo fluctúa la población flotante y qué consecuencias tiene para su territorio, cuántas son las camas disponibles para absorber la demanda de alojamiento para turistas, etc.

Con CAPCA, ahora los municipios podrían contar con información confiable, empírica y basada en datos, que les permitirá saber su estado presente y futuro y, por lo tanto, solucionar la ansiedad

que tienen de contar con mucha información general, pero de escasa calidad y desorganizada sobre sus territorios.

Entre los usos potenciales de CAPCA se encuentran:

- Facilita lograr una política preventiva. Es decir, tomar decisiones anticipadas sobre temas que pueden llegar a resultar sensibles (administrativa y mediáticamente) para la municipalidad, con conocimiento de causa, además de prevenir posibles saturaciones en las capacidades de carga de las diferentes áreas que una municipalidad tiene a cargo de su gestión.
- Promueve la modernización de los servicios públicos. Se trata de una herramienta digital con la cual pueden gestionar sus diversas áreas para aprovechar de la mejor manera posible los recursos municipales y territoriales.
- Permite la comparación y coevolución. Tanto con municipios vecinos como en otros lugares del territorio nacional, promoviendo la correlación informada entre operadores municipales, cubriendo las necesidades y potenciando los puntos fuertes de cada uno entre sí.
- Disminuir los riesgos. Por toda la información que entrega y ayuda a analizar de forma sencilla y rápida, permite tomar decisiones informadas y conscientes, coherentes con el mundo real, de forma anticipada y asertiva, pudiendo administrar los recursos limitados de los que disponen eficientemente.
- Justifica la obtención de nuevos recursos. Ya sea en formato de inversión privada o pública, con proyectos individuales o iniciados en conjunto con otros municipios, fundaciones, corporaciones, ONG o empresas privadas.

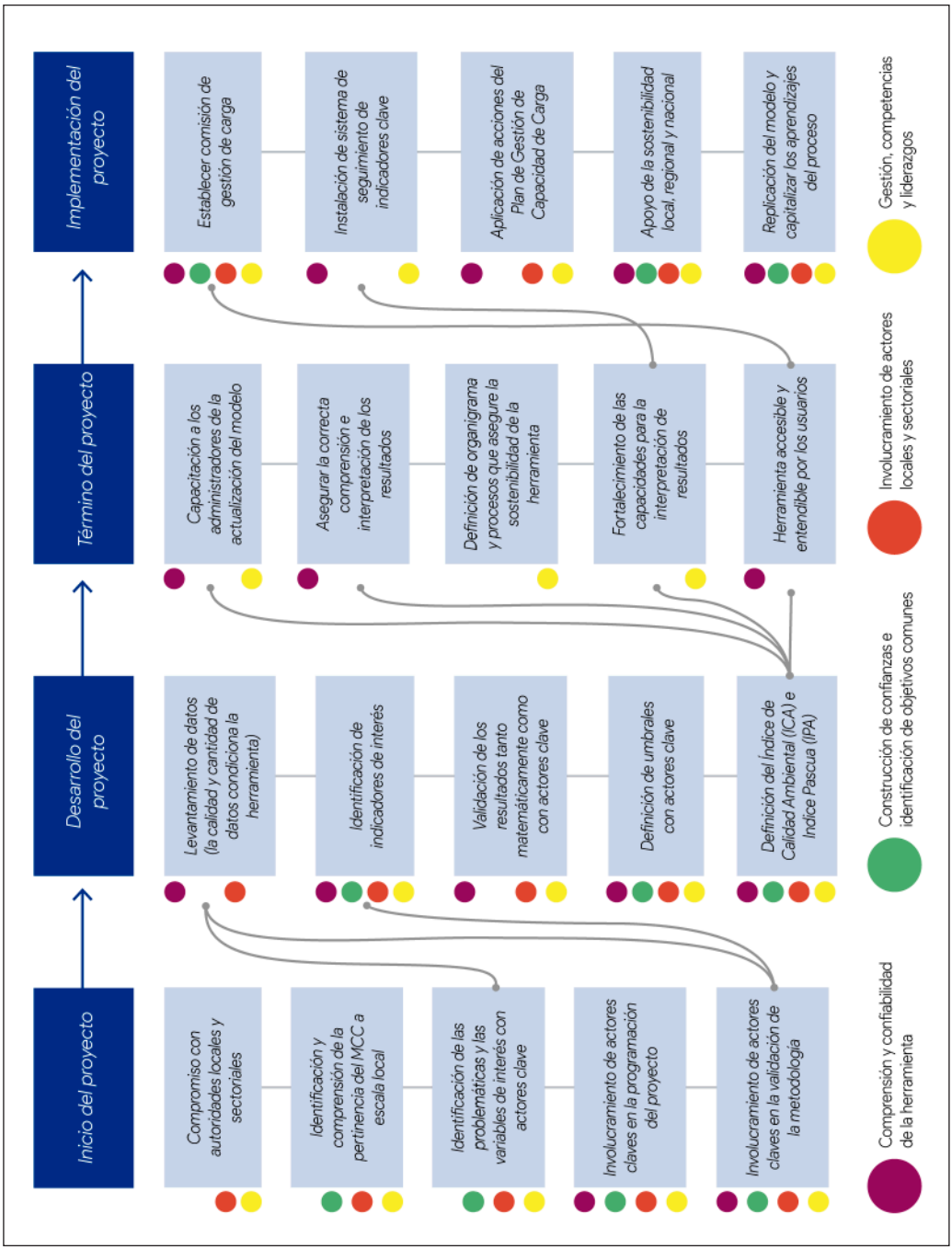
Modelo de gobernanza para la gestión de carga

Es primordial considerar que el desarrollo de un modelo de capacidad de carga no es un objetivo en sí mismo para abordar la problemática, más bien, es un producto que ayuda a los tomadores de decisiones a prever la saturación de sus umbrales. No obstante, la herramienta tiene poca utilidad si no existe asociado un modelo de gobernanza en el que se defina la relación que existe entre los actores, las instituciones, así como las reglas para dar sostenibilidad al proyecto a través de la gestión de carga.

La figura 1 representa el modelo de gobernanza que se fundamenta en cuatro pilares básicos a lo largo de las etapas del proyecto:

- Construcción de confianzas e identificación de objetivos comunes. Es fundamental generar vínculos en el territorio de análisis con los actores locales para, así, comprender sus problemáticas y fortalezas, ya que serán las bases para el desarrollo de una herramienta acorde a las necesidades locales.
- Involucramiento de actores locales y sectoriales en el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas. Ello permite fortalecer los diagnósticos territoriales a partir de su experticia y conocimiento del territorio. A su vez, permite que los actores a) consideren todas las perspectivas del problema, b) sean empáticos y tolerantes a los potenciales errores e iteraciones; c) generen soluciones finales con mayor conocimiento y sabiduría avanzando hacia un intercambio horizontal y la búsqueda de conocimientos, ideas y soluciones que minimizan los riesgos asociados al diseño e implementación de nuevas soluciones (Labortorio de Innovación Pública (Lipuc), 2017).
- Comprensión y confiabilidad que implica implementar una herramienta accesible, comprensible y manejable por los usuarios, donde los tomadores de decisiones puedan interactuar con el modelo y extraer información para apoyar la gestión territorial.
- Gestión, competencias y liderazgos que incluye la capacitación a usuarios del sistema con el objetivo de dar sostenibilidad a la actualización del instrumento.

Figura 1. Modelo de gobernanza del MCC



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5
Investigaciones asociadas

¡Nos llenamos de gente!... clasificación de comunas chilenas según su criticidad por efectos de la capacidad de carga territorial en periodos de mayor población flotante

Francisca Ibáñez[1]

En los últimos años, el continuo crecimiento del turismo ha provocado que se transforme en una de las principales actividades económicas a nivel mundial, con un aumento del PIB global en un 3,9% al 2018 y permitiendo viajes internacionales a 1,4 billones de personas (Sernatur, 2019).

Chile no ha sido la excepción, teniendo una variación de más del 100% de turistas entre 2010-2018, recibiendo a cerca de seis millones de personas (Sernatur, 2019) y aportando cerca de un 11,2% del PIB nacional (Sofofa, 2018), así como un 9,9% del empleo del país, con un crecimiento de 26,3% del empleo en los últimos seis años (Sernatur, 2018). Lo anterior, sin duda, puede significar un aspecto positivo para un país que apunta a aprovechar

[1] Tesis para optar al grado de Planificador Urbano y Magíster en Desarrollo Urbano de la Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2021.

sus recursos paisajísticos como estrategia futura de desarrollo en muchos territorios del país.

Espinosa (2015) explica que «la articulación de un modelo de desarrollo territorial se corresponde con la recursividad del sistema político y, además, que el medio turismo es observado como fórmula de contingencia» (p. 159), lo que se condice con lo propuesto en la Ley 20.423, promulgada en el año 2010 y más conocida como Ley de Turismo de Chile. Esta expresa que «el turismo constituye una actividad estratégica para el desarrollo del país, siendo prioritaria dentro de las políticas del Estado» (Ley núm. 20.423, 2010, Art. 2). Es por esto que, a través de la Estrategia Nacional del Turismo y el Plan Nacional de Turismo Sustentable, el Estado ha implementado diferentes acciones para fomentar la actividad turística dentro del territorio nacional (Rodríguez, 2015).

No obstante lo anterior, la actividad turística no es ajena a la generación de efectos indeseados en las áreas ambiental, social o cultural del territorio, entre otras. Así lo expresan dos estudios realizados en localidades chilenas: Isla de Pascua y El Quisco (Ángel & Bergamini, 2020; Bergamini, et al., 2021; Moris et al., 2021). En estos se demuestran problemas de capacidad de carga territorial expresada en efectos tales como el aumento de generación de residuos sólidos y líquidos, deterioro en el acceso a agua potable, aumento en los comportamientos antisociales, afectación del patrimonio cultural local, entre otros, que a su vez generan conflictos o derivan en impactos respecto de la calidad de vida de los habitantes locales, provocando un cuestionamiento a este modelo de desarrollo.

En este contexto, es necesario comenzar a generar conciencia de los problemas ocasionados por el turismo, la actividad ligada a él y, sobre todo, por el aumento de la población flotante en pequeños periodos de tiempo, creando así, un nuevo paradigma que se asegurará que la actividad sea sostenible en el tiempo (Prats, 2007).

El concepto de capacidad de carga (CC) toma especial importancia en este punto, dado que se refiere a la cantidad de personas, distribución y uso que se le puede dar a un lugar sin degradar su entorno natural, cultural o social (Albernethy, 2001; Álvarez, 2010). Por lo tanto, si aumenta la población flotante en el territorio, en conjunto con una planificación territorial inadecuada, se generan consecuencias que podrían llegar a ser irreversibles, las cuales se cargan a los habitantes del sector. Por consiguiente, es necesario buscar

una manera de abordar estos efectos antes de que se agraven, para así alcanzar un habitar placentero, con mayores niveles de desarrollo y que sea sustentable para el medio.

Así entonces, la CC busca identificar un límite para que el territorio (ya sea urbano, agrícola, litoral, insular o una mezcla entre ellos) no se deteriore. Tomando en cuenta lo anterior, es de gran relevancia investigar los efectos de la CC en periodos de mayor población flotante en el territorio, derivados principalmente de la actividad turística, sobre todo porque hay déficits de investigaciones que abarquen esta problemática a escalas de comunas en Chile. Considerando esto, el objetivo es establecer una clasificación de todas las comunas chilenas a partir de su criticidad frente a los efectos de la capacidad de carga del territorio en épocas de mayor población flotante.

La tesis a continuación se organiza discutiendo el concepto de CC Territorial e identificando su evolución en el tiempo; luego se describe la propuesta metodológica utilizada para abordar el estudio, siendo este un eje central en el artículo dado que se tuvo que desarrollar un trabajo *ad hoc* a la realidad de Chile, que diera cuenta de los problemas de CC existentes en el país, pero a la vez de los datos disponibles en escala comunal. Posteriormente se presenta una sección de resultados, mostrando los principales hallazgos de la aplicación metodológica y sobre todo la clasificación de comunas, para cerrar con una discusión con foco en los resultados, la capacidad de carga y el turismo como modelo de desarrollo y las conclusiones propiamente tales.

Con los años, el concepto de CC ha tomado relevancia desde la planificación y la gestión del territorio. El proporcionar a los habitantes una buena calidad de vida en sus ciudades se ha convertido en un gran desafío para los planificadores urbanos y para aquellos que administran la ciudad, dado que la sostenibilidad progresiva de las actividades que allí se ejecutan es responsabilidad de la planificación del desarrollo urbano (Yigang Wei et al., 2015).

La Organización Mundial del Turismo (OMT) define a la actividad turística como un «fenómeno social, cultural y económico que supone el desplazamiento de personas a países o lugares fuera de su entorno habitual por motivos personales, profesionales o de negocios». El turismo es un productor de flujos, produce distintos tipos de movilidades, modifica los destinos que compiten en este ámbito y mueve más que solo personas, genera movimientos de

objetos, capital económico y capital cultural, desde y hacia el territorio (González et al., 2009).

En particular, los destinos turísticos cuentan con fases como crecimiento, madurez, declive o reconversión, las cuales se producen por la competitividad del lugar en un momento dado. Lo anterior lleva a que se hable de una dinámica turística (Rovira Soto & Antón Clavé, 2014; Vera et al., 1997). Por lo tanto, el turismo aparece como un elemento capaz de crear nuevos espacios de crecimiento y desarrollo territorial, además de modificar aquellos ya existentes (Vera, 2002).

Morera y Miranda (2015) consideran esencial la planificación estratégica para afrontar complejidades económicas y territoriales de los lugares turísticos, pero explica que los procesos de planificación deben considerar, además de la actividad turística, el desarrollo económico y la gestión sustentable de los recursos disponibles. En consecuencia, para la presente investigación se desarrolla el término denominado Capacidad de Carga Territorial (desde ahora, CCT), pero orientado en el turismo, para esto se considerarán variables de Capacidad de Carga Turística (Hernández & Vaquero, 2012; Matos Márquez & Pérez Colmenares, 2019; López & López, 2008; Perruolo & Camargo, 2017; Coccossis et al., 2001), Capacidad de Carga Terrestre (He, Liu & Liu, 2011; Yan et al., 2017; Cheng et al., 2017), Capacidad de Carga Regional (Cheng et al., 2011; Dan-Lin & Han-ying, 2002) y Capacidad de Carga Urbana (Tsou et al., 2017; Wei et al., 2015; Wei et al., 2015). En el cuadro 1 se pueden visualizar las diferencias entre cada una de estas, donde se destacan los distintos objetivos de cada una de ellas, donde la capacidad de carga turística y urbana tienen una perspectiva asociada principalmente a lo ambiental, haciendo referencia a desarrollos sostenibles de sus áreas de estudio, mientras que la terrestre y la regional apuntan a un enfoque principalmente económico. A su vez, la principal diferencia recae en las áreas de estudio que abarcan principalmente zonas acotadas, cada una de distinta índole.

Cuadro 1. Tipos de capacidad de carga utilizados durante el estudio

	Turística	Terrestre	Regional	Urbana
Enfoque	Turismo	Agrícola Ganadero	Urbano Ambiental	Urbano
Objetivo	Desarrollo turístico sostenible	Explotación de tierras cultivables	Sustento de la población y sus recursos naturales	Desarrollo de ciudades sostenibles
Área de estudio que abarca	Zona turística acotada (playa, río, parque, etc.)	Región rural y agrícola	Región territorial con presencia de ciudades	Área Urbana
Principales ámbitos que abarca	Ambiental; Urbano; Económico; Social; Ecológico	Económico; Ambiental; Social	Económico; Ambiental; Urbano; Social; i+d; Demográfico	Ambiental; Urbano; Económico; Demográfico

Fuente: Elaboración propia.

Según la OMT, el turismo sostenible se define como: «El turismo que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas». Entonces, se busca promover la conservación de recursos naturales, comprensión de problemas medioambientales y socioculturales, respetando la diversidad de culturas del territorio y apoyando el desarrollo socioeconómico y social local (OIT, 2019). Por lo tanto, para el desarrollo de un turismo sostenible a nivel comunal y nacional, se deben tener en cuenta las distintas dimensiones mencionadas, en amplias áreas de estudio y, para esto, se hace necesario la creación del concepto Capacidad de Carga Territorial.

Materiales y métodos

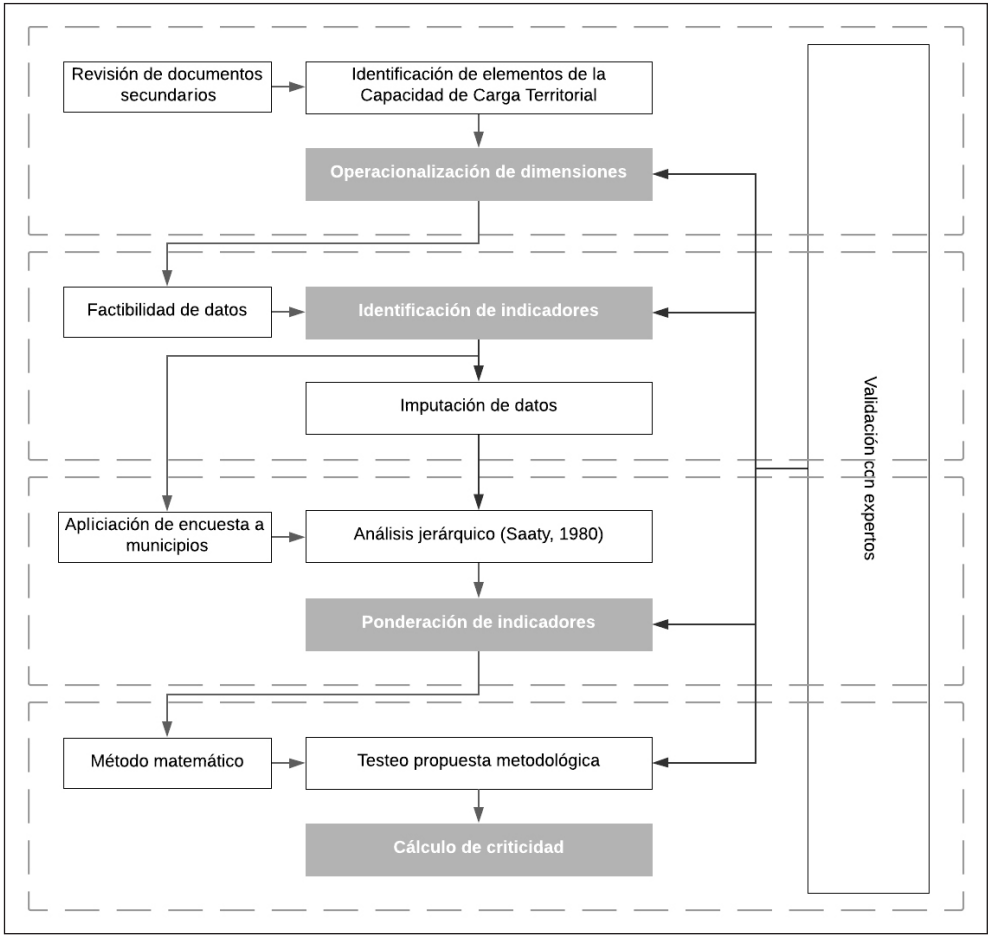
Para el desarrollo de la investigación, se consideró el diseño de una propuesta metodológica que permitiera adaptarse a las realidades de las problemáticas existentes en Chile, respecto de los efectos de la actividad turística, así como de las fuentes de información disponibles, por lo tanto, corresponde a un estudio exploratorio dado que es un tema poco profundizado o abordado antes (Hernández Sampieri, 2010).

En dicho contexto y con el fin de generar una situación comparativa entre comunas, se optó por un enfoque cuantitativo, tanto con el uso de información primaria levantada en el contexto de la investigación (encuestas), pero también secundaria, aprovechando los distintos datos provistos por servicios públicos para tales fines.

El proceso de investigación cuenta con cuatro partes principales (cuadro 2):

1. Operacionalización de dimensiones
2. Identificación de indicadores
3. Ponderación de indicadores
4. Propuesta metodológica

Cuadro 2. Etapas de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Etapa 1: Operacionalización de dimensiones

Se inicia con una revisión de dieciocho documentos académicos[2] que derivaron en una matriz de datos, donde se determinaron cuatro dimensiones principales que afectan de alguna u otra manera en la capacidad de carga del territorio, la dimensión ambiental, de infraestructura y servicios, económica y sociodemográfica. Como resultado se obtuvo una tabla resumen (cuadro 3) con la frecuencia con la cual los investigadores utilizaban los factores para medir CC.

[2] 1) Botero, C. (2008). Metodología de cálculo de la capacidad de carga turística como herramienta para la gestión ambiental y su aplicación en cinco playas del caribe colombiano. 2) Chen, J.-P., Zeng, M., & Duan, Y.-J. (2011). Regional Carrying capacity evaluation and prediction based on GIS in the Yangtze River Delta, China. 3) Cheng, K., Fu, Q., Cui, S., Li, T.-x., Pei, W., Liu, D., & Meng, J. (2017). Evaluation of the land carrying capacity of major grain-producing areas and the identification of risk factors. 4) Coccossis, H., Mexa, A., Collovini, A., Parpairis, A., & Konstandoglou, M. (2001). Defining, measuring and evaluating carrying capacity in European tourism destinations. 5) Dan-lin, Y., & Han-ying, M. (2002). Regional carrying capacity: case studies of Bohai Rim area. 6) Días Cordeiro, I., Körössy, N., & Fragoso Selva, V. (2012). Determinación de la capacidad de carga turística: El caso de Playa de Tamandaré - Pernambuco - Brasil. 7) He, R., Liu, S., & Liu, Y. (2011). Application of SD model in Analyzing the Cultivated Land Carrying Capacity: A Case Study in Bijie Prefecture, Guizho Province, China. 8) Hernández, M., & Vaquero, M. (2012). Capacidad de carga en grandes recursos turístico-culturales. 9) Lane, M. (2010). The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. 10) Liu, R. Z., & Borthwick, A. G. L. (2011). Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. 11) Matos Márquez, L. A., & Pérez Colmenares, S. (2019). Revisión sobre capacidad de carga turística y la prevención de problemas ambientales en destinos emergentes. 12) Perruolo, G., & Camargo, C. (2017). Estimación de capacidad de carga turística en el área de Chorro El Indio, estado Táchira, Venezuela. 13) Serrano, M., & Alarte, A. (2009). Capacidad de carga turística en cuatro senderos de Caravaca de la Cruz (Murcia). 14) Shi, H., Shen, C., Zheng, W., Li, F., Wang, X., Chi, Y., & Ding, D. (2016). A model to assess fundamental and realized carrying capacities of island ecosystem: A case study in the southern Miaodao Archipelago of China. 15) Vargas, R., & Castillo, J. (2018). Estimación de la capacidad de carga turística en Agua Selva (Tabasco-México). Base para la planificación y desarrollo regional. 16) Wei, C., Guo, Z., Wu, J., & Ye, S. (2014). Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones – A case in Nantong. Asia - China Área territorial - Región Territorial 17) Wei, Y., Huang, C., Lam, P. T. I., & Yuan, Z. (2015). Sustainable urban development: A review on urban carrying capacity assessment. 18) Yan, H., Liu, F., Liu, J., Xiao, X., & Qin, Y. (2017). Status of land use intensity in China and its impacts on land carrying capacity.

Cuadro 3. Tabla resumen dimensiones y factores de la CC

Dimensiones	Factores	Referencia[3]
Ambiental	Tratamiento de desechos y reciclaje • Recolección de reciclaje y residuos sólidos • Recolección de reciclaje y aguas residuales	5, 10
	Calidad del aire • Emisiones contaminantes • Exposición a niveles de ruido sobre la norma	2, 4, 5, 11, 14, 17
	Recursos de la tierra • Biodiversidad • Áreas naturales protegidas • Erosión • Destrucción ecológica • Capacidad de producción • Contaminación sitios naturales	1, 2, 4, 8, 13, 14, 16
	Recurso agua • Contaminación de aguas marinas, lacustres o ribereñas	1, 2, 3, 4, 5,
	Capacidad para controlar el deterioro • Inversión en medioambiente	3, 9
	Sitios turísticos naturales • Cantidad de horas en la recepción de visitas • Longitud del sendero • Tiempo del recorrido	6, 8, 12, 13, 15
Infraestructura y servicios	Instalaciones básicas • Cobertura del sistema de agua potable • Cobertura del sistema de alcantarillado • Cobertura del sistema eléctrico • Consumo de agua per cápita • Capacidad de recolección de RSD • Cobertura red de telecomunicaciones	2, 4, 5, 10
	Área verde urbana • Cobertura de área verde per cápita • Área verde per cápita	3, 4, 11, 14
	Infraestructura pública • Centros de salud • Establecimientos de educación • Librerías, museos, espacios culturales • Estacionamientos	1, 4, 6, 8, 11, 12, 17
	Red vial • Áreas asociadas al transporte	1, 3
	Infraestructura asociada al turismo	1, 4, 6, 8, 11, 12

[3] Revisar nota al pie número 1.

Económica	PIB per cápita • Nivel de desarrollo económico	2, 3, 4, 5,
	Capacidad de producción del suelo	5, 7, 9, 10, 14, 16, 17
	Turismo • Población que trabaja en actividades del turismo • Número de empresas del rubro turístico • Cantidad de predios destinados a usos terciarios	5, 9, 10, 16
	Diferencias de precio de suelo	4, 9
	Inversión en I+D	3, 5, 10, 11, 14
	Consumo • Energético • De aguas • Materias primas • Intensidad del uso de la tierra	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 16, 18
Sociodemográfico	Crecimiento de la población • Densidad de la población	2, 10
	Experiencia • Accesibilidad a sitios turísticos • Opinión local respecto al turismo • Densidad relativa de visitantes	4, 8, 11, 13, 17
	Población flotante • Flujo turístico	4, 7, 8, 11, 10, 15
	Participación ciudadana	11, 17

Fuente: Elaboración propia.

Se continuó con un taller en línea (Lupton, 2020) con nueve expertos de distintas áreas, como arquitectura, geografía y recursos naturales, con el fin de seleccionar variables mencionadas en la teoría que estuviesen asociadas a los efectos de CCT en periodos de mayor población flotante en Chile. Del análisis de los resultados del taller, se obtuvieron las quince variables que, según los expertos, explicarían los efectos de la CCT en épocas de mayor población flotante en Chile, las cuales se exponen en el cuadro 4 en forma de problemáticas sin orden de preeminencia.

Cuadro 4. Variables seleccionadas para la medición del la CC en el caso chileno

Dimensión	Variable	Definición
Infraestructura y servicios	Colapso en el tratamiento de aguas servidas	Acumulación de materias grises con generación de gases que afectan la calidad de vida de los habitantes del lugar.
	Escasez de agua potable	Falta de agua suficiente para el consumo humano o nulo acceso a suministros de agua potable seguros.
	Colapso del servicio de retiro de basura	Incapacidad de la gestión municipal para el retiro de basura, generando acumulación.
	Colapso en el sistema eléctrico o de telecomunicaciones	Paralización o disminución del suministro eléctrico o de telecomunicaciones.
	Colapso de servicios asociados al turismo (hoteles, restaurantes, cabañas, etc.)	Paralización o disminución del ritmo de la actividad turística debido a la falta de servicios asociados.
	Colapso del sistema de salud	Incapacidad para la atención oportuna de pacientes.
	Congestión vehicular	Flujo vehicular saturado por la alta demanda en las vías, aumentando tiempos de viaje normales.
Medioambiental	Contaminación de ríos, lagos, lagunas o aguas subterráneas	Calidad de aguas fluviales o lacustres comprometidas por la presencia de agentes contaminantes físicos, químicos o biológicos, generando efectos nocivos en el entorno.
	Contaminación de sitios naturales o balnearios	Deterioro de la composición natural de los suelos con materiales o residuos tanto peligrosos como no peligrosos.
	Contaminación acústica	Exceso de sonido que altera las condiciones naturales del lugar.
	Contaminación del aire	Exceso de emisiones suspendidas como partículas en el aire, generando daño o molestia en las comunidades.
Socioterritorial	Aumento de delitos	Crecimiento en la cantidad de delitos promedio del lugar.
	Conflicto entre grupos residentes y población flotante	Desacuerdo o rivalidad entre aquellos residentes del lugar y aquellos turistas.
	Aumento de perros vagos	Crecimiento en la cantidad de perros que se encuentran en la calle y no tienen dueño.
	Creación de microbasurales	Puntos de acumulación de residuos (vertederos) ilegales localizados en zonas urbanas.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2: Identificación de indicadores

Del total de variables (cuadro 4) con las que se creó en primera instancia la matriz, en solo ocho se encontraron datos públicos para poder medirlas, ya sea de manera directa, indirecta o con la creación de un proxy. Validando con el taller de expertos (mismos expertos del taller anterior, para dar continuidad al trabajo), se decidió que los indicadores serían los mostrados en el cuadro 5.

Cuadro 5. Indicadores utilizados y forma de medición

Dimensión	Indicador	Medición
Infraestructura y servicios	Colapso en el tratamiento de aguas servidas	Porcentaje de la población saneada por alcantarillado respecto al total de la población de la comuna.
	Escasez de agua potable	Porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable respecto al total de viviendas de la comuna.
	Colapso en el sistema eléctrico	Duración promedio de las interrupciones anuales al suministro eléctrico (indicador SADI).
	Colapso en el sistema de salud	Se utiliza la información de Años de Vida Potencialmente Perdidos (AVPP) para las comunas de Chile.
	Colapso en el sistema de recolección de basura	Proporción de residuos municipales recolectados regularmente y con disposición final adecuada.
Medioambiental	Contaminación acústica	Tasa de denuncias de delitos por ruidos molestos por cada 1.000 habitantes.
Socioterritorial	Aumento de delitos	Tasa de denuncias de delitos de mayor connotación social por cada 1.000 habitantes.
	Conflicto de la población residente con la población flotante	Tasa de denuncias de incivilidades por cada 1.000 habitantes.

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, dos de las ocho variables no presentan datos completos para todas las comunas de Chile (Colapso en el sistema eléctrico y Colapso en el sistema de salud). Se decidió imputar los datos faltantes mediante una regresión lineal asociada a la población total de la comuna, para así completar la base de datos a partir de cómo se comporta la variable con relación a otra.

Etapa 3: Ponderación de indicadores

Con los indicadores resueltos, se generó una encuesta que se realizó vía correo electrónico a las municipalidades de las distintas comunas chilenas para que fuera autoadministrada, es decir, el cuestionario fue contestado sin la presencia de un entrevistador (Díaz de Rada, 2011). En ella, se midió la frecuencia los problemas identificados en el taller con expertos taller (cuadro 6) y qué tanta dificultad trae este a la gestión municipal en el territorio comunal. Ambas con relación al periodo de mayor población flotante en el lugar.

Con estas preguntas se realizó una matriz codificando las respuestas a números de 1 al 4, siendo una menos frecuente/problemático y 4 más frecuente/problemático. En aquellas comunas con más de una respuesta se consideró la mediana en estas dos preguntas.

Una vez finalizado el periodo de aplicación de la encuesta, se codificaron los resultados para aplicar la siguiente fórmula de criticidad:

$$Criticidad = frecuencia \cdot consecuencia$$

El resultado de esta multiplicación representa el nivel de criticidad de la comuna, mientras más alto sea el resultado, mayor es la criticidad frente a la problemática.

Los resultados obtenidos de la ecuación se promediaron por variable para aplicarlos a una matriz de análisis jerárquico (Saaty, 1980), donde se obtuvieron las ponderaciones para cada variable. Desde aquí se obtiene un modelo beta para calcular la criticidad de las comunas frente a los efectos de la CCT en periodos de mayor población flotante (cuadro 6).

Cuadro 6. Matriz de Saaty y ponderación de variables

*Ver Cuadro N°6	1	2	3	4	5	6	7	8	Ponderador
1		0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04
2	0,23		0,24	0,26	0,25	0,26	0,21	0,27	0,25
3	0,11	0,06		0,09	0,08	0,05	0,12	0,05	0,08
4	0,04	0,04	0,03		0,04	0,04	0,07	0,05	0,04
5	0,04	0,04	0,03	0,04		0,04	0,07	0,04	0,04

6	0,27	0,26	0,30	0,26	0,25		0,21	0,27	0,26
7	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03		0,03	0,02
8	0,27	0,26	0,30	0,26	0,29	0,26	0,21		0,26
0									1,00

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base del cuadro 6, el aumento de delitos, la escasez de agua potable y el colapso en el servicio de retiro de basura se llevan un 75% de la ponderación final con aproximadamente 25% de peso cada uno, seguido por la contaminación acústica con 0,8%, luego el colapso en los sistemas de salud, en el tratamiento de aguas servidas y del sistema eléctrico con 0,4%, y finalmente el conflicto entre población residente y turistas con un 2% del total.

Entonces, la ecuación que se utilizará para realizar la clasificación de las comunas es la siguiente:

$$\text{Clasificación final} = (\text{CPRPF} \cdot 0{,}02) + (\text{CSS} \cdot 0{,}04) + (\text{AD} \cdot 0{,}26) + (\text{CSRB} \cdot 0{,}26) + (\text{CTAS} \cdot 0{,}04) + (\text{EAP} \cdot 0{,}25) + (\text{CA} \cdot 0{,}08) + (\text{CSE} \cdot 0{,}04)$$

Etapa 4: Cálculo de criticidad por comuna

Con la base de datos de indicadores completa para cada una de las comunas del país, se normalizaron las variables en un rango de 0 a 1, donde 0 es aquella comuna con una mejor resolución de la variable, mientras que 1 es la comuna con peor resolución de ella. Por ejemplo, Penco es la comuna con menor indisponibilidad de suministro eléctrico, por lo tanto, se le asignaría el valor 0, mientras que Lonquimay tiene una mayor indisponibilidad, a lo que se le asigna el valor 1.

La normalización de las variables permite comparar las variables entre sí, ya que la finalidad genera una clasificación de las comunas sin la necesidad de una cuantificación de las problemáticas.

Luego, se aplica la ecuación de clasificación final enunciada en el punto anterior resultando una tabla clasificatoria (anexo 1) con las posiciones 1 a 345, donde 1 representa a la comuna con

problemáticas más resueltas, es decir, menor criticidad frente a la CCT, y 345 a aquella con más problemas.

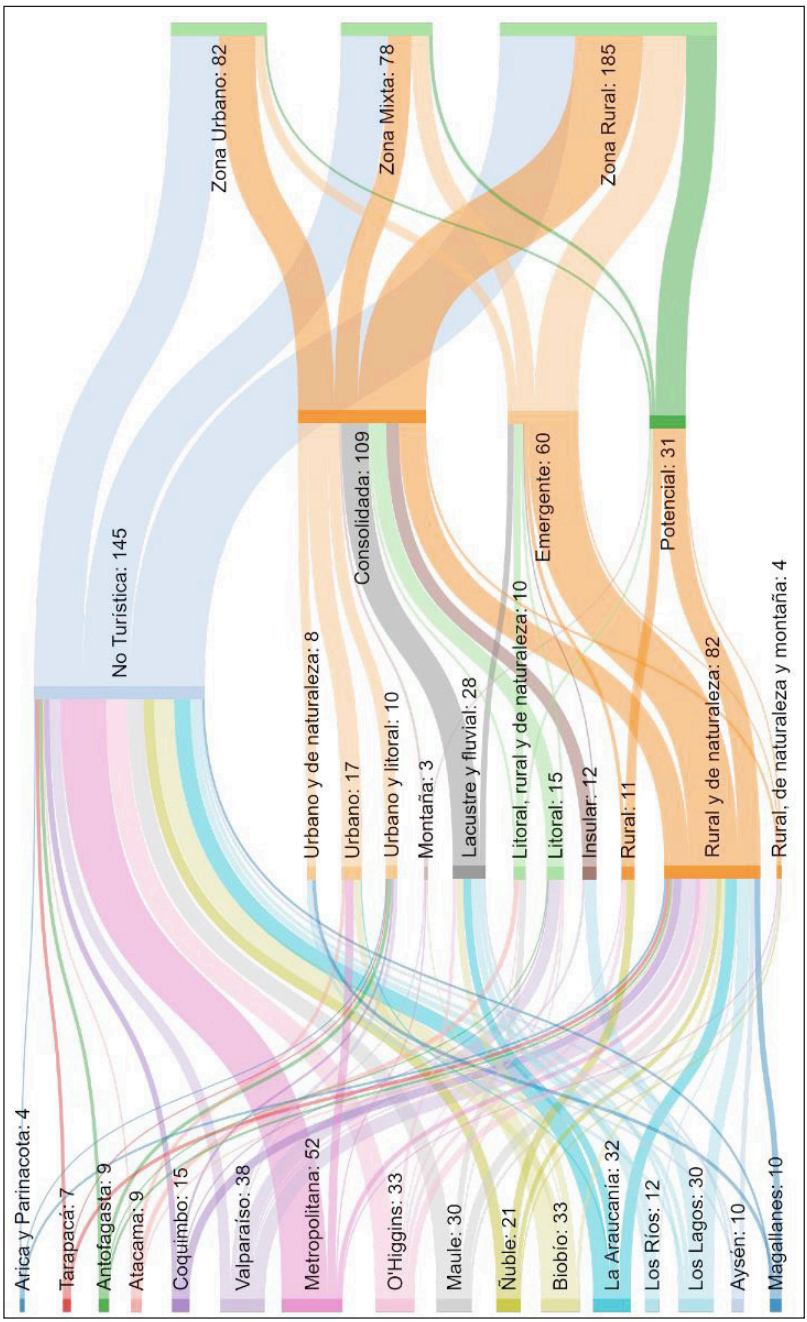
Finalmente, para el análisis final de la tabla resultado (anexo 1) se cruzarán las posiciones de las comunas en esta, según:

1. Presencia —en modificación/actualizado— o ausencia de PRC
2. Su carácter urbano, rural o mixto
3. La ubicación geográfica de la comuna
4. Si la comuna es turística o no

Para este último se utilizará la clasificación de SERNATUR, la que divide las comunas en turísticas consolidadas, emergentes y potenciales, subdividiéndose, a su vez, en las siguientes categorías, las cuales se puede observar su distribución en el cuadro 7:

- Urbano y de naturaleza
- Urbano
- Urbano y litoral
- De montaña
- Lacustre y fluvial
- Litoral, rural y de naturaleza
- Litoral
- Insular
- Rural
- Rural y de naturaleza
- Rural, de naturaleza y montaña

Cuadro 7. Cantidad de comunas turísticas según tipo de turismo, predominancia urbano/rural y regiones de Chile



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Según el cálculo de criticidad por comunas, estas se ordenaron según puntaje, obteniendo un *ranking* ordenado desde aquellas de menor criticidad hacia los efectos de la CCT hasta aquellas comunas con una situación más crítica, la cual se puede ver completa en el anexo 1. En el cuadro 8 se muestran las veinte comunas con mayor criticidad, mientras que en el cuadro 20 se señalan aquellas con menor criticidad frente a los indicadores propuestos. Además, en el anexo 2 se puede ver el mapa resumen a nivel nacional, donde las comunas que se muestran en color rojo tienen una mayor criticidad y aquellas en color verde, una menor.

Cuadro 8. *Ranking* de comunas con mayor criticidad frente a los efectos de la CCT

Región	Comuna	N°
Ñuble	Ránquil	345
Magallanes	Río Verde	344
Los Lagos	San Juan de la Costa	343
Magallanes	Torres del Paine	342
La Araucanía	Curarrehue	341
La Araucanía	Saavedra	340
Arica y Parinacota	General Lagos	339
Los Ríos	Máfil	338
Magallanes	San Gregorio	337
Los Lagos	Cochamó	336
La Araucanía	Lonquimay	335
Magallanes	Timaukel	334
Ñuble	Ninhue	333
La Araucanía	Galvarino	332
Los Lagos	Chaitén	331

Los Lagos	Puerto Octay	330
Los Lagos	Quemchi	329
Magallanes	Laguna Blanca	328
Los Lagos	Queilén	327
La Araucanía	Teodoro Schmidt	326

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9. *Ranking* de comunas con menor criticidad frente a los efectos de la CCT

Región	Comuna	N°
Metropolitana	Macul	1
Metropolitana	La Reina	2
Metropolitana	Lo Barnechea	3
Metropolitana	Peñalolén	4
Metropolitana	Quilicura	5
Metropolitana	Maipú	6
Metropolitana	La Florida	7
Metropolitana	Las Condes	8
Metropolitana	La Pintana	9
Metropolitana	San Ramón	10
Metropolitana	Cerro Navia	11
Metropolitana	La Granja	12
Metropolitana	Pedro Aguirre Cerda	13
Metropolitana	Huechuraba	14
Metropolitana	Lo Espejo	15
Biobío	Penco	16
Metropolitana	San Bernardo	17
Metropolitana	San Joaquín	18
Biobío	Chiguayante	19
Metropolitana	El Bosque	20

Fuente: Elaboración propia.

A nivel país, se observan mejores puntajes en la zona central, entre la región de Valparaíso y la del Biobío además de algunos sectores de las regiones de Atacama y Antofagasta. Asimismo, existe una relación entre las comunas de carácter insular y una mayor criticidad. Respecto a las comunas cordilleranas y costeras se presentan distintas tendencias de criticidad según la región, es decir, no está asociado a su naturaleza cordillerana o su cercanía al mar.

Por otra parte, las comunas con mejores puntajes (menor criticidad) presentan PRC vigentes, mientras que aquellas con peores puntajes tienen PRC en formulación o simplemente no tienen. A su vez, existe una tendencia a que las comunas con decrecimiento o bajo crecimiento de población entre los censos de 2002 y 2017 tengan mayor criticidad que aquellos que crecieron en ese tiempo.

En los destinos turísticos consolidados hay una predominancia de comunas urbanas en los mejores puestos donde además el PRC está presente, ya sea vigente o en modificación, mientras que aquellos lugares con PRC en formulación o sin plan tienen criticidad media o alta y una condición mixta o rural. También, aquellas comunas con mejores clasificaciones están dedicadas en su mayoría al turismo urbano, urbano litoral y turismo lacustre. Mientras que el turismo fluvial e insular, por el contrario, tiene criticidad mayor. Por su parte, la clasificación del turismo netamente litoral va a depender de la predominancia urbana o rural de la comuna, donde los sectores urbanos o mixtos tienen menor criticidad que aquellos rurales.

En las comunas con turismo emergente, nuevamente la condición urbana es clave para una menor criticidad. A pesar de que los destinos clasificados como rurales y de naturaleza se encuentran a lo largo de todas las posiciones, predominan en los primeros lugares del turismo emergente. Al igual que en las comunas turísticas consolidadas, los sectores lacustres y fluviales están en los peores lugares, además, están todos asociados a comunas rurales.

Los destinos potencialmente turísticos se centran en su mayoría en zonas rurales o rurales y de naturaleza, por lo tanto, hay solo dos comunas con carácter urbano, una de las cuales tiene la mejor calificación y, por lo tanto, menor criticidad. En su mayoría, las comunas toman posiciones de criticidad media y alta.

Las comunas que no son turísticas se encuentran en los primeros lugares de la tabla de posiciones, las cuales a su vez, corresponden a comunas de la Región Metropolitana (cuadro 19). Nuevamente,

las comunas de menor criticidad tienen un carácter urbano, mientras que las con peor criticidad tienen carácter de rural. En estas comunas el PRC tiene una incidencia en la criticidad, aquellas con PRC vigente tienen una mejor condición, seguida por las de PRC en modificación y finalmente aquellas que no tienen o su plan se encuentra en modificación.

Por lo tanto, en la mayoría de las comunas con buena calificación existe un PRC vigente, mientras que aquellas con peores resultados tienen PRC en formulación o no cuentan con PRC, es decir, no hay un instrumento de planificación territorial que regule los espacios. En general, eso se debe al carácter rural de los territorios, ya que los IPT se presentan principalmente para regular las zonas urbanas del territorio, al igual que los PRI o los PRDU.

Sin embargo, existen solo cuatro PRDU vigentes de los dieciséis que debiesen haber y PRI solo para algunos sectores metropolitanos o costeros. Por lo tanto, es necesario que otros instrumentos como el Pladeco sean tomados más en cuenta por las comunas, dado que sería el único instrumento de planificación y gestión de las comunas que crearía una visión a futuro para ella.

Por otra parte, se deja en descubierto la necesidad de observar el territorio de manera íntegra, y no solo los centros urbanos más grandes y poblados, sino que potenciar aquellos lugares más pequeños donde la población está disminuyendo.

A pesar de que regiones como Atacama, Antofagasta y Maule mostraron una alta presencia de problemáticas en la encuesta realizada a los municipios, no tienen las comunas con peores criticidades en la clasificación final, lo que sí ocurre con Arica, que se presentaba como otra de las comunas con mayores problemas en promedio. Por otra parte, Tarapacá se destacaba como una región con baja ocurrencia y problemática de las variables, destacándose por sobre las demás comunas de la zona norte, a pesar de esto, cinco de sus siete comunas presentan criticidad media o alta.

La Región de Arica y Parinacota se encuentra entre la zona de criticidad media y alta de la tabla. Sus comunas costeras son las que tienen menor criticidad frente a las variables planteadas, ubicándose más arriba que aquellas comunas que limitan con Argentina. A su vez, los PRC de estas se encuentran en estado vigente o en modificación a diferencia de las comunas con peor criticidad, las cuales tienen PRC en modificación y son aquellas que obtuvieron, o el mayor

decrecimiento (-42%), o mayor crecimiento (40%) poblacional entre los censos 2002 y 2017. Arica es la comuna con mejor posición en la clasificación y es, además, la única que se considera como destino turístico consolidado.

En la Región de Tarapacá, a pesar de que Iquique y Alto Hospicio se encuentran en posiciones buenas en cuanto a criticidad, Huara, que también se ubica en la parte costera, es la comuna con mayor criticidad de toda la región. En este caso no se observan una relación significativa entre el crecimiento —o decrecimiento— de la población y la clasificación obtenida, sin embargo, se destaca el importante crecimiento de Alto Hospicio (116%) y la buena calificación obtenida. Ahora bien, la presencia de un PRC actualizado hace la diferencia en esta región, como lo es el PRC de Iquique (2011) y Alto Hospicio (2014), ya que las demás comunas tienen su documento en formulación, no tienen o es del año 1984 o mayor antigüedad.

En la Región de Antofagasta tanto las comunas litorales como las de la depresión intermedia son aquellas con mejor criticidad. No hay una relación particular si es que la comuna es turística o no, pero sí las comunas con predominancia urbana tienen mejores puntajes y, por ende, problemáticas más resueltas.

En Atacama ocurre una situación similar a la anterior, donde las comunas de la depresión intermedia y litorales tienen mejor clasificación que aquellas que son cordilleranas. Nuevamente, la comuna con predominancia urbana encabeza el *ranking* con mejor criticidad de la región, seguida la mixta y finalmente las de carácter rural.

Continuando con la tendencia, las comunas urbanas están al principio de la tabla para la Región de O'Higgins, seguida por aquellas con predominancia mixta. A diferencia de la Región Metropolitana, las mejores comunas turísticas tienen un carácter emergente. Nuevamente, las comunas con menor criticidad cuentan con PRC vigente o en modificación, mientras que las que tienen PRC en formulación tienen mayor criticidad.

La mayoría de las comunas rurales de la Región del Maule tienen mayor criticidad. Además, hay una tendencia al crecimiento poblacional negativo o bajo dentro de estos mismos lugares. Los mejores puestos presentan PRC vigentes o en modificación, pero hay una tendencia en la región a no tener PRC.

La Región de Ñuble muestra la misma predisposición, donde su única comuna urbana es la que menor criticidad presenta, mientras

que las comunas de carácter mixto y rural tienen criticidades medias o altas. Aquí, las comunas consideradas turísticas son principalmente potenciales, y se encuentran en su mayoría en las criticidades medias o altas, como San Fabián, Ninhue o Portezuelo.

La Región del Biobío continúa con lo observado en el resto del país, ya que las comunas con menores problemáticas en las variables son tanto urbanas como mixtas y las comunas rurales siguen teniendo más problemas. La provincia de Concepción es aquella con mejores puntajes que, a su vez, tiene una mayor cantidad de PRC vigentes, mientras que las con peor criticidad son comunas en las cuales su plan está en formación o no tienen.

Al igual que lo visto con Arica y Parinacota, las comunas de la Región de La Araucanía tienen alta criticidad, exceptuando Temuco. A pesar de esto, las comunas mixtas y urbanas están, al igual que en las otras regiones, en los mejores puestos. Las comunas que tienen más criticidad presentan en su mayoría un PRC en formulación, a diferencia de aquellas que están en mejores posiciones. Además, en general los planes presentes son de la década del 90, lo que podría indicar, en parte, la baja calificación de las comunas de la región. Hay una relación entre el crecimiento negativo de las comunas y su alta criticidad.

Al igual que la anterior, Los Ríos es una región con criticidad media y alta. La principal diferencia con las demás regiones es la presencia de dos comunas rurales con menores problemas. Existe una tendencia al decrecimiento de la población en la región, lo que coincide con otras regiones en la misma situación. Todos los PRC de la comuna se encuentran en modificación, lo que puede estar relacionado con las criticidades obtenidas.

La Región de Los Lagos se encuentra dividida entre la zona continental y la insular, lo que queda representado en la clasificación final de las comunas. Aquellas ubicadas en la provincia de Chiloé tienen una mayor criticidad y están asociadas a PRC en modificación o en formulación. Por su parte, las comunas pertenecientes a la provincia de Llanquihue son las con menor criticidad como Puerto Montt, Puerto Varas y Frutillar, las que a su vez tienen PRC vigente. Las comunas con mayor decrecimiento poblacional intercensal en la región son aquellas que tienen más problemáticas.

En la Región de Aysén, la comuna urbana de Coyhaique tiene la menor criticidad. A pesar de esto, la mayoría de las comunas

presentan altas problemáticas. No se observa una relación en el *ranking* con respecto a la presencia de PRC, pero sí aquellas con más crecimiento de población intercensal tienen menor criticidad.

Por último, las comunas de la Región de Magallanes al igual que en Aysén tienen alta criticidad. La que tiene una mejor situación es Punta Arenas, la única con predominancia urbana. Nuevamente, las comunas que presentan PRC se encuentran en posiciones superiores de aquellas en las que los planes están en formulación.

Conclusión

En su mayoría, los autores revisados, sobre todo aquellos asociados a la CC Turística, plantean elementos que no solo abarcan los ámbitos físicos como los que seleccionaron en esta investigación, sino que toman elementos de la política, la cultura y la percepción de las personas, tanto residentes como visitantes. En varios de esos caso, las variables e indicadores utilizados son de acceso fácil dado que los autores proponen la realización de encuestas a los visitantes y habitantes del espacio, pues se centran solo en un sector turístico del territorio, como lo es una iglesia, una playa o un parque, y no en una extensión tan grande como sería un país entero.

Perruolo y Camargo (2017) proponen dos ideas interesantes que sería necesario abordar para mejorar la propuesta presentada. En primer lugar, explica que se debe establecer un límite que si se sobrepasa, los daños son irreparables y segundo, dice que se deben considerar los factores limitantes, sean ecológicos, económicos, sociales o políticos alusivos a la capacidad de infraestructura de la zona. Sin embargo, existen ciertas limitaciones dado que la propuesta se hace a nivel país y se pierde la capacidad para identificar particularidades. Es decir, la modelación de datos para identificar la capacidad y límite de las variables es distinta en cada municipio. Asimismo ocurre con las limitaciones, dado que cada territorio, a pesar de estar asociado a un gobierno central y regional, tiene distintas capacidades de gestión municipal y diferentes instrumentos de planificación territorial. Por lo tanto, se podría utilizar para regiones o municipios por separado, sin posibilidad de comparación entre ellos.

A pesar de eso, se pueden crear modelos asociados a ciudades con ciertas características, donde se incluyan aspectos presentados por Tsou y Wei, mientras que para sectores rurales o mixtos, se apliquen

indicadores asociados a la CC Turística o Regional. Considerando además, indicadores comunes.

A diferencia de lo que planteaban Prince, Malthus, Pearl y Reed, entre otros, es el decrecimiento de la población el que se relaciona mayormente con las capacidades de carga territoriales más saturadas según la ecuación propuesta, dado que en aquellas comunas donde el crecimiento intercensal fue negativo, son también las que mayor criticidad presentan.

La CC es un concepto amplio, el cual se define de diferentes formas según el enfoque que se le dé, y por lo tanto puede abarcar distintos tipos y tamaños de territorios. A pesar de esto, por lo general se aplica en sectores acotados en superficie a diferencia de la noción de CC que se propone en el presente escrito. Es por ello que se limita a encontrar generalidades del territorio más que enfocarse en las particularidades del mismo.

La clasificación realizada deja al descubierto la burocracia existente en el proceso de creación y modificación de los planes reguladores, dado que el año de creación de los PRC vigentes en aquellas comunas ubicadas en las mejores posiciones no se relacionó de ninguna manera con el *ranking* final, esto, dado que la creación de seccionales para modificar de a poco el PRC en vez de una modificación completa tarda mucho menos. Así mismo, hay una gran cantidad de PRC en proceso de formulación comenzados hace muchos años sin llegar a finalizar el proceso, lo que puede traer consecuencias negativas, ya que el plan podría no tener el efecto esperado para la comuna.

Esto toma relevancia al revisar la posición de los destinos turísticos propuestos por SERNATUR, dado que como se comentó en los resultados, los de mejores posiciones cuentan con PCR vigente o en modificación, mientras que los lugares más críticos, su PCR está en formulación o es inexistente. Tomando en cuenta la definición de turismo sostenible de la OMT, será necesario promover la creación de planes reguladores para que la conservación de recursos naturales, comprensión de problemas medioambientales y socioculturales, el respeto por la diversidad de culturas del territorio y el apoyo al desarrollo socioeconómico (OIT, 2019) sean acordes a la capacidad y pretensiones del lugar. Esto, teniendo en cuenta que las comunas más críticas se presentan entre las comunas turísticas potenciales y emergentes.

Por otra parte, se establece la necesidad de creación de nuevas bases de datos a nivel estatal para medir aquellas problemáticas más importantes para las municipalidades, como la creación de microbasurales, aumento de perros vagos y saturación vial. Se entiende que en su mayoría las variables presentadas en esta metodología son dinámicas, pero están medidas con indicadores estáticos, por lo tanto, se recomienda la creación de modelos de las variables para mejorar la propuesta metodológica.

Finalmente, para mejorar la ecuación final de clasificación, se recomienda utilizar una proyección de población para el año en que se obtienen las bases de datos de las variables sobre la base del censo de mayor cercanía, para que así la información sea más fidedigna. Es decir, si es que la base de datos de denuncias de delitos es del año 2019, se recomienda utilizar una proyección de la población para ese año a partir del censo 2017.

Referencias

Chen, J.-P., Zeng, M., & Duan, Y.-J. (2011). Regional carrying capacity evaluation and prediction based on GIS in the Yangtze River Delta, China. International Journal of Geographical Information Science, 25(2), 171-190. doi:10.1080/13658816.2010.495075

Cheng, K., Fu, Q., Cui, S., Li, T.-x., Pei, W., Liu, D., & Meng, J. (2017). Evaluation of the land carrying capacity of major grain-producing areas and the identification of risk factors. Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, 86(1), 263-280. doi:10.1007/s11069-016-2686-1

Coccossis, H., Mexa, A., Collovini, A., Parpairis, A., & Konstandoglou, M. (2001). Defining, mesauring and evaluating carrying capacity in european tourism destinations. Final Report. Athens, Grece.

Cohen, J. (1995). Population growth and Earth's human carrying capacity. Science, 269(5222), 341-346. doi:10.1126/science.7618100

Dan-lin, Y., & Han-ying, M. (2002). Regional carrying capacity: case studies of Bohai Rim area. Journal of Geographical Sciences, 12(2), 177-185. doi:10.1007/BF02837472

Dias Cordeiro, I., Körössy, N., & Fragoso Selva, V. (2012). Determinación de la capacidad de carga turística: El caso de Playa de Tamandaré - Pernambuco - Brasil. Estudios y perspectivas en turismo, 21(6), 1630-1645.

Díaz de Rada, V. (2011). Encuestas con encuestador y autoadministradas por internet. ¿Proporcionan resultados comparables? Revista española de investigaciones sociológicas, 136. doi:10.5477/cis/reis.136.49

Espinosa, P. (2015). El turismo como modelo de desarrollo en una urbe segregada: el caso de Pucón, región de La Araucanía, Chile. Revista MAD, 4, 155-178.

González, R., Otero, A., Nakayama, L., & Marioni, S. (2009). Las movilidades del turismo y las migraciones de amenidad: problemáticas y contradicciones en el desarrollo de centros turísticos de montaña. Revista de geografía Norte Grande, 75-92.

He, R., Liu, S., & Liu, Y. (2011). Application of SD model in Analyzing the Cultivated Land Carrying Capacity: A Case Study in Bijie Prefecture, Guizho Province, China. Procedia Environmental Sciences, 10(C), 1985-1991. doi:10.1016/j.proenv.2011.09.311

Hernández, M., & Vaquero, M. (2012). Capacidad de carga en grandes recursos turístico-culturales. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 32, 253-274.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. In C. Fernández Collao & P. Baptista Lucio (Eds.), (Sexta edición ed.).

Lane, M. (2010). The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. Land Use Policy, 27(4), 1038-1045. doi:10.1016/j.landusepol.2010.01.006

Liu, R. Z., & Borthwick, A. G. L. (2011). Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. Journal of Environmental Management, 92(8), 2047-2053. doi:10.1016/j.jenvman.2011.03.033

López, J., & López, L. (2008). La capacidad de carga turística: Revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad. In El Periplo Sustentable, 15, 123-150. Universidad Autónoma del Estado de México.

Matos Márquez, L. A., & Pérez Colmenares, S. (2019). Revisión sobre capacidad de carga turística y la prevención de problemas ambientales en destinos emergentes. Anuario Turismo y Sociedad, 24 January-June, 77-100.

Maturana, F. (2017). ¿Ausencia de planificación urbana en Chile? Algunas reflexiones. In. Cybergo: European Journal of Geography.

Maturana Miranda, F., & Rojas B, A. s. (2015). Ciudades intermedias en Chile: territorios olvidados. Universidad Autónoma de Chile, RiL editores, Instituto Chileno de Estudios Municipales ICHEM.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The limits to Growth. United States of America. Universe Books.

Milkos, T., & Arrollo, M. (2015). El oficio prospectivo en la práctica. In Planeación prospectiva estratégica: teorías, metodologías y buenas prácticas en América Latina (pp. 69-92).

Moreno Melgarejo, A. (2013). La planificación y gestión turística de Siem Riep/Angkor (Camboya): Una aproximación desde el destino arqueológico considerando su relación con el parque arqueológico. Pasos: Revista de turismo y patrimonio cultural, 11(1), 107-119. doi:10.25145/j.pasos.2013.11.006

Morera, C., & Miranda, P. (2015). De la geografía del turismo al análisis territorial del turismo: El rastro en Costa Rica. Revista Geográfica de América Central, 1(54), 15-43.

Ley núm. 20.423: Del sistema institucional para el desarrollo del turismo (2010, 12 de Febrero). [en línea]. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Disponible en: https://www.leychile.cl/N?i=1010960&f=2010-12-17&p=

OIT (2019). El turismo sostenible: un catalizador del desarrollo socioeconómico inclusivo y la reducción de la pobreza en las zonas rurales. Trabajo docente en la economía rural. Notas de orientación de políticas.

Pearl, R., & Reed, L. J. (1920). On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and Its Mathematical Representation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 6(6), 275. doi:10.1073/pnas.6.6.275

Perruolo, G., & Camargo, C. (2017). Estimación de capacidad de carga turística en el área de Chorro El Indio, estado Táchira, Venezuela. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 26, 77-90.

Price, D. (1999). Carrying capacity reconsidered. A Journal of Interdisciplinary Studies, 21(1), 5-26. doi:10.1007/BF02436118

Rodríguez, J. (2015). Gestión local del turismo: El municipio y su rol en el desarrollo turístico en Chile. Gestión Turística, 23, 34-56.

Sabatini D, F. (1995). Paradoja en la planificación urbana en Chile.

Sayre, N. F. (2008). The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. Annals of the Association of American Geographers, 98(1), 120-134. doi:10.1080/00045600701734356

SERNATUR. (2016). Destinos turísticos consolidados de Chile: Antecedentes básicos para la gestión turística. Santiago, Chile: Servicio Nacional de Turismo.

SERNATUR. (2018a). Informe de Intensidad Turística y Definición de Destinos Turísticos.

SERNATUR. (2018b). Manual de capacitación conciencia turística. Santiago, Chile: Servicio Nacional del Turismo, Gobierno de Chile.

Serrano, M., & Alarte, A. (2009). Capacidad de carga turística en cuatro senderos de Caravaca de la Cruz (Murcia)/Load Capacity Tourist in four paths short tour of the Municipality of Caravaca de la Cruz (Murcia, Spain). M+A: Revista Electrónica de Medioambiente, (6), 1-20.

Shi, H., Shen, C., Zheng, W., Li, F., Wang, X., Chi, Y., . . . Ding, D. (2016). A model to assess fundamental and realized carrying capacities of island ecosystem: A case study in the southern Miaodao Archipelago of China. Acta Oceanologica Sinica, 35(2), 56-67. doi:10.1007/s13131-016-0808-y

Tsou, J. Y., Gao, Y., Zhang, Y., Sun, G., Ren, J., & Li, Y. (2017). Evaluating Urban Land Carrying Capacity Based on the Ecological Sensitivity Analysis: A Case Study in Hangzhou, China. Remote Sensing, 9. doi:10.3390

Wei, C., Guo, Z., Wu, J., & Ye, S. (2014). Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones – A case in Nantong. Ocean and Coastal Management, 93(C), 51-59. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.02.009

Wei, Y., Huang, C., Lam, P., Sha, Y., & Feng, Y. (2015). Using Urban-Carrying Capacity as a Benchmark for Sustainable Urban Development: An Empirical Study of Beijing. Sustainability, 7, 3244-3268. doi:10.3390

Wei, Y., Huang, C., Lam, P. T. I., & Yuan, Z. (2015). Sustainable urban development: A review on urban carrying capacity assessment. Habitat International, 46, 64-71. doi:10.1016/j.habitatint.2014.10.015

Yan, H., Liu, F., Liu, J., Xiao, X., & Qin, Y. (2017). Status of land use intensity in China and its impacts on land carrying capacity. Journal of Geographical Sciences, 27(4), 387-402. doi:10.1007/s11442-017-1383-7

Limpieza de playas. ¿Quién, cómo y dónde? Estrategias de recolección y gestión de basura marina en la zona costera de El Quisco

Andrea Alarcón[1]

1. Introducción

Las zonas costeras han tenido diversas funciones a lo largo de la historia debido a las oportunidades que otorga el medio marino para las economías, lo que ha favorecido la ocupación de estos territorios y la concentración de población. Cabe señalar que el 40% de la población mundial vive en estas áreas, lo que ha generado una fuerte presión en los ecosistemas marinos, evidenciando graves deterioros por ser ambientes altamente frágiles y dinámicos (de Andrés & Barragán, 2016).

La zona costera, de ahora en adelante ZC, se entenderá como «la tierra que está influenciada por su proximidad al mar y la parte del mar afectada por su cercanía a la tierra» (Castro & Morales, 2006, p. 14). Esta zona está compuesta por «la playa, terrenos superficiales

[1] Tesis para optar al título de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2020.

y sumergidos, la plataforma continental y las aguas territoriales» (Castro & Morales, 2006, p. 14).

A su vez, es preciso considerar que el aumento exponencial de la producción y el consumo de la sociedad en las últimas cinco décadas ha provocado una intensificación en el uso de los recursos naturales. Esto ha traído consigo la generación de una gran cantidad de residuos, donde muchos de ellos terminan en las zonas costeras, problema mundialmente conocido como basura marina (PNUMA, 2019).

La basura marina, de ahora en adelante BM, es definida como «cualquier sólido persistente de origen no natural (manufacturado), que haya sido desechado, depositado o abandonado en ambientes marinos y/o costeros» (PNUMA, 2005). Esta problemática implica un gran reto para la sociedad de manera global, ya que afectan indistintamente a todas las áreas costeras, con o sin ocupación, debido a que inciden factores como la proximidad a actividades urbanas, usos costeros, las corrientes marinas y el viento. En cada zona costera, a su vez, se observan distintas situaciones debido a la geomorfología, oceanografía y la hidrodinámica del sector (Galgani et al., 2015).

En cuanto a las fuentes de la BM, se ha estimado que el 80% de los desechos marinos a nivel mundial procede de fuentes terrestres, encontrándose en las playas principalmente desechos plásticos, de aluminio y de vidrio, los cuales son originados por actividades recreativas en las playas, gestión insuficiente de residuos y el vertimiento directo de desechos al mar (Beeharry et al., 2017; Galgani et al., 2015).

Los impactos que genera la BM se pueden identificar en tres ámbitos: biológicos, ecosistémicos y socioeconómicos (Chen, 2015; Galgani et al., 2015; Hidalgo-Ruz et al., 2018; Newman et al., 2015; Sheavly & Register, 2007; Thiel et al., 2013). En el ámbito biológico, animales pueden ser afectados por la basura debido a la ingestión de residuos, sumado al enredo o atrapamiento. En cuanto al impacto en los ecosistemas, los desechos marinos alteran y degradan el hábitat marino por medio de la obstrucción de la luz solar y abrasión. En el ámbito socioeconómico, los desechos de la pesca continúan capturando especies económicamente importantes, provocando importantes pérdidas para los comerciantes pesqueros. Además, para mantener el espacio turístico de las playas, la limpieza implica un alto gasto para los municipios (Hidalgo-Ruz et al., 2018).

Cabe destacar que las densidades de desechos marinos pueden llegar a aumentar en un 40% en verano debido a la población flotante de turistas. En algunos destinos turísticos, la basura producida en verano representa el 75% del total de desechos anuales, considerando a su vez que los turistas generan entre un 10% a un 15% más basura que los habitantes locales (Galgani et al., 2015).

Existen diversas estrategias de gestión, las cuales pueden clasificarse en cuatro categorías según sus objetivos, estas son: prevención, mitigación, eliminación y cambio de conducta (Chen, 2015; Löhr et al., 2017; PNUMA, 2019; Sheavly & Register, 2007).

Según Chen (2015), las estrategias de prevención corresponden a las medidas centradas en evitar la generación de BM y evitar que esta entre al mar. Las estrategias principales son la reducción de la fuente, reutilización y reciclaje de residuos. Igual de importante, las leyes y políticas enfocadas en la restricción de ciertos productos. Por su parte, las estrategias de mitigación hacen referencia a los métodos que se aplican para el desecho de los residuos. Se hace énfasis en normativas y regulaciones de comando y control.

En cuanto a las estrategias de eliminación, estas son las medidas aplicadas para eliminar los desechos ya presentes en el ecosistema costero. Un ejemplo de esto son las limpiezas de playa, las que generalmente son costosas y requieren de varias horas de trabajo. Las actividades de registro y monitoreo en playas entran en esta categoría, lo que es fundamental para evaluar leyes y políticas de gestión costera, además de la generación de mapas de basura costera para los procesos de toma de decisiones y la gestión de playas específicas (Ribic et al., 2010).

Por último, las estrategias de cambio de conducta son medidas que buscan influir en el comportamiento de las personas para que logren involucrase en actividades de reducción de la BM. Ejemplos de esta estrategia son las campañas de educación, limpieza de playas voluntaria, actividades de sensibilización y la provisión de incentivos. Es considerada la estrategia que aborda la problemática desde su raíz.

La elección de este caso se realiza dado que este estudio se enmarca en el proyecto FONDEF IT18I0028: «Modelo de Capacidad de Carga para la Gestión Sustentable», siendo El Quisco una comuna donde viven 15.955 habitantes según datos del censo 2017 y recibe una población flotante de 2.851.181 personas al año de acuerdo con los datos del Servicio Nacional de Turismo. Es por esto que se

posiciona como la cuarta comuna con mayor población flotante de la Región de Valparaíso y a nivel de Chile es la décimo tercera.

Con el fin de comprender de manera integral y holística la relación entre el sistema ecológico de la zona costera y su sistema social, es que el estudio se desarrolla desde la perspectiva teórica del sistema socioecológico que plantean Berkes y Folke (1998), lo cual se entiende como un sistema de carácter complejo y adaptativo, en el cual interactúan componentes políticos, culturales, sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos (Olsson et al., 2004; Ostrom, 2009; Resilience Alliance, 2010; Salas et al., 2011).

Sumado a lo anterior, el estudio es realizado desde el enfoque FES —sistema planteado por Delgado y Marín (2005)—, entendiendo por este un sistema físico, ecológico y social (FES) que hace referencia a una unidad espacial explícita, en la cual los límites y componentes considerados dependerán de las preguntas a responder, los observadores que las elaboran y el contexto social en el cual son planteadas (Delgado & Marín, 2005; Delgado et al., 2007; Delgado et al., 2009; Delgado et al., 2014; Marín et al., 2018).

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es estudiar las estrategias de recolección y gestión de la basura marina y su relación con el sistema socioecológico de la zona costera en la comuna de El Quisco, Chile. Es por esto que en una primera instancia se estudió el concepto de BM, sus casusas, consecuencias y estrategias para enmendar el problema. Posteriormente, se profundiza en el lugar donde se desarrolló este estudio de caso, para luego explicar la metodología que se aplicó para la recolección y análisis de datos por medio de dos clasificaciones de la costa. Como resultados, las clasificaciones lograron complementar el sistema ecológico y social de El Quisco, dejando en evidencia el estado actual de la gestión de la BM y qué tan apropiadas resultan las estrategias aquí desarrolladas.

2. Materiales y métodos

2.1 Enfoque y alcance del estudio

El presente estudio tiene un carácter exploratorio, ya que el objetivo de este fue examinar un tema novedoso y poco estudiado en el contexto chileno y latinoamericano (Hernández, 2014). Este se desarrolló con un enfoque de investigación mixta, debido a que

se realizó una recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos, esto con el fin de tener una mayor capacidad de explicación del problema y amplitud para examinar de manera holística los procesos (Hernández, 2014). La investigación se basa en un estudio de caso, ya que esta metodología es apropiada para algunos tipos de problemas, donde las investigaciones y teorías aún se encuentran en una fase preliminar (Chaves, 2012).

2.2 Objeto de estudio: zona costera de El Quisco

La comuna de El Quisco está ubicada en la Región de Valparaíso, Provincia de San Antonio, y limita al poniente con el océano Pacífico (ver figura 1). Según el censo del año 2017, la comuna presenta una variación poblacional de un 68,53% respecto al censo del año 2002.

El Quisco cuenta con 14 km aproximados de costa, donde sus límites comunales coindicen con elementos geográficos como la quebrada de las Petras al norte y la quebrada de Córdova al sur. En la ZC se pueden identificar diez playas en total (ver figura 1).

Es preciso señalar que existen distintos elementos geográficos como quebradas y esteros que fragmentan este territorio. Estos han generado la consolidación de las principales localidades de la comuna, nombradas de norte a sur: Quisco Norte, Quisco Centro, Quisco Sur, Punta de Tralca, Isla Negra y hacia el interior de la comuna el sector de El Totoral.

2.3 Recolección de datos

2.3.1. Descripción de la institucionalidad de la ZC y la normativa relacionada con la limpieza de playas en Chile

Para la descripción de la institucionalidad se recurrió a la revisión de documentos institucionales del Ministerio de Defensa Nacional y de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR). A su vez, en cuanto a la normativa relacionada con la limpieza de playas, se revisó la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades para identificar las responsabilidades de aseo y ornato de los terrenos de playa, y el Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de

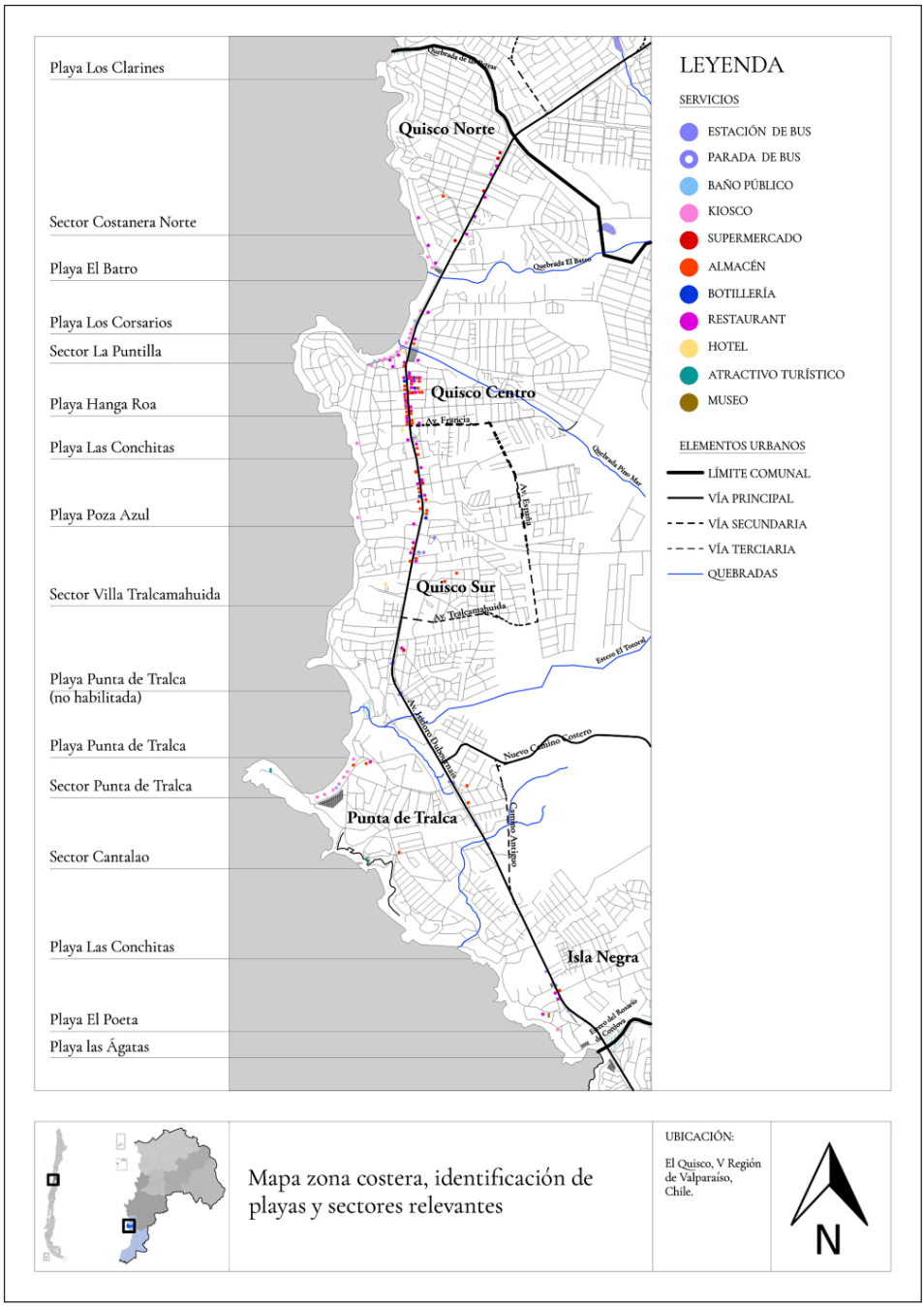
la República para la revisión de las responsabilidades de limpieza de los terrenos otorgados en concesión marítima.

2.3.2. Estrategias de recolección y gestión realizadas por los actores responsables en la ZC de El Quisco

Para identificar el estado actual de la BM en El Quisco se utilizó como instrumentos de recolección de fuentes secundarias una revisión a documentos institucionales, académicos y de prensa, con el fin plasmar la contingencia de la problemática. En una segunda etapa se llevaron a cabo trece entrevistas semiestructuradas a los actores relevantes dentro de los grupos identificados (ver cuadro 1) que intervienen en los terrenos de playa respecto a la BM, estos son clasificados como actores públicos, tanto a escala local y provincial, actores privados y de la sociedad civil.

La entrevista semiestructurada profundizó en los distintos actores y sus estrategias de recolección y gestión. Además, se utilizó la herramienta metodológica de mapeo participativo, en la cual se produce una combinación del conocimiento local con información geográfica con el fin mejorar el entendimiento de la relación humanos-naturaleza, reflejando la experiencia de cada uno de los participantes (Alexander, 2012). Por temas de logística, esta herramienta se desarrolló de manera individual en el momento de cada entrevista. La información obtenida fue digitalizada y georreferenciada, para así llevar a cabo un análisis espacial.

Figura 1. Mapa zona costera de la comuna El Quisco



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1. Actores entrevistados para el estudio de caso

Grupo	Institución/Organismo	Unidad/Sector
Públicos	Municipalidad El Quisco	Unidad Aseo y Ornato
	Municipalidad El Quisco	Unidad Medio Ambiente
	Municipalidad El Quisco	Unidad de Turismo
	Municipalidad El Quisco	Seguridad Pública
	DIRECTEMAR	Gobernación Marítima
	DIRECTEMAR	Capitanía de Puerto
	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA)	Oficina Provincial de San Antonio
Privados	Concesión Marítima	Sindicato de pescadores artesanales Caleta El Quisco
	Concesión Marítima	Kiosco Playa Los Corsarios
	Concesión Marítima	Kiosco Playa Punta de Tralca
Sociedad civil	Fundación (limpieza de playas)	Fundación Ecosta
	Club deportivo	Escuela de Surf
	Órgano participativo	Comité Ambiental Comunal

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Análisis de estrategias de recolección y gestión de BM realizadas por los actores responsables en la ZC de El Quisco

Las técnicas de análisis que fueron aplicadas a las herramientas metodológicas mencionadas anteriormente son: análisis de contenido por medio de codificación abierta, tanto para las entrevistas semiestructuradas como para los documentos y prensa, y análisis espacial del mapeo participativo por medio de un sistema de información geográfica.

Se utilizó la clasificación de costas según Balaguer (2012) para conocer el grado de sensibilidad ambiental de la costa, según la geomorfología del sector y el nivel de exposición del oleaje. Los límites aplicados a este proceso son los sectores de la costa que fueron identificados por los actores involucrados.

A su vez, se realizó una clasificación cualitativa de playas, según los citerios definidos por Roig (2003), Roig et al. (2011), Roig et al. (2012) y Roig et al. (2017). El autor considera el uso de la playa, su índice de frecuentación, accesibilidad, servicios, transporte y proximidad a zonas urbanas, esto con el fin de asociar las dinámicas de uso de las distintas playas y la realidad de BM que presenta cada una de ellas.

En esta clasificación, el límite espacial fue modificado por la investigadora, ya que se considera el área urbana próxima a la costa, consolidando el área de estudio como la ZC de El Quisco. A su vez, la clasificación se modificó respecto a la ZC a estudiar, ya que Área Natural de Especial Interés (ANEI) es una figura de protección establecida por el Gobierno de las Islas Baleares, por lo tanto, se reinterpretó como playas naturales no turísticas con leve intervención urbana y escasos servicios. Esta modificación permitió aplicar esta clasificación a la ZC de una comuna en Chile. Por su parte, las playas Tipo C se entenderán como playas situadas en áreas naturales no turísticas, sin servicios, con bajos o nulos índices de frecuentación y con accesibilidad exclusivamente peatonal.

Por último, toda la información levantada se sistematizó en una tabla para contrastar los datos y obtener patrones contextuales. La información a considerar de cada playa o sector de la ZC permitió visibilizar, por medio de un mapa, el estado general de las acciones locales para combatir la problemática y qué tan atendidas están las playas y sectores más sensibles a nivel ambiental.

3. Resultados y análisis

3.1. Jurisdicción sobre el borde costero en Chile

Se otorga al Ministerio de Defensa Nacional-Subsecretaría de Marina la administración a partir de las 12 NM fuera de la costa hasta 80 m desde la línea de marea más alta. Sus atribuciones corresponden al control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de Chile, sumado a la facultad privativa de conceder el uso de la playa, terrenos de playa, fondo de mar, porciones de agua y rocas, para uso privado.

3.2. Normativa relacionada con la limpieza de playas

Respecto a la limpieza de los terrenos de playa, según la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Nº 18.695), a la unidad encargada de medioambiente, aseo y ornato le corresponderá velar por el aseo de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna. Por lo tanto, las playas balnearias y sectores costeros estarían incluidos dentro de los espacios donde se realiza el servicio de extracción de basura.

En el caso de que los terrenos de playa se encuentren dados en concesión marítima, el mismo concesionario deberá velar por el aseo de su sector, señalado en la Ley de Navegación, D.L. N° 2.222 y de su reglamento para el Control de la Contaminación Acuática (DIRECTEMAR, 2011).

Cuando las playas balnearias sean otorgadas en concesión marítima, el Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en la Nave y Litoral de la República establece que está estrictamente prohibido tirar desperdicios o basura en estas playas, donde el cumplimiento de estas normativas cae en responsabilidad de las respectivas capitanías de puerto, las cuales, por medio de una resolución local, definen las responsabilidades de los concesionarios (DIRECTEMAR, 2011).

3.3 Contexto comuna de El Quisco

3.3.1. Administración y gestión borde costero

El borde costero de la comuna de El Quisco es administrado por la Gobernación Marítima de San Antonio y gestionado directamente por la Capitanía de Puerto de Algarrobo. En cuanto al servicio de recolección de basura de la comuna, este es municipal. Según el Área Operativa del municipio, en temporada alta se llega a una suma de doscientas toneladas diarias de basura aproximadamente (El Quisco, 2015; 2019). Es necesario destacar que la disposición final de los residuos de la comuna es el relleno sanitario El Molle, en la comuna de Valparaíso.

3.3.2. Tipos de costa presentes en la comuna de El Quisco

En la ZC de El Quisco se pueden identificar distintos tipos de costa de acuerdo al grado de sensibilidad ambiental desarrollado por Balaguer (2012). Esta sensibilidad de la línea de costa varía a lo largo de ella, lo cual permite comprender el nivel de fragilidad del ecosistema (ver figura 2), esto en un contexto de estudio de una problemática de tipo ambiental como es la BM.

3.3.3. Tipologías de playas presentes en la comuna de El Quisco

La clasificación cualitativa de playas aplicada a la ZC de El Quisco es necesaria para comprender las dinámicas de la BM presentes en cada una de las tipologías (ver figura 3).

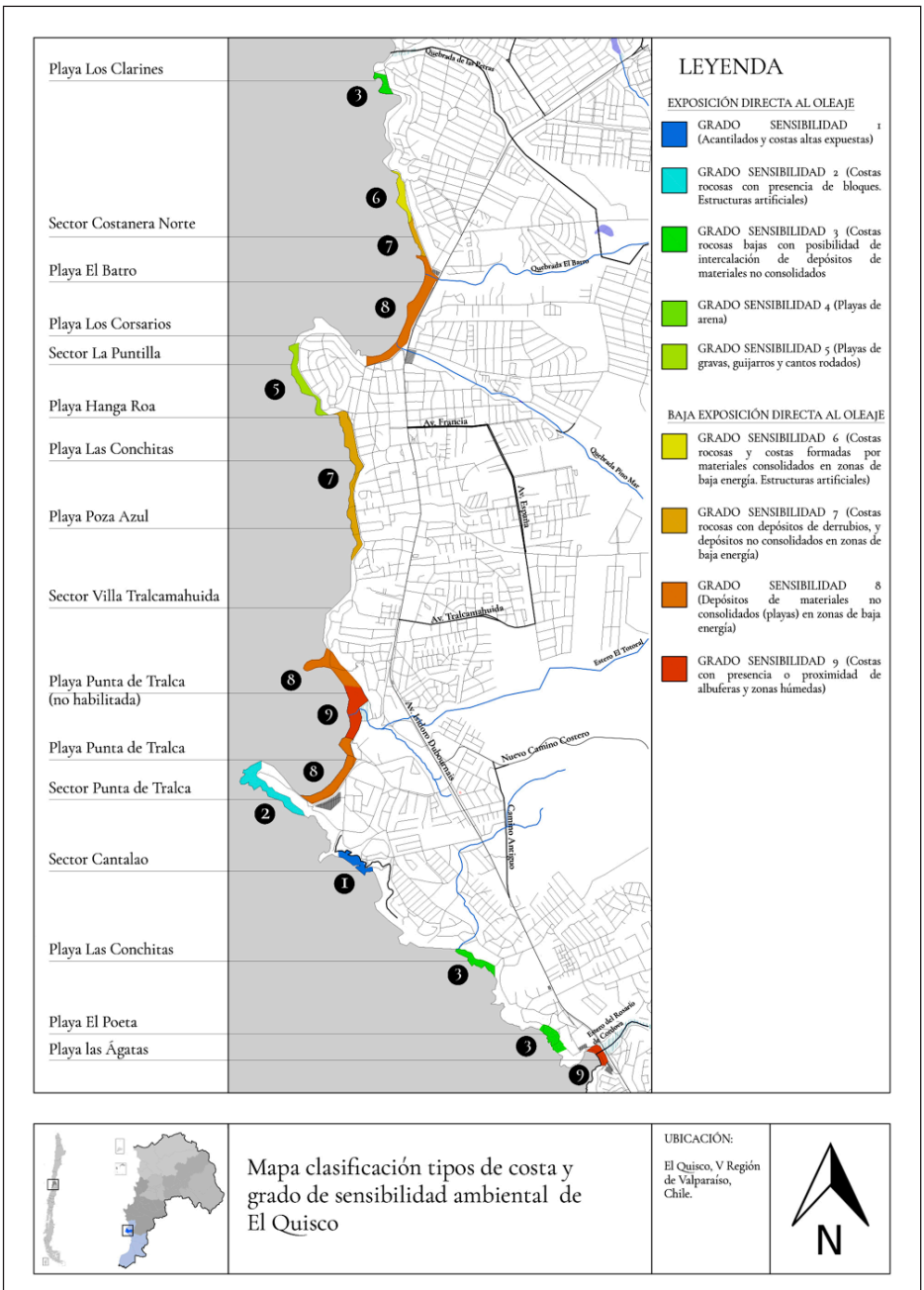
3.4. Los actores y sus estrategias para abordar la basura marina en la zona costera de El Quisco según Chen (2015)

3.4.1. Estrategias de prevención

En primer lugar, destacar como primera estrategia principal la Ley Nº 21.100 publicada en el Diario Oficial de la República de Chile el 3 de agosto de 2018, que prohíbe la entrega de bolsas plásticas de comercio en todo el territorio nacional. Es preciso señalar que la comuna de El Quisco desde el año 2016 que estaba aplicando esta medida como ordenanza voluntaria municipal.

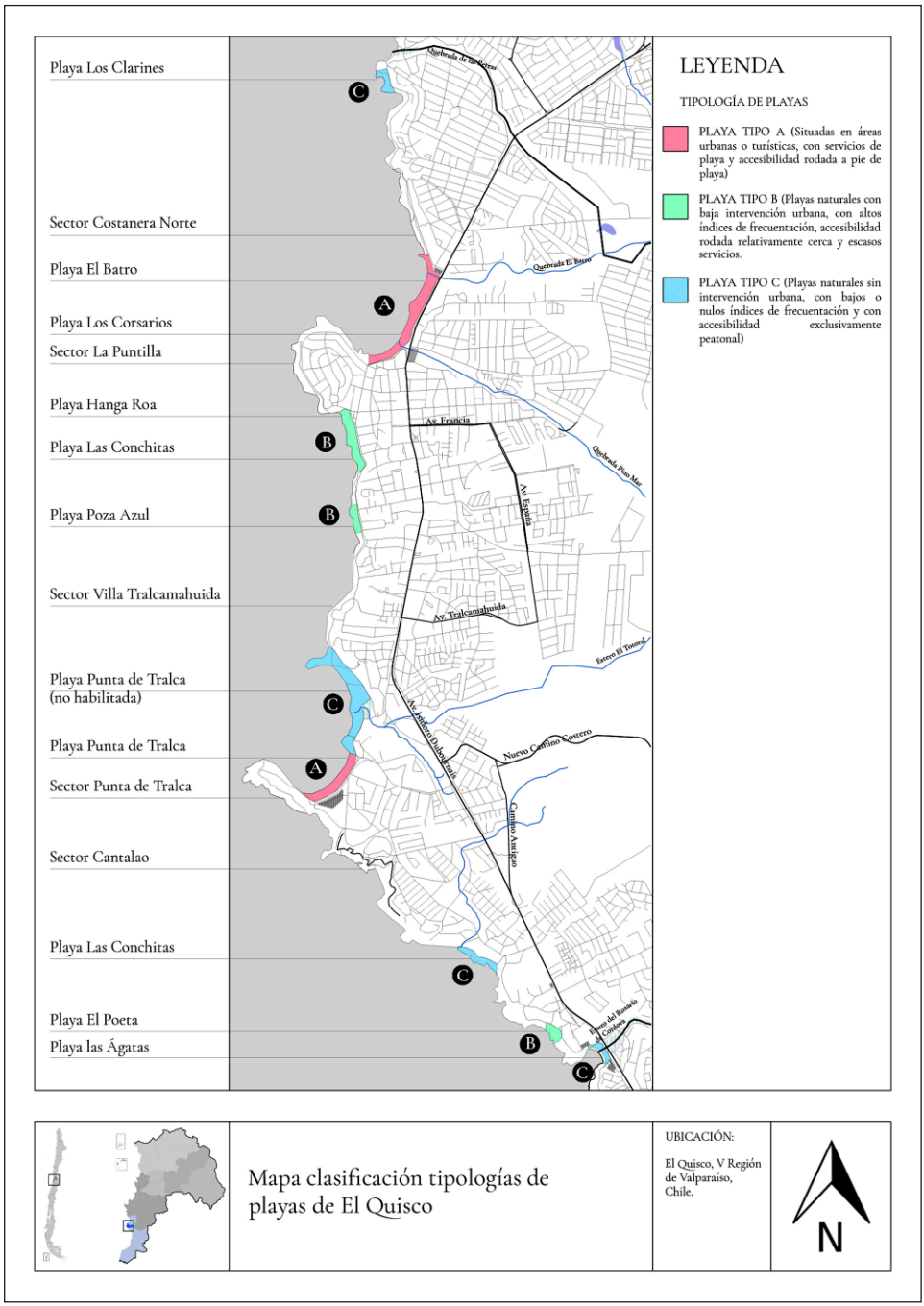
Sumado a lo anterior, se trabajan sistemas de reciclaje con el comercio y ciertas zonas residenciales. Existen algunos contenedores de reciclaje de plástico implementados en la playa de Punta de Tralca y en menor medida en la playa Los Corsarios. Por su parte, la autoridad marítima realiza fiscalización con patrullajes preventivos durante todo el año para evitar y sancionar vertimiento ilegal a las aguas, tanto de riles como de basura.

Figura 2. Mapa clasificación tipos de costa y grado de sensibilidad ambiental de El Quisco



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Mapa clasificación tipologías de playas de El Quisco



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Estrategias de mitigación

En la comuna se prohíben ciertas actividades en la ZC especificadas en la ordenanza de incivilidades, tales como la realización de fogatas, picnic y zonas de camping en terrenos de playa. A su vez, cuentan con la ordenanza de Medio Ambiente, donde se establece en distintos artículos la prohibición de vertimiento de residuos sólidos y líquidos y de actividades inadecuadas en zonas naturales, cuerpos de agua y la costa.

Sumado a lo anterior, el municipio lleva a cabo una campaña municipal de limpieza de playas, donde construyó y entregó bandejas de ecoceniceros a distintos concesionarios de kioscos con el fin de que se evite el arrojo de cenizas y colillas de cigarro a la playa (El Quisco, 2019).

Respecto a la autoridad marítima, por medio de licitación para el usufructo del borde costero, dentro de las bases de postulación se exige una serie de medidas para la limpieza del sector de la concesión, como por ejemplo número de contenedores y la coordinación con la municipalidad respectiva para el retiro de basura.

3.4.3. Estrategias de eliminación

En esta categoría, la limpieza de la playa se puede clasificar en limpieza por responsabilidad legal y limpieza voluntaria. En cuanto a la primera, esta recae en la Unidad de Aseo y Ornato de la municipalidad, donde el servicio de recolección de basura por camiones se realiza en el sector de costaneras, sumado a la limpieza mecánica con tractor en playas Los Corsarios y Punta de Tralca (sector concesionado), y limpieza manual con cuadrillas entre dos y cinco personas dependiendo de la cantidad de basura, quienes recorren la costa reforzando sectores que no están concesionados. Sumado a lo anterior, están las limpiezas que realizan todos los concesionarios en su sector.

Respecto a las limpiezas voluntarias, la autoridad marítima realiza la jornada en el Día Internacional de Limpieza de Playas, las que se organizan generalmente en playas simbólicas y la longitud que se abarca depende del número de participantes. Por otra parte, la Unidad de Medio Ambiente del municipio tiene un rol activo desde el año 2018 en cuanto a convocar a jornadas de limpieza por

lo menos una vez al mes, aunque las iniciativas comenzaron en el año 2016 enfocadas mayormente en época de verano.

De forma paralela, los actores de la sociedad civil organizan limpiezas de playas, solo una fundación dedicada al problema de la BM la realiza por sus propios medios, el resto de los actores lo hacen en coordinación con el municipio debido al aporte de recursos que la institución entrega para estas actividades.

3.4.4 Estrategias de cambio de conducta

La autoridad marítima asegura que permanentemente se realizan campañas de sensibilización debido al convenio MARPOL por mares más limpios, de manera física y virtual. A su vez, desde el municipio se organizan campañas de sensibilización sobre todo en temporada alta, donde principalmente se realiza difusión de los programas que se están implementando, entrega de afiches con mensajes sobre medioambiente a distintos locatarios de la comuna, y por último al turista con información sobre la gestión de residuos. Actores de la sociedad civil están enfocados principalmente en la educación ambiental, por medio de charlas y difusión de campañas a través de redes sociales.

3.5. Análisis de la zona costera de El Quisco en el contexto de basura marina

A partir de la sistematización de toda la información obtenida (ver cuadro 2), se lograron visualizar las distintas situaciones de la BM presentes en la ZC de El Quisco (ver figura 4).

En concreto, se pudo identificar que todas las playas Tipo A presentan un grado de sensibilidad 8 de 9, con un número de grupos que reportan BM en estas playas de 4 de 4, por lo que se entiende que son sectores con una alta presencia de basura. A su vez, estas playas son las que presentan mayor variedad de estrategias de recolección y gestión de la BM, con una variada participación de actores. Se destaca el caso de playa Punta de Tralca por ser la única que presenta la aplicación de los cuatro tipos de estrategias. Lo relevante de esta clasificación es que se cumple un patrón contextual respecto a la tipología y al grado de sensibilidad que es alto, por lo

que, en el contexto de El Quisco, los mayores esfuerzos de limpieza y conciencia ambiental se concentran en esta tipología de playa.

Del mismo modo, se aprecia que las playas Tipo B, en su mayoría presentan un grado de sensibilidad 7 de 9, y un caso con 3 de 9, con un número de grupos que reportan BM que va desde los 2 de 4 hasta los 4 de 4, lo que representa de forma general una presencia de basura en todas las playas. En cuanto a sus estrategias, al ser playas concesionadas para la habilitación de kioscos, se distingue la estrategia de prevención principal (prohibición uso de bolsas plásticas) y de eliminación de residuos por parte de los concesionarios y aseo municipal, además de la organización de limpiezas voluntarias en estos terrenos. De igual manera, se nota una variada participación de actores. Es preciso señalar que en las playas presentes en esta clasificación, se aprecia una disminución en los esfuerzos de conciencia ambiental.

En el caso de las playas Tipo C, existen algunas con el máximo grado de sensibilidad ambiental con 9 de 9, donde según el número de grupos que reportan basura llegan a coincidir 3 de 4 en playa Las Ágatas y 4 de 4 en playa Punta de Tralca, sector no habilitado, en la cual se presentan índices medios altos de frecuentación. En cuanto a las estrategias, solo se lleva a cabo la estrategia de eliminación por medio de aseo municipal, gracias a cuadrillas en todas las playas a excepción de playa Las Ágatas, en la que se realizan limpiezas voluntarias. En consecuencia, se aprecia que las playas que presentan la mayor sensibilidad ambiental no cuentan con las estrategias necesarias para hacerse cargo de la gestión y recolección de la BM, quedando invisibilizadas debido a los problemas de acceso en ambas playas.

Por último, los casos de sectores identificados en la costa que no cuentan con clasificación de tipología de playa, en general presentan una sensibilidad que va desde 1 de 9 hasta los 7 de 9, y son sectores identificados con presencia media de basura, a excepción del sector de Costanera Norte. Los actores justifican la presencia de desechos marinos a las corrientes y mareas, los cuales son arrastrados desde la playa Los Corsarios hasta ese sector. En estos sectores solo se realiza la estrategia de eliminación, relacionada con el aseo municipal y limpiezas voluntarias. Aquí se observa la presencia de actores de la Unidad de Aseo y Ornato, Unidad de

Medio Ambiente y de la sociedad civil, donde este último es el que se encuentra presente en todos los sectores.

4. Discusión

En la ZC de El Quisco se puede apreciar la problemática de BM, la cual se concentra principalmente en las playas turísticas de la comuna, tal como lo plantean Blickley et al. (2016); Galgani et al. (2015); Hidalgo-Ruz et al. (2018); Munari et al. (2016); Pantoja et al. (2012); Rangel et al. (2017) y Thiel et al. (2013), respecto a la presencia de desechos marinos cerca de las fuentes de origen. Además, se reveló que los cuerpos de agua existentes en la comuna presentan concentración de desechos, situación que expresan Hidalgo-Ruz et al. (2018), donde la proximidad de estos cuerpos puede aumentar la densidad de desechos en las playas cercanas a estos, debido a las aguas pluviales y la deposición directa de desechos.

Sumado a lo anterior, la situación de fluctuación de BM durante el año expresada por los distintos actores coincide con lo que postulan Galgani et al. (2015) con relación a que los desechos marinos pueden llegar a aumentar en un 40% en verano debido a la población flotante de turistas.

Igualmente, se analizan las estrategias de recolección y gestión de BM que desarrollan los distintos actores responsables en la ZC de El Quisco, donde se pueden identificar los cuatro tipos de estrategias que plantean Chen (2015); Löhr et al. (2017); PNUMA (2019) y Sheavly y Register (2007).

Es en este contexto que la utilización de clasificación de tipologías de playas presenta una gran representatividad de la realidad de las distintas playas, lo que a su vez logró evidenciar la relación con la sensibilidad ambiental de los distintos tipos de costa, dando como resultado la existencia de playas que presentan problemas de basura, que son atendidas por distintas estrategias y la presencia de actores públicos, privados y de la sociedad civil, escenario beneficioso para la gestión de BM según el PNUMA (2019) y Sheavly y Register (2007). Además, se pudo evidenciar que los actores de la sociedad civil son más comprometidos con el cuidado de los sectores menos turísticos de la ZC, por lo que se aprecia un mayor sentido de pertenencia, tal como lo plantean Kiessling et al. (2017).

Cuadro 2. Síntesis de análisis de la ZC de El Quisco en el contexto BM

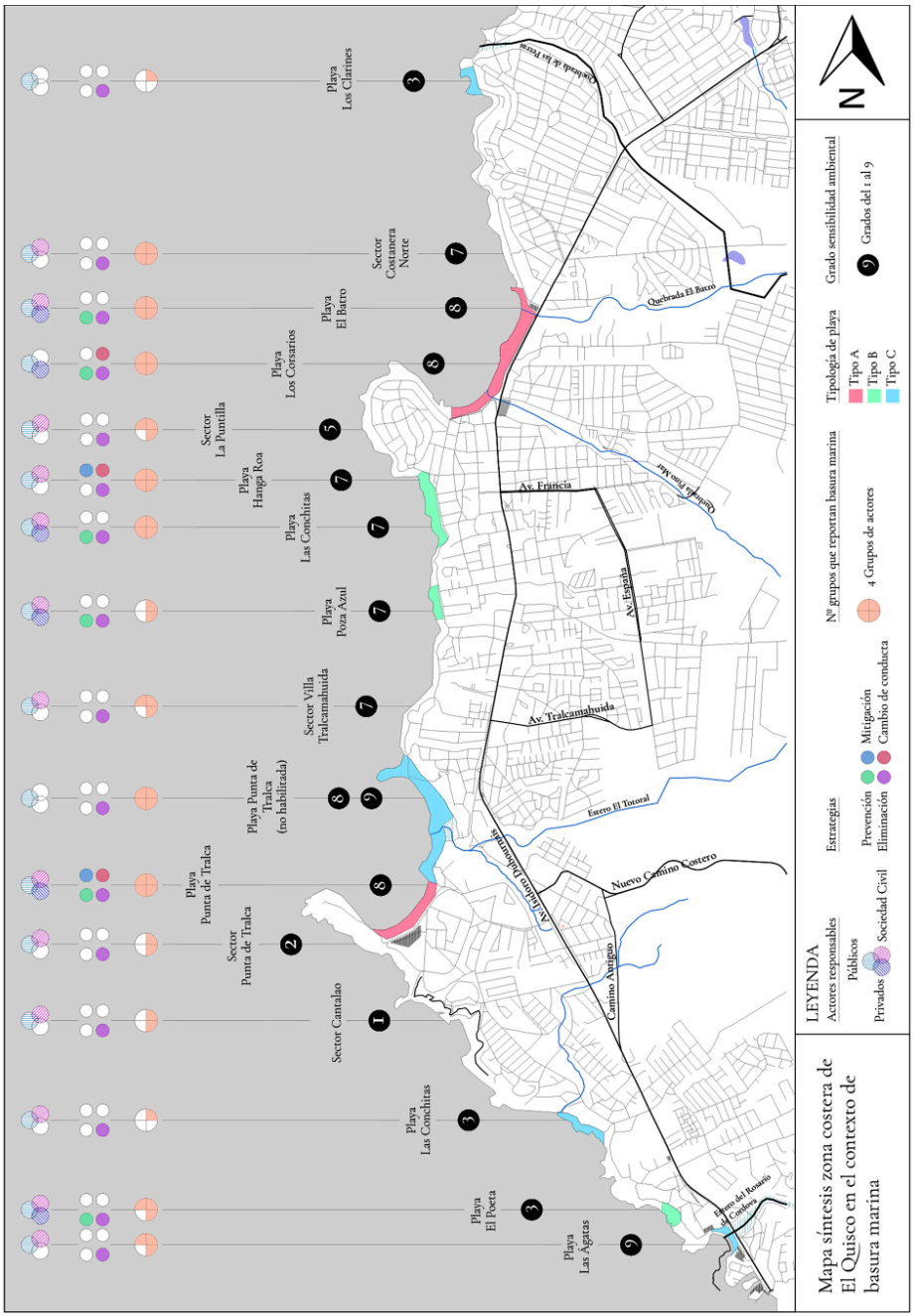
Playa o sector	Tipología de playa	Grado de sensibilidad (escala 1 a 9)	Nº Grupos que reportan basura marina	Estrategias	Actores responsables
Playa Los Clarines	C	3	1/4	• Eliminación: Aseo municipal.	UAO
Sector Costanera Norte	-	6 - 7	4/4	• Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + UMA + SC + CP
Playa El Batro	A	8	4/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas. • Eliminación: Aseo municipal y de concesiones marítimas y limpiezas voluntarias.	UAO + CM + UMA + SC
Playa Los Corsarios	A	8	4/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas. • Eliminación: Aseo municipal y de concesiones marítimas. • Cambio de conducta: Campañas de sensibilización.	UAO + UMA + CM
Sector La Puntilla	-	5	3/4	• Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + SC
Playa Hanga Roa	B	7	4/4	• Mitigación: Implementación de ecoceniceros. • Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias. • Cambio de conducta: Campañas de sensibilización y educación ambiental.	UAO + UMA + SC + CP
Playa Las Conchitas	B	7	4/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas. • Eliminación: Aseo municipal y de concesiones marítimas y limpiezas voluntarias.	UAO + UMA + CM + SC

Playa Poza Azul	B	7	2/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas. • Eliminación: Aseo municipal y de concesiones marítimas y limpiezas voluntarias.	UAO + UMA + CM + SC
Sector Villa Tralcamahuida	-	7	3/4	• Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + UMA + SC
Playa Punta de Tralca (NH)	C*	8-9	4/4	• Eliminación: Aseo municipal.	UAO
Playa Punta de Tralca	A	8	4/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas y reciclaje. • Eliminación: Aseo Municipal y limpiezas voluntarias. • Mitigación: Implementación de ecoceniceros. • Cambio de conducta: Campañas de sensibilización.	UAO + UMA + CM + SC + CP
Sector Punta de Tralca	-	2	2/4	• Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + SC
Sector Cantalao	-	1	2/4	• Eliminación: Limpiezas voluntarias.	UMA + SC
Playa Las Conchitas (Isla Negra)	C	3	1/4	• Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + SC
Playa El Poeta	B	3	3/4	• Prevención: Prohibición uso de bolsas plásticas. • Eliminación: Aseo municipal y limpiezas voluntarias.	UAO + UMA+ CM + SC
Playa Las Ágatas	C	9	3/4	• Eliminación: Limpiezas voluntarias.	UMA + SC + CP

Nota: UAO: Unidad Aseo y Ornato; UMA: Unidad Medio Ambiente; CM: Concesión Marítima SC: Sociedad Civil; CP: Capitanía de Puerto.

Fuente: Elaboracion propia.

Figura 4. Mapa síntesis zona costera de El Quisco en el contexto de basura marina



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

El presente artículo aporta a la comprensión del fenómeno de manera integral y holística, desde la visión del «ser humano en la naturaleza», donde se han utilizado distintas clasificaciones de la costa como iniciativas de gestión del litoral a un problema en concreto como lo es la BM, lo cual permitió apreciar en función de la sensibilidad ambiental y la dinámica urbana inmediata, cuáles deberían ser las estrategias más idóneas de acuerdo a los contextos de los distintos sistemas ecológicos y sociales que ahí se presentan.

Es así que se ha podido plasmar la relación entre las estrategias de recolección y gestión de la BM con el sistema socioecológico de la ZC de El Quisco. Los resultados de este estudio pudieron demostrar la utilidad de las clasificaciones de la costa, tanto en lo geomorfológico como en lo cualitativo respecto a las dinámicas urbanas, ya que es debido a ellas que se logra el vínculo entre el sistema ecológico y el sistema social de la ZC respecto al impacto que genera la BM y sus distintas estrategias para abordarla.

Debido a lo anterior, se pudo constatar la existencia de playas que son atendidas por una mayor variedad de actores y con distintas estrategias simultáneas para combatir los problemas de BM y, por el contrario, la presencia de la problemática en playas con la mayor sensibilidad ambiental de la costa de El Quisco, las cuales no presentan relevancia ni urgencia para los actores con responsabilidad legal de limpieza en cuanto a su cuidado y protección.

Es preciso relevar las diversas estrategias adoptadas en los últimos años por actores públicos relacionados con el medioambiente en las playas turísticas de la comuna, donde con el paso del tiempo las actividades han ido en aumento, por lo que se demuestra una mayor conciencia ambiental. No obstante, es precisamente cuando los actores públicos que tienen la responsabilidad legal de limpieza no están presentes en las playas o sectores no turísticos, cuando los actores de la sociedad civil toman la iniciativa junto a los actores públicos relacionados con el medioambiente para visibilizar el valor de tales sectores y su cuidado.

Sin embargo, al realizar el análisis de las distintas estrategias de recolección y gestión de la BM en la ZC de El Quisco y revisar al detalle el tipo de actividades que son desarrolladas a lo largo de la costa, que queda en evidencia lo acotado de las intervenciones, los

problemas de registro y monitoreo y la falta de recursos para implementar sistemas eficientes de reciclaje específicos en el borde costero, que contemple la complejidad de ser una comuna que recibe cada año, un mayor número de población flotante en temporada estival.

Atendiendo a las limitantes de la presente investigación, por ser un tema poco investigado a nivel local, y en menor medida desde el enfoque de las estrategias, es que su principal motivo fue plasmar el estado actual del problema y visibilizar las medidas aplicadas para enfrentarlo, más que optar por la generación de un índice o algo de carácter más cuantitativo. Es por esto que, como futura línea de investigación, se recomienda realizar estudios comparativos entre distintas playas chilenas desde la perspectiva aplicada en esta investigación para conocer la realidad del fenómeno a nivel país y evaluar qué tan abordada se encuentra la problemática. Además, se debe profundizar en una de las metodologías de clasificación, como herramientas de gestión de la costa desde una perspectiva principalmente cuantitativa, esto con el fin de esclarecer dónde dirigir mayormente los esfuerzos y recursos de todo tipo para ir en la búsqueda de mejores soluciones, con la participación conjunta de los distintos actores públicos, privados y de la sociedad civil, para un problema de contaminación mundial que no discrimina, la basura marina.

Referencias

Alexander, L. (2012). La Vista desde Arriba: El Uso de Cartografía Participativa para Empoderar a las Comunidades y Promover la Conservación del Medio Ambiente Los mapas como Herramienta en el proyecto de Cacao Silvestre en Baures, Beni. Independent Study Project (ISP) Collection, 1393. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/1393

Balaguer Huguet, P., Rodríguez-Perea, E., & Y Cabrera, M. (2012). Implicaciones de la Geomorfología en las Iniciativas de Gestión Integrada de la Zona Costera. La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19, 45-60. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

BCN (2018). El censo 2017 y su dimensión demográfica comunal. Recuperado de: https://www.bcn.cl/siit/actualidad-territorial/Censo%202017%20Comuna/document_view2

Beeharry, Y. D., Bekaroo, G., Bokhoree, C., Phillips, M. R., & Jory, N. (2017). Sustaining anti-littering behavior within coastal and marine environments: Through the macro-micro level lenses. Marine Pollution Bulletin, 119(2), 87-99. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.029

Blickley, L. C., Currie, J. J., & Kaufman, G. D. (2016). Trends and drivers of debris accumulation on Maui shorelines: Implications for local mitigation strategies. Marine Pollution Bulletin, 105(1), 292-298. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.007

Castro, C., & Morales, E. (2006). La Zona Costera, Medio Natural y Ordenación Integrada. Santiago, Chile: GEOlibros.

Chen, C.-L. (2015). Regulation and Management of Marine Litter. En M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), Marine Anthropogenic Litter (pp. 395-428). https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_15

de Andrés, M., & Barragán, J. M. (2016). Desarrollo Urbano en el Litoral a Escala Mundial. Método de Estudio para su Cuantificación. Revista de Estudios Andaluces, 33(1), 64-83. https://doi.org/10.12795/rea.2016.i33.04

Delgado, L., Marin, V., Tironi, A., & Bachmann, P. (2009). Conceptual, phes-system, models of the aysén fjord: the case of salmon farming.

Delgado, L., & Marín, V. (2005). FES-sistema: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile.

Delgado, L., Bachman, P., & Oñate, B. (2007). Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana.

Delgado, Luisa E., Tironi, A., Vila, I., Verardi, G., Ibáñez, C., Agüero, B., & Marín, V. H. (2014). El humedal del Río Cruces, Valdivia, Chile: una síntesis ecosistémica. Latin american journal of aquatic research, 42(5), 937-949. https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-1

DIRECTEMAR (2011). Reporte Nacional del Día Internacional de Limpieza de Playas 2011. Chile.

El Quisco (2015). Recolección de Basura. Recuperado de: http://www.elquisco.cl/index.php/noticias/comuna/item/156-recoleccion-de-basura

El Quisco (2019). Congestión en planta de trasvase y Retiro de Basura Domiciliaria. Recuperado de: http://www.elquisco.cl/index.php/noticias/comuna/item/1157-congestion-en-planta-de-trasvase-y-retiro-de-basura-domiciliaria

El Quisco (2019). Municipio realiza diversas campañas para proteger el medio ambiente. Recuperado de: https://www.elquisco.cl/index.php/noticias/comuna/item/1226-municipio-realiza-diversas-campanas-para-proteger-el-medio-ambiente

Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2015). Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter. En M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), Marine Anthropogenic Litter (pp. 29-56). https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_2

Hidalgo-Ruz, V., Honorato-Zimmer, D., Gatta-Rosemary, M., Nuñez, P., Hinojosa, I. A., & Thiel, M. (2018). Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. Marine Pollution Bulletin, 126, 516-524. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.014

Kiessling, T., Salas, S., Mutafoglu, K., & Thiel, M. (2017). Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. Ocean & Coastal Management, 137, 82-95. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.029

Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., & Van Belleghem, F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. Current Opinion in Environmental Sustainability, 28, 90-99. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009

Marín, V. H., Delgado, L. E., Tironi-Silva, A., & Finlayson, C. M. (2018). Exploring Social-Ecological Complexities of Wetlands of International Importance (Ramsar Sites): the Carlos Anwandter Sanctuary (Valdivia, Chile) as a Case Study. Wetlands, 38(6), 1171-1182. https://doi.org/10.1007/s13157-017-0935-z

Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U., & Mistri, M. (2016). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. Waste Management, 49, 483-490. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010

Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., Brink, P. ten, & Schweitzer, J.-P. (2015). The Economics of Marine Litter. En M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), Marine Anthropogenic Litter (pp. 367-394). https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_14

Olsson, P., Folke, C., & Berkes, F. (2004). Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social?Ecological Systems. Environmental Management, 34(1). https://doi.org/10.1007/s00267-003-0101-7

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. Science, 325(5939), 419-422. https://doi.org/10.1126/science.1172133

Pantoja, J., Hinojosa, I. A., Miranda L., Rivadeneira, M. M., Vásquez, N. & Thiel, M. (2012). Basura marina antropogénica en ambientes costeros: una comparación interanual entre playas locales y aguas costeras. Facultad Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile; Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Australia; Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, Coquimbo, Chile.

PNUMA (2005). Marine Litter, an analytical overview.

PNUMA (2019). MOOC_Basura Marina. Curso online. Lanzado por ONU Medio Ambiente (UN Environment), a través del Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities (GPA) y la secretaría del Global Partnership on Marine Litter (GPML), este curso ha sido desarrollado en colaboración con la Universidad Abierta de Holanda (Open Universiteit).

Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuso, G., Arias, M., & Gracia C., A. (2017). Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlantico department coastline, Caribbean coast of Colombia. Ocean & Coastal Management, 138, 142-157. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.021

Ribic, C. A., Sheavly, S. B., Rugg, D. J., & Erdmann, E. S. (2010). Trends and drivers of marine debris on the Atlantic coast of the United States 1997–2007. Marine Pollution Bulletin, 60(8), 1231-1242. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.03.021

Roig, F. X. (2003). Identificación de variables útiles para la clasificación y gestión de playas y calas. El caso de la Isla de Menorca (I. Balears). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, ISSN 0212-9426, Nº. 35, pp. 175-190. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/28155028_Identificacion_de_variables_utiles_para_la_clasificacion_y_gestion_de_playas_y_calas_el_caso_de_la_isla_de_Menorca_I_Baleares

Roig, F. X., Martín, J., Rodríguez-Perea, A. & Mir-Gual, M. (2011). La gestión ambiental de los sistemas playa-duna: El caso de las Islas Baleares. Las dunas en España. Sociedad Española de geomorfología. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/313037639_La_gestion_ambiental_de_los_sistemas_playa-duna_El_caso_de_las_Islas_Baleares

Roig, F. X., Martín, J., Rodríguez-Perea, A., Pons, G. & Mir-Gual, M. (2012). Alternativas ambientales en la gestión de playas y sistemas dunares en las Islas Baleares. La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa, Publisher: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19, 77-91. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/260266597_Alternativas_ambientales_en_la_gestion_de_playas_y_sistemas_dunares_en_las_Islas_Baleares

Roig, F. X., Martín, J., Rodríguez-Perea, A. & Balaguer, Y. (2017). Gestión litoral en Menorca: un modelo basado en criterios geomorfológicos. En G. X. Pujol (Ed.), Geomorfología litoral de Menorca: dinámica, evolución y prácticas de gestión. Gestión litoral en Menorca: un modelo basado en criterios geomorfológicos (pp. 191-212). Edition: Societat d'Història Natural de Balears. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/321037723_Gestion_litoral_en_Menorca_un_modelo_basado_en_criterios_geomorfologicos

Salas-Zapata, W. A., Ríos-Osorio, L. A., & Castillo, J. Á.-D. (s. f.). Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. 8.

Sheavly, S. B., & Register, K. M. (2007). Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions. Journal of Polymers and the Environment, 15(4), 301-305. https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3

Thiel, M., Hinojosa, I. A., Miranda, L., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., & Vásquez, N. (2013). Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. Marine Pollution Bulletin, 71(1-2), 307-316. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.005

Capacidad de carga sociocultural: una propuesta metodológica para medir el impacto del aumento demográfico en Rapa Nui[1]

Piroska Ángel H.

Introducción

La explosión demográfica en Rapa Nui, producto de la llegada de nuevos habitantes, atraídos por las posibilidades económicas que ofrece el turismo y el aumento generalizado de visitantes, constituye una preocupación significativa para la comunidad, quienes han iniciado una discusión sobre su impacto en el territorio. Ante este problema, la comunidad insular planteó la necesidad de tomar medidas para asegurar la sostenibilidad y preservación de su patrimonio cultural y ambiental. Esta solicitud motivó la aprobación de una ley que busca regular la permanencia, estadía y traslado a Isla de Pascua.

[1] Tesis para optar al título de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2017. El escrito ha sido expuesto en la revista Sociocultural Carrying Capacity: a methodological proposal to measure the impact of population growth in Rapa Nui. Autores: Ángel, Piroska. Conference Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainability, Human Geography and Environment 2018. Kraków Poland/2018. 237-244.

Dicha ley señala la necesidad de contar con un instrumento técnico que permita calcular la capacidad de carga del territorio, para tomar una serie de medidas sobre la base de umbrales definidos. En este contexto, la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo encomendó a la Universidad Católica de Chile la tarea de desarrollar este instrumento, que será utilizado para la toma de decisiones en el marco de la ley.

En una etapa inicial, se consideró involucrar variables demográficas, ambientales, de infraestructura y socioculturales. Sin embargo, en una etapa posterior, se identificó la poca bibliografía y metodologías para abordar el tema, así como la enorme dificultad para definir la capacidad de carga sociocultural.

Por tal motivo, se inició un proceso de investigación, cuyo propósito fue proponer una metodología para medir y monitorear la capacidad de carga sociocultural en Rapa Nui, principalmente a partir de los fenómenos que traen consigo el aumento de población y los efectos en las relaciones sociales entre residentes y extranjeros sobre la identidad local. El objetivo final fue brindar un instrumento con capacidad de orientar un modelo de gestión para preservar y proteger la identidad local, el patrimonio y la convivencia social en el territorio.

Capacidad de carga sociocultural

Una de las definiciones más comunes del concepto de capacidad de carga se asocia con la población máxima que un hábitat determinado puede soportar sin dañar permanentemente la productividad del ecosistema del que depende su población (Agencia Europea de Medio Ambiente, 1998). De esta definición se deduce que el concepto tiene una estrecha relación con la ecología. Sin embargo, como resultado de las transformaciones en contextos políticos y epistemológicos, este postulado ha evolucionado y desarrollado una variedad de perspectivas desde los ámbitos económico y cultural ecológico, urbano y psicosocial (Coccossis, 2004; Coccossis et al., 2002; Honghua et al., 2002; Honghua et al., 2016) porque se reconoce que, cuando se desborda la capacidad de los sistemas locales, se genera un declive no solo en los ambientes vitales, sino también en el patrimonio material e inmaterial, así como en la calidad de vida de los residentes (Prats, 2007).

El concepto de capacidad de carga sociocultural responde a los efectos que se pueden generar a partir de la turistificación de un territorio, que puede producir cambios en los modos de vida tradicionales; estructuras familiares y organizaciones comunitarias; conflictos interculturales; sobrecomercialización de artes y oficios, que puede conducir a la pérdida de autenticidad; entre otros efectos (Bretlaender & Toth, 2014; Coccossis et al., 2002). Conocer y comprender estas consecuencias es necesario para la planificación del desarrollo local sostenible, de modo que las comunidades y culturas locales sean beneficiarias permanentes y no víctimas del desarrollo turístico (OMT, 1998).

Por otro lado, la literatura que surgió de este concepto, a pesar de reconocer su importancia, incluye una serie de inconvenientes asociados a su medición, como la falta de medidas cuantificables; dificultades para predecir impactos; el hecho de que las soluciones propuestas por diferentes expertos no siempre llegan a un consenso; la falta de indicadores ambientales aceptables; y la naturaleza subjetiva de ciertos parámetros; entre otros. En consecuencia, este escenario implica que el concepto sea tratado principalmente desde una perspectiva teórica y no empírica (López y López, 2008, Navarro et al., 2012).

Metodología

Ante la falta de bibliografía sobre sistemas de medición de la capacidad de carga sociocultural, se decidió basar la propuesta metodológica en la búsqueda de variables e indicadores utilizados para medir, evaluar y monitorear la sostenibilidad sociocultural, tomando como principales referencias las investigaciones desarrolladas con la presencia de indígenas, culturas y/o en territorios aislados. Al mismo tiempo, se definió la necesidad de establecer un sistema de indicadores cuantitativos, con el objetivo de brindar información comparable para el análisis y seguimiento de las variables que se van a medir en el tiempo.

La investigación se estructura en tres etapas principales.

El primero implica la definición de una matriz de indicadores cuantitativos para medir la Capacidad de Carga Sociocultural de Rapa Nui, que, a grandes rasgos, consiste en realizar una extensa revisión bibliográfica, con el fin de identificar criterios y variables

socioculturales, con el propósito de desarrollar una primera aproximación conceptual al sistema de medición. Luego, se definirán los efectos socioculturales del desarrollo turístico y la explosión demográfica en el territorio con respecto a los diferentes criterios y variables previamente identificados, a través de la revisión de fuentes secundarias asociadas al territorio en estudio. De esta forma se obtendrá un acercamiento al problema local.

Ambos métodos (enfoques conceptual y experimental del problema) son insumos clave para una primera selección de indicadores. Esto se llevó a cabo utilizando la metodología *Delphi* con un grupo de expertos en los conceptos de «capacidad de carga» y «realidad local». Se les proporcionó tanto la matriz conceptual como el diagnóstico sociocultural, con el fin de apoyar el proceso de validación de la matriz, a partir de la priorización de variables a ser incluidas en el sistema.

Con una matriz conceptual validada, se procedió a identificar indicadores e instrumentos con los que se recolectarían los datos, ya sea a través de encuestas, entrevistas, catastros o fuentes secundarias, con el fin de establecer la logística de recolección de datos.

- La segunda etapa consistió en el cribado de indicadores según la viabilidad de obtención de datos y su relevancia, para lo cual se consideraron los siguientes filtros propuestos por la FAO (2001):
- La viabilidad de recopilar información comparable y medible a lo largo del tiempo.

La cantidad y calidad estimadas de los datos que se pueden obtener.

- Los costos de recopilación de información.
- La relevancia del indicador para medir el objetivo.
- La fiabilidad de la información disponible.

A partir de este ejercicio se obtuvo una segunda versión del sistema de medición.

Si bien la matriz de indicadores ya había pasado por más de un filtro de selección, la siguiente (tercera) etapa correspondió a la validación final del sistema de medición, que reveló la opinión de expertos locales. De esta manera, cumplieron una doble función:

expertos y miembros de la comunidad, lo que los colocó como los principales expertos de la dinámica sociocultural del área en estudio. Dichas cifras no se incluyeron en etapas anteriores, ya que estas se habían limitado a un gabinete y prueba piloto en sitio. La metodología propuesta para esta etapa se basa en la metodología de «validación del juicio de expertos». La selección de las personas que formaron parte de este ejercicio se realizó basándose en su conocimiento y desempeño en diferentes actividades de las dimensiones socioculturales de Rapa Nui, así como a su disponibilidad y disposición para participar.

Este ejercicio buscó que los expertos eliminaran aquellas variables y/o indicadores que consideraban irrelevantes para el estudio de caso, y agregaran las que identificaban como esenciales, realizando así modificaciones relevantes. A su vez, era importante que estos cambios fueran consistentes con los criterios de validez y confiabilidad para promover la calidad del instrumento de medición. La forma de recolectar esta información fue un taller grupal, en el cual se aplicó un nivel de consenso para tomar la decisión sobre cómo se estructuraría la matriz final de indicadores.

Resultados

Si bien esta investigación presenta una serie de resultados intermedios, a continuación se presenta la propuesta metodológica para medir la Capacidad de Carga Sociocultural de Rapa Nui (cuadro 1).

La matriz de indicadores se construye bajo seis variables. La primera corresponde a la «*Vitalidad de las expresiones artísticas culturales*», que busca dilucidar tanto la participación de la comunidad en celebraciones y conmemoraciones comunitarias como expresiones artístico-culturales, como música, danza, medicina tradicional, *kai kai* (juego de hilos), *body art*, mitos y leyendas, artesanía y su difusión.

Esta participación puede ser en calidad de observador y/o participante, lo que ayuda a visualizar su papel en la exhibición de expresiones artístico-culturales y cómo los residentes no étnicos se involucran en las actividades comunitarias. A su vez, la variable permite ver la participación de la comunidad en las diferentes expresiones artístico-culturales, el contexto de su práctica y el nivel de conocimiento de la misma. También considera el papel de los

promotores culturales como agentes portadores de conocimientos, que pueden ser transmitidos a las generaciones futuras.

La segunda gira en torno a las «*Actividades tradicionales*». Esta variable busca profundizar la participación de la comunidad rapa nui en las actividades tradicionales, determinadas por la agricultura, la ganadería, la pesca, la medicina tradicional, el *Hahaki* (mariscos) y la gastronomía típica. Asimismo, sobre el abandono de determinadas actividades tradicionales (ganadería, agricultura, pesca) de las actividades relacionadas con el turismo.

La tercera se refiere a la «*Vitalidad de la lengua*», la cual está conformada por seis variables secundarias que UNESCO (2003) y Tsnonudas (2006) señalan son las principales para medir la vitalidad de la lengua, que incluye la transmisión intergeneracional; proporción de hablantes en el conjunto de la población, cambios en los campos de uso (si la lengua se habla tanto en espacios públicos como privados); contexto de aprendizaje (asociado con el papel de las instituciones educativas); dominio del idioma; respuesta a nuevas áreas (presencia en los medios locales). También incluye una variable, señalada como relevante por los expertos locales: la motivación para aprender el idioma nativo.

La cuarta variable, «*Patrimonio cultural natural*», se define en función del estado de conservación y las amenazas que afectan al patrimonio natural que se utiliza para la medicina tradicional; artesanía, escultura y talla; alimentación; muebles y construcción. También considera el manejo de sitios turísticos que tienen una alta concentración de especies, como los humedales.

La quinta variable corresponde a «*Patrimonio arqueológico*» y se establece a partir de una serie de indicadores que buscan medir el estado de conservación y riesgo de daño al patrimonio, ya sea por amenazas por uso del suelo, por la situación jurídica del sitio, el presentar medidas de manejo, entre otras.

La última variable corresponde a la convivencia, que busca recoger la percepción de los residentes, a partir del impacto que genera el crecimiento poblacional y el aumento de turistas en los diferentes aspectos de la vida cotidiana local.

Por otro lado, los métodos de recogida de datos corresponden a:

1. Relevamiento: cabe destacar que el proyecto que alberga esta tesis de investigación relevó a todas las viviendas de la Isla.

2. En este, las preguntas asociadas a los indicadores que se deben recolectar a través del instrumento «encuesta de capacidad de carga», por lo tanto, en el cuadro 1 se indican todos los indicadores que tendrán datos a través de la encuesta realizada.
3. Entrevista con ratios: cuando se necesite alcanzar un nivel de profundidad a través de información experta.
4. Fuente secundaria: cuando la información ya está disponible en documentos y bases de datos.

Catastro: cuando es necesario recopilar información a través de un estudio en particular.

Cuadro 1. Versión final, propuesta metodológica para medir el impacto del crecimiento poblacional en Rapa Nui

Variable	Variable secundaria	Variable terciaria	Indicador	Instrumento
Vitalidad de las expresiones artísticas culturales	Celebraciones y conmemoraciones	Participación de la comunidad	% de personas rapa nui/no napa nui que asisten a celebraciones y conmemoraciones comunitarias	Encuesta sobre capacidad de carga
		Contexto de participación	% de personas rapa nui/no rapa nui que observan o participan en ceremonias.	Encuesta sobre capacidad de carga
	Participación en expresiones artístico-culturales	Práctica	Nº de personas rapa nui/ no rapa nui que realizan expresiones artísticas culturales.	Encuesta sobre capacidad de carga
		Desarrollo de la práctica	Nivel de conocimientos adquiridos por los participantes de las expresiones artísticas culturales	Encuesta de capacidad de carga
		Contexto de la práctica	% de personas rapa nui/no rapa nui que realizan expresión artística cultural en contextos espirituales, religiosos, turísticos y recreativos, entre otros.	Encuesta sobre capacidad de carga
	Portadores de conocimiento	Promotores culturales	Nº de promotores culturales por expresión artística cultural	Fuente secundaria y entrevista a ratios
		Difusión de la práctica	Nº de personas que portan conocimientos que difunden (enseñan) la práctica	Catastro.
		Programas de educación cultural	% de horas lectivas dedicadas a la educación artística cultural respecto al total de horas lectivas	Entrevistas en escuelas

Actividades tradicionales	Participación en alguna actividad tradicional (medicina tradicional, agricultura, ganadería, pesca, *hahaki*, gastronomía)	Práctica	% de personas rapa nui/no rapa nui que realizan alguna actividad tradicional	Encuesta sobre capacidad de carga
	Deserción	Práctica	% de personas rapa nui que han pasado de actividades tradicionales a actividades turísticas	Encuesta sobre capacidad de carga
Vitalidad del lenguaje	Transmisión intergeneracional de la lengua vernácula		% de personas rapa nui/no rapa nui que hablan la lengua vernácula por rango de edad	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de padres que hablan con sus hijos en rapa nui.	Encuesta sobre capacidad de carga
	Proporción de hablantes en el conjunto de la población		% de hablantes de la lengua sobre el total de habitantes de la Isla	Encuesta sobre capacidad de carga
	Cambio en los espacios de uso del lenguaje		% de personas rapa nui que hablan el idioma en espacios públicos/privados	Encuesta sobre capacidad de carga
	Contexto para el aprendizaje y la enseñanza de la lengua rapa nui		Cumplimiento del programa de inmersión del idioma (compare el número de horas establecido con el número real de horas que se están aplicando)	Entrevistas en escuelas
			Nº de profesores que hablan rapa nui (en horario de clase) sobre el total de profesores	Entrevistas en escuelas
			% de horas lectivas dedicadas a promover el multilingüismo respecto al total de horas lectivas	Entrevistas en escuelas
	Dominio del idioma		Grado de competencia lingüística por rango de edad	Fuente secundaria
	Respuesta a nuevas áreas		Presencia en nuevos espacios y medios de comunicación	Catastro
	Voluntad de aprender		% de personas rapa nui/no rapa nui que no hablan el idioma pero expresan interés en aprenderlo	Encuesta sobre capacidad de carga

Patrimonio cultural natural	Especies para medicina tradicional	Estado de conservación	Nivel de estado de conservación	Fuente secundaria
		Amenazas	Grado de explotación	Catastro
	Especie para artesanía, escultura y talla	Estado de conservación	Nivel de estado de conservación	Fuente secundaria
		Amenazas	Grado de explotación	Catastro
	Especies para alimentación	Estado de conservación	Nivel de estado de conservación	Fuente secundaria
		Amenazas	Grado de explotación	Catastro
	Especies para la fabricación y construcción de muebles	Estado de conservación	Nivel de estado de conservación	Fuente secundaria
		Amenazas	Grado de explotación	Catastro
	Manejo de sitio		Grado de protección de los sitios con mayor concentración de especies	Entrevistas a figuras clave
Patrimonio arqueológico	Amenazas por usos del suelo	Cambios en el uso del suelo	Distancia al radio de expansión urbana	Catastro
		Usos ganaderos	Uso de la división de propiedad en la que se encuentra el sitio	Catastro
			Señales de tránsito de animales en el sitio	Catastro
		Usos agrícolas	Uso de la división de propiedad en la que se encuentra el sitio	Catastro
		Espacio natural	Tipo de vegetación predominante	Fuente secundaria
		Área urbana	Distancia al casco urbano	Catastro
			Distancia a carreteras	Catastro
	Amenazas legales		Situación legal del sitio (público o privado)	Fuente secundaria
	Amenazas poblacionales	Población turística	Población turística total	Fuente secundaria
		Población residente	Población residente total	Fuente secundaria
	Amenazas naturales	Las condiciones climáticas	Nivel de exposición	Catastro
			Signos de estancamiento	Catastro
		Condiciones geográficas	Distancia a la costa (m^2)	Catastro
			Distancia a las gargantas	Catastro
			% de canales de agua en el sitio	Catastro

Patrimonio arqueológico	Medidas de manejo	Cumplimiento de las medidas de gestión del sitio	Cumplimiento de la capacidad de carga del sitio	Catastro
			Cumplimiento del plan de manejo del sitio	Catastro
			% del sitio patrimonial bajo medidas de gestión	Fuente secundaria
		Condiciones de visita	Presencia de valla o línea de entrada (protección inmediata)	Catastro
			Presencia de valla o línea de entrada (mayor protección)	Catastro
			Presencia de vigilantes	Catastro
			Presencia de senderos de visitación gestionados por agentes encargados de la preservación del sitio	Catastro
			Presencia de senderos de visitas no gestionados por agencias a cargo de la preservación del sitio	Catastro
			Presencia de señalización (cuasi protección)	Catastro
			Presencia de señalización (mayor protección)	Catastro
		Educación patrimonial	Presencia de programas de educación patrimonial	Fuente secundaria
			% de la población que participa en programas de educación patrimonial	Fuente secundaria
	Estado de conservación del paisaje	Intervención en el medioambiente	Valor paisajístico (escala utilizada por Sonia Haoa)	Catastro

Patrimonio arqueológico	Estado de conservación del sitio	Características	N° de elementos de valor arqueológico en el sitio	Catastro
			Magnitud de surcos	Catastro
			Concentración de elementos en el sitio	Catastro
		Signos de daño por acción antrópica	Señales de fuego	Catastro
			Daños provocados por accidentes de tráfico o de vehículos	Catastro
			Signos de remarcado por acción humana no especializada	Catastro
			% de pérdida o remoción física	Catastro
			Señales de tráfico en el sitio del patrimonio arqueológico	Fuente secundaria
		Signos de daño por acción natural	Signos de costra de sílice	Catastro
			% de fisuras o fisuras debidas a la intemperie	Catastro
			% de depresión natural en litología	Catastro
			% de pérdida física o remoción debido a la intemperie	Catastro
			Signos de microflora	Catastro
			Signos de corrosión	Catastro
			La erosión del suelo	Fuente secundaria
Coexistencia	Identidad	Efectos del crecimiento poblacional	% de la población que identifica que el crecimiento poblacional contribuye/no contribuye a la pérdida de patrones de vida tradicionales	Encuesta sobre capacidad de carga
		Efectos del turismo	% de la población que identifica que el turismo fomenta/no fomenta que las tradiciones se vuelvan a practicar	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el turismo ayuda/no ayuda a valorar el patrimonio cultural por parte de los residentes	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el turismo contribuye/ no contribuye a la pérdida de patrones de vida tradicionales	Encuesta sobre capacidad de carga

Coexistencia	Conflictos sociales	Efectos del crecimiento poblacional	% de la población que identifica que ese crecimiento poblacional contribuye/no contribuye al desarrollo de conflictos sociales entre el pueblo rapa nui	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de población que identifica que ese crecimiento poblacional genera/no genera discriminación	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el crecimiento poblacional contribuye/no contribuye al desarrollo de conflictos sociales entre rapa nui y no rapa nui	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el crecimiento poblacional contribuye/no contribuye al aumento de la delincuencia, las drogas y el alcohol	Encuesta sobre capacidad de carga
		Efectos del turismo	% de la población que identifica que el turismo contribuye/ no contribuye al desarrollo de conflictos sociales entre residentes y turistas	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el turismo contribuye/no contribuye al aumento de la delincuencia, las drogas y el alcohol	Encuesta sobre capacidad de carga
	Beneficios económicos/ impactos negativos	Efectos del crecimiento poblacional	% de la población que identifica que el crecimiento poblacional genera/no genera más oportunidades de empleo	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el crecimiento poblacional aumenta/no aumenta el costo de vida	Encuesta sobre capacidad de carga
		Efectos del turismo	% de la población que identifica que el turismo genera/no genera mayores oportunidades de empleo	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el turismo aumenta/no aumenta el costo de vida	Encuesta sobre capacidad de carga

Coexistencia	Hacinamiento y densidad urbana	Efectos del crecimiento poblacional	% de la población que identifica que el crecimiento poblacional contribuye/no contribuye a la construcción excesiva de viviendas	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que ese crecimiento poblacional contribuye/no contribuye al aumento del tráfico y accidentes de vehículos.	Encuesta sobre capacidad de carga
		Efectos del turismo	% de la población que identifica que el turismo contribuye/no contribuye a la construcción excesiva de viviendas.	Encuesta sobre capacidad de carga.
			% de la población que identifica que el turismo contribuye/no contribuye al incremento del tránsito vehicular y accidentes	Encuesta sobre capacidad de carga
	Efectos al medioambiente	Efectos del crecimiento poblacional	% de la población que identifica que el crecimiento poblacional genera/no genera una mayor acumulación de residuos y basura	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el crecimiento poblacional genera/no genera contaminación de agua y suelos y pérdida de biodiversidad	Encuesta sobre capacidad de carga
		Efectos del turismo	% de la población que identifica que el turismo genera/no genera mayor acumulación de residuos y basura	Encuesta sobre capacidad de carga
			% de la población que identifica que el turismo genera/no genera contaminación de aguas y suelos, y la pérdida de biodiversidad	Encuesta sobre capacidad de carga

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de medición y el proceso de investigación realizado mediante esta tesis nos permitieron proponer una definición conceptual de la Capacidad de Carga Sociocultural en Rapa Nui, que se define como la capacidad del territorio para preservar el estado de equilibrio y vitalidad de su entorno cultural y social. Este se compone del patrimonio natural y arqueológico, expresiones artísticas culturales, actividades tradicionales, oralidad y sentido de comunidad, a partir de la interacción con figuras externas. Este equilibrio se puede lograr a partir de dos ejes: 1) establecer límites de capacidad de carga

demográfica; 2) establecer instrumentos de gestión acordes con la protección sociocultural del territorio.

En ese sentido, se define que el territorio no excede su capacidad de carga sociocultural al presentar un equilibrio en: 1) su identidad, entendida como la combinación entre la vitalidad de sus expresiones artísticas culturales, actividades tradicionales y lenguaje; 2) buen estado de conservación y bajo riesgo de daños a su patrimonio cultural y arqueológico natural; y 3) una convivencia positiva entre las diferentes culturas que circulan en el territorio.

Para alcanzar el equilibrio de la identidad rapa nui, la conservación de su patrimonio y la convivencia social, es necesario comprender los factores tanto internos como externos que interfieren en ella.

Entre algunos de los factores internos, se puede señalar que el patrimonio natural-cultural de Rapa Nui tiene una estrecha relación con su identidad, en la medida en que intervenir o explotar estos recursos interfiere en la medicina tradicional, la artesanía, la escultura y el tallado. Asimismo, el deterioro del patrimonio arqueológico provoca conflictos en la convivencia, toda vez que son responsables de ello. Asimismo, el desarrollo de actividades tradicionales, como la ganadería y la agricultura, incide en el estado de conservación del patrimonio arqueológico, ya que de alguna manera las actividades requieren del uso del suelo, y muchas veces se realiza sin la protección adecuada.

En otra línea, factores externos, como la contaminación de los recursos naturales, la producción excesiva de basura, el aumento del parque vehicular, entre otros efectos que tienen alta participación en el crecimiento poblacional, intervienen en la convivencia y modos de vida local. De la misma forma, la escasa planificación e implementación de medidas de gestión para proteger el patrimonio puede afectar su estado de conservación.

Asimismo, la pérdida de identidad —como ejemplo— provoca factores externos, a través de la repercusión en el tipo de turismo desarrollado (de intereses especiales), que interfiere de una forma u otra en el desarrollo económico local. Para comprender la magnitud de esto, es necesario enfatizar que el turismo en Rapa Nui ha sido el protagonista de su desarrollo económico y las consecuencias positivas han sido ineludibles, especialmente considerando las limitadas posibilidades de diversificación económica, debido a los obstáculos esenciales que supone su condición de isla. Por tanto, repercutir en

la modalidad de turismo desarrollado interviene en la autenticidad cultural del destino, lo que puede desencadenar tanto la turistificación del mismo como descender en un círculo vicioso que desmantele la base de la economía local, afectando la calidad de vida local.

Conclusiones

La metodología propuesta en esta investigación se basa en indicadores cuantitativos, pero ¿cuáles son las ventajas y desventajas de esto?

Los indicadores cuantitativos tienen la fortaleza de ser menos ambiguos, pero también tienen una serie de problemas asociados, como que, en general, no cuentan con información disponible, lo que supone un alto costo y tiempo para recolectar los datos necesarios. También presentan enormes dificultades para establecer estándares y umbrales en los aspectos socioculturales, ya que debido a su complejidad inherente, es imposible profundizar a través de indicadores cuantitativos. Ante lo anterior, ¿qué motiva y qué ventajas tiene el uso de indicadores cuantitativos?

La contribución de utilizar este tipo de indicadores es que permite obtener datos estadísticos desagregados, comparables y medibles en el tiempo. Esta es una ventaja crucial, que corresponde a la capacidad de implementar un modelo de gestión que permita evaluar avances y retrocesos en su implementación, mediante el establecimiento de metas claras y concisas que puedan ser evaluadas con precisión, es decir, políticas y estrategias que apuntan a un objetivo claro.

Es imposible no detectar la enorme dificultad de plantear esta metodología. Sin embargo, es importante resaltar que esta propuesta no es aplicable a otros destinos, pero tiene un objetivo claro, que es apoyar una política pública que cuenta con los recursos para levantar esta información.

Al mismo tiempo, es importante señalar que esta metodología no es capaz de recoger aspectos profundos de la identidad local, debido a la dificultad metodológica para revelar cómo impacta el crecimiento demográfico y la consolidación turística en ella, por lo que debe ser aclarado que la propuesta tiene ciertas limitaciones.

Sin embargo, el beneficio es ineludible. A partir del levantamiento de esta información es posible monitorear, por ejemplo, la

transmisión intergeneracional del lenguaje, la participación de la comunidad en manifestaciones culturales-artísticas, y así observar cuál es el comportamiento en el tiempo y cómo nos acercamos o avanzamos hacia una meta. En conclusión, esta metodología no solo define la capacidad de carga sociocultural de Rapa Nui, sino que también permite la implementación de medidas en aquellas áreas de conflicto, es decir, es un insumo significativo para impulsar un modelo de gestión.

Una vez seleccionados los indicadores, es fundamental avanzar hacia la definición de estándares y umbrales de decisión, asignar un juicio de valor a los resultados, así como definir ciertos niveles óptimos de calidad. A partir de ellos se podrá determinar la existencia o no de un problema, lo que implica un punto de referencia donde se debe desencadenar una intervención de mejora.

Como se ha explicado en esta investigación, las metodologías para medir la capacidad de carga se enfocan principalmente en el manejo recreativo de las áreas naturales protegidas, por lo que, en general, los estándares y umbrales se determinan a partir de elementos físicos y la intensidad de uso aceptable para un área específica.

En la bibliografía explorada en el estudio de referentes, ninguna se refiere a cómo definir estándares y umbrales en el campo sociocultural, sin embargo, es posible adoptar referencias asociadas a metodologías tradicionales de capacidad de carga.

Una metodología que puede usarse como ejemplo es «Límite de cambio aceptable (LAC)», una herramienta que se enfoca en identificar el límite de cambio aceptable por parte de una comunidad involucrada (Álvarez, 2010; Stankey et al., 1985), es decir, permite la construcción de umbrales a partir de la decisión de la comunidad local, aquellos actores que tienen más conocimiento del problema. Esta perspectiva debe tomarse como punto de partida para la construcción de estándares y umbrales socioculturales, con base en el reconocimiento de la comunidad local como agente decisorio.

Para concluir es necesario referir que, a la fecha de cierre de esta tesis, la construcción de estándares se encontraba en pleno desarrollo con las comunidades, y al mismo tiempo, se recolectaron los datos a partir de los instrumentos definidos en esta investigación.

Referencias

Álvarez, M. (2010). Evaluación de la capacidad de carga. Una herramienta para el manejo y la conservación de los sitios patrimoniales. Canto Rodado, 5, 221-247.

Bretlaender, D., & Toth, P. (2014). Kwanini Carrying Capacity Assessment. Informe técnico, Ministry of Information, Culture, Tourism and Sports, Pemba.

Coccossis, H. (2004). Sustainable tourism and carrying capacity: a new context. En H. Coccossis, & A. Mexa, The Challenge of Tourism Carrying Capacity Assessment (pp. 37-53). Hants, UK: Ashgate Publishing Limited.

Coccossis, H., Mexa, A., & Collovini, A. (2002). Defining, measuring and evaluating Carrying Capacity in European Tourism destinations. University of Argean, Environmental Planning Laboratory. Athens: University of Argean.

FAO. (2001). Directrices para la recopilación sistemática de datos relativos a la pesca de captura. FAO. Bangkok: FAO.

Honghua, S., Chengcheng, S., Wei, Z., Fen, L., Xiaoli, W., Yuan, C., y otros. (2016). A model to assess fundamental and realized carrying capacities of island ecosystem: A case study in the southern Miaodao Archipelago of China. Acta Oceanol, 35 (2), 56-67.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2002). Censo de Población y Vivienda 2002. INE.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). Pre-censo de Población y Vivienda 2017. INE.

López, J., & López, M. (2008). La capacidad de carga turística: revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad. El periplo sustentable, (15), 123-150.

Navarro, J. E., Tejada, M. T., Almeida, F., Cabello, J., Cortés, R., Delgado, J,. Fernández, F., Gutiérrez, G., Luque, M., Málvarez, G., Marcenaro, O., Navas, F., Ruiz, F., Ruiz, J., & Solís, F. (2012). Carrying capacity assessment for tourist destinations. Methodology for the creation of synthetic indicators applied in a coastal area. Tourism Management, 33(6), 1337-1346.

OMT. (1998). Introducción al turismo. España.

Prats, F. (2007). Sostenibilidad y Turismo, una simbiosis imprescindible. Estudios Turísticos (172-173), 13-62.

Stankey, G., Cole, D., Lucas, R., Petersen, M., & Frissell, S. (1985). The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning. Reporte técnico general INT-176, Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Ogden, Utah.

Tsunoda, T. (2006). Language endangerment and language revitalization. Berlín y Nueva York: Mouton de Gruyter.

UNESCO. (2003). Convención sobre el patrimonio inmaterial. Recuperado el 10 de julio de 2016, de Patrimonio cultural inmaterial: http://www.unesco.org/culture/ich/es/que-es-el-patrimonio-inmaterial-00003

CAPCA: sistema producto + servicio para la entrega de una plataforma de ciudad digital, enfocado en la adopción efectiva

Cala del Río[1]

Introducción

El aumento sostenido de la población mundial y las migraciones que lo acompañan son indudablemente uno de los grandes problemas de siglo XXI, debido a los efectos devastadores de la sobrepoblación para el medioambiente y el constante deterioro de la calidad de vida humana. Entidades gubernamentales alrededor del globo se han volcado a la elaboración de propuestas que permitan apaciguar los efectos de estas fluctuaciones poblacionales, buscando una vía que posibilite el crecimiento sostenible y sustentable. De esta encrucijada surgen las soluciones de tipo *smart city*, en las que «gracias al desarrollo de tecnologías ubicuas y el advenimiento del internet of things, las ciudades serán capaces de gestionar su vida de manera más eficiente y coordinada, mejorando así sus problemas

[1] Tesis para optar al título de profesional de diseñador de la Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2021.

de sustentabilidad, crecimiento urbano y participación» (como se cita en Tironi, 2019).

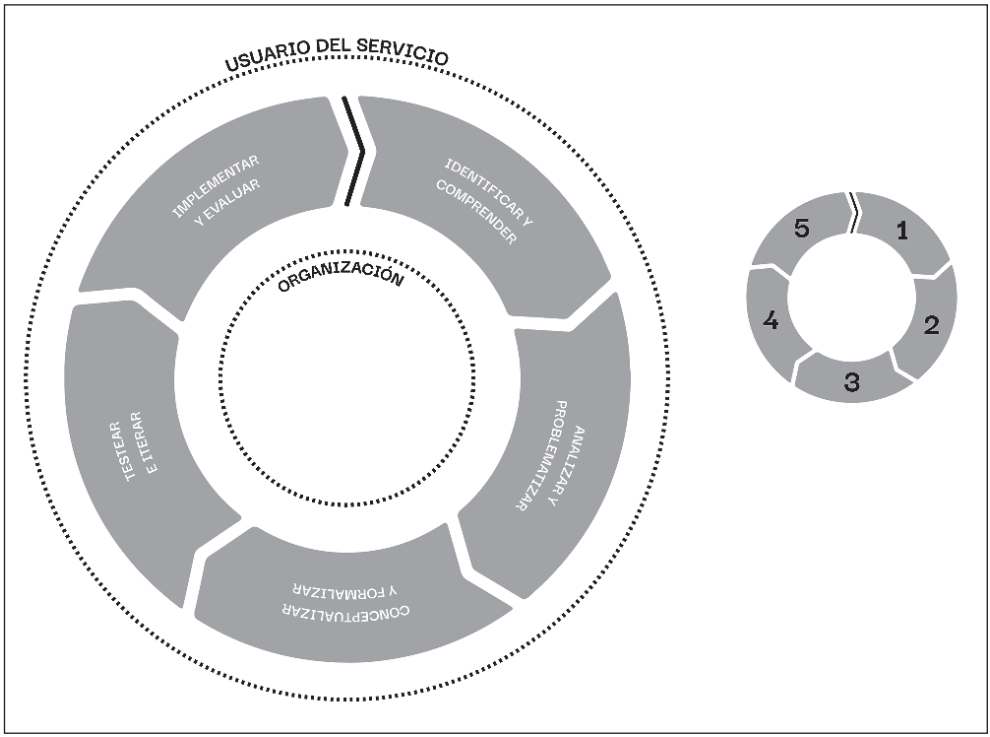
Klaus Schwab (2016) sostiene que, a largo plazo, el uso de servicios digitales en conjunto con políticas que los sustentan determinará la capacidad de prosperar de los gobiernos. Por lo tanto, es de suma importancia lograr insertar estas nuevas técnicas en la lógica de gestión de los distintos y diversos lugares del mundo. Sin embargo, hoy en día se ha establecido la percepción de los productos tecnológicos como algo inocuo, generando que los servicios de gobierno digital se reduzcan a «la solución tecnológica y dejen de lado el problema de las personas, recayendo en el solucionismo» (Martín Tironi, entrevista personal, mayo 2020). Al hacer esto, y reducir la propuesta a un producto aislado, se ignora el proceso de adaptación de las personas a él. «El cambio tecnológico está acelerándose tanto que ha subido por encima de la velocidad promedio a la que la mayoría de las personas pueden asimilar todos estos cambios» (Friedman, 2018). El ignorar estos cambios (figura 1 perjudica la adopción de las nuevas plataformas, por lo tanto, es algo que debe diseñarse de mejor manera. Además de la importancia del proceso de adaptación, como establece Mike Bracken, director del UK Government Digital Services Division, en un contexto tecnológico que avanza a la velocidad que Friedman describe, la mera compra de un producto no resuelve el problema, pues este nunca estará al día.

En este contexto, se abre una oportunidad de diseñar un sistema producto + servicio para la entrega del *software* CAPCA, donde este se convierta en un componente central pero no único, con el propósito de que se adopte efectivamente por parte de los funcionarios municipales. Diseñando desde una mirada sistémica, se busca solucionar las brechas actuales de este tipo de servicios, donde sus proveedores han asumido la autosuficiencia de los medios tecnológicos para mejorar la gestión municipal, dejando de lado la orgánica municipal, el contexto y sus limitaciones, desequilibrando los procesos de implementación y causando fallas en la adopción. De esta manera, se logrará garantizar la adopción del *software* CAPCA en los municipios y que este signifique un aporte real a la gestión municipal y la calidad de vida de los ciudadanos.

Metodología

La metodología que se utiliza para el presente proyecto se basa en «Creando valor a través del diseño de servicios», propuesta por docentes de la escuela de Diseño UC. Esta propone el desarrollo cíclico de cinco etapas, donde se busca profundizar tanto en la visión del usuario del servicio, como en aquella de la organización que lo entrega (figura 1). Con esto, se plantea que la relación diseñada entre estos dos grupos y las intervenciones bidireccionales de uno sobre otro logran transformar la realidad que los rodea. Se planifica el desarrollo de las etapas para la presente propuesta; sin embargo, el paso por estas no es lineal, sino que se itera en lo que debe rediseñarse.

Figura 1. Metodología utilizada



Fuente: Figueroa, B., Mollenhauer, K., Rico, M., Salvatierra, R., & Wuth, P. (2017).

1. *Identificar y comprender:* se revisaron entrevistas personales, grupales y talleres interactivos realizados el año 2019 con funcionarios de la municipalidad y ciudadanos de El Quisco. Además, se desarrollaron entrevistas a expertos para profundizar en estrategias y procesos de servicios de ciudad digital y de otras áreas, que pueden contribuir de manera positiva al diseño de este servicio. Paralelamente, se realizó una revisión bibliográfica extensa sobre los servicios de ciudad digital, la moral y política tecnológica, prácticas de implementación, estrategias de adopción y todo aquello que entrega la base teórica y modela la perspectiva desde donde se diseña la presente propuesta.
2. *Analizar y problematizar:* desde una mirada influenciada por la literatura revisada y el trabajo en terreno, se analiza el material y este modela los lineamientos para una futura propuesta. Problematizando la percepción de la tecnología como inocua y la importancia de su correcta inserción en los diversos contextos, se identifica la oportunidad de diseñar un servicio de ciudad digital que acompañe los aparatos tecnológicos que llevan a cabo los procesos de digitalización que favorecen a la gestión de los recursos.
3. *Conceptualizar y formalizar:* sobre la base del análisis realizado se propone una serie de atributos que caracterizan el servicio propuesto, desde los cuales se plantea una propuesta preliminar del mapa de viaje del servicio. A través de diversas instancias de diseño participativo con usuarios, se aumenta la complejidad del viaje diseñado y los distintos componentes del sistema. Siempre teniendo en cuenta los atributos con los que debe cumplir el servicio y el valor que debe representar para los usuarios del servicio y la organización que lo entrega.
4. *Testear e iterar:* de manera cíclica se testean las ideas planteadas anteriormente. Se seleccionan ciertos componentes de la propuesta para desarrollarlos a cabalidad en el contexto de este proceso de titulación. Se realizan diversos testeos con distintos prototipos para la etapa de CAPCA Learning, donde los resultados entregaban *feedback* para el rediseño de las dinámicas y herramientas.

5. *Implementar y evaluar:* a través de un *blueprint*, se planifican todas las acciones que la organización que entrega el servicio debe completar para estar preparada para la implementación de este. A pesar de que la implementación se encuentra planificada, al enmarcarse en un proceso de FONDEF mayor, la mejor opción sería llevar a cabo un piloto del sistema producto + servicio diseñado en un próximo caso de estudio, así poniendo a prueba en su totalidad el viaje diseñado.

Desarrollo del proyecto

I. Identificar y comprender

a. Identificación de actores claves

Se identifican actores claves que pueden contribuir en el proceso de diseño del sistema producto + servicio CAPCA y que también serán parte del funcionamiento de este sistema una vez terminado e implementado.

- *Ilustre Municipalidad de El Quisco:* municipalidad de un balneario turístico, la cual tiene un compromiso de trabajo con el equipo de investigación CAPCA, bajo el cual se enmarca el proyecto, y que se ha comprometido a colaborar en todo lo necesario para su realización. Los funcionarios municipales serán parte de las dinámicas de diseño participativo y prototipado.
- *Equipo CAPCA:* grupo interdisciplinario de investigadores que se han puesto a disposición del proyecto como profesionales y también como miembros del equipo que entrega el servicio digital que se propone. Por lo tanto, no solo apoyarán el proyecto desde una mirada intelectual, sino que serán parte de los testeos, talleres de diseño participativo y propuesta final como usuarios internos del servicio.
- *Socios FONDEF:* diversas entidades asociadas al FONDEF IT18I0028, las cuales entregan un aporte monetario para el proyecto y participan en instancias de *feedback* e información que complementa los avances realizados. Serán invitados a

participar de talleres informativos y entregarán retroalimentación que aporte al diseño de la propuesta. Las organizaciones son las siguientes: Subsecretaría de Desarrollo Regional (Subdere), Ministerio del Medio Ambiente, Corporación de Desarrollo Estratégico de la Provincia de San Antonio (CDSA), Universidad de Drexel, Escuela Politécnica Federal de Lausanne (EPFL) y el Plan del Hombre y la Biosfera de UNESCO.

b. Identificación y caracterización de usuarios del sistema

A continuación, se identifican y caracterizan los usuarios involucrados en el sistema. El ecosistema en el que se inscribe la propuesta tiene múltiples usuarios involucrados (figura 2), tanto de manera directa como indirecta. Aquellos que se relacionan directamente con el servicio a diseñar son los funcionarios municipales y el equipo CAPCA. Los primeros siendo quienes reciben el servicio (usuarios externos) y los segundos, aquellos que lo proveen (usuarios internos). Por otro lado, indirectamente se toma en cuenta a la comunidad de El Quisco, compuesta por los visitantes y residentes. Estos son quienes percibirán los cambios de gestión que puedan lograrse con CAPCA una vez implementado; sin embargo, no participan activamente del servicio, por lo que no se caracterizan en profundidad en esta sección.

Figura 2. Mapa del ecosistema

Fuente: Millar (2019). Adaptación propia.

Usuarios internos: equipo CAPCA

Equipo de investigadores interdisciplinarios los cuales se encuentran trabajando desde abril de 2019 en el desarrollo de la plataforma CAPCA. Anteriormente han realizado estudios de capacidad de carga y *software* en otros territorios. Son un equipo cohesionado, integrado por ingenieros, urbanistas, arquitectos y diseñadores de diversas especialidades. Se realiza el siguiente desglose sobre la base del rol que deberán asumir con los usuarios al momento de entregar el servicio, tras identificar que hay miembros del equipo más aptos para cumplir cada rol.

1. Expositores:
   ¿Que piensa? Confía mucho en CAPCA como producto y su alcance desde su propia disciplina. Es muy experto en la porción de CAPCA en la que trabaja, pero le cuesta verlo como un todo.
   ¿Que siente? Sabe que le cuesta comprender el proyecto de manera sistémica, le estresa un poco eso porque siente mucha satisfacción de trabajar en su parte del proyecto. Se siente orgulloso de ser una eminencia en su tema, pero reconoce que le falta una mirada interdisciplinar.
   ¿Que hace? Cumplen labores comunicativas centradas en la exposición lectiva e informativa y de venta del servicio, son percibidos como una autoridad informativa y creíble. Se interesa mucho en aprender lo que el resto del equipo tiene que decir. Da cátedra y es el primer *influencer* de CAPCA.
2. Facilitadores:
   ¿Que piensa? Piensa que uno de los grandes valores de CAPCA es su cercanía con la comunidad y se esfuerza por trabajar en torno a eso, siendo un apoyo para los funcionarios.
   ¿Que siente? Se siente orgulloso de CAPCA y tiene mucha esperanza de que funcione bien en las municipalidades. Está entusiasmado con ser parte de ese proceso.
   ¿Que hace? Acompaña de manera cercana a los funcionarios municipales, son aquellos que guiarán instancias participativas, responderán preguntas y serán percibidos como intérpretes del servicio digital. Se comunica con el resto del equipo para entregar estos *insights* a modo de *feedback*.
3. Back office:
   ¿Que piensa? Piensa que es su trabajo asegurar que el producto cumpla con la promesa de personalización y continuidad que el servicio ofrece.
   ¿Que siente? Se siente orgulloso de su aporte a CAPCA y que, a pesar de ser un trabajo silencioso, es importante para cumplir con los estándares.
   ¿Que hace? Realiza labores de análisis del diagnóstico, propuesta de trabajo, adecuación del *software* CAPCA y mantenimiento de este.

Usuarios externos: funcionarios municipales

Los miembros de la Municipalidad de El Quisco están comprometidos con su trabajo, se sienten miembros de la comunidad y por lo mismo sienten que son responsables de las mejoras que puedan existir en la comuna. Sin embargo, se identifica una tendencia por parte de trabajadores con contratos más longevos dentro del establecimiento, de resistencia al cambio o la forma en que se realiza el trabajo. Por otro lado, aquellos que han sido contratados hace menos tiempo tienen una mejor disposición al cambio y a la innovación.

Existe una orgánica municipal jerárquica, donde el directorio (integrado por la alcaldía, el concejo y la secretaría municipal) se encuentra en lo más alto. Estos son miembros de la municipalidad que se encargan principalmente de la toma de decisiones en cuanto a presupuesto y gestión global de la comuna. Tienen una participación de carácter más político, por ende, son el rostro de la municipalidad para la comunidad de El Quisco. Existen también diversas unidades de trabajo, las cuales incluyen tanto los servicios traspasados de salud y educación como aquellos internos de la municipalidad. Dentro de estas unidades se identifican dos grupos que refieren al orden jerárquico mencionado. En primer lugar, los jefes de unidad, quienes están a cargo de las unidades de trabajo, por lo mismo tienen la responsabilidad de que se logren las metas y actividades de cada una de ellas y de supervisar el trabajo de los miembros de su equipo. En segundo lugar, los operativos, quienes realizan el trabajo administrativo y operativo de cada unidad. Esto significa que tienen una menor carga de responsabilidad jerárquica, pero una mayor carga de trabajo. Son aquellos que tienen contacto directo con miembros de la comunidad, ya que los atienden personalmente.

1. *Directorio:* miembros de la municipalidad que se encargan principalmente de la toma de decisiones en cuanto a presupuesto y gestión global de la comuna. Tienen una participación de carácter más político, por ende, son el rostro de la municipalidad para la comunidad de El Quisco.
   ¿Que piensa? La municipalidad necesita insumos y herramientas informativas para generar procesos de gestión más contundentes. Necesitamos información fidedigna para que el gobierno regional nos d*é* el apoyo econ*ó*mico que necesitamos.

¿Que siente? Se siente presionado por la representación pública y nervioso de cumplir con lo que la comuna necesita. Se siente frustrado con el proceso de digitalización que se necesita, ya que ve muchos obstáculos.
¿Que hace? Busca constantemente asociarse con iniciativas innovadoras que contribuyan a necesidades de la comuna. Está muy pendiente e incluso presiona para que los funcionarios municipales asistan y hagan uso de las cosas nuevas que se contratan.

2. *Jefes de unidad:* están a cargo de las unidades de trabajo, por lo mismo tienen la responsabilidad de que se logren las metas y actividades de cada una de ellas y de supervisar el trabajo de los miembros de su equipo.
¿Que piensa? Hay mucho trabajo que hacer y la forma de trabajar es bien desordenada. Al final, si algo sale mal, yo soy el culpable porque represento a la unidad frente a los demás y no podemos quedar mal. Necesitamos digitalizarnos y adquirir nuevas herramientas.
¿Que siente? Mucha presión por la carga representativa de su trabajo frente a otras unidades de la municipalidad. Le asusta que piensen que no merece su cargo. Ansioso por poder llegar a las metas y por tener tiempo de hacer cosas nuevas.
¿Que hace? Supervisa el trabajo del equipo y se asegura de que todo se esté cumpliendo. Intenta motivar a su equipo a hacer cosas nuevas, recibiendo muchas veces instrucciones del alcalde. Coordina que los trabajos se hagan, tiene que esforzarse para buscar sustento informativo para los presupuestos de cada año.

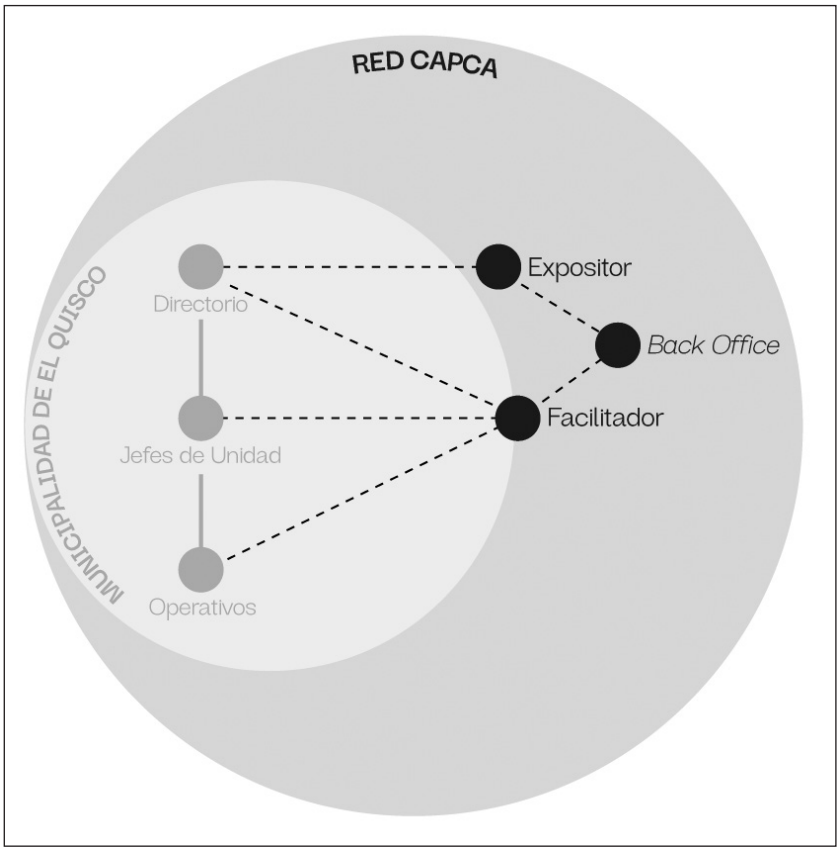
3. *Operativos:* realizan el trabajo administrativo y operativo de cada unidad. Esto significa que tienen una menor carga de responsabilidad jerárquica, pero una mayor carga de trabajo. Son aquellos que tienen contacto directo con miembros de la comunidad, ya que los atienden personalmente.
¿Que piensa? Piensan que tienen que cubrir más puestos de los que les corresponden, necesitamos optimizar los procesos. A veces los requerimientos de la comunidad no tienen

nada que ver con el trabajo de la municipalidad, pero hemos desarrollado la capacidad de escuchar porque eso necesitan.
¿Que siente? Se siente cansado y estresado, ya que siente que necesita más manos. Tiene esperanza de que se puede lograr lo que tienen en mete con los equipos, lento pero seguro. A veces le frustra el funcionamiento de la municipalidad, debido a que es poco eficiente.
¿Que hace? Hace su trabajo cotidiano, ni siquiera le da el tiempo para cambiar lo que piensa que debe cambiar. Cumple con su rutina, sigue instrucciones y después ya no le da la energía.

c. Proyección de las relaciones de los usuarios en el sistema

Conociendo la caracterización de estos usuarios, se proyectan sus relaciones dentro del sistema a diseñar (figura 3), donde el facilitador es el que está más cercano a la municipalidad incluso con un «pie» dentro de ella. Por otro lado, el expositor tiene una relación más directa con el directorio, pues es a ellos a quienes vende la propuesta y quienes toman la decisión de contratar CAPCA. Por último, el *back office* recibe el *feedback* de los miembros del equipo CAPCA para su trabajo, sin relacionarse directamente con los miembros de la municipalidad.

Figura 3. Mapa del ecosistema con relaciones dentro del sistema



Fuente: Elaboración propia.

II. Analizar y problematizar

A partir de la problemática y el diagnóstico realizado, complementado con el estudio de literatura, antecedentes, referentes y levantamiento de información en terreno, se proponen tres pilares que sustentan la presente propuesta.

- Adaptación al territorio: debe existir un hincapié importante en el diagnóstico e identificación de las particularidades de un territorio para adaptar el producto tecnológico a estos y así lograr la adopción efectiva.

- Formación y reflexión: se debe dejar de lado la enseñanza instrumental de las herramientas tecnológicas, ya que dejan de lado su poder transformador y el beneficio que pueden significar para generar soluciones creativas y relevantes para la comunidad. Generando procesos de aprendizaje basados en la reflexión y en la comprensión de las herramientas.
- Implementación como un proceso continuo: la inserción de un producto tecnológico en un sistema es un proceso continuo de desarrollo en tanto la tecnología y las habilidades de las personas para utilizarla se retroalimentan constantemente. Se debe ver como un proceso continuo de mantención que entregue y reciba un refuerzo positivo mientras dure la entrega del servicio digital.

Habiendo diseñado los pilares que guían el desarrollo del sistema CAPCA se busca comprender el carácter que este tendrá frente a sus usuarios. Para esto se invita a los usuarios internos de la propuesta (Equipo CAPCA) a participar de una sesión participativa vía *zoom*, donde se discuta qué atributos se espera que proyecte CAPCA como sistema producto + servicio. Para lo anterior se realiza una sesión participativa donde se personifica a CAPCA como sistema y se le da una identidad, lo que entrega los atributos base que guiarán el proceso de diseño de todos sus componentes.

En esta instancia se genera una conversación donde se cuestionan los límites del servicio, y la actitud de este frente a los distintos usuarios que se enfrentan a *él y a sus componentes. A pesar de entregar un producto altamente tecnológico, se* intenta generar una conexión con los usuarios que se caracteriza como la de un «médico de cabecera». Se busca flexibilidad, adaptación y acompañamiento por parte del servicio que complemente el producto que se entrega, para lograr un equilibrio que genere confianza y permita a los funcionarios municipales ver al *software* CAPCA como un insumo tecnológico para la toma de decisiones, pero de manera cercana.

El set de atributos que se define finalmente es el siguiente:

- Disponible: la propuesta debe estar a disposición del usuario para acceder y utilizar sin obstáculos.
- Adaptable: la propuesta debe ser capaz de adaptarse a distintos contextos y usuarios.

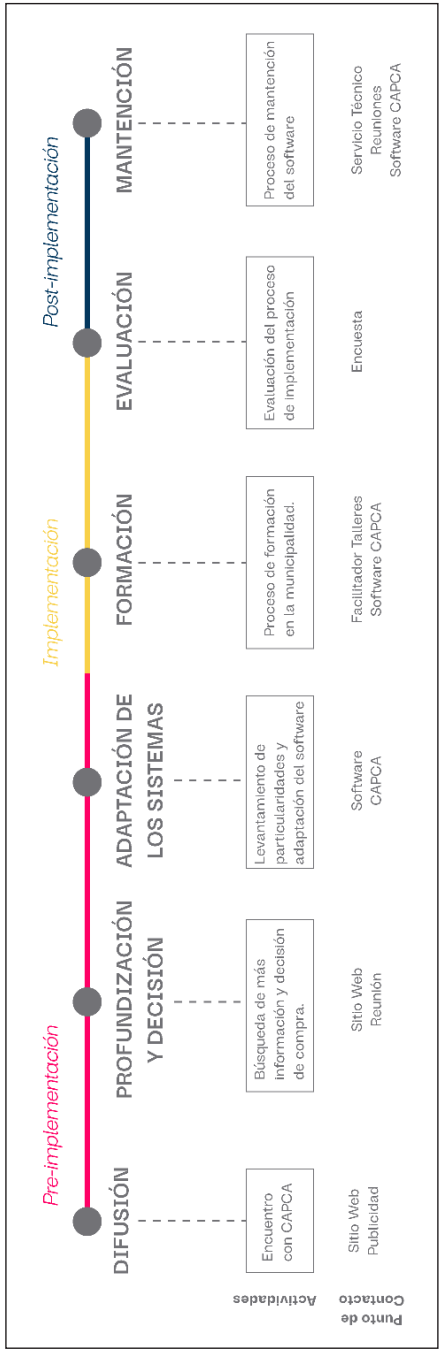
- Invita a la reflexión: la propuesta debe generar procesos de reflexión en los usuarios.
- Confiable: la propuesta es fiable y acompaña al usuario, el cual no duda de sus procesos y lo siente cercano.
- Leal: la propuesta es percibida como fidedigna, no busca engañar a los usuarios, es un apoyo.

III. Conceptualizar y formalizar

Teniendo los pilares y atributos de lo que debería lograr el sistema, se procede a diseñar un primer mapa de viaje (figura 4) que engloba el servicio completo para la entrega del *software* CAPCA. Esta primera propuesta actúa como hipótesis de lo que debe ser este sistema desde una mirada ideal, conteniendo sus pasos y actividades a grandes rasgos. Este se piensa desde la lógica de la implementación viendo el clásico paradigma preservicio, servicio y postservicio como preimplementación, implementación y postimplementación. Donde la primera etapa se focaliza en la decisión y adaptación de los sistemas, la segunda en la formación de los usuarios y la tercera de mantención y seguimiento.

Esta propuesta hipotética se pone a prueba en una sesión participativa con los usuarios internos, quienes ya han participado de procesos de entrega de herramientas digitales y conocen el debido proceso. En la sesión, sin mostrarles lo que se ha diseñado, se les invita a pensar en el proceso de antes-durante y después del encuentro de funcionarios municipales con el *software* CAPCA. Esto hace que por primera vez el equipo empiece a pensar en la estandarización de un servicio que va a englobar el proceso de entrega de este producto.

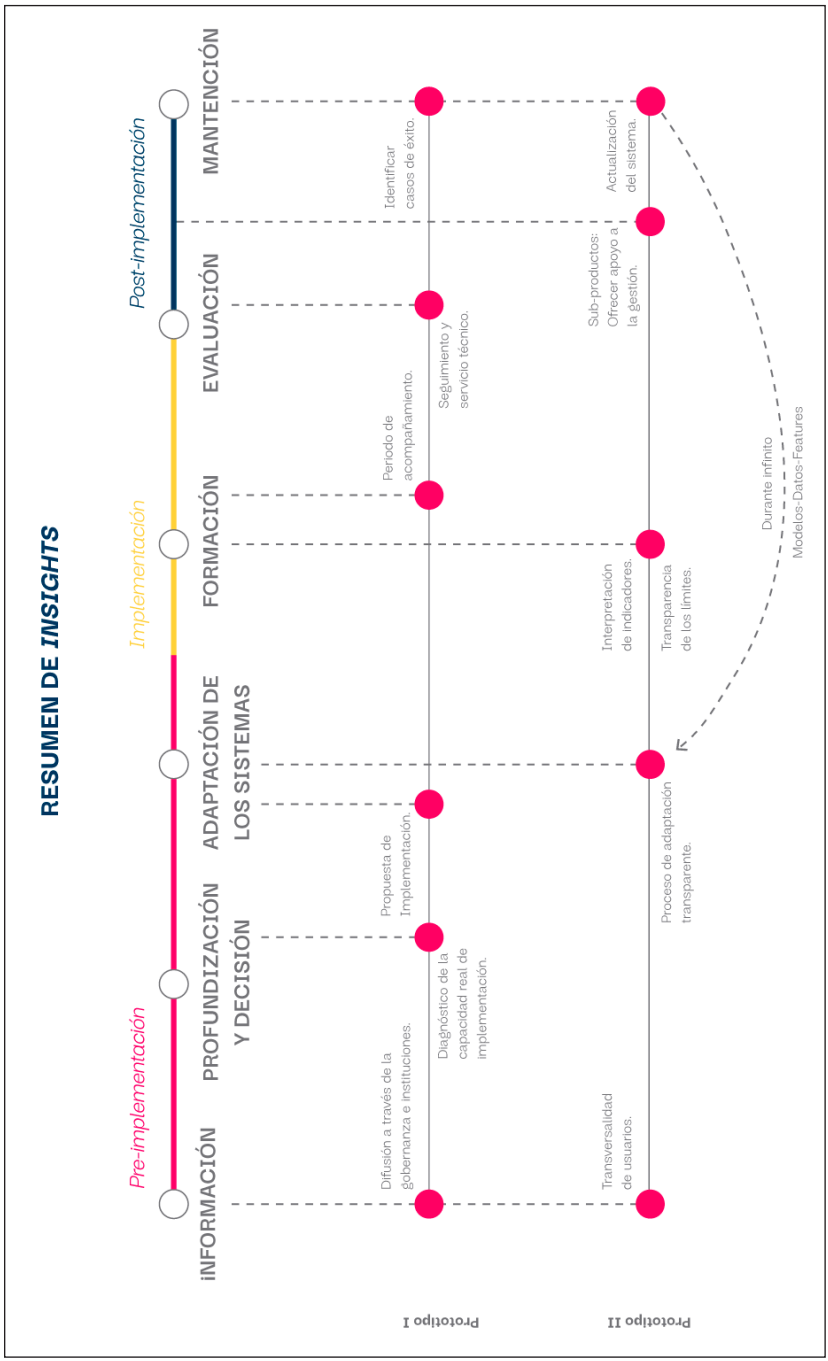
Figura 4. Mapa de viaje preliminar de la propuesta



Fuente: Elaboración propia.

Para esta sesión participativa se divide al equipo en dos subgrupos: el equipo directivo y el equipo técnico. De esta manera, se busca levantar información de las diversas perspectivas sin que el equipo técnico limite sus respuestas por la presencia del equipo directivo del proyecto y viceversa. Esta separación resulta muy útil al momento de analizar las respuestas. El equipo directivo entrega directrices de la experiencia de los usuarios en su encuentro con los componentes del servicio, y el equipo técnico ahonda más en las actividades y el flujo de estas por parte de quienes entregan el servicio, ya que son ellos mismos quienes hacen este trabajo. A continuación, se presenta un resumen de los *insights* (figura 5) recolectados en esta sesión y que se toman en cuenta para el rediseño de la propuesta.

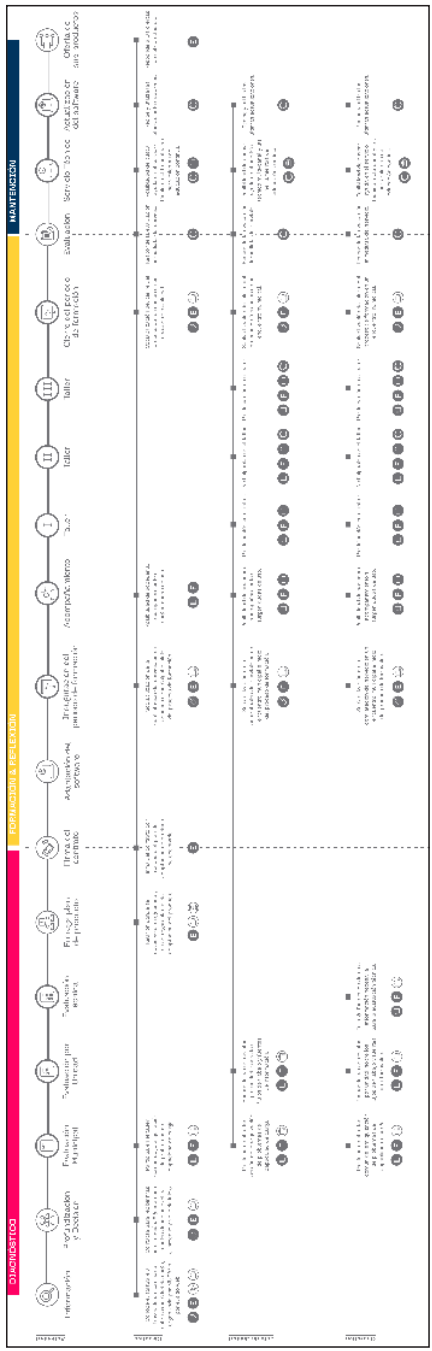
Figura 5. Sesión participativa, resumen de *insights*



Fuente: Elaboración propia

Luego de la sesión participativa, los hincapiés del equipo entregan nuevos insumos para acentuar ciertos procesos de la propuesta y rediseñar el primer acercamiento (figura 4). A partir de los descubrimientos, se definen las etapas que compondrán el viaje del usuario de manera más detallada. Se toma en cuenta la importancia del diagnóstico y agregando una propuesta de trabajo más personalizada para cada una de las municipalidades que contraten los servicios de CAPCA. Finalmente, se plantea un servicio con tres etapas: diagnóstico, formación y reflexión y mantención, cada una establece distintos procesos para relacionarse con los usuarios externos de la propuesta a través de puntos de contacto específicos. Lo que se materializa en el mapa de viaje (figura 6) a continuación:

Figura 6. Mapa de viaje CAPCA



Fuente: Elaboración propia

a. Etapa de diagnóstico

La etapa de diagnóstico comienza con el proceso de acercamiento de los usuarios con el servicio. Al ser una iniciativa de carácter pública y académica, las vías para conocer el servicio son de carácter más institucional. Es decir, seminarios, charlas u instancias de aprendizaje organizadas desde el órgano gubernamental u otros *stakeholders* del proyecto —como la asociación MUSA, por ejemplo—, donde diversas municipalidades y sus equipos directivos conocen CAPCA y se interesan en él. En estas instancias se entrega el material y *merchandising*, que permiten establecer el contacto y profundizar en el conocimiento de este servicio digital. Para complementar ese primer acercamiento, CAPCA tiene un sitio web donde se entrega más información y se puede acceder a un contacto directo con el equipo, para comenzar con el proceso de entrega del servicio. Luego viene el proceso de evaluación, el cual se diseña con respecto al aprendizaje del diagnóstico realizado en la Municipalidad de El Quisco el año 2019. Se busca que el equipo CAPCA se inserte ordenada y eficientemente en el municipio para levantar información. Así, se podrá ofrecer una propuesta de producto y plan de trabajo acordes a las necesidades y capacidades locales. Este diagnóstico se hace en tres etapas de evaluación: municipal, por unidad y técnica. En cada una de ellas se evalúa el contexto sobre la base de tres ejes temáticos fundamentales: la lógica organizacional, el alcance de los datos y los problemas de capacidad de carga. La etapa de diagnóstico culmina con un *brief* de resultados y una propuesta del producto que sea coherente y adaptable al contexto donde se inserta.

b. Etapa de formación y reflexión

Esta etapa busca adscribirse al paradigma participativo del aprendizaje, potenciando la reflexión y la participación (Dale, 1969). Esto, a través de la implementación de un ciclo de tres talleres que entreguen las herramientas reflexivas y técnicas para el manejo del *software* CAPCA. Luego del fin de estos talleres, se continúa el acompañamiento a los usuarios a través de la posibilidad de contacto con un facilitador que resuelva las dudas, quien estará disponible durante una semana. Además, se desarrollarán distintas herramientas de educación continua para que los usuarios tengan diversos canales para resolver sus inquietudes una vez terminada la etapa.

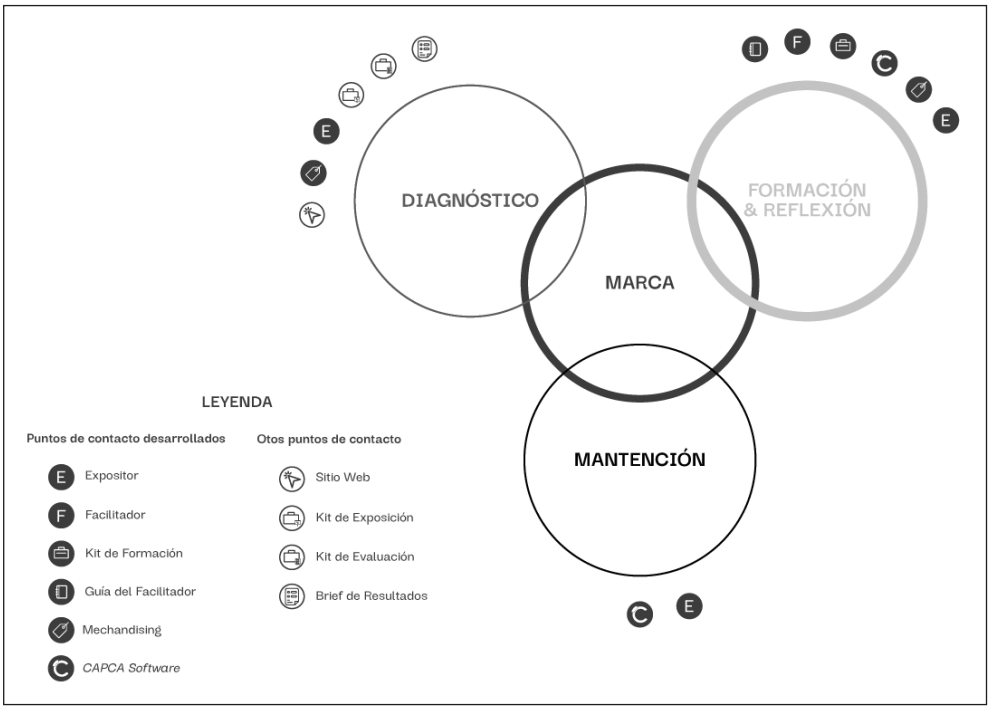
c. Mantención

La etapa de mantención busca entregar seguridad al usuario de que puede resolver sus dudas de uso de la interfaz y que el motor matemático que sustenta el producto es verosímil. Así es como se genera una etapa basada en el *feedback* constante, a través de un servicio técnico multicanal para los usuarios. Además, se desarrollan sitios de métricas de uso, donde tanto el equipo CAPCA como los directivos de la municipalidad vean el uso de CAPCA y su utilidad para las distintas unidades, todo esto a través de la plataforma misma. Este *feedback* permitirá la actualización de los modelos matemáticos, las fuentes de información y las funcionalidades de la interfaz. Al mismo tiempo, deja espacio para el ofrecimiento de subproductos o servicios por parte del equipo CAPCA, por ejemplo, apoyo en la gestión territorial.

IV. Testear e iterar

Como se puede ver en el siguiente diagrama (figura 7), el sistema de entrega para CAPCA tiene tres grandes partes, cada una de ellas con distintos objetivos y puntos de contacto. Además, se debe considerar la marca como un elemento central del proyecto, que actúa a lo largo de todo el sistema.

Figura 7. Componentes del sistema y selección



Fuente: Elaboración propia.

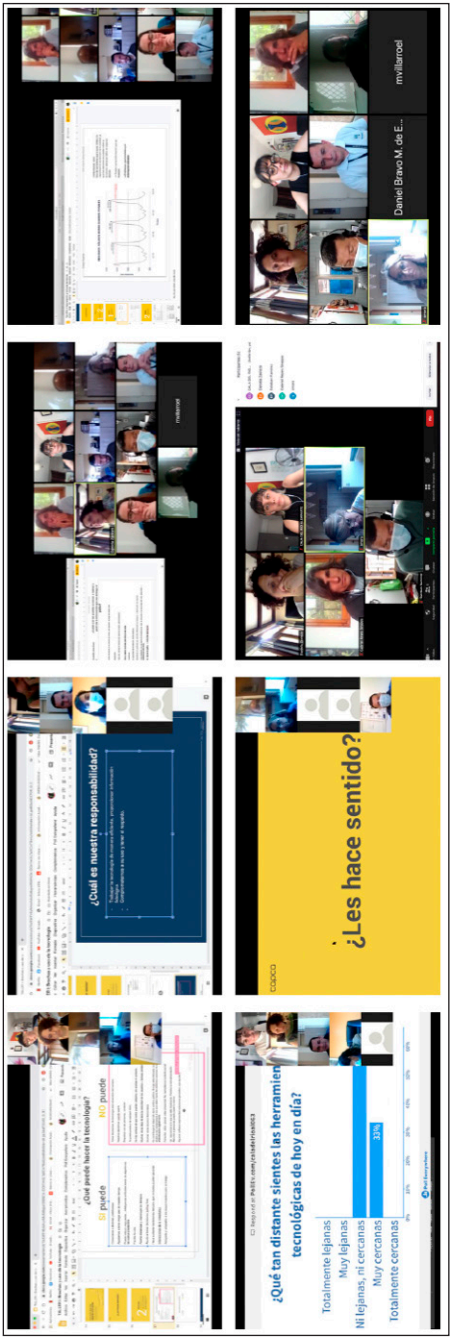
En el marco del presente proceso de titulación y desarrollo se diseña todo el sistema y sus componentes a un nivel conceptual; sin embargo, se selecciona la identidad gráfica y la etapa de formación y reflexión para desarrollar a en profundidad, llegando a procesos de prototipado y testeo para el diseño final de los puntos de contacto. Esta decisión se toma debido a la altura en la que se lleva el proceso real con el caso de estudio en El Quisco, así se lograrán diseñar y poner a prueba los componentes en un contexto real.

a. Testeo componentes etapa de formación y reflexión

Para el testeo de la etapa seleccionada y el desarrollo de sus componentes se diseña un ciclo de tres talleres que busca generar dinámicas del tipo participativo, por lo que las actividades se estructuran alrededor de tres métodos principalmente: el enseñar a otros, la práctica y la discusión grupal. Cada taller busca aportar al logro del objetivo general del ciclo, a través de la resolución de objetivos

particulares. Los tres talleres se diseñan considerando la dinámica y los instrumentos necesarios para llevarla a cabo, siguiendo una estructura base de introducción, actividades y cierre. Todo esto se pone a prueba a través del prototipado del ciclo de talleres y otros elementos con usuarios de la municipalidad (imagen 1), obteniendo *feedback* sobre los instrumentos, dinámicas y la relación con el facilitador. Luego de este proceso, se agrupan los elementos evaluados y el *feedback* de los participantes para la construcción de los puntos de contacto que se diseñarán para esta etapa.

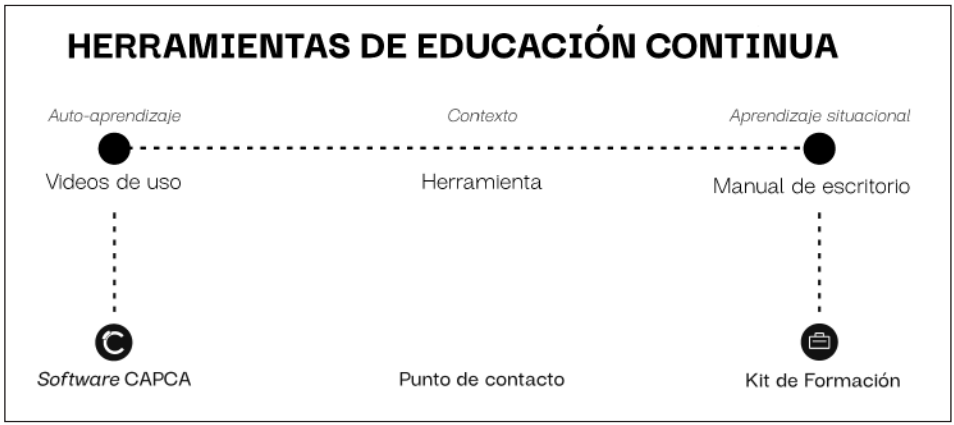
Imagen 1. Evidencia de sesiones de testeo de talleres



Fuente: Capturas propias.

Al mismo tiempo, se ponen a prueba las herramientas de educación continua que forman parte de etapa. Estas herramientas toman protagonismo luego del periodo de acompañamiento de una semana, donde habrá un facilitador disponible para resolver preguntas, ya que los usuarios se quedarán frente a la plataforma por sí solos. Estas herramientas de educación continua les ayudarán a resolver dudas o aprender cosas que quizás olviden de la plataforma, dándoles seguridad para utilizarla. Las herramientas diseñadas responden a distintos contextos de uso de los usuarios (figura 8). Por un lado, se considera un contexto de autoaprendizaje, donde un funcionario municipal no tuvo la posibilidad de asistir al ciclo de formación y reflexión. Este usuario aún tendrá la posibilidad de aprender desde cero la herramienta gracias a los videos de uso, que podrán encontrar en la plataforma misma. Por otro lado, se tiene en cuenta un contexto de aprendizaje situacional, donde el funcionario ha asistido al ciclo de formación y reflexión; sin embargo, en el uso cotidiano de la herramienta le surgen dudas y debe resolverlas con algo a la mano. Podrá resolver esta situación consultando el manual de escritorio, que tendrán disponible

Imagen 2. Imágenes de prototipos y sesiones de testeo de las herramientas de educación continua



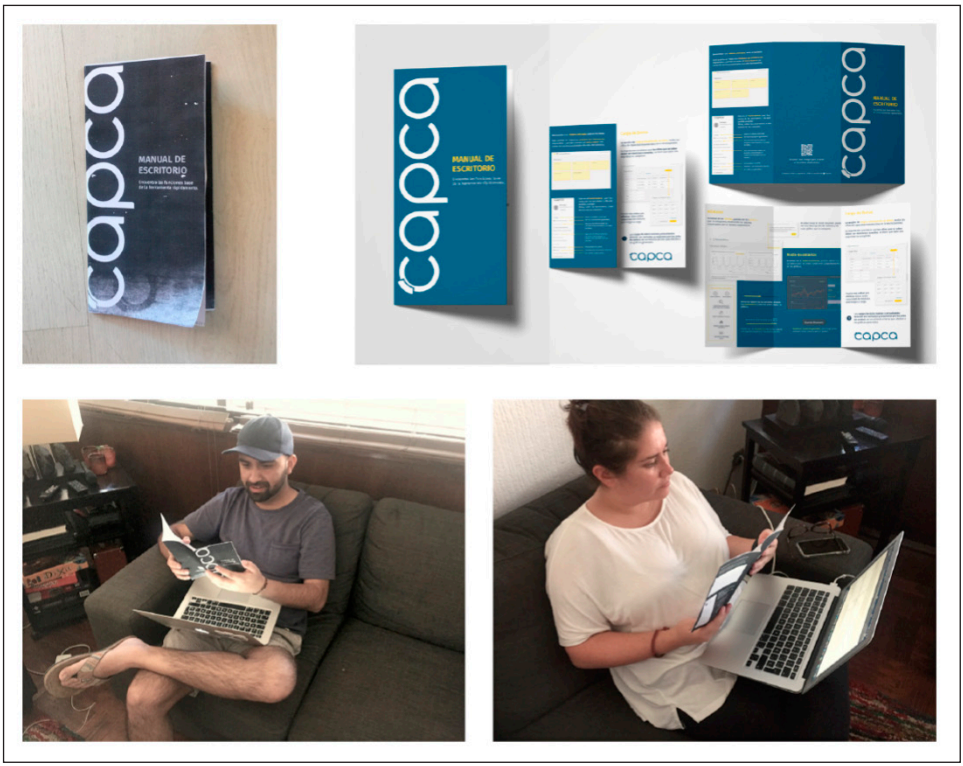
Fuente: Capturas propias.

Por un lado, el manual de escritorio busca ser un recordatorio fácil de las funcionalidades principales del *software* CAPCA al alcance de la mano. Sirve para resolver dudas, no para enseñar desde cero el uso del *software*, pues busca complementar la etapa de formación y reflexión, no reemplazarla. Además, este manual quedaría en el poder de los funcionarios, actuando como una herramienta de educación continua dentro del sistema. Se testearon prototipos con usuarios que trabajan en el sistema público y conocen este tipo de herramientas. Estos no pertenecían a la Municipalidad de El Quisco, ya que debían ver un prototipo físico, lo que se hacía imposible debido a la pandemia por Covid-19.

Por otro lado, los videos de uso buscan ser una herramienta que permita aprender desde cero el uso del *software* CAPCA. Estos son cápsulas de una duración máxima de diez minutos, en las que se explica en profundidad todos los aspectos de la plataforma como se haría en una capacitación presencial. Busca reemplazar la etapa de formación y reflexión, en caso de que los usuarios no hayan estado presentes. Estos videos estarán disponibles a través del *software* CAPCA, en la sección «¿Cómo funciona CAPCA?». Esta sección se abrirá como una nueva ventana en el buscador, así los usuarios podrán ir probando lo aprendido mientras ven el video. Se plantea una estructura general para las cápsulas de video y las estrategias comunicacionales a utilizar[2].

[2] Los videos pueden ser vistos por usuarios pertenecientes al sistema CAPCA y se encuentran disponibles en el siguiente *link*: https://www.youtube.com/playlist?list=PLdFQx9evi_zKkJFn_byQoAbCU7J-FQtiW

Imagen 3. Imágenes de prototipos y sesiones de testeo de las herramientas de educación continua .

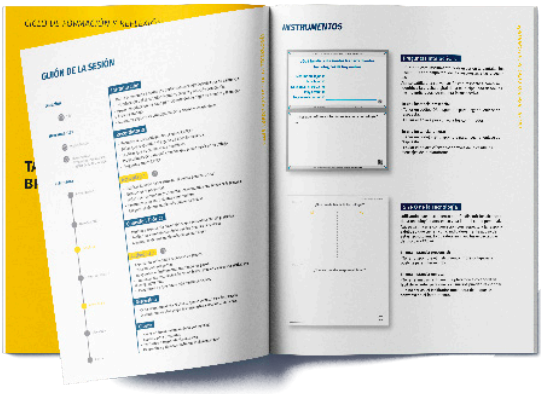


Fuente: Capturas propias.

b. Puntos de contacto desarrollados: etapa de formación y reflexión

- Kit de formación: este elemento acompaña al facilitador a través de la etapa de formación y reflexión. Consiste en un bolso que contiene todos los elementos necesarios para el desarrollo de cada taller, dando la posibilidad de utilizar las herramientas de manera presencial o virtual. Permite que el facilitador transporte los elementos del kit y otros que quiera llevar consigo, además de un posicionamiento inconsciente de la marca en el contexto. Este bolso guarda un estuche con lápices y *post-its* para las instancias presenciales, que en su cierre contiene un *pendrive* como llavero, el cual almacena todo el material digital para los talleres: las presentaciones e instrumentos. Estos instrumentos pueden utilizarse de manera digital o imprimirse para usar presencialmente, fácilmente pueden enrollarse y llevarse en el bolso. También hay una carpeta que contiene *stickers* para poner el nombre de los participantes en instancias presenciales y los manuales de escritorio que serán entregados a los participantes en el taller número tres. Esta carpeta también sirve para llevar cualquier otro documento que el facilitador porte consigo, asegurando su integridad. Por último, quedará espacio extra para llevar artículos personales o referidos a otras etapas del sistema como, por ejemplo: el kit de evaluación o la guía del facilitador.
- Facilitador: es un personaje muy importante en todo el servicio, pero sobre todo en la etapa de formación y reflexión, pues este acompaña y guía a los usuarios a través del ciclo de talleres y periodo de acompañamiento. Son miembros del equipo CAPCA que, sin importar su formación profesional, están interesados en relacionarse directamente con los usuarios del servicio, siendo cercanos y presentándose como expertos en el uso y manejo de la plataforma. Cuentan con un periodo de capacitación para alinear sus respuestas al proceso. Los facilitadores son los principales representantes de la cara cercana y cálida del sistema y, por ende, deben presentarse como apasionados por el trabajo que hacen. Estos están presentes de corrido en todo el proceso con la municipalidad, creando lazos continuos con los usuarios. Al mismo tiempo, nunca se encontrarán solos frente a un grupo de usuarios, actúan en todas las instancias en grupos de dos

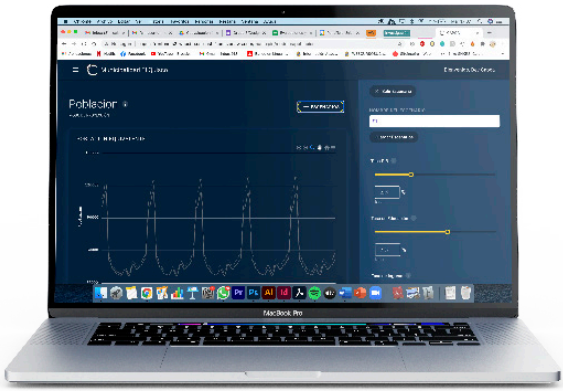
o más, así generando un apoyo interdisciplinario entre ellos que permita su total seguridad.



- Guía del facilitador: guía que se le entrega al facilitador durante su periodo de capacitación. En esta se explica la estructura del servicio y su participación como facilitadores en cada una de las etapas, desglosando las tareas que debe llevar a cabo y cómo realizarlas. Esta guía sirve como apoyo durante la capacitación y puede ser consultada en caso de dudas en cualquier momento.
- Expositor: es un personaje muy importante en todo el servicio, pero sobre todo en la primera etapa de acercamiento en el diagnóstico, cuando se debe vender el producto entregado y comunicar sus beneficios. Son miembros *senior* del equipo CAPCA, aquellos con más experiencia y que son eminencias intelectuales en temas de planificación territorial. Cuentan con un periodo de capacitación para alinear sus respuestas al proceso y la actitud de venta que deben desarrollar. Son los principales representantes de la cara inteligente y experta del sistema y, por ende, sus principales embajadores deben presentarse como fans del trabajo que hacen. Estos trabajan más que nada con miembros directivos de la municipalidad, creando lazos profesionales. Al mismo tiempo, son los encargados de guiar las instancias de socialización, muy importantes para generar una celebración de avance en el proceso haciendo partícipes a los usuarios.

- *Merchandising*: dentro del contexto del mundo público, el *merchandising* aún tiene mucho valor, pues el posicionamiento de la marca dentro de establecimientos como una municipalidad es muy importante, sobre todo para directivos, pues habla mucho de tu credibilidad como servicio. Al mismo tiempo, al trabajar con presupuestos, es vital entregar esa credibilidad para que se apruebe el trabajo desde los altos rangos. Este punto de contacto está muy presente en la primera etapa de venta del sistema, sobre todo en las instancias de conferencias donde se da a conocer CAPCA, ya que son el principal medio que habilita el contacto para la compra.

Visualización CAPCA



- CAPCA software: el *software* es el elemento central del sistema y se desarrolla fuera del contexto de titulación dentro del marco del FONDEF que lo financia. Sin embargo, es una pieza clave para el diseño del sistema, pues el propósito central es lograr su inserción. Esta plataforma entrega funcionalidades relacionadas con la visualización y proyección de datos de los servicios de la municipalidad y su relación con las fluctuaciones poblacionales. Puede ser utilizada tanto en celulares como desde computadores. Es central en la etapa de mantención, pues conecta a los usuarios con el servicio técnico multicanal y entrega el *feedback* de uso constante a la organización para la actualización de la interfaz y modelos matemáticos.

Por último, también contiene los videos de uso, herramienta de educación continua vital para la adopción del *software*.

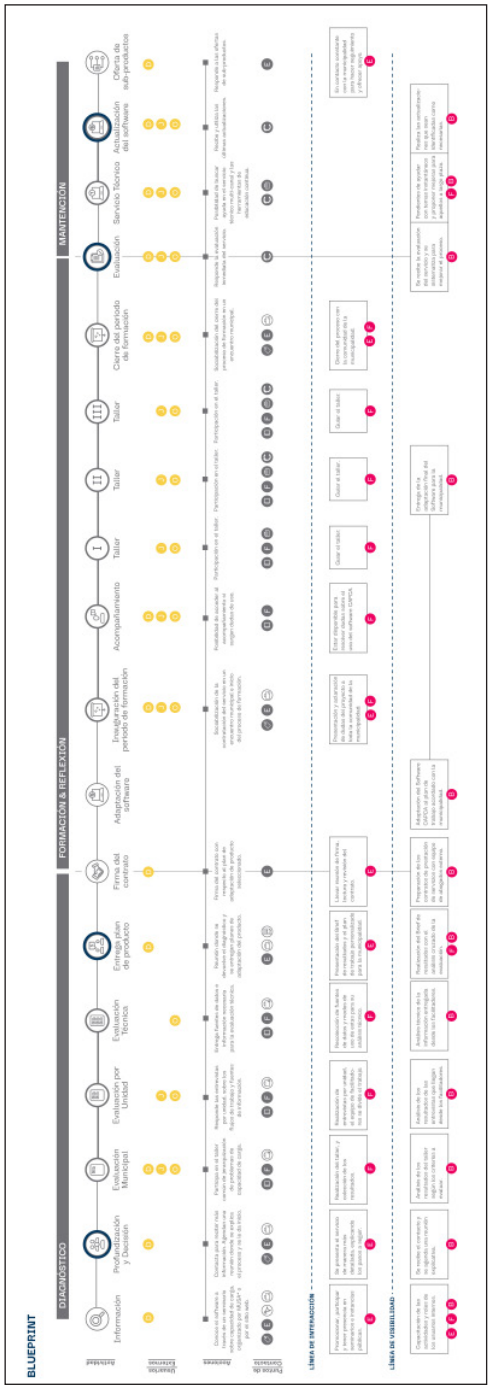
c. Puntos de contacto de las otras etapas

- Kit de exposición: este elemento acompaña al expositor a través de todo el servicio. Consiste en un bolso que contiene todos los elementos necesarios para el desarrollo de cada exposición que debe realizar. Permite que el facilitador transporte los elementos del kit y otros que quiera llevar consigo mientras posiciona la marca. Este bolso contiene: un *pendrive* tipo llavero, el cual contiene todo el material digital para cada una de las exposiciones. La guía del expositor, donde están los diálogos de cada una de las presentaciones. Tarjetas de presentación y *brochures* que presentan el servicio para entregar en cada una de las instancias de exposición y que posibilitan el contacto por parte de entidades que se interesen en conocer más, brindando información para acceder al sitio web y contacto para agendar reuniones informativas con miembros del equipo en caso de querer saber más.
- Sitio web (Capca.cl): busca presentar el servicio que se entrega. Esta página permitirá a los interesados saber más sobre el *software* y servicio de entrega y contactar al equipo para agendar una reunión informativa. La página también mostrará registro de casos de éxito del sistema, a través de testimonios personales, fotografías y cifras de uso.
- Kit de evaluación: este elemento acompaña al facilitador a través de la etapa de diagnóstico. Consiste en una carpeta con todos los elementos necesarios para la evaluación municipal, por unidad y técnica del contexto. Principalmente, estas son guías temáticas para entrevistas y talleres que se realicen y plantillas para la toma de notas y sistematización de estas, que luego hagan más fácil el proceso de interpretación para la propuesta.
- *Brief* de resultados: es un resumen de lo que se ha levantado en la etapa de diagnóstico, acompañado de un análisis y una propuesta de trabajo. Este se materializa en una presentación, la cual se muestra a los miembros directivos de la municipalidad, y un reporte escrito con el detalle de lo levantado. Permite plantear una propuesta de trabajo personalizada para cada

municipalidad, dependiendo de las capacidades de esta, su presupuesto y la urgencia con la que se necesita el programa, y así pasar al proceso de formación y reflexión mientras se adapta el *software* para su entrega.

V. Implementar y evaluar

Figura 9. *Blueprint* CAPCA



Fuente: Elaboración propia.

Para conectar la experiencia diseñada para los usuarios externos del servicio con el trabajo que hacen los usuarios internos se realiza un *blueprint* del servicio (figura 9). Esta herramienta sirve para demostrar en detalle las actividades y qué hay detrás de cada una de ellas por parte del equipo CAPCA. Es un elemento crucial a la hora de implementar el servicio, pues la organización puede evaluar con mayor precisión los costos de llevarlo a cabo. Además, se detallan ciertos momentos del servicio que son decisivos para los usuarios debido a que pueden cambiar su percepción del servicio/producto entregado, estos son catalogados como *Moments of truth* (MoT) (Stickdorn, Hormess, Lawrence, & Schneider, 2018). Conocer cuáles son estos puntos es esencial para la organización que entrega el servicio, pues sabe que son momentos decisivos para la experiencia del usuario y que se debe limitar el margen de error.

Conclusiones

Este proyecto nace desde el estudio y desarrollo de nuevas tecnologías de la información para el apoyo a la gestión gubernamental, y de cómo estas necesitan de un sistema que logre su inserción efectiva en contextos como el chileno, para así lograr el aporte que prometen a la ciudadanía. La adopción de productos como CAPCA puede ser decisiva en el enfrentamiento al futuro, ya que permiten una inversión mucho m*á*s efectiva y sostenible de recursos que pueden mejorar tanto nuestra calidad de vida como el estado del medioambiente. Sin embargo, verlos como productos solamente es algo que ha quedado atrás y tiene como consecuencia el aumento de la brecha digital, la desacreditación y el rechazo del producto mismo.

Chile es un país donde la brecha digital llega a ser enorme, sobre todo en lugares alejados de la capital. Entornos turísticos como el del presente caso de estudio —El Quisco— presentan grandes dificultades al adoptar nuevas herramientas digitales. Paradójicamente, al depender económicamente del turismo, estos nuevos productos podrían contribuir de manera sustancial al desarrollo de estos territorios, por lo que se debe apuntar a generar sistemas integrales que permitan mantener el ecosistema que sustente el avance tecnológico. La entrega de servicios de apoyo digital a la gestión para gobiernos locales va a ser cada vez más necesaria debido al fenómeno de sobrepoblación al que nos enfrentamos, y el

acceso a estos debe dejar de depender de la capacidad presupuestaria autónoma de los municipios. Mike Bracken, director ejecutivo del área digital del gobierno inglés el año 2011, sostiene que se debe cambiar la lógica de las concesiones por el desarrollo interno de equipos multidisciplinarios financiados amparados por la ley, que trabajen constantemente el desarrollo de servicios que respondan a las necesidades de los ciudadanos y las entidades gubernamentales. Solución que, además de ser menos costosa para los gobiernos, ha probado ser exitosa (Bracken, 2019). Se busca que CAPCA sea un actor importante en lograr este cambio de paradigma, haciendo que el valor de estos sistemas sea percibido de primera fuente por sus usuarios, y que se exija la protección e implementación de estos desde la política pública. Así, hacer que los servicios de apoyo digital para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos sea una prioridad política de los gobiernos de turno. Luego de esto, se podrá integrar al equipo CAPCA a esta lógica de trabajo público, para desarrollar no solo CAPCA sino otros proyectos de carácter interdisciplinario a partir de las necesidades de las personas.

Desde el diseño, se logran transformar realidades complejas como esta, a través de la modelación de soluciones sistémicas. El presente proyecto de título busca ser el punto de inicio de la vida de CAPCA como sistema integral, y su aporte a territorios como El Quisco. Sabiendo que queda mucho camino por recorrer, se sienta una base para comprender cómo *softwares* como CAPCA pueden ser adoptados desde una lógica local que permita su real funcionamiento. Planteando la colaboración y coordinación de aquellos usuarios que entregan este nuevo servicio con funcionarios municipales, generando un trabajo en conjunto y personalizado que busca desafiar la brecha digital. Probando que, como diseñadores, no solo pertenecemos al mundo de las cosas bellas, sino que también podemos generar aportes sustanciales a la sociedad desde esta área.

Referencias

Libros

Bauman, Z., & Mosquera, A. S. (2013). Vida líquida. México: Paidós.
Calvino, I. (1972). Las Ciudades Invisibles. Madrid, España: Editorial Siruela.
Friedman, T. (2018). Gracias por llegar tarde: Cómo la tecnología, la globalización y el cambio climático van a transformar el mundo los próximos años. México: Paidós.
Han, B.-C. (2012). La sociedad de la transparencia. Madrid, España: Editorial Herder.
Reason, B., Løvlie, L., & Flu, M. B. (2016). Service design for business: A practical guide to optimizing the customer experience. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
Schwab, K. (2016). La Cuarta Revolución Industrial. n.d. Editorial Debate.
Stickdorn, M., Hormess, M. E., Lawrence, A., & Schneider, J. (2018). This is service design doing: Applying service design in the real world: A practi-tioner's handbook. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

Estudios y publicaciones académicas

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performan-ce, and initiatives. Journal of Urban Technology, 22(1), 3-21. https://doi.org/10.1080/10630732.201 4.942092
Andreani, S., Kalchschmidt, M., Pinto, R., & Saye-gh, A. (2019). Reframing technologically enhanced urban scenarios: A design research model towards human centered smart cities. Technological Fore-casting and Social Change, 142(October 2018), 15-25. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.028
Ángel, P. y Medina, J. I. (2019). Informe de Exigencias: Brecha Digital. PDF.
Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. Cities, 47, 95-106. https://doi. org/10.1016/j.cities.2015.05.004
Appio, F. P., Lima, M., & Paroutis, S. (2019). Understanding Smart Cities: Innovation ecosys-tems, technological advancements, and societal challenges. Technological Forecasting and Social Change, 142(December 2018), 1-14. https://doi. org/10.1016/j.techfore.2018.12.018
Buchanan, R. (1992). Wicked Problems in Design Thinking. Design Issues, 8(2), 5-21. doi:10.2307/1511637
Dale, E. (1969). Audio-Visual Methods in Teaching, Third Edition. New York: Holt Rinehart & Winston.

Figueroa, B., Mollenhauer, K., Rico, M., Salvatie-rra, R., & Wuth, P. (2017). Creando valor a través del Diseño de Servicios. Santiago, Chile: Escuela de Diseño PUC. http://www.dsuc.cl/pdf/Crean-do-valor-a-traves-del-Diseno-de-Servicios-DSUC. pdf?pdf=Publicacion

Forlano, L. & Mathew, A. (2014). From Design Fiction to Design Friction: Speculative and Partici-patory Design of Values-Embedded Urban Technology. Journal of Urban Technology, 21(4), 7-24, DOI: 10.1080/10630732.2014.971525

Hepp, C. (2019). Escuela sin fronteras (Memoria de título). Escuela de Diseño, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Hornborg, A. (2014). Technology as Fetish: Marx, Latour, and the Cultural Foundations of Capita-lism. Theory, Culture & Society, 31(4), 119-140. https://doi.org/10.1177/0263276413488960

Kitchin, R. (2013)- The real-time city? Big data and smart urbanism. GeoJournal, 79, 1-14. DOI 10.1007/s10708-013-9516-8

Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. Journal of Marketing, 68(1), 1-17. https://doi.org/10.1509/jmkg.68.1.1.24036

Negrete, S. & Wuth, P. (2020). Qué es Diseño [Material del aula]. Design Bootcamp, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Marler, J. H., Fisher, S. L., & Ke, W. (2009). Employee Self-Service Technology Acceptance: A Comparison of Pre-Implementation and Post-Im-plementation Relationships. Personnel Psychology, 62(2), 327-358. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2009.01140.x

Manzini, E., & Vezzoli, C. (2002). Product-Service Systems And Sustainability. Opportunities For Sustainable Solutions. Paris: Unep, N. 254.

Meadows, D. (1999). Leverage Points: Places to Intervene in a System. The Sustainability Institute. Hartland, EE.UU. http://donellameadows.org/wp-content/userfiles/Leverage_Points.pdf

Millar, E. (2019). Ilustración del mapa de actores. [Figura]. PDF: Presentación Seminario de Título.

Ontiveros, E., Vizcaíno, D., & López Sabater, V. (2017). Las ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenible. Madrid, España. Claves de la actualidad: Fundación telefónica, (71).

Portal Valenzuela, B. F., Espinoza Ramírez, J. C., & Carreño Zúñiga, M. (2014). Impacto de la demanda de un turismo social en la sustentabilidad de la actividad en el balneario de El Quisco, Instituto de Geografía UNAM, Provincia de San Antonio-Chile.

Stamm, C., Guzmán, P., Moris, R., & Chávez, M. (2019). Serie taller integrado de planificación en el litoral central/El Quisco-Isla Negra.

Tironi, M. (2019). Experimenting with the urban: Politics, discourses and practices of the smart city and datification. Athenea Digital. Revista de pensamiento e investigación social 19(2), n.d.

Tukker, A. (2004). Eight Types Of Product–Service System: Eight Ways To Sustainability? Experiences From Suspronet. Business Strategy And The Envi-ronment, 13(4), 246-260.

Web

Adrián, P., Guzmán, I., & Larraín, E. (16 de abril, 2020). El embrujo de la techno-fetichización. [Blog: Sociedad digital e innovación sostenible] Recuperado de: http://socdigital.innovacionsostenible. cl/2020/sociedad-digital/el-embrujo-de-la-tec-no-fetichizacion/

Algarrobo Digital (2018). Conozca cu*á*l es la población actual de Algarrobo: completo reportaje exclusivo. Algarrobo, Chile: Algarrobo Digital. Retirado de: https://www.algarrobodigital.cl/2018/05/conozca-cual-es-la-poblacion-actual-de.html.

Bracken, M. (2019, October 21). Tech will not solve Public Service [Interview by 1083742174 822850259 U. Dubgaard]. Retirado November 26, 2020: https://danskdesigncenter.dk/en/tech-wi-ll-not-solve-public-service

Cox, F., & Munchmeyer, F. (15 de abril, 2020). La cuarta revolución industrial en el contexto de América latina. [Blog: Sociedad digital e innovación sostenible] Recuperado de: http://socdigital.inno-vacion-sostenible.cl/2020/sociedad-digital/la-cuar-ta-revolucion-industrial-en-el-contexto-de-ameri-ca-latina/

Digital Adoption Team (2020). Drive Adoption with This 7-Point Product Adoption Strategy. n.d: Digital Adoption. Retirado de: https://www.digi-tal-adoption.com/product-adoption-strategy/

INE (2017). Censos de Población y Vivienda 2002 y 2017. Santiago: Instituto Nacional de Estadística.

McManus, Dale. [createaprowebsite].(2020). How to create a personal / portfolio website. [archive de video] Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=k89DkBB-49s

ONU (16 de mayo, 2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Naciones Unidas: Departamento de asuntos económicos y sociales. Recuperado de: https://www.un.org/development/desa/es/news/popula-tion/2018-world-urbanization-prospects.html

Young Choi, A. (2020). Understanding De-sign-based Learning (DBL) for teaching Z-Gen learners as Design Education in the 21st Century. Teaching Designers Aliance. (9 de marzo 2020) Recuperado de: http://www.teachingdesigners. org/design-education-in-the-21st-century/

Referencias

Abernethy, V. D. (2001). Carrying capacity: The tradition and policy implications of limits. Ethics in Science and Environmental Politics, 1(1), 9-18. https://doi.org/10.3354/esep001009

Agencia Europea de Medio Ambiente. (1998). Medio ambiente en Europa.

Alarcón, A (2020). Limpieza de playas. ¿Quién, cómo y dónde? Estrategias de recolección y gestión de basura marina en la zona costera de El Quisco Chile. Tesis para optar al título de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Almeida-García, F., Peláez-Fernández, M. Á., Balbuena-Vázquez, A., & Cortés-Macias, R. (2016). Residents' perceptions of tourism development in Benalmádena (Spain). Tourism Management, 54(April 2018), 259-274. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.11.007

Alvarez-Diaz, M., Ghisetti, C., Pontarollo, N., & Dijkstra, L. (2018). The determinants of population growth.

Amer Fernández, J. (2009). Los Debates Sobre La Percepción Social Del Turismo En Las Islas Baleares. Nimbus, 23-24, 5-23.

Ángel, P. (2017). Capacidad de carga sociocultural: una propuesta metodológica para medir el impacto del crecimiento demográfico sobre el pueblo Rapa Nui. In UC. PUC.

Arnold, M., & F. Osorio. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, 3. https://www.redalyc.org/pdf/101/10100306.pdf

Baby, S. (2014). Assessing morphological landscape carrying capacity for coastal areas in Kuwait. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 43(8), 1500-1512.

Baldacchino, G. (2020). How far can one go? How distance matters in island development. Island Studies Journal, 15(1), 25-42. https://doi.org/10.24043/isj.70

Baños, J., & Vera, J. (2004). Turismo, territorio y medio ambiente. La necesaria sostenibilidad. Papeles de Economía Española, 102, 271-286.

Baños-González, I., Martínez-Fernández, J., & Esteve-Selma, M. Á. (2013). Dynamic simulation of socio-ecological Systems: sustainability in Biosphere Reserves. Ecosistemas, 22(3), 74-83. https://doi.org/10.7818/ecos.2013.22-3.11

Bargaoui, S. A., Liouane, N., & Zouheir Nouri, F. (2014). Environmental Impact Determinants: An Empirical Analysis Based on the STIRPAT Model. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 109(2), 449-58.

Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Hasse, D., & Gómez-Baggethun, E. (2016). Mapping Ecosystem Service Capacity, Flow and Demand for Landscape and Urban Planning: A Case Study in the Barcelona Metropolitan Region. Land Use Policy, 57, 405-17.

Bergamini, K., Moris, R., Ángel, P., Zaviezo, D., & Gilabert, H. (2021). Demographic carrying capacity model: A tool for decision-making in Rapa Nui. Island Studies Journal, June 2019, 1-20. https://doi.org/10.24043/isj.156

Berke, P., & Conroy, M. (2000). Are We Planning for Sustainable Development?: An Evaluation of 30 Comprehensive Plans. Journal of the American Planning Assocation, 66, 21-33. 10.1080/01944360008976081.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2007). Historia de la Ley 20.573. Reforma Constitucional sobre territorios especiales de Isla de Pascua y Archipiélago Juan Fernández. Santiago de Chile.

Bishop, A. B. (1974). Carrying Capacity in Regional Environmental Management. Vol. 1. US Government Printing Office.

Blanco G., R. Gerlagh, S. Suh, J. Barrett, H. C. de Coninck, C. F. Diaz Morejon, R. Mathur, N. Nakicenovic, A. Ofosu Ahenkora, J. Pan, H. Pathak, J. Rice, R. Richels, S. J. Smith, D. I. Stern, F. L. Toth, & P. Zhou (2014). Drivers, Trends and Mitigation. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Botero, C., Hurtado, Y., González Porto, J., Ojeda M., & Díaz Rocca, L. (2008). Metodología de cálculo de la capacidad de carga turística como herramienta para la gestión ambiental y su aplicación en cinco playas del caribe norte Colombiano. Gestión y Ambiente Volumen, 11(3).

Boumans, R., Roman, J., Altman, I., & Kaufman, L. (2015). The multiscale integrated model of ecosystem services (MIMES): Simulating the interactions of coupled human and natural systems. Ecosystem Services, 12, 30-41. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.004

Bretlaender, D., & Toth, P. (2014). Kwanini Carrying Capacity Assessment Investors Government Guests Kwanini People Workforce. September.

Brown, T. A. (2011). Revisiting Tourism Carrying Capacity as a Brilliant Blend of Conservation and Visitor Experience Values. Prospects for Fraser Island, 962-966.

Buckley, R. (1999). An ecological perspective on carrying capacity. Annals of Tourism Research, 26(3), 705-708. https://doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00013-4

Bush, J., & Doyon, A. (2019). Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities*, 95. 10.1016/j.cities.2019.102483.

Byron, C., Link, J., Costa-Pierce, B., & Bengtson, D. (2011). Calculating ecological carrying capacity of shellfish aquaculture using mass-balance modeling: Narragansett Bay, Rhode Island. Ecological Modelling, 222(10), 1743-1755. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.03.010

Carrascal. E., & Pérez Villegas, G. (1998). Ocupación territorial y deterioro ambiental ocasionado por la expansión urbano-turística en Acapulco, Guerrero. Investigaciones Geográficas Boletín N°37.

Centre of Excellence Integrated Landuse Planning and Water Resources Management (ILPWRM) (2012). Urban Carrying Capacity concept & calculation. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Guwahati.

Chatterjee, A., & Chatterjee, S. (2016). Sustainable Metropolitan Development Using Carrying Capacity as a Tool: A Case of Mumbai Metropolitan Region, India. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 3(4), 32-35.

Chen, J., Zeng, M., & Duam, Y. (2011). Regional carrying capacity evaluation and prediction based on GIS in the Yangtze River Delta, China. International Journal of Geographical Information Science, 25(2), 171-190. https://doi.org/10.1080/13658816.2010.495075

Cifuentes, M., Mesquita, C., Méndez, J., Morales, M., Aguilar, N., Cancino, D., & Turcios, M. (1999). Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica. https://doi.org/10.1109/FSKD.2012.6234247

Cifuntes, M. (1992). Determinación de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas.

Coccossis, H. (2004). Sustainable tourism and carrying capacity: a new context. In H. Coccossis & A. Mexa (Eds.), The Challenge of Tourism Carrying Capacity Assessment (pp. 37-53). Ashgate Publishing Limited.

Cócola Gant, A. (2016). Apartamentos turísticos, hoteles y desplazamiento de población. Informe para el debate sobre el nuevo Plan Especial Urbanístico de Regulación de los Alojamientos Turísticos. Barcelona, febrero 2016. Disponible en: www.agustincocolagant.net

Cohen, J. (1995). Population growth and earth's human carrying capacity. *Science*, 269(5222), 341-346. https://doi.org/10.1126/science.7618100

Dan-lin, Y., & Han-ying, M. (2002). Regional carrying capacity: case studies of Bohai Rim area. Journal of Geographical Sciences, 12(2), 177-185. ISSN:1009-637X

Dias e Cordeiro, I., Körössy, N., & Fragoso Selva, V. (2012). Determinación de la capacidad de carga turística: El caso de Playa de Tamandaré-Pernambuco-Brasil. Estudios y Perspectivas en Turismo, 21(6), 1630-1645.

Echamendi, P. (2001). La capacidad de carga turística. Aspectos conceptuales y normas de aplicación. Anales de Geografía de la Universidad complutense, 21, 11-30.

Fang, C., Zhou, C., Gu, C., Chen, L., & Li, S. (2017). A proposal for the theoretical analysis of the interactive coupled effects between urbanization and the eco-environment in mega-urban agglomerations. Journal of Geographical Sciences, 27(12), 1431-1449. https://doi.org/10.1007/s11442-017-1445-x

Ganivet, E. (2020). Growth in human population and consumption both need to be addressed to reach an ecologically sustainable future. Environment, Development and Sustainability, 22(6), 4979-4998. https://doi.org/10.1007/s10668-019-00446-w

Gómez Bruna, D., & Martín Duque, C. (2019). Los impactos del turismo en España: diferencias entre destinos de sol y playa y destinos de interior. Cuadernos de Turismo, 43, 325-347. https://doi.org/10.6018/turismo.43.13

Grant, J., Curran, K. J., Guyondet, T. L., Tita, G., Bacher, C., Koutitonsky, V., & Dowd, M. (2007). A box model of carrying capacity for suspended mussel aquaculture in Lagune de la Grande-Entrée, Iles-de-la-Madeleine, Québec. Ecological Modelling, 200(1-2), 193-206. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.07.026

Graymore, M. L. M., Sipe, N. G., & Rickson, R. E. (2010). Sustaining Human Carrying Capacity: A tool for regional sustainability assessment. Ecological Economics, 69(3), 459-468. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.016

Hernández, M. (2000). Turismo y medio ambiente en ciudades históricas. De la capacidad de acogida turística a la gestión de los flujos de visitantes. Anales de Geografía de la Universidad Complutense,, 20, 131-148.

Hoffmann, C. (2019). Estimating the Benefits of Adaptation to Extreme Climate Events, Focusing on Nonmarket Damages. Ecological Economics, 164, 106250.

Ibáñez, F. (2021). ¡Nos llenamos de gente!... clasificación de comunas chilenas según su criticidad por efectos de la capacidad de carga territorial en periodos de mayor población flotante. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Ilustre Municipalidad de Isla de Pascua. (2019). Rapa Nui Plan de Desarrollo Comunal 2019-2024.

Instituto Nacional de Estadísticas (1982). Censo de Población y Vivienda 1982. INE.

Instituto Nacional de Estadísticas (1992). Censo de Población y Vivienda 1992. INE.

Instituto Nacional de Estadísticas (2002). Censo de Población y Vivienda 2002. INE.

Instituto Nacional de Estadísticas (2014). Actualización de Población 2002-2012 y proyecciones 2013-2020. INE.

Instituto Universitario de Geografía Universidad de Alicante. (2001). Planificación y gestión del desarrollo turístico sostenible: propuestas para la creación de un sistema de indicadores.

Jiménez, J. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología y Aplicaciones. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, ISSN-e 1575-605X, Nº. Extra 1, 2002 (Ejemplar dedicado a: Serie Monografías. Toma de decisiones con criterios múltiples), págs. 28-77.

Jurowski, C., & Gursoy, D. (2004). Distance effects on residents' attitudes toward tourism. Annals of Tourism Research, 31(2), 296-312. https://doi.org/10.1016/j.annals.2003.12.005

Kang, P., & Xu, L. (2010). The urban ecological regulation based on ecological carrying capacity. Procedia Environmental Sciences, 2, 1692-1700. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.180

Kennell, J. (2016). Carrying capacity. In J. Jafari & H. Xiao (Eds.), Encyclopedia of Tourism (pp. 133-135). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01384-8_24

Kessler, J. J. (1994). Usefulness of the human carrying capacity concept in assessing ecological sustainability of land-use in semi-arid regions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 48(3), 273-284. https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90109-0

Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. Science of the Total Environment, 754, 142222. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142222

Klaric, Z., Mangion, M., Satta, A., & Travis, A. (2003). Guide to Good Practice in Tourism Carrying Capacity Assessment. Split: PAP/RAC, 44.

Ko, D. W., & Stewart, W. P. (2002). A structural equation model of residents' attitudes for tourism development. Tourism Management, 23(5), 521-530. https://doi.org/10.1016/S0261-5177(02)00006-7

Labortorio de Innovación Pública (Lipuc). (2017). La co-producción del usuario en los servicios públicos. (Vol. 1).

Lane, M. (2010). The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. Land Use Policy, 27(4), 1038-1045. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.01.006

Lin, S., Zhao, D., & Marinova, D. (2009). Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. Environmental Impact Assessment Review, 29(6), 341-347. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.01.009

Liu, R. Z., & Borthwick, A. G. L. (2011). Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. Journal of Environmental Management, 92(8), 2047-2053. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.033

López Bonilla, J. M., & López Bonilla, L. M. (2008). La capacidad de carga turística: Revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad. El Periplo Sustentable, 15, 123. https://doi.org/10.21854/eps.v0i15.938

Maldonado, C. (2006). Turismo y comunidades indígenas: Impactos, pautas para autoevaluación y códigos de conducta. In Redturs. http://www.ilo.int/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/publication/wcms_117521.pdf

Malthus, R. (1798). Primer Ensayo Sobre la Población. In Primer ensayo sobre la población (pp. 40-277). https://doi.org/10.2146/060258

Manning, D. T., Taylor, J. E., & Wilen, J. E. (2018). General equilibrium tragedy of the commons. Environmental and Resource Economics, 69(1), 75-101.

Manteiga, L. (2000). Los Indicadores Ambientales Como Integración En Otras Políticas. Estadística y Medio Ambiente, 1-11.

Martínez Vega, J., Echavarría Daspet, P., González Cascón, V., & Martínez Cruz, N. (2009). Propuesta metodológica para el análisis de la sostenibilidad en la Provincia de Cuenca. Boletín de La A.G.E., 49, 281-308.

McKeon, G. M., Stone, G. S., Syktus, J. I., Carter, J. O., Flood, N. R., Ahrens, D. G., Bruget, D. N., Chilcott, C. R., Cobon, D. H., Cowley, R. A., Crimp, S. J., Fraser, G. W., Howden, S. M., Johnston, P. W., Ryan, J. G., Stokes, C. J., & Day, K. A. (2009). Climate change impacts on northern Australian rangeland livestock carrying capacity: A review of issues. Rangeland Journal, 31(1), 1-29. https://doi.org/10.1071/RJ08068

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The limits to Growth. Universe Books.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2007). Guía práctica para calcular requerimientos cuantitativos y cualitativos de vivienda mediante información censal. https://bit.ly/3dJnrsp.

Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2018). Ley 21070 regula el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de Isla de Pascua.

Moreno, M., & Becerra, J. (2012). Estudio y análisis de Sistemas Dinámicos.

Moris, R., Bergamini, K., Gilabert, H., Culagovski, R., Zaviezo, D., Medina, J. I., Alarcón, A., & Ángel, P. (2021). Impact of Population Growth in the Central Coastal Zone of Chile: Factors for Estimating Tourism Carrying Capacity Based on the Case Study of One Latin American Seaside Resort. Sustainability, 13(6), 3527. https://doi.org/10.3390/su13063527

Navarro Jurado E., Ionela Mihaela I., & Fernández-Morales D. (2013). Carrying Capacity Model Applied In Coastal Destinations. Annals of Tourism Research, 43, 1-19.

Navarro Jurado, E., Tejada Tejada, M., Almeida García, F., Cabello González, J., Cortés Macías, R., Delgado Peña, J., Fernández Gutiérrez, F., Gutiérrez Fernández, G., Luque Gallego, M., Málvarez García, G., Marcenaro Gutiérrez, O., Navas Concha, F., Ruiz de la Rúa, F., Ruiz Sinoga, J., & Solís Becerra, F. (2012). Carrying capacity assessment for tourist destinations. Methodology for the creation of synthetic indicators applied in a coastal area. Tourism Management, 33(6), 1337-1346. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.12.017

Neuts, B. (2012). Crowding externalities from tourist use of urban space. Tourism Economics, 18(3), 649-670.

Oreja-Rodríguez, J. R., & Yanes-Estévez, V. (2007). Perceived environmental uncertainty in tourism: A new approach using the Rasch model. Tourism Management, 28(6), 1450-1463. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2006.12.005

PAP (1997). Guidelines for carrying capacity assessment for tourism in Mediterranean coastal areas. PRIORITY ACTIONS PROGRAMME REGIONAL ACTIVITY CENTRE SPLIT, Croatia. The Priority Actions Programme (PAP), implemented by the Regional Activity Centre (RAC) in Split, Croatia, is part of the Mediterranean Action Plan (MAP) of the United Nations Environment Programme (UNEP).

Patten, B. (1978). Systems Approach to the Concept of Environment. The Ohio Journal of Science, 206-222.

Patterson, T., Gulden, T., Cousins, K., & Kraev, E. (2004). Integrating environmental, social and economic systems: A dynamic model of tourism in Dominica. Ecological Modelling, 175(2), 121-136. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.033

Pearl, R., & Reed, L. J. (1920). On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and Its Mathematical Representation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 275. https://doi.org/10.1073/pnas.6.6.275

Peng, T., & Deng, H. (2021). Evaluating urban resource and environment carrying capacity by using an innovative indicator system based on eco-civilization—a case study of Guiyang. Environmental Science and Pollution Research, 28(6), 6941-6955. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11020-7

Poster, S. (1994). Carrying capacity: earth's bottom line. In: State of the world 1994. A Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society. Norton.

Price, D. (1999). Carrying capacity reconsidered. A Journal of Interdisciplinary Studies, 21(1), 5-26. https://doi.org/10.1007/BF02436118

Puig-Cabrera, M., & Foronda-Robles, C. (2019). Tourism, smallness and insularity: A suitable combination for quality of life in small island developing states (sids)? Island Studies Journal, 14(2), 61-80. https://doi.org/10.24043/isj.95

Rajabifard, A., Ho, S., & Sabri, S. (2016). Urban Analytics Data Infrastructure: Critical SDI for Urban Management in Australia.

Rose, M. T., Crossan, A. N., & Kennedy, I. R. (2008). The effect of vegetation on pesticide dissipation from ponded treatment wetlands: Quantification using a simple model. Chemosphere, 72(7), 999-1005. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.059

Rubin, E., & Davidson, C. (2001). Introduction to Engineering and the Environment. McGraw-Hill.

Saaty, T. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy.

Sarma, A. K., Mahanta, C., Bhattacharya, R., Dutta, S., Kartha, S., Kumar, B., & Sreeja, P. (2012). Urban Carrying Capacity: Concept and Calculation. Assam, India: Centre of Excellence.

Sayre, N. F. (2008). The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. Annals of the Association of American Geographers, 98(1), 120-134. https://doi.org/10.1080/00045600701734356

Schuschny, A. R., & Soto, H. (2009). Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible.

Segrado, R., Palafox, A., & Arroyo, L. (2008). Medición de la capacidad de carga turística de Cozumel. El Periplo Sustentable, 13, 33-61.

Seidl, I., & Tisdell, C. A. (1999). Carrying capacity reconsidered: From Malthus' population theory to cultural carrying capacity. Ecological Economics, 31(3), 395-408. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00063-4

SGS SIGA (2018). Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Disponible en https://bit.ly/3g8RT2L.

Sheng, L., & Tsui, Y. (2009). A general equilibrium approach to tourism and welfare: The case of Macao. Habitat International, 33(4), 419-424.

Shi, H., Shen, C., Zheng, W., Li, F., Wang, X., Chi, Y., Guo, Z., Qiao, M., Gao, L., & Ding, D. (2016). A model to assess fundamental and realized carrying capacities of island ecosystem: A case study in the southern Miaodao Archipelago of China. Acta Oceanologica Sinica, 35(2), 56-67. https://doi.org/10.1007/s13131-016-0808-y

Shi, L., Zhao, H., Li, Y., Ma, H., Yang, S., & Wang, H. (2015). Evaluation of Shangri-La Countys tourism resources and ecotourism carrying capacity. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 22(2), 103-109. https://doi.org/10.1080/13504509.2014.927018

Singer, S. F. (1970). Reducing the environmental impact of population growth. Science, 169(951), 1233. https://doi.org/10.1126/science.169.3951.1233

Soria-Díaz, H. F., & Soria-Solano, B. (2015). Determination the carrying capacity of tourism in the visit sites of the National Reserve of Allpahuayo-Mishana, Loreto, Peru. Ciencia Amazónica, 5(1), 25-34.

Su, Y., Xue, H., & Liang, H. (2019). An Evaluation Model for Urban Comprehensive Carrying Capacity: An Empirical Case from Harbin City. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(3), 367.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). (2016). Informe final consulta indígena: anteproyecto de ley de residencia, permanencia, traslado desde y hacia el territorio especial de Isla de Pascua. http://www.consultaresidencia.subdere.gov.cl/files/InformeFinalConsultaResidenci aRapaNui.pdf

Taiwo, F. J., Feyisara, O., & Taiwo, Famutini John, O. O. F. (2017). Understanding the Concept of Carrying Capacity and its Relevance to Urban and Regional Planning. Underatanding the Concept of Carrying Capacity and Its Relevancy to Urban and Regional Planning, 33(5), 1-5.

Tarlombani da Silveira, M. (2005). Turismo y sustentabilidad. Entre el discurso y la acción. Estudios y Perspectivas En Turismo, 14(1), 222-238.

UNWTO. (1981). Saturation of Tourist Destinations: Report of the Secretary General, World Tourism Organisation.

Vamvakeridou-Lyroudia LS, S. D. A. (2008). System dynamics modelling: A tool for participatory simulation of complex water systems within AquaStress. Proc. IEMSs 4th Biennial Meeting - Int. Congress on Environmental Modelling and Software: Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making, 2025-2028.

Van Den Belt, M. (2004). Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building. Island press.

Vijverberg, W. & Lee, S.-G. (1991). Heteroscedasticidad en sistemas de ecuaciones simultáneas: un estimador de variables instrumentales. *Economics Letters*, 37(2), 133-138.

Vítová, P., Harmáček, J., & Opršal, Z. (2019). Determinants of tourism flows in small island developing states (SIDS). Island Studies Journal, 14(2), 3-22. https://doi.org/10.24043/isj.90

Wei, C., Guo, Z., Wu, J., & Ye, S. (2014). Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones –A case in Nantong. Ocean and Coastal Management, 93(c), 51-59. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.02.009

Wei, Y., Huang, C., Lam, P. T. I., & Yuan, Z. (2015). Sustainable urban development : A review on urban carrying capacity assessment. Hábitat International, 46, 64-66.

Wei, Y., Huang, C., Li, J., & Xie, L. (2016). An evaluation model for urban carrying capacity: A case study of China's mega-cities. Habitat International, 53, 87-96. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.025

Wei, Y., Huang, C., Lam, P. T. I., & Yuan, Z. (2015). Sustainable Urban Development: A Review on Urban Carrying Capacity Assessment. Habitat International, 46, 64-71.

Widodo, B., Lupyanto, R., Sulistiono, B., Harjito, D. A., Hamidin, J., Hapsari, E., Yasin, M., & Ellinda, C. (2015). Analysis of Environmental Carrying Capacity for the Development of Sustainable Settlement in Yogyakarta Urban Area. Procedia Environmental Sciences, 28, 519-27.

Wijaya, I. N. S., Rahadi, B., Lusiana, N., & Maulidina, I. (2017). Problem in Application Carrying Capacity Approach for Land Allocation Assessment in Indonesian Municipal Spatial Planning: A Case of Kutai Kartanegara Regency. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 70, 012038. 1. IOP Publishing.

Este libro se terminó de imprimir
en Santiago de Chile,
septiembre de 2022

Teléfono: 22 22 38 100 / ril@rileditores.com

Se utilizó tecnología de última generación que reduce
el impacto medioambiental, pues ocupa estrictamente
el papel necesario para su producción, y se aplicaron
altos estándares para la gestión y reciclaje de desechos
en toda la cadena de producción.

INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS Y TERRITORIALES
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

La intrínseca relación entre las dinámicas demográficas y las transformaciones territoriales está constantemente condicionada por fenómenos naturales, sociales, económicos y políticos. Estas tensiones multidimensionales requieren ser dimensionadas de manera adecuada y oportuna para ser consideradas en la planificación y gestión de los territorios. Las tendencias actuales proyectan un planeta con constantes procesos migratorios en búsqueda la combinación correcta de latitud y actitud. Ciudades atractivas y atractoras de población deberán ser capaces de comprender los patrones de comportamiento de las comunidades y las capacidades de los sistemas de dar respuestas efectivas y eficaces.

Los territorios del mañana demostrarán su resiliencia y sustentabilidad en la medida que provean de calidad de vida y oportunidades de desarrollo a las personas. Los alcances de la crisis climática global y su correlación con el concepto de capacidad de carga motivan el desarrollo del presente libro, que tiene por objetivo exponer los resultados de una experiencia de investigación aplicada desarrollada por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El foco de esta investigación transdisciplinaria ha estado puesto en la exploración de modelos de medición y visualización de la capacidad de carga demográfica como parte de procesos de toma de decisiones y políticas públicas aplicadas. Los modelos presentados se basan en las experiencias adquiridas en los desarrollos de los modelos de cálculos para la Isla de Pascua (Rapa Nui) y para la localidad de El Quisco en la costa chilena.

Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo
Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
Gobierno de Chile

PROYECTO FINANCIADO MEDIANTE EL FONDO PARA EL FOMENTO DEL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO FONDEF IT180028

RiL editores

ISBN 978-956-01-0907-1
9 789560 109071