



## Aproximación bioclimática para el diseño de espacios públicos, análisis inicial en distintas plazas chilenas

Bioclimatic approach for design of public spaces, initial analysis indifferent chilean main squares

Mario del Castillo Oyarzún y Claudia Castillo Haeger

**RESUMEN:** ¿Cómo el diseño de espacios públicos en Chile, ha tomado en cuenta la bioclimática urbana para alcanzar el confort ambiental? La ciudad sustentable no ha sido la reunión de edificios con técnicas pasivas de acondicionamiento o con un diseño energético eficiente: la ubicación geográfica, la escala urbana y el espacio público particular a cada lugar, implican distintas interacciones que es necesario abordar con la perspectiva sistémica del desarrollo urbano sustentable. El objetivo de este trabajo consiste en iniciar un análisis bioclimático y morfológico en distintas plazas de armas de ciudades chilenas. Para lograr esto, se relacionaron los criterios de urbanismo sustentable, las cartas bioclimáticas urbanas y la morfología urbana de las plazas en ocho ciudades de ubicaciones geográficas muy diferentes. Como resultado, se establecen algunos parámetros climáticos para la planificación de espacios públicos exteriores promoviendo la interacción social para un desarrollo urbano más sustentable en las ciudades chilenas.

**PALABRAS CLAVE:** urbanismo bioclimático, sustentabilidad urbana, espacio público.

**ABSTRACT:** How incorporate urban bioclimatic principles to achieve an environmental comfort for the design of public spaces in Chile? The future sustainable city is not that city that only puts together several buildings designed with passive conditioning techniques or with energetic efficiency principles. Geographic location, urban scale and the particular public space related to every place, involve different interactions that must be addressed in a systemic perspective of sustainable urban development. The aim of this paper is to initiate a bioclimatic and morphological analysis in main squares of different Chilean cities using criteria of sustainable urbanism, urban bioclimatic charts and interactions among urban morphology. This approach helps in understanding the environmental performance of selected squares, thus optimizing the social interaction that takes place at those spaces. The findings and conclusions hopes to contribute to lay the foundations for a more sustainable development of Chilean cities.

**KEYWORDS:** bioclimatic urbanism, urban sustainability, public spaces.

## Introducción

Problema: Sustentabilidad y Urbanismo

El paradigma de la sostenibilidad, la carencia de recursos, el cambio climático, la crisis del modelo económico, el conocimiento de la huella ecológica (de carbono, hídrica...) o la pérdida de la biodiversidad ambiental nos han llevado a analizar los territorios y las ciudades de una manera multidimensional para ser capaces de prever o solucionar las competencias o distintos problemas que en ellos se producen [1]. La sustentabilidad es sin duda el tema en cuestión, que en general conlleva satisfacer las necesidades actuales de manera eficiente y con la finalidad de asegurar a las generaciones presentes y futuras su propio desarrollo [2]. En consecuencia, profesionales de distintas disciplinas se encuentran preocupados por el tema y relacionan en sus estudios a la vez: el cuidado del ambiente natural, una conciencia por el bienestar social y el ahorro de energías y materiales de todo tipo. La sustentabilidad se plantea en diferentes niveles temporales y escalares. Tiempo: corto, mediano y largo plazo; respeta el pasado y proyecta el futuro. Escalas: reconoce por ejemplo, las interdependencias entre una escala cercana, media y mayor, una habitación, edificio, barrio, ciudad, territorio, región, etc., en diversos contextos de organización económica, histórico-cultural, social y ambiental.

En relación con lo anterior, la idea de desarrollo sostenible ha mostrado un claro objetivo en cuanto a la planificación urbana. Ha sido oportuno alcanzar la formulación de pautas de ordenación urbana integradoras y redactar una planificación que se asiente en el conocimiento completo de las variables ambientales, sociales y económicas en su relación con los factores de gobernanza y participación ciudadana [3], en clara diferencia a lo que tradicionalmente se realizaba en planificación: planes derivados del crecimiento y del desarrollo de una ciudad estrechamente ligadas a intereses políticos y económicos dominantes. De acuerdo con Ruano [4], el eourbanismo es una nueva disciplina que articula múltiples y complejas variables en una aproximación sistémica al diseño urbano y con una visión unificada, integrada; aportando como consecuencia la superación de la división clásica del urbanismo tradicional y de sus criterios formales y/o estilísticos. La sustentabilidad entonces promueve una nueva alianza naturaleza-cultura basada en una nueva economía, reorientando los potenciales del conocimiento, la ciencia y la tecnología y construyendo una nueva política fundada en una ética de la sustentabilidad: conciencia crítica, reflexión de interdependencias y responsabilidad [5].

En la ciudad ha existido una preocupación creciente por mejorar las condiciones de habitabilidad, a través de la recuperación de la relación del ser humano con la naturaleza, contribuyendo a una vida de mayor bienestar físico y psicológico, a nivel individual y colectivo.

Además se puede considerar desde el urbanismo la heterogeneidad urbana como rasgo característico de la ciudad y esencial frente a la sostenibilidad. Ya Lewis Mumford puntualizaba que las comunidades auténticamente humanas deben preservar, tanto la variedad social como la visual [6]. Es decir, si se disminuye la complejidad urbana, se pierden algunos de los rasgos propios de la comunidad. Sin querer hacer una lista acabada, es aceptado que entre los retos del urbanismo actual se ha considerado: la construcción uniforme en cualquier lugar; la segregación de usos que genera una gran cantidad de desplazamientos; la planificación que se ha olvidado los condicionantes del territorio y del clima; el aumento en el consumo de suelo, materiales, agua y

1. NAREDO, José Manuel. "Ciudades y crisis de civilización". *Documentación Social*, 2000. No. 119.
2. BRUNDTLAND, G. H. "Nuestro futuro común". En: *Ponencias y comunicaciones: Congreso internacional de tecnologías alternativas de desarrollo*, 7-8. Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones. 1989.
3. HERNÁNDEZ AJA, Agustín. "Calidad de vida y Medio Ambiente Urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana". *Revista INVI*. 2009. vol.24, No.65, pp.79-111.
4. RUANO, Miguel. *Eourbanismo. Entornos urbanos sostenibles: 60 proyectos*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
5. BRIONES LAZO, Carolina; CASTILLO HAEGER, Claudia y CONTRERAS ABARCA, Carolina. "Guía para la Sustentabilidad Ambiental: 10 casos de arquitectura y diseño territorial en Chile" *Dossier 01, Revista 180*, 2013. No.31.
6. MUMFORD, L. *La ciudad en la historia*. Buenos Aires: Infinito. 1960.

energía; un incremento de la red viaria e infraestructuras; el impacto sobre los ecosistemas que se ven fragmentados por el crecimiento urbano y la dificultad de una cohesión social con convivencia cooperativa, consecuencia del deterioro social y de la segregación [7].

### Revisión: Bioclimática urbana y Espacio Público

Un urbanismo más sustentable se ha implicado en encontrar el equilibrio en la ciudad, pensando que su desarrollo urbano no conlleva un crecimiento desmedido, con innovadoras tecnologías o dispositivos, sino que debió considerar y aprovechar creativamente la situación urbana y climatológica específica que les ha brindado su emplazamiento particular e historia singular. El urbanismo sustentable se ha conformado entonces por aspectos de estética, integración y funcionalidad de las ciudades y de sus barrios para otorgarles a sus habitantes una mayor calidad de vida y bienestar [8]. Es conocido que el estado del espacio público de una ciudad, ha sido el reflejo de la sociedad que lo habita. A través del análisis de confort de espacios en pequeña escala, de la determinación de la importancia de la mezcla de posibilidades de los espacios cotidianos o de proximidad, se ha intentado poner de manifiesto la necesidad de intervenir en toda la ciudad, conservando sus valores tradicionales de complejidad, compacidad y calidad, creando espacios públicos cohesionados y ricos en posibilidades de utilización (tabla 01).

Tabla 1. Conceptos de la sustentabilidad sistémica y el urbanismo sustentable de los espacios públicos. Fuente: Elaboración propia [2 y 9]. Año 2014.

AMBIENTAL	SOCIAL	ECÓNOMICO	GOBERNANZA
confort, biodiversidad	identidad, seguridad	actividades, mixticidad usos	participación, ordenanza
EFICIENCIA	COHESIÓN	COMPACIDAD	COMPLEJIDAD
bioclimática	calidad de vida	morfología urbana	planificación

La aparición del concepto de desarrollo sostenible, que permite satisfacer nuestras necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas [2], ha puesto de manifiesto las contradicciones del modelo de desarrollo económico y su repercusión en el futuro inmediato. El tema ha sido asumido rápidamente por la disciplina urbano arquitectónica y ha provocado la extensión de los términos arquitectura solar y arquitectura bioclimática a nuevos campos en los que se han integrado lo ambiental, lo social y lo económico en un marco regulatorio y de gobernanza específico. Esta consideración vino marcada por el impacto de la arquitectura en el ambiente urbano y natural, ponderando, tanto los materiales escogidos en el diseño arquitectónico, la cantidad de energía utilizada en su fabricación y transporte, como la cantidad y calidad de los residuos que dejaba el proceso productivo y constructivo de una obra, computándolo desde su estado inicial de materia prima hasta su degradación o reutilización al finalizar la vida útil de un edificio [10].

A escala urbana, la ciudad ha creado sus propias condiciones intrínsecas ambientales, lumínicas, de paisaje, geomorfológicas, etc. unas veces asociadas a su territorio natural y otras marcando una clara diferenciación con el mismo [11]. Definido queda el urbanismo bioclimático por aquellas actuaciones en las cuales es determinante el lugar o el medio. La bioclimática urbana ha trazado una serie de principios básicos como la gestión eficiente de los recursos materiales y energéticos, la minimización del impacto sobre

7. VERDAGUER, Carlos. "Por un urbanismo de los ciudadanos". En: *Ecología y ciudad: raíces de nuestros males y modos de tratarlos*. Editorial El Viejo Topo, Madrid, 2003. pp. 175-196. ISBN 849577657X
8. DEL CASTILLO OYARZÚN, Mario y CASTILLO HAEGER, Claudia. "La Huella Construida de la Oportunidad". CIUR, *Cuadernos de Investigación Urbanística, Monográfico Desarrollo, Ciudad y Sostenibilidad*, 2009. No. 67, pp. 33-48.
9. RUEDA, Salvador. "La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa". *Revista Scripta Nova*. [en línea] 2006. [consultado 10 de mayo 2014]. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>
10. NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla - Lería. 2004. 443 pp. ISBN 8489150648.
11. FARIÑA TOJO, José; NAREDO, José Manuel. *Libro blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico español*. Madrid: Ministerio de Vivienda, 2010. 90 pp. ISBN 978-84-96387-51-5.

el ambiente: aire, suelo y agua [12]. Es evidente que la ciudad bioclimática ya no es la suma de unas arquitecturas bioclimáticas: con la escala urbana han aparecido otras interacciones y consideraciones. La conservación y revaloración de los rasgos diferenciadores del lugar van a ser una cuestión clave para proyectar con la naturaleza [13] y así dotar de una identidad a las ordenaciones y establecer una empatía de los residentes con su barrio.

La sostenibilidad de las ciudades pasa necesariamente por la escala local y así también se habla de la necesidad de una ciudad con mezcla de actividades y gentes, entonces resultan necesarios los espacios públicos de calidad, con mezcla de posibilidades, por disponer de diversas opciones micro climáticas, físicas y de uso y que permiten al ciudadano emplearlos acorde con sus requerimientos. Así, desde la pequeña escala, una plaza por ejemplo, se pretende poner de manifiesto la importancia de la creación y recuperación de la ciudad con diversidad de posibilidades en su uso, que es la que ofrece al ciudadano la opción de elegir [14].

Si la sostenibilidad global ha requerido de la sostenibilidad de las áreas urbanas, la sostenibilidad de las ciudades pasa necesariamente por la rehabilitación del suelo urbano consolidado [12], además en las zonas urbanas más densas ha habido una menor ventilación natural y en los espacios urbanos centrales ha existido una alta contaminación atmosférica. El centro urbano ha tenido una influencia directa sobre el recalentamiento de las áreas centrales y la aparición de la isla térmica de calor. Los espacios públicos que permanecen en los cascos históricos, han estado por lo general relacionados con plazas significativas de carácter histórico patrimonial: la plaza de armas, el mercado, la catedral, el gobierno, etc. donde la presencia de arbolado ha sido reducida. En dirección opuesta se ha sostenido que los espacios públicos en las ciudades son el alma de la vida urbana [15] y la sustentabilidad ha fomentado una cierta complejidad que los hace atractivos: una relación de continuidad urbana, permeabilidad, accesibilidad, iluminación, seguridad, etc. La dimensión y calidad del espacio público central y de los espacios naturales incorporados en la ciudad consolidada han sido el reflejo de la calidad del ecosistema urbano y de la biodiversidad generada por el entorno construido. Los espacios naturales han necesitado de ciertas escalas para adquirir complejidad y biodiversidad, para fomentar un grado de resiliencia que los haga resistentes ante los cambios descritos.

### Investigación: Aproximación Bioclimática para el diseño de Espacios Públicos. Análisis Inicial en distintas plazas chilenas

Se puede decir en Chile que la mayoría de las ciudades han crecido de manera desorganizada y han perdido o disminuido al menos, parte de su identidad y del carácter urbano que en sus inicios las caracterizaba, además de su funcionalidad práctica y de su estética particular fundada en lo local. Frente a la pregunta ¿Cómo el diseño de los espacios públicos en Chile, ha tomado en cuenta la bioclimática urbana para alcanzar un confort ambiental? Se ha hecho una reflexión sobre el diseño urbano del espacio público principal de una ciudad, la plaza de armas que como lugar de encuentro, historia e identidad urbana que sostiene una relación compleja con el resto de la ciudad.

Una de las variables de esta complejidad han sido los criterios básicos de bioclimática, que se consideran parte de la sustentabilidad de una ciudad. De acuerdo con ellos, una adecuada planificación de los espacios públicos cobra especial importancia debido a la influencia que ejercen el

12. HIGUERAS, E. *Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para Madrid: Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética*. Madrid: Edición Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid, 2009. ISBN: 978-84-7812-718-4.
13. MACHARGH, Ian L. *Design with Nature*, John Wiley and Sons Inc. 1992. ISBN 9780471086284
14. URRUTIA DEL CAMPO, Nagore. *Clima, diseño y diversidad urbana en el uso de tres plazas de Madrid*. [en línea]. CONAMA10. 2010. [consultado 10 de mayo 2014]. Disponible en: <http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/41038.pdf>
15. TORNERO, José; PÉREZ CUEVA, Alejandro J.; GÓMEZ LOPERA, Francisco. "Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes". *Cuadernos de Geografía de la Universidad de Valencia*. 2006. No. 80, pp.147-182.

clima, la vegetación, los materiales y el diseño urbano sobre el confort bioclimático de las personas residentes y usuarias de cada lugar. De esta manera, el estudio comparado de algunas plazas de armas en ciudades chilenas ha mostrado la diversidad de situaciones bioclimáticas a las que han sido expuestos los espacios públicos en Chile y nos presenta una discusión interesante para la construcción social y ambiental de una ciudad menos insostenible. En este trabajo se ha verificado la utilidad de algunas herramientas de caracterización climática para el espacio público exterior y se ha puesto de manifiesto que la morfología urbana de las plazas, como un diseño del espacio público singular a cada ciudad, evidencian la necesidad de planteamiento bioclimático y sustentable no solo por el ahorro de recursos materiales y energéticos, sino también porque la plaza ha sido el lugar público por excelencia.

El espacio público se ha constituido como la esencia de los espacios urbanos, desde las primeras ciudades, la dimensión estética, política, religiosa y cultural, ligada a los espacios públicos ha sido determinante, tal y como han manifestado numerosos autores [12]. La localización bioclimática de los espacios públicos resulta importante para optimizar entre otras, las soluciones de diseño urbano adoptado, la vegetación introducida, la morfología y tipología arquitectónica, el trazado viario relacionado con fuentes de energía más adecuadas, las características del espacio público y su interacción con el entorno natural.

## Materiales y métodos

Para esta investigación se elaboraron climogramas específicos de las ciudades seleccionadas, se redibujó la planimetría de cada plaza de armas y se definieron sus características morfológicas principales. La investigación basó en describir la relación existente entre los criterios de urbanismo sustentable, las necesidades climáticas encontradas a través de los climogramas específicos de cada ciudad y la forma del diseño urbano característico de cada plaza.

El trabajo presenta las limitaciones de un análisis inicial sobre antecedentes secundarios, con un trabajo de campo restringido a la elaboración de cartografías. Quedan pendientes la incorporación de la dimensión social en el uso y la percepción ambiental de las plazas de armas. Se determinó para una segunda etapa el conocimiento bioclimático urbano específico que desarrolle patrones posibles de ser replicados y/o implementados legalmente.

## Climogramas de Olgay para ciudades chilenas

A lo largo de Chile se han encontrado muy diversos climas y en representación de este conjunto se seleccionó una muestra significativa de ocho ciudades chilenas, de norte a sur: Arica, Copiapó, La Serena, Santiago, Concepción, Temuco, Valdivia y Punta Arenas (tabla 2). Se ha reconocido que el clima se compone de elementos que lo caracterizan espacial o temporalmente [16]. La caracterización espacial explica las diferencias regionales de los climas sobre la superficie terrestre, en la cual intervienen factores geográficos, dando lugar a la organización de climas zonales, locales o microclimas, de máxima importancia para la planificación. La caracterización temporal en cambio, depende del período de tiempo que se estudie (desde días a meses, estaciones, años, o décadas) según la institución que ha registrado los datos.

16. HIGUERAS GARCÍA, Ester. *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 242pp. ISBN 84 252 2071 8.

Tabla 2. Antecedentes bioclimáticos de ciudades chilenas. Fuente: Elaboración propia basado en el Anuario Meteorológico de Chile, [www.meteochile.gob.cl](http://www.meteochile.gob.cl) Año 2013.

ARICA	COPIAPO	SANTIAGO	PUNTA ARENAS
Lat 18°28'43''S	Lat 27°22' S	Lat 33°26'16''S	Lat 53°10'01''S
Long 70°18'19''O	Long 70°19' O	Long 70°39'01''O	Long 70°56'01''O
Altura media 2 msnm	Altura media 391 msnm	Altura media 567 msnm	Altura 1 msnm
< sol invierno 37°	< sol invierno 32°	< sol invierno 38°	< sol invierno 15°
< sol verano 88°	< sol verano 88°	< sol verano 85°	< sol verano 60°
Clima desértico costero	Clima desértico marginal a estepárico cálido	Clima mediterráneo con estación seca prolongada	Clima estepárico frío

17. OLGAY, Victor. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.

18. OLGAY, Victor. *Design with climate*. New Jersey: Princeton University Press. Reed. 1963.

En relación con lo anterior, es sabido que un climograma es un diagrama de temperatura y humedad ambiental, en el que se determina una zona de confort en la cual la mayor parte de las personas se encuentran en una situación de bienestar. El bienestar es una sensación subjetiva, por tanto el gráfico tiene una zona central donde el 90 % de la población se encuentra en una situación agradable y otra alrededor que refleja un porcentaje ligeramente inferior de disconfort [17]. La carta bioclimática de Olgay [18] ha sido particularmente interesante para los urbanistas, ya que ha servido para caracterizar el clima de un lugar relacionándolo con la situación de bienestar de las personas. Sobre esta carta se pueden trazar puntos, a los que corresponde una abscisa y una ordenada: una temperatura y una humedad representativas de valores medios o máximos por cada mes del año [10]. Teniendo en cuenta las características y consideraciones de la Carta Bioclimática de cada ciudad, tras su elaboración se determinó cuáles son aquellos momentos en los que se alcanza el confort urbano, y además se establecieron los intervalos por encima y por debajo de la zona de confort que necesitarán medidas correctoras.

### Necesidades de confort ambiental exterior en ciudades chilenas

En el estudio se utilizó la caracterización de clima regional Köppen, para elegir las ocho ciudades chilenas a comparar. Se manejaron datos climáticos básicos, de cuyas diferencias se dedujo que la influencia de la localización espacial concreta propone un desafío para el urbanista, al reflexionar sobre las estrategias a llevar a cabo en el diseño del espacio público en relación con la bioclimática urbana.

De acuerdo con los climogramas de cada ciudad (figura 1), las condiciones térmicas exteriores se han encontrado: por debajo, dentro, o por encima de la zona de confort. En síntesis el primer caso es de momentos infracalentados, cuando el ambiente es frío y por lo tanto es necesario ganar energía y calor. En este caso las estrategias básicas serán: promover la ganancia de calor y evitar al máximo la pérdida del calor ganado o generado en el interior de los locales, será precisa la captura de la radiación solar, la apertura de huecos, potenciar la inercia térmica de los paramentos, o en caso extremo aumentar la vestimenta [16]. En el segundo caso, dentro de la zona de confort, las condiciones térmicas son confortables y adecuadas, por lo que se deberá tratar de mantenerlas en ese estado. Las estrategias para conseguirlo dependerán de si la tendencia del comportamiento térmico es ascendente o descendente. El tercer caso, por encima de la zona de confort, es un período de sobrecalentamiento, de condiciones ambientales calurosas. En este caso las estrategias básicas serán las inversas a los



períodos fríos, es decir, evitar la ganancia de calor y favorecer las pérdidas por evaporación y ventilación [19], será preciso en función de la cantidad de humedad, establecer estrategias que propicien una ventilación seca o bien la contribución de láminas de agua que aporten humedad al aire; igualmente al estar situados por encima de la línea de sombra, será preciso la inclusión de parasoles que impidan la captación solar.

Así, las cartas bioclimáticas han sido de ayuda para conocer las condiciones ambientales medias y determinar la cantidad de meses del año en las que hay mayor probabilidad de que la gente se encuentre dentro o fuera de la zona de confort exterior. Para la planificación urbana y el diseño de espacios públicos exteriores se ha reconocido el interés de la escala local, es decir, el microclima, cuyos rasgos pueden ser influenciados por factores del entorno próximo, (relación de espacios edificados o libres, vegetación, agua, pendientes, pavimentos, etc.) y además puede ser alterado por la ordenación y el diseño urbano, por lo que se establece una clara interacción entre ambos.

## Resultados

Como aportes del estudio, la investigación elaboró climogramas para las ocho ciudades del estudio, determinando las necesidades de confort ambiental para sus espacios públicos exteriores; además se diseñó un climograma de síntesis que reúne la diversidad del comportamiento ambiental de las ciudades chilenas. En paralelo se desarrolló un análisis morfológico, planímetro y una caracterización material de las plazas de armas con el fin de relacionar lo anterior con los criterios de sustentabilidad urbana y determinar una aproximación bioclimática para el diseño de espacios públicos.

### Análisis morfológico de las plazas del estudio

Las cartografías de las plazas se elaboraron sobre la base de los planes reguladores vigentes de cada comuna teniendo en cuenta la fotografía aérea y se ha levantado un perfil urbano general norte-sur, donde se realizó un análisis inicial de la forma, orientación, diseño y dimensiones de cada plaza (figura 2).

Forma: Solo dos de las ocho plazas no presentaron una forma regular cuadrada. La plaza de Valdivia es de forma rectangular y en Arica es rectangular pero se extiende en ángulo recto con otra plaza rectangular al poniente.

19. LUXÁN GARCIA DE DIEGO, Margarita. "Diseño Bioclimático en Canarias". En: AA.VV.: *Sostenibilidad energética de la edificación en Canarias. Manual de diseño*. La Palma: Instituto tecnológico de Canarias, 2011. pp 225-419.

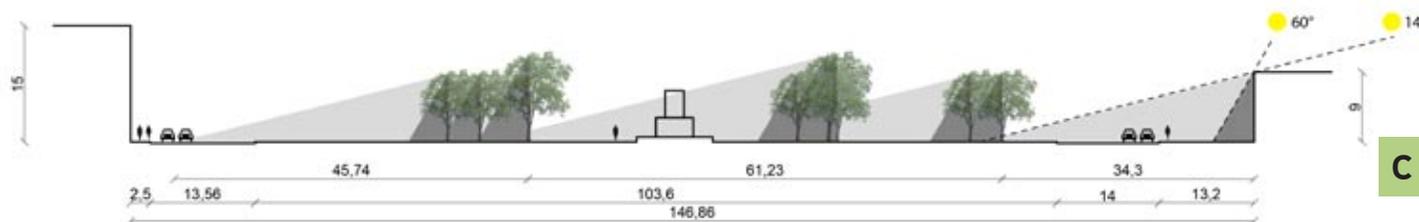


Figura 2a, b y c. Morfología de la Plaza de Armas Punta Arenas. Fuente: Elaboración propia, año 2014.

Orientación: solo las plazas de Copiapó y La Serena tienen uno de sus lados orientado al norte. Las plazas de Arica y Concepción están giradas al poniente en  $45^\circ$  y la de Santiago en  $10^\circ$ . Las plazas de Temuco, Valdivia y Punta Arenas están rotadas al oriente en  $10^\circ$  c/u aproximadamente.

**Diseño:** Las plazas de Arica, Copiapó y Temuco presentan una simetría de trazado en sentido oriente-poniente y Valdivia en sentido norte-sur, en las plazas de Arica y Valdivia no se apreciaron senderos diagonales. Las plazas de La Serena, Concepción y Punta Arenas presentan una doble simetría en su diseño de planta: norte-sur y oriente poniente, con senderos concéntricos y senderos diagonales. La plaza de Santiago escapa de estas categorías porque presenta una distribución escasa y homogénea de su arbolado, sin trazado definido de senderos.

**Dimensiones:** La plaza más grande es la de La Serena con 15 080 m<sup>2</sup> y la más pequeña es la de Valdivia con 4 835 m<sup>2</sup>. En un intervalo de 0 a 6 000 m<sup>2</sup> solo se ubica la plaza de Valdivia. En un segundo grupo de 6 001 a 12 000 m<sup>2</sup> se encontraron tres plazas del Sur: Concepción, Punta Arenas y Temuco. En el intervalo mayor de 12 001 a 18 000 m<sup>2</sup> se ubican la mayoría de las plazas estudiadas Copiapó, Santiago, Arica y La Serena.

### Caracterización material de las plazas del estudio

Los materiales urbanos se caracterizan en general por una mayor capacidad calorífica, lo que depende del hecho de poseer albedos menores que los materiales de las superficies rurales. Frente a un menor albedo, el calor específico aumenta el porcentaje de la energía absorbida y desprendida posteriormente, aunque haya tardado más tiempo en calentarse [20]. Este hecho, unido a la menor porosidad y almacenamiento de humedad, provoca que los pavimentos se calienten lentamente durante el día (retraso del máximo diurno frente al entorno rural), pero acumulan más energía que las superficies rurales y la transmiten también con mayor lentitud a la atmósfera durante la noche, retrasando el enfriamiento del aire en contacto con ellos (lo que influye en la isla de calor). Es sabido que la orientación de las calles, plazas, amplitud y diseño de las mismas, determinan un número de horas de sol y de sombra, lo que ayudó a perfilar un régimen térmico en los diferentes espacios libres de cada ciudad. Para iniciar esta aproximación, se calcularon las superficies de suelo de cada plaza del estudio: pavimentos, césped y lámina de agua; finalmente se estimó la superficie proyectada en planta de la arborización existente de acuerdo con la fotografía aérea.

**Pavimento:** En la plaza de Temuco se encontró que el suelo tipo pavimento está por debajo del 50 %, (con solo 48 %). Cuatro las plazas que se ubicaron entre un 50 y 75 % de suelo de tipo pavimento: Punta Arenas (55 %), Copiapó (57 %), La Serena (62 %) y Arica (66 %). Finalmente las plazas con mayor cantidad de pavimento fueron tres: Valdivia y Concepción con 78 % cada una y Santiago con cerca de un 97 %.

**Césped (flores y arbustos):** La plaza de Temuco presentó comparativamente el máximo de césped con un 49 % de su superficie. La plaza de Santiago casi no presentó césped con solo un 2 % ubicándose en el grupo de 0 a 10 %. De 11 a 30 % de césped presentaron las plazas de Concepción y Valdivia con 21 y 22 % respectivamente. En el grupo mayor de 31 a 50 % se encontraron cinco plazas: Arica con 31 %, Copiapó con 42 %, La Serena con 37 %, Punta Arenas con 44 % y Temuco con el máximo 49 %.

**Agua:** Solo la plaza de Valdivia no presentó lámina de agua y la plaza de Arica es la que presentó una lámina de agua mayor de 325 m<sup>2</sup>. En porcentajes Arica y Temuco han tenido un 3 % de sus superficie de plaza como lámina de agua, Copiapó, La Serena, Santiago, Concepción y Punta Arenas obtuvieron alrededor de un 1 %.

**Arborización:** Hubo tres plazas bajo un 25 % de arborización, Arica (el mínimo con 14 %), Santiago (15 %) y Concepción (22 %). En un rango medio entre 26 y

20. FARIÑA TOJO, José. *La ciudad y el medio natural*. Madrid: Akal, 2009. ISBN 84-460-1657-5.

50 % de arborización se encontraron tres plazas: La Serena (26 %), Copiapó (34 %) y Punta Arenas (47 %). Finalmente las plazas con mayor arborización fueron dos: Temuco con 51 % y Valdivia (el máximo) con un 66 %.

## Discusión

### Síntesis Bioclimática y Morfológica del Espacio Público

Se hizo una reflexión inicial sobre los antecedentes reunidos, como datos secundarios, más las cartas bioclimáticas y planimetrías elaboradas específicamente para este estudio. El análisis llevó a sacar las primeras conclusiones desde el gabinete y sirvió como una primera aproximación o visión general del problema estudiado. Ha quedado fuera la necesaria revisión empírica: en un segundo momento de esta investigación de largo aliento, incorporará distintas variables sociales y cualitativas más específicas como la identificación del carácter e identidad histórica de cada plaza, la percepción del paisaje urbano singular y una valoración del funcionamiento urbano de estas plazas como piezas de conectividad y movilidad a través de ellas.

Como los objetivos generales fueron: avanzar en el conocimiento de la bioclimática urbana y su relación con los espacios públicos relevantes de una ciudad, bajo la perspectiva de la sostenibilidad y estudiar las necesidades bioclimáticas y el diseño urbano de espacios públicos relevantes de distintas ciudades en distintas latitudes de Chile, se reconoce entonces que el problema de la adaptación de las estructuras urbanas a las condiciones locales del clima no es un problema con una solución única [21]. Por el contrario, existen herramientas de diseño que permiten analizar de manera conjunta los parámetros climáticos y las situaciones de confort exterior que se pretenden alcanzar. La potencia de estos instrumentos radica en que hacen posible elaborar estrategias correctoras encaminadas a alcanzar situaciones de confort. En este estudio se utilizó el climograma de Olgyay, al ser una herramienta bien conocida y en general aceptada como instrumento de caracterización del clima y de las posibles estrategias para conseguir mejorar la confortabilidad de los espacios. En el climograma de síntesis se representaron las condiciones del ambiente exterior de las ciudades del estudio (figura 3).

El objetivo último fue establecer estrategias correctoras necesarias en cada caso para restituir el confort. Las recomendaciones se agruparon en las siguientes categorías: optimizar el uso del suelo en relación con las actividades que soporta; desarrollar microclimas para distintas actividades (plazas, parques, ocio, etc.); optimizar la forma urbana en relación con el clima de la zona; control higrotérmico mediante el diseño de los espacios exteriores e intermedios; control de permeabilidades, escorrentías y evacuación de agua; selección de materiales de construcción y urbanización adecuados; mejora de los costes de utilización de edificios, especialmente en climatización; control del impacto ambiental de los sistemas de transporte y la contaminación y planificación y normalización urbanística de acuerdo con las limitaciones climáticas [22].

Una ciudad no es solo el conjunto de estructuras construidas y vacías, sino que es un espacio de convivencia, el marco del teatro social [21]. En ella, los estudios de sombreado, y las simulaciones de iluminación y radiación solar de invierno y verano son herramientas eficaces para la caracterización de espacios públicos, pudiendo a partir de ello fortalecer la toma de decisiones, corregir situaciones no deseables y definir espacios adaptables a las variaciones climáticas. A la vez es posible comprender

21. HERNÁNDEZ AJA, Agustín. *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normas urbanística*. Braganza: Instituto Politécnico de Braganza, 2013. ISBN: 978-972-745-157-9.

22. ERELL, Evyatar; PEARLMUTTER, David; WILLIAMSON, Terry. *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. London: Earthscan, 2010.

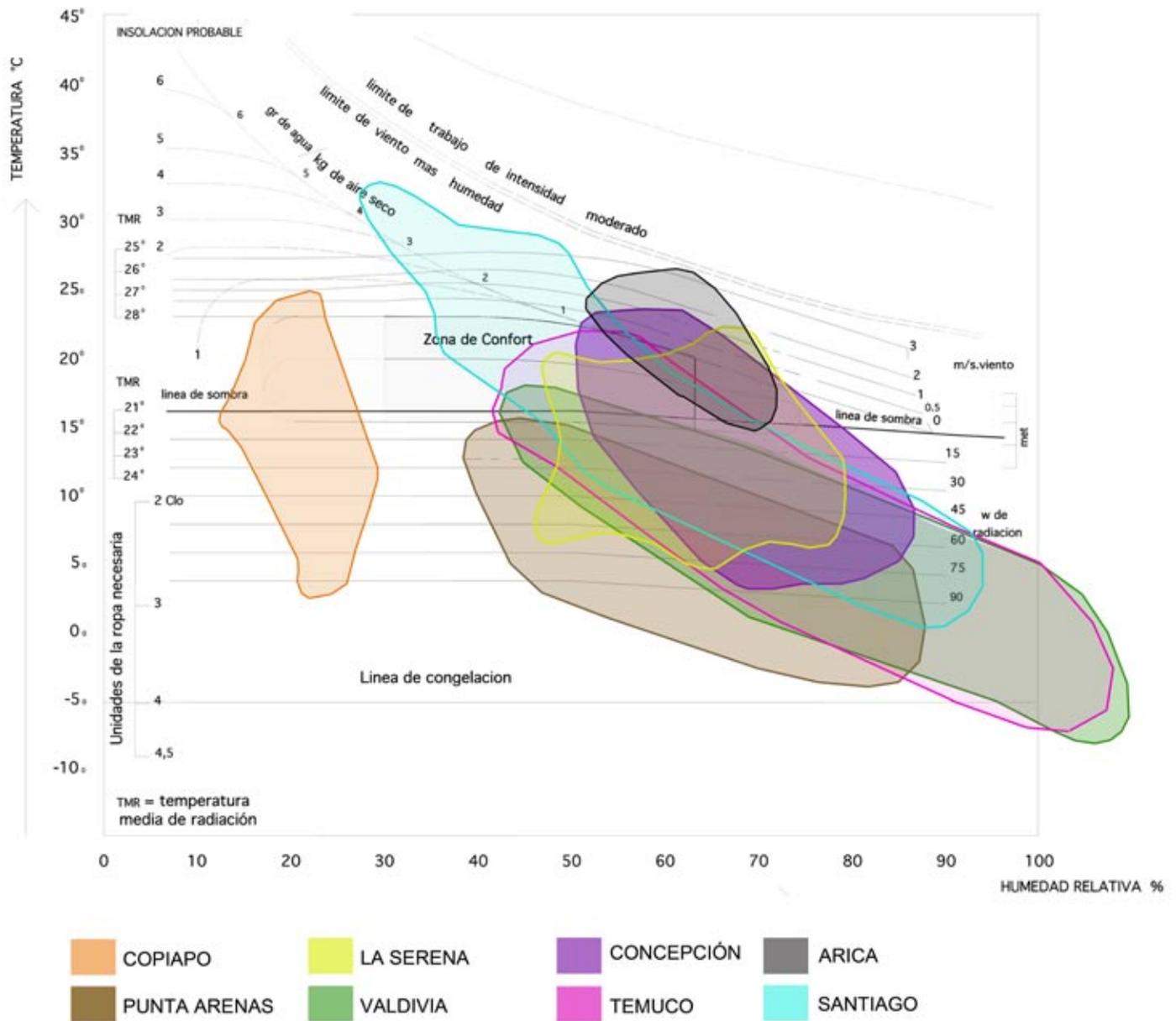


Figura 3: Síntesis gráfica del climograma bioclimático de Olgay para ocho ciudades de Chile. Fuente: Elaboración propia basado en el Anuario Meteorológico de Chile, [www.meteochile.gob.cl](http://www.meteochile.gob.cl) año 2014.

la necesidad de contar con zonas verdes de proximidad, aunque sean pequeñas piezas urbanas como las plazas, que permitan rebajar los niveles de estrés. El viento, el sol, la humedad relativa deberían volver a adquirir el protagonismo que tuvieron antes de que la técnica basada en el consumo energético hiciera parecer que podríamos olvidarnos de ello. Los criterios de diseño sustentable tienen relación con hacer más amable el tránsito y la estancia en las calles y plazas de la ciudad sobre la que actúa, utilizando de manera eficaz los recursos bioclimáticos de los que dispone cada lugar, para que los ciudadanos encuentren espacios donde estar, pasear, transitar o descansar de manera confortable en distintos momentos del día y del año (tabla 3).

Entre las posibilidades bioclimáticas se encontraron: controlar el soleamiento, controlar la humedad relativa, intentar que la geometría de sus espacios públicos capte vientos allí donde es necesario y que se proteja

Tabla 3. Extracto de la Tabla Recursos bioclimáticos y síntesis del diseño urbano plazas del estudio. Fuente: Elaboración propia, año 2014.

Ciudad y ubicación	< sol invierno, verano	Amplitud T°C y HR	Climograma Zona Confort	Área	Diseño y orientación	Pavimento, césped, agua	Arborización
Arica Lat 18°28'43''S 2 msnm	37° 88°	10 °C 20 % HR	75 % dentro ZC 25 % sobre ZC derecha	14 300 m <sup>2</sup>	Rectangular, 45° oeste. Simetría EO Sin diagonal	66 % 31 % 3 %	14 %
Punta Arenas Lat 53°10'01''S 1 msnm	15° 60°	15 °C 45 % HR.	100 % bajo la ZC derecha	11 000 m <sup>2</sup>	Cuadrada. 10° Este doble simetría senderos diagonales y concéntricos	55 % 44 % 1 %	47 %

de ellos cuando resulte conveniente, con el fin de hacer un espacio útil, habitable y confortable para los ciudadanos. Lo que los ciudadanos necesitan no es que se les conduzca allí donde las medidas de humedad y temperatura sean las aparentemente más adecuadas; lo que los ciudadanos necesitan es poder elegir dónde estar en cada momento. Disponer de solanas en invierno, de sombras en verano, tener la oportunidad de poder disfrutar de una brisa o de refugiarse del viento invernal, incluso de poder disfrutar de la experiencia de sentir calor o frío si es que así lo desean [21].

### Una aproximación bioclimática al Espacio Público

Este estudio no buscó dar fórmulas precisas, ni soluciones concretas o estilísticas; lo que ha iniciado es una reflexión de las interdependencias urbanas desde la sustentabilidad; ha señalado las sinergias e incertidumbres propias de la calidad de los espacios públicos a distintas escalas. Con ello en mente, al enfrentarse al diseño o remodelación de una red de espacios urbanos y al diseño de cada uno de sus elementos, por ejemplo una plaza, se podría optar por no realizar soluciones simples, genéricas u homogéneas, sino por diseñar una red de calidad ambiental que permita al ciudadano elegir cuál es la forma en la que él prefiera experimentar el espacio público.

Cuando un planificador redacta cualquier documento de diseño urbano, puede aplicar en el mismo las estrategias bioclimáticas para el trazado urbano y para las zonas verdes: una correcta adecuación de la orientación de la red viaria por criterios de soleamiento y de viento, una adecuación con respecto a la humedad ambiental, la radiación directa sobre espacios abiertos permite mejorar las condiciones de confort durante el período infracalentado y potenciar la iluminación natural así como el crecimiento de la vegetación [12].

Objetivamente, los espacios abiertos estudiados tuvieron deficiencias microclimáticas, lo que se estima que influye en el grado y tipo de actividades realizadas en ellos [23]. Si se piensa que la gente se adapta activamente a las condiciones microclimáticas en estos espacios abiertos y públicos, puede incrementar o disminuir su nivel de vestimenta, colocarse en ubicaciones adecuadas, controlar el tiempo de exposición, aumentar o disminuir su nivel de actividad, etc. [24]; todo ello hace compleja y muy singular la relación entre la percepción del confort y sus parámetros objetivos exteriores [14].

Para lograr la especificidad bioclimática y la relación entre el diseño urbano de las plazas de armas con el ambiente natural en el que se encuentran, se reconoció desde un comienzo las estrategias básicas de las cuatro grandes regiones climáticas: fría, templada, Cálida Húmeda y cálida seca

23. GIVONI, Baruch. *Climate considerations in building and urban design*. New York: John Wiley, 1998. ISBN 0-471-29177-3.

24. LANDSBERG, Helmut. *The urban climate*. New York: Academic Press, 1981.

[17]. Cabe señalar que en Chile no se encontró ninguna ciudad en la región cálida húmeda. Se espera que este enfoque ayude en la comprensión del desempeño ambiental de las plazas seleccionadas, permitiendo optimizar la interacción social que en ellas tiene lugar y además usar eficientemente las energías y recursos disponibles. Se ha puesto en discusión el valor exclusivo estético de los jardines ornamentales frente a valores medioambientales y de biodiversidad que unas plazas pensadas desde su bioclimática urbana promueven. ¿Por qué se emplea tanta energía y tanto esfuerzo en la nutrición de frágiles paisajes y jardines artificialmente cultivados en las ciudades, que normalmente tienen menos diversidad y vigor que las áreas espontáneas llenas de malas hierbas de crecimiento natural y nulo mantenimiento? [25].

### Reflexiones en curso

Dentro de las proyecciones de una investigación de este tipo se encuentra la evidente necesidad de ampliar las variables estudiadas, evaluar la relación entre forma urbana, clima urbano y percepción de los ciudadanos del espacio público. Determinando los elementos naturales significativos del espacio público en la descripción que los ciudadanos hacen de una plaza. Esto permitiría establecer un mapa de apropiación del espacio público en relación con su comportamiento ambiental y admitiendo que la forma urbana puede considerarse como un parámetro para comprender el clima urbano, es posible pensar que una acción sobre el espacio público ya consolidado pueda mejorar sus condiciones microclimáticas y de percepción de la calidad de vida de un lugar tan representativo de una ciudad.

En el estudio de la dimensión humana en la planificación de la ciudad, se debiera redescubrir el espacio público, la optimización de las condiciones para la movilidad y la mejora de los sistemas de gestión de la red pública de equipamientos con una distribución de áreas de servicio que contemplen predominantemente una circulación vehicular pública. Además, un medio exterior térmicamente confortable tendrá a su vez un efecto positivo sobre el clima interior de los recintos y ello permite a la vez reducir el uso de energía en los espacios climatizados. La comprensión de la riqueza de las características del microclima al aire libre en los microespacios urbanos, y las consecuencias de comodidad para las personas que los utilizan, abre nuevas posibilidades para el desarrollo del diseño urbano en términos de confort exterior.

Finalmente la ciudad es un ecosistema de infinita complejidad y por ejemplo los datos de los climas urbanos que se disponen como representación de las condiciones atmosféricas y de calidad del aire, son deficientes en significados espaciales, no constituyen series temporales valiosas o implican generalizaciones que no consideran debidamente la escala interesalar y temporal de los problemas que representan. Asimismo, los principios y valores que animan al urbanismo bioclimático no son algo acabado, es más, la contradicción y la divergencia son parte de la naturaleza de esta materia en desarrollo. La percepción y consecuentemente, el uso de los espacios abiertos está muy influenciado por las condiciones microclimáticas que se han estudiado principalmente de manera aislada (temperatura del aire, humedad, velocidad del viento, flujos de radiación), así como por parámetros más individuales como la edad, actividad, vestimenta o parámetros psicológicos. En todo caso, la comprensión de todas estas variables interrelacionadas en un espacio público jerárquico como lo es una plaza de armas, puede contribuir a mejorar su diseño, su significado,

25. HOUGH, Michael *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: GG, 2003. ISBN 84-7088-417-4.

su calidad ambiental, etc. y aportar a un desarrollo urbano más sostenible para las ciudades que habitamos (tabla 4).

Tabla 4: Síntesis de elementos de sustentabilidad urbana y bioclimática de los espacios públicos. Fuente: Elaboración propia, año 2014.

BIOCLIMATICA	PAISAJE URBANO	TEJIDO URBANO	IDENTIDAD
Clima, sol y viento, biodiversidad y agua, materialidad, entorno	Imagen de la ciudad, perfiles urbanos, percepción	Mixticidad de usos, actividades predominantes, movilidad, transporte	Historia de lugar, evolución del diseño, cultura
criterios de diseño	calidad de vida	morfología urbana	sociedad
EFICIENCIA	COHESION SOCIAL	COMPACIDAD	COMPLEJIDAD

## Conclusiones

Frente a la pregunta inicial ¿Cómo el diseño de espacios públicos en Chile, ha tomado en cuenta la bioclimática urbana para alcanzar el confort ambiental? Se concluye que, por una parte, con los climogramas se alcanzó una idea bastante aproximada del clima del lugar simplemente utilizando las temperaturas máximas y mínimas medias de cada mes junto a las humedades relativas. Además con el análisis cruzado de la morfología de cada plaza se ha promovido el uso de los parámetros de diseño urbano relacionados con los factores climáticos específicos del lugar. De acuerdo con la ubicación, la orientación, la forma y/o la materialidad de los espacios públicos urbanos, el diseño de sus espacios libres o verdes, la optimización de las redes y el uso de renovables, se realizó un listado de variables para fomentar un menor consumo de energía y de emisiones, promoviendo a la vez el uso racional de los recursos naturales locales, con el fin de optimizar y ahorrar en el mantenimiento final del espacio público.

El uso racional de los recursos ambientales, sociales y económicos ha ido tomando fuerza, y la adecuación de las construcciones al entorno urbano es uno de los objetivos más actuales de la arquitectura y planificación. La sustentabilidad es un concepto global aún en definición y se ve afectada por diversos factores como el tiempo y la escala. Las conclusiones de esta investigación tienden a hacer más compleja y habitable la ciudad entera, centros, periferias y nuevos crecimientos a partir de sus elementos fundacionales y públicos como son las plazas de armas, ya que más allá del diseño bioclimático, los ciudadanos necesitan de espacios complejos que les permitan elegir aquello que les conviene en cada caso.

## Agradecimientos

A la Escuela de Arquitectura y al Magister en Territorio y Paisaje de la Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño FAAD, de la Universidad Diego Portales UDP en Santiago de Chile.



*Mario Del Castillo Oyarzún. Doctor Arquitecto, Licenciado en Artes y Académico de la Escuela de Arquitectura y del Magíster en Territorio y Paisaje de la Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño, FAAD, Universidad Diego Portales, Chile. mdelcastillo@uc.cl*



*Claudia Castillo Haeger. Doctora Arquitecta e Investigadora del Centro Desarrollo Urbano Sustentable CEDEUS, Universidad Católica de Chile, ccastilloe@uc.cl*