

La construcción social de climas urbanos y su relación con la pandemia de Covid-19 en Santiago de Chile

Hugo Romero-Aravena * 

Flávio Henrique Mendes + 

Resumen

Santiago de Chile, como la totalidad de las ciudades latinoamericanas, registra importantes diferencias socioclimáticas en su interior que resultan de la apropiación, privatización y mercantilización de los climas por la falta de una adecuada planificación y gestión urbana, así como del ejercicio de poder por parte del mercado inmobiliario; caracterizando un objeto de estudio propio de la geografía física crítica. Se comparan las condiciones de temperatura superficial, coberturas y usos del suelo, morfología urbana y simulaciones de ventilación, de barrios que representan los significativos niveles de segregación e injusticia ambiental de esta ciudad. Las condiciones de origen y difusión de la pandemia de Covid-19 se correlacionan espacialmente con tales diferencias climático-urbanas y con determinantes socioeconómicos que se han ido construyendo junto con la ciudad y que requieren de acciones públicas decididas y masivas para revertir el actual escenario de injusticia e insustentabilidad socioclimática.

Palabras clave: coronavirus, socioclimas urbanos, tasas de incidencia, temperatura de superficie, ventilación.

Ideas destacadas: artículo de investigación sobre la comparación de condiciones socioclimáticas que han sido construidas en barrios de la ciudad de Santiago de Chile, permitiendo comprender la potencialidad de ocurrencia de efectos adversos sobre la calidad de vida de sus habitantes y sobre el origen y difusión del Covid-19.



RECIBIDO: 29 DE JUNIO DE 2020. | EVALUADO: 25 DE AGOSTO DE 2020. | ACEPTADO: 17 DE FEBRERO DE 2021.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Romero-Aravena, Hugo; Mendes, Flávio Henrique. 2021. "La construcción social de climas urbanos y su relación con la pandemia de Covid-19 en Santiago de Chile." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 30 (2): 376-395. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n2.88701>

* Universidad de Chile (UCHile), Santiago de Chile-Chile. ✉ hromero@uchilefau.cl – ORCID: 0000-0002-1005-0269.

+ Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba-Brasil. ✉ friquemendes@usp.br – ORCID: 0000-0002-7628-4850.

✉ Correspondencia: Hugo Romero-Aravena, Av. Portugal, 84 – Torre Chica, Santiago de Chile - Chile.

The Social Construction of Urban Climates and Its Relation to the Covid-19 Pandemic in Santiago de Chile

Abstract

Santiago de Chile, like all Latin American cities, registers important socioclimatic differences in its interior that result from the appropriation, privatization, and commoditization of climates due to the lack of adequate urban planning and management and the exercise of power by the real estate market, characterizing a study object proper of critical physical geography. Surface temperature conditions, land covers and uses, urban morphology and ventilation simulations at neighborhood scales represent significant levels of environmental segregation and injustice inside the city. The conditions of origin and diffusion of the Covid-19 pandemic are spatially correlated with such urban climatic differences and with socioeconomic determinants that have been built together with the city that require specific and massive public actions to reverse the current scenario of socioclimatic unsustainability and injustice.

Keywords: coronavirus, urban socioclimates, incidence rates, surface temperature, ventilation.

Highlights: research article about comparison of socioclimatic conditions that have been built in neighborhoods in the city of Santiago de Chile, allowing us to understand the potential for the occurrence of adverse effects on the quality of life of its inhabitants and on the origin and spread of Covid-19.

A construção social dos climas urbanos e sua relação com a pandemia do Covid-19 em Santiago do Chile

Resumo

Santiago do Chile, como todas as cidades latino-americanas, registra importantes diferenças socio-climáticas em seu interior resultantes da apropriação, privatização e mercantilização de climas devido à falta de planejamento e gestão urbanos adequados e ao exercício de poder por parte do mercado imobiliário, caracterizando um objeto de estudo da geografia física crítica. As condições que representam os níveis significativos de segregação ambiental e injustiça como são a temperatura da superfície, cobertura e uso do solo e morfologia urbana e simulações de ventilação de vizinhança são comparadas. As condições de origem e difusão da pandemia do Covid-19 estão espacialmente correlacionadas com essas diferenças climáticas-urbanas e com determinantes socioeconômicos que foram construídos em conjunto com a cidade e que exigem ações públicas decisivas e massivas para reverter o atual cenário de injustiça e insustentabilidade socio-climática.

Palavras-chave: coronavírus, socio-climas urbanos, taxas de incidência, temperatura de superfície, ventilação.

Ideias destacadas: artigo de investigação sobre a comparação de condições socio-climáticas que foram construídas em bairros na cidade de Santiago do Chile, permitindo compreender o potencial para a ocorrência de efeitos adversos na qualidade de vida de seus habitantes e na origem e disseminação do Covid-19.

Introducción

El estudio de los cambios experimentados por los climas urbanos de las ciudades latinoamericanas y su influencia sobre la salud y bienestar de sus habitantes constituye una oportunidad para compartir los objetivos y métodos propuestos por la geografía física crítica (Lave et ál. 2014; Lave, Biermann y Lane 2018), en orden a limitar la dicotomía con que la geografía ha abordado separadamente la producción de conocimientos en torno a la naturaleza (incluyendo al estudio del clima) y a la sociedad. La climatología urbana crítica (Romero y Mendes 2020a), consecuentemente, comparte la diada presentada por Hulme (2015), en el sentido de que se debe analizar simultáneamente el comportamiento físico de los climas, por un lado, vinculándolo, por otro lado, con la distribución espacial y temporal de la sociedad y su cultura (Tadaki et ál. 2015; Romero et ál. 2017; Romero, Romero-Toledo y Opazo 2018).

Resultando inevitable la comodificación del clima urbano como consecuencia de la concepción capitalista de la ciudad como producto económico (Castree 2003; Swyngedouw y Heynen 2003; Swyngedouw 2018), las columnas de aire, dependiendo de sus características, calidad y salubridad, se transan en el mercado como parte de los proyectos inmobiliarios, abandonando su condición de bien libre y componente de los bienes comunes, a los que deberían tener acceso todos los ciudadanos (Irrázaval 2012; Romero 2019). Los climas, como los espacios urbanos, han sido privatizados, fragmentados y gentrificados como resultado de los altos niveles de segregación e injusticia socioambiental predominantes en Latinoamérica (Thornes y Randalls 2007; Romero y Mendes 2020b; Shokry, Connolly, Anguelovski 2020).

Para acceder a un barrio de la ciudad caracterizado por aire y clima de buena calidad (ausencia o reducción de las islas, olas, corredores y puntos de calor y frío, temperaturas y humedad templadas, adecuada ventilación y, consecuentemente, buena calidad del aire), y altos niveles de seguridad (en términos de mitigación de riesgos, tales como inundaciones, temperaturas extremas, concentraciones de contaminantes atmosféricos y sus consiguientes impactos sobre la salud y el bienestar de las personas, incluyendo el peligro de contagio ante epidemias), se debe disponer de dinero suficiente para adquirir o alquilar una vivienda situada en un barrio de alto estatus socioeconómico. Dado que estos espacios habitables óptimos son cada vez menores en comparación a aquellos caracterizados por paisajes urbanos

degradados, poseen un alto valor de escasez, reflejado en los precios especulativos en que se comercializan sus terrenos, viviendas y edificios. Desde luego que la calidad del aire no se comercializa como un producto aislado, sino que forma parte de la integridad ambiental de paisajes y proyectos inmobiliarios instalados en sitios climáticamente más favorables debido a su localización en los sectores más adecuados y estables de la cuenca, menores densidades construidas, presencia de infraestructuras verdes y, consecuentemente, dotados de “climas saludables y seguros”, no solo en términos físicos sino que esencialmente en sus representaciones sociales y culturales (Irrázaval 2012). Los barrios donde habitan los sectores sociales de mayores ingresos económicos se sitúan en los lugares que ofertan mayores y mejores servicios ambientales; las construcciones de viviendas ocupan superficies menores respecto a los paisajes naturales; las alturas, localización y geometría de las edificaciones están reguladas y entre ellas se ubica una gama de superficies verdes, avenidas anchas e innumerables funciones orientadas a satisfacer la totalidad de las necesidades de la vida cotidiana incluyendo, desde luego, las instalaciones sanitarias.

Por el contrario, debido a la no consideración explícita de la calidad de los climas en la planificación, diseño y gestión urbana, y como parte de la segregación socioambiental de las ciudades, en el caso de Santiago de Chile, la mayoría de la población, al no poseer los recursos para adquirir en el mercado un clima adecuado y seguro, debe habitar lugares afectados por extremos térmicos, ausencia de ventilación y, consecuentemente, altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, sufriendo reiteradamente los efectos de una diversidad de desastres hidroclimáticos tales como sequías, anegamientos, inundaciones y derrumbes. Para contribuir a la discusión geográfica de los socioclimas urbanos, en este trabajo, se comparan las condiciones de los niveles límites y de las canopias urbanas en dos barrios socialmente contrastados de Santiago de Chile (Romero y Mendes 2020a; Mendes et ál. 2020).

El clima urbano es un objeto siconatural híbrido que asocia sobre el espacio y el tiempo las condiciones propias y rítmicas de los estados típicos de la atmósfera local con las características sociales y culturales de la población (Hulme 2015). Los desastres siconaturales, incluyendo las epidemias, se manifiestan como grandes injusticias territoriales dentro de las ciudades, afectando siempre de mayor forma a los sectores sociales más vulnerables. Las sociedades latinoamericanas han

naturalizado los efectos climáticos adversos de estas situaciones al punto de considerarlos eventos propios de una dinámica incontrolable de la naturaleza (los llamados desastres naturales) o atribuibles a cambios globales (como el llamado cambio climático), siempre ubicuos y sobre los cuáles, al parecer, no cabría asumir ninguna responsabilidad a los gobiernos ni a las comunidades. Se dice que corresponden a hechos fortuitos propios de un comportamiento atmosférico azaroso, cuyos efectos deletéreos lamentablemente afectan en forma mayoritaria a los sectores sociales más vulnerables. Sin embargo, en el caso de los climas urbanos, estos son principalmente resultado de decisiones adoptadas por quienes elaboran e implementan los planes de ocupación de los territorios a través de alianzas entre los gobernantes y los actores que representan los intereses de los mercados inmobiliarios y de los suelos, así como por acciones emprendidas por los grupos sociales que no pueden acceder formalmente a sitios ambientalmente seguros y de calidad.

La relación entre los climas urbanos y la salud de la población ha acompañado al desarrollo de las ciudades en todos los tiempos y lugares. Lemos, Oscar Júnior y Mendonça (2021), así como Roseghini et ál. (2019) se encuentran entre los autores más recientes que han asociado espacial y temporalmente el comportamiento de enfermedades, como lo es la epidemia del dengue, a la localización de archipiélagos de calor al interior de ciudades brasileñas. En la actualidad, los brotes, contagios, enfermedades y muertes asociados a la pandemia del Covid-19 han sido también correlacionados en los países de climas tipo mediterráneo europeos y en otras regiones, con niveles bajos de temperatura, insolación y humedad, y con altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, especialmente de material particulado fino (menos de 10 micrones) y ultrafino (menos de 2,5 y 1 micrómetro). Adicionalmente, las nano partículas de Covid-19 podrían ser adsorbidas por estos contaminantes atmosféricos y desplazarse a mayores distancias que las que alcanzan las espiraciones respiratorias de las personas contagiadas (Sajadi et ál. 2020; Wang et ál. 2020).

Las investigaciones practicadas en torno a otras epidemias y respecto a la pandemia actual de Covid-19 han demostrado que la distribución espacial de sus morbilidades y mortalidades se correlaciona con umbrales climáticos locales específicos e, incluso, han señalado a las concentraciones de material particulado en la atmósfera como una variable interviniente en su traslado, revelando la importancia de la estacionalidad en los brotes y contagios de las epidemias en aquellas regiones como

Chile, que registran condiciones climáticas muy contrastadas entre verano e invierno. Dichas estimaciones advirtieron tempranamente sobre el empeoramiento de las condiciones sanitarias en el invierno del hemisferio sur, lo que realmente ocurrió en Chile el 2020, así como sobre rebrotes y olas sucesivas de contagios que se repetirían en el hemisferio norte bajo su actual estación de invierno (febrero de 2021). Sin embargo, no se han reportado hasta ahora investigaciones explícitamente focalizadas en las relaciones entre el comportamiento de los climas urbanos y las ocurrencias de contagios y muertes causados por Covid-19. Igualmente, se ha señalado que tanto o más importante que las relaciones entre la pandemia y los climas son los determinantes socioeconómicos, destacando variables urbanas muy relevantes, tales como la concentración de la población, las densidades habitacionales y, muy especialmente, los índices de hacinamiento, todas ellas vinculadas a la vulnerabilidad que afecta principalmente a los habitantes de los barrios más pobres de las ciudades (Vergara-Perucich et ál. 2020; Romero y Mendes 2020c).

Hulme et ál. (2020) han llamado urgentemente a limitar la incidencia de conocimientos impuesta por las ciencias naturales y médicas ante la emergencia sanitaria, debido a que suelen restarles importancia a los aportes de otras disciplinas como la socioclimatología urbana. Las ciencias sociales, como la geografía, contribuirían no solo a explicar la dinámica espacio-temporal de las epidemias, sino también a comprender la percepción, comportamientos y actitudes de la sociedad ante medidas adoptadas tales como las cuarentenas o confinamientos hogareños, que en el caso de Santiago, han sido escasamente obedecidas.

De acuerdo con la geografía física crítica, los climas urbanos aterrizan localmente las condiciones atmosféricas en espacios concretos, construidos socialmente, al interior de los cuales la temperatura, humedad y ventilación dependen de los balances térmicos, hídricos y de ventilación causados por los diversos usos y coberturas de suelos, así como por las formas construidas que caracterizan el mosaico de los paisajes urbanos. Estos últimos, a su vez, dependen de las condiciones socioeconómicas de sus habitantes y de las decisiones adoptadas por los poderes políticos que planifican y ejecutan el desarrollo de los espacios urbanos (Mendes et ál. 2020). Los climas urbanos, en sus diferentes escalas espaciales, están caracterizados por islas, archipiélagos, corredores y puntos de calor, frío, humedad y ventilación (Romero 2019). Sin embargo, la mayor

parte de las investigaciones entre pandemia y clima han consistido en comparaciones de cifras y tasas de contagios y fallecimientos entre ciudades, regiones y países, asumiendo que todas ellas corresponden a espacios homogéneos en su interior. Esta investigación demuestra que al interior de las ciudades latinoamericanas existen grandes diferencias socioclimáticas que solo podrán dar paso a paisajes más adecuados, justos y saludables, en la medida que se recupere el concepto del clima como bien común y se superen las actuales inequidades sociales e injusticias ambientales que han sido consecuencia de su *comodificación* y privatización como producto de mercado.

Mike Hulme et ál. (2020) han llamado a incorporar el conocimiento social a los estudios de cambio climático en general y del Covid-19 en particular, superando los enfoques tecno-científicos que han pretendido controlar las crisis con intervenciones parciales, sin considerar los factores sociopolíticos que explican una exposición desigual e injusta de la población urbana a los riesgos y recursos. Para los autores mencionados, solo incluyendo los conocimientos científicos sociales sería posible comprender la naturaleza de la crisis actual y desarrollar intervenciones efectivas, justas y legítimas siendo necesario, en primer lugar, pluralizar el conocimiento, lo que implica dismantelar la jerarquía de saberes mencionada anteriormente, que ha llevado a adoptar intervenciones sin reconocer la complejidad de las percepciones, incertidumbres y vulnerabilidades de las sociedades urbanas. En segundo lugar, es preciso territorializar los conocimientos, comprendiendo las variaciones nacionales, regionales y locales de las causas, respuestas y vulnerabilidades de las sociedades y las capacidades de resiliencia, mitigación y adaptación de las comunidades locales a los riesgos de los cambios climáticos y sus asociaciones con enfermedades y pandemias. El conocimiento social profundiza el entendimiento de cómo las percepciones de riesgo, miedo y confianza impactan en la mitigación de la crisis e iluminan la importancia de los factores estructurales, el posicionamiento social y la pertenencia cultural (como clase, raza y género) en el desarrollo de las respuestas individuales e institucionales (Hulme et ál. 2020).

El Covid-19 ciertamente ha cambiado la forma en que se observa y se accede al mundo real. La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró este estado de riesgo el 11 de marzo de 2020 y muchos países, como Chile, adoptaron medidas restrictivas de emergencia, consistentes en dictaminar el aislamiento social de sus habitantes

—primeramente parciales y luego totales— en las diversas metrópolis, ciudades y barrios, para impedir o ralentizar el colapso del sistema de salud y garantizar la preservación de las vidas. La prensa internacional (Emol.com 2020; Sauré 2020) ha llamado la atención sobre el hecho de que las dificultades que han enfrentado las intervenciones aplicadas en Chile se han debido al intento por aplicar recetas de países desarrollados, sin reconocer el predominio de la pobreza y la precariedad de la salud, empleos, viviendas y acceso a los servicios sanitarios, situaciones que a su vez se habían patentizado en el llamado “estallido social”, conjunto de protestas masivas realizadas a partir de octubre de 2019 en demanda de reformas constitucionales que resuelvan las mencionadas desigualdades.

Entre los fundamentos de las estrategias sanitarias adoptadas han estado ausentes las consideraciones climáticas, no obstante que gran parte del territorio nacional se extiende entre las latitudes 30-60° S, señaladas como las más vulnerables en el hemisferio norte. Para avanzar en esta dirección, se ha monitoreado el progreso espacial del Covid-19 en Santiago de Chile, correlacionándolo con las condiciones climáticas de cada comuna (barrios agrupados en municipios) a través de la consideración de la temperatura de superficie obtenida a partir de imágenes satelitales y datos de notificaciones oficiales. Si bien la pandemia apareció en las comunas con mejores condiciones ambientales, climáticas y socioeconómicas, como es el caso de Vitacura, Lo Barnechea y Las Condes (debido a que concentraron los viajeros procedentes del extranjero), sus efectos sobre la salud se tendieron gradualmente a concentrar en las comunas más pobres, como Estación Central, Recoleta, Independencia, El Bosque, San Ramón y La Granja (Vergara-Perucich et ál. 2020; Romero y Mendes 2020c).

Como es una enfermedad nueva muchos estudios se están llevando a cabo en todo el mundo, buscando covariaciones y correlaciones espaciales que permitan adoptar planes de diseño y gestión de los espacios urbanos que incluyan la generación de condiciones ambientales más favorables y saludables. Tales proposiciones deberían ser parte de las lecciones que habrá que transformar en intervenciones —esta vez comandadas por el Estado y con participación social y democrática—, en una realidad postpandémica que debe establecer como primera prioridad la construcción de socioclimas saludables, justos y equitativos.

En la primera sección de este trabajo se caracteriza la construcción socioclimática de dos espacios urbanos

contrastados al interior de la ciudad de Santiago, correspondientes a un barrio de alta densidad habitacional, denominado en función de sus niveles de hacinamiento y precariedad social como “gueto vertical”, localizado en la comuna de Estación Central, uno de los 38 municipios en los que se divide la ciudad para su administración político-administrativa. El otro barrio seleccionado es un recorte espacial de la comuna de Vitacura, considerada la de más altos ingresos económicos del país. Para ambos barrios se han estudiado las variaciones espaciales y temporales de sus temperaturas superficiales, registradas como consecuencia de los usos de suelo, coberturas vegetales y formas construidas, así como los efectos de estos últimos sobre la ventilación, generación de cañones urbanos y, consecuentemente, sobre las concentraciones estimadas de contaminantes atmosféricos.

En la segunda sección se presentan resultados preliminares sobre los lugares de contagio del Covid-19, asociando los patrones locales de brotes, cantidades de contagiados y tasas de incidencia de la enfermedad, con las condiciones climáticas para el conjunto de las comunas o municipios de Santiago. Es posible observar en ello algunos de los rasgos que han caracterizado su evolución espacio-temporal, respecto a la cual se formulan hipótesis preliminares que deben profundizarse en la medida en la que se acumule más información. Dado que la estacionalidad es una característica climáticamente muy marcada en la ciudad de Santiago, a comienzos del invierno (mayo de 2020), era posible estimar un empeoramiento de la salud de sus habitantes no solo en función de la pandemia de Covid-19, sino también por apareamiento de otras enfermedades propias del tiempo frío y lluvioso, y de las altas concentraciones de material particulado en la atmósfera. Sin embargo, estas dos situaciones coadyuvantes se vieron disminuidas como consecuencia del confinamiento de la población urbana y los descensos en las tasas de movilidad y transporte. No obstante, la llegada del verano (noviembre-diciembre de 2020) si bien se correspondió con una significativa mejoría en las condiciones sanitarias, fue gradualmente dando paso a una segunda ola de ocurrencias de contagios detonada por la recuperación de la movilidad de la población, contradiciendo los pronósticos.

En la tercera sección se anticipan algunos criterios y objetivos que deberían formar parte de las propuestas de reconstrucción de los espacios urbanos de una ciudad como Santiago, mejor adaptada a los cambios climáticos

generados socialmente a escala local, así como más equitativa, sustentable y saludable para la totalidad de sus habitantes.

Metodología

El área específica de estudio de la primera sección comprende dos comunas de la ciudad de Santiago de Chile (Figura 1), capital del país que concentra el 36 % de su población total con cerca de siete millones de habitantes y se ubica bajo un clima tipo mediterráneo con temperaturas templadas y lluvias escasas e irregulares concentradas en los meses de invierno (mayo-septiembre). Para el análisis de los cambios experimentados en sus temperaturas superficiales a escala de las capas límites y de canopia urbana (Oke 1978) se seleccionaron barrios localizados en la comuna de Estación Central, cercana al centro histórico de la ciudad, caracterizada por un área construida muy verticalizada y crecientemente homogénea en cuanto al diseño urbano, algunos de cuyos edificios más nuevos alcanzan casi 100 m de altura y contienen pequeños apartamentos desde 17 m² de superficie. Estas construcciones carentes de áreas verdes y espacios públicos registran mucha infraestructura gris, y acogen a una gran cantidad de personas, principalmente inmigrantes, además, presentan un elevado tránsito vehicular por ubicarse en un sector muy accesible cubierto por ferrocarriles superficiales y subterráneos y toda suerte de líneas de autobuses intra e interurbanos. La segunda área seleccionada fue un sector de la comuna de Vitacura, ubicada al oriente de la ciudad de Santiago, un barrio en donde habitan grupos de altos ingresos económicos en paisajes urbanos más heterogéneos respecto a los usos y coberturas de suelos y al diseño de sus casas y edificios, abundante vegetación urbana, y que dispone de calles anchas y un adecuado ordenamiento del territorio.

Para analizar la temperatura superficial, se utilizaron imágenes satelitales de Landsat-7 (banda térmica 6), con tamaño de píxel de 60 m, por medio del *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, desarrollado para el *software QGIS versión 2*, que convierte los diferentes niveles de gris en temperatura de superficie (Congedo 2014). Las fechas seleccionadas fueron el 27 de enero del año 2000 y el 31 de enero del año 2019, es decir, pleno verano en Chile. Estas imágenes corresponden al más largo plazo de observación satelital para verificar el cambio de temperatura superficial y paisajes asociados a la urbanización. Como complemento, para analizar la topografía, se utilizó la imagen del radar ALOS PALSAR.

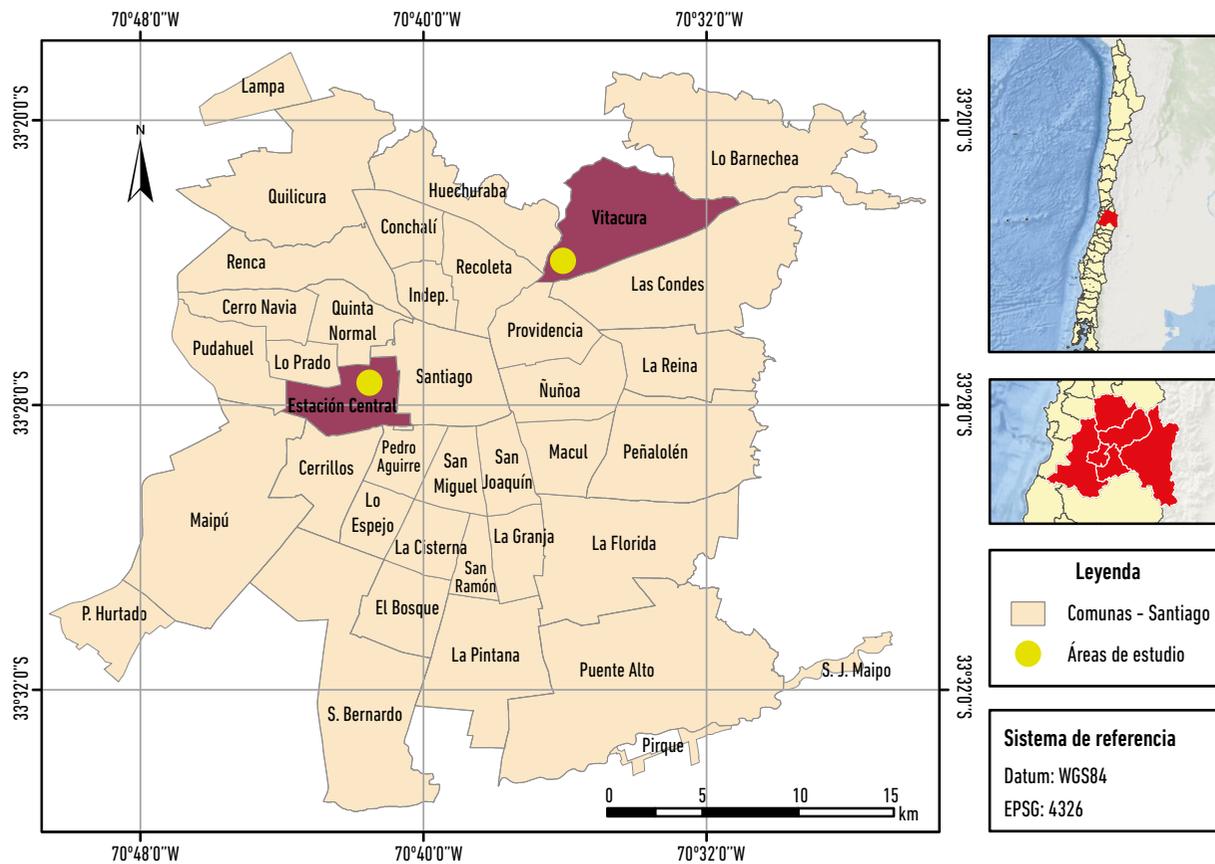


Figura 1. Localización de las comunas Estación Central y Vitacura, Santiago de Chile.
 Datos: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2018).



Figura 2. Modelado de los recortes de paisajes urbanos de las comunas de Estación Central y Vitacura, 2020.
 Datos: Romero y Mendes (2020), a partir del software ENVI-met 3.1.
 Nota: el modelado muestra los edificios en gris y la vegetación en verde.

El empleo del software ENVI-met versión 3.1, desarrollado para simulaciones computacionales en la canopia (dosel) urbana, se realizó según la metodología propuesta por Mendes (2014), para un área de 25 hectáreas (500 x 500 m) en cada una de las comunas seleccionadas. La Figura 2 presenta el modelado urbano de las edificaciones con sus alturas, al igual que los tipos de vegetación

(canopia densa, regular o dispersa), tipos de suelos (asfalto, hormigón, arena, arcilla, agua, etc.) y posible nivel de contaminación en calles con mucho tránsito. Los datos climáticos considerados en esta sección fueron los promedios de enero de 2019, recolectados en la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, en Santiago, con viento inicial de 6 m/s (a 10 m altura) y rumbo sur (193°).

El Departamento de Geografía de la Universidad de Chile (2020), ubicado en Santiago, ha registrado el comportamiento del patrón socioespacial de difusión de la enfermedad y sus fatalidades desde el 2 de marzo de 2020, en que ocurrió la primera confirmación de un caso, que avanzó desde los sectores más ricos ubicados al oriente de la ciudad hacia los más pobres, localizados en el centro y poniente de esta. Con el fin de contribuir al conocimiento exploratorio de estas espacialidades se han correlacionado los valores de amplitudes térmicas superficiales del total de las comunas que constituyen la ciudad de Santiago con la distribución espacial de los infectados por Covid-19. Para lo primero, dado que los

requerimientos de información climático-urbana no pueden ser satisfechos por la red de estaciones meteorológicas, se utilizaron imágenes térmicas del satélite Landsat-7 correspondientes a la estación de verano (31 de enero de 2019) e invierno (11 de agosto de 2019), tomando como base el valor medio de los píxeles contenidos al interior de cada comuna. Se adoptó la variable temperatura de superficie y no la temperatura del aire debido a la disponibilidad de datos y el mayor rango de valores que considera la primera. El procesamiento fue realizado en el *software* QGIS versión 2.18.

En cuanto a los datos de Covid-19, en el momento de preparar este trabajo solo fue posible considerar la distribución espacial de los contagios en dos fechas de la estación de otoño, correspondientes al 8 de abril y 4 de mayo de 2020, para las cuales se analizaron las cantidades de casos absolutos y las tasas de incidencia registradas. Esta última cifra estandariza los datos al tamaño de la población, que en caso de Santiago se concentra principalmente en las comunas de Maipú (578.605 habitantes), Santiago Centro (503.147) y Puente Alto (402.433). La tasa de incidencia se obtuvo dividiendo la cantidad de casos por el número de población, y se multiplicó por 100.000 [(casos/población) * 100.000]. A través de esta última fue posible analizar la espacialización de los contagios al interior de la ciudad y, por lo tanto, buscar explicaciones para sugerir intervenciones que deberían haber contribuido a disminuir su ocurrencia y difusión. Como se ha indicado, la falta de informaciones y conocimientos detallados de los socioclimas al interior de las ciudades, así como la complejidad de las relaciones entre clima-medio ambiente y factores socioeconómicos determinan el carácter exploratorio de las investigaciones. La evolución espacial de la pandemia al interior de la ciudad de Santiago durante los meses posteriores de otoño e invierno (mayo a agosto) se encuentra en Romero y Mendes (2020c).

Resultados y Discusión

La topo-climatología de Santiago de Chile

Cuando se estudian los climas urbanos una información de gran relevancia es la topografía y su incidencia en la generación de climas locales, en especial en el caso de Santiago, una ciudad instalada en el centro de la cuenca de los ríos Maipo-Mapocho, a una altura promedio de 500 m.s.n.m., a los pies de la cordillera de los Andes y a una distancia del mar de cerca de 100 km. La

topo-climatología de Santiago (Romero 1985; Romero y Vinagre 1985) implica la generación de condiciones de encerramiento atmosférico, con escaso intercambio de masas de aire fuera de los límites de la cuenca y, por ello, dependientes en gran medida de las condiciones internas, caracterizadas por la presencia permanente de niveles de inversión térmica, acentuados en otoño e invierno, y una escasa ventilación, asociada a los vientos del SW producidos por la circulación anticiclónica predominante y a los flujos mar-continente y valle-montaña, que se orientan predominantemente en el sentido OE. Los niveles de inversión térmica de subsidencia y radiación, junto a la disminuida ventilación natural generan condiciones de estabilidad atmosférica que facilitan la acumulación del calor, frío y de contaminantes en las partes más bajas de la cuenca, que es donde reside la mayor cantidad de población y se concentran las actividades urbanas. Los vientos anabáticos ascienden generalmente desde el valle al piedemonte andino al mediodía y los catabáticos descienden desde las alturas, principalmente durante las madrugadas, movilizandando las masas de aire y sus contaminantes. La cuenca de Santiago es receptora de flujos débiles de aire descendentes de las cordilleras de los Andes y de la Costa, que la limitan por el oriente y el poniente, y de las alturas de Chacabuco que la cierran por el norte y de la Angostura de Paine que lo hace por el sur. Este encerramiento topográfico debería implicar que la planificación y gestión del medio ambiente en general, y del clima urbano en particular, cuide que las construcciones eviten acentuar las acumulaciones de calor y de frío, asegurando una humedad adecuada y facilitando la ventilación (para asegurar la refrigeración y limpieza del aire). Lamentablemente nada de esto sucede en la actualidad (Mendes et ál. 2020). De la misma manera, espacialmente, las superficies impermeabilizadas deberían alternar sistemática y regularmente con áreas verdes (jardines, parques) para diluir y controlar las islas y archipiélagos de calor, facilitar los aportes de humedad y la generación y fortalecimiento de “brisas de parque” o flujos menos perceptibles de aire que equilibran las propiedades térmicas más elevadas del cemento contenido en las edificaciones y las calles, con las temperaturas más frías producidas por la sombra y evapotranspiración de los espacios vegetados.

Los socioclimas de los barrios

Las figuras 3 y 4 ilustran sobre la diferenciación socioambiental de los barrios seleccionados comparando su morfología y componentes urbanos.



Figura 3. “Guetos verticales” en Estación Central.

Fotografía de Romero y Mendes, noviembre de 2019.

Nota: En esta comuna los edificios alcanzan 100 m de altura, creando cañones urbanos.



Figura 4. Diversidad y calidad de los paisajes urbanos de Vitacura, comuna ubicada al oriente de Santiago.

Fuente: modificado de Tourism Media (2020).

La Figura 5 ilustra la morfología urbana de los sectores seleccionados. En el barrio de Estación Central se registra solo un 6,4 % de la superficie del recorte cubierto por vegetación, en tanto que en Vitacura alcanza casi a un 44 %. Las superficies construidas, por su parte, cubren casi 20 % más en Estación Central que en Vitacura y el asfalto prácticamente duplica la superficie ocupada en la primera en comparación a la segunda (Tabla 1).

Como consecuencia de lo anterior, la distribución y magnitud de las temperaturas superficiales son, igualmente, muy distintas entre las comunas de Estación Central y Vitacura. La primera tuvo un promedio más cálido de 4 °C que la segunda, tanto en el 2000 como en 2019. Sin embargo, las dos comunas registraron un incremento de temperatura que se puede estimar como de 1 °C cada cinco años (Figura 6), con una distribución interna altamente fragmentada en función de los usos y coberturas de suelos.

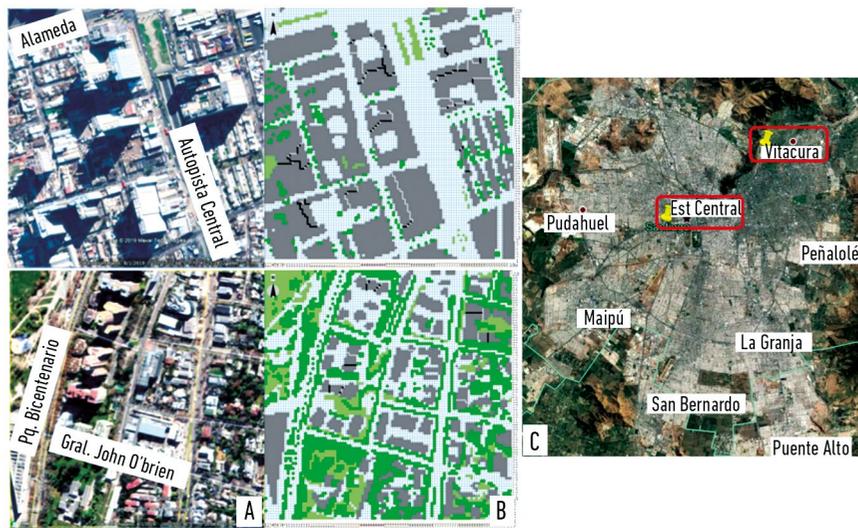


Figura 5. Imagen aérea de los recortes seleccionados de las comunas de Estación Central y Vitacura. Fuente: Google Earth (2019, izquierda) y Romero y Mendes (2020, derecha).

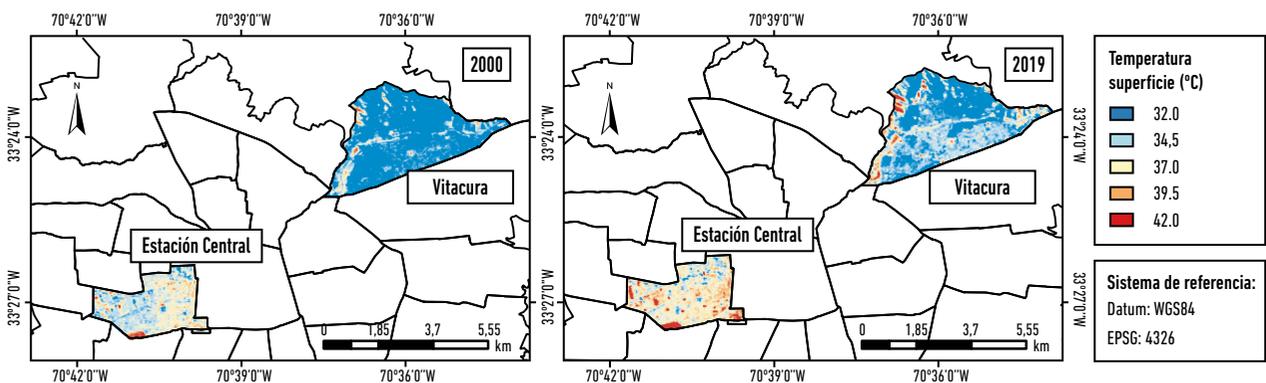


Figura 6. Temperatura superficial en Estación Central y Vitacura en 2000 y 2019. Datos: imágenes Landsat-7.

Tabla 1. Comparación de superficies ocupadas por usos y coberturas de suelos en los recortes de Estación Central y Vitacura, (2019)

	Estación Central	Vitacura
Vegetación	6,4 %	43,8 %
Edificaciones	52,3 %	33,7 %
Asfalto	41,3 %	22,5 %

Datos: cuantificación direccionada al objeto utilizando el software MultiSpec.

Al analizar el comportamiento del viento en Estación Central, se advierte que su velocidad es muy baja y de

dirección variable encauzado por las edificaciones y sometido al efecto de rugosidad causado por las construcciones de altura. A nivel peatonal (2 m), la mayor parte de las calles registró velocidades inferiores a 1 m/s, creando las denominadas “zonas muertas” (Aristodemou et ál. 2018), por su ausencia de ventilación; mientras la autopista que la cruza, por ser más ancha y paralela a la dirección del viento predominante de rumbo sur, alcanzó mayores valores (Figura 7). Esta débil velocidad del viento prácticamente no experimenta cambios en la simulación durante el día. La Figura 8 ilustra dos puntos, con diferentes comportamientos: en 1, se trata de una calle ancha (autopista), orientada en favor de la dirección del viento, y en 2, por el contrario, de una calle estrecha, perpendicular al viento sur.

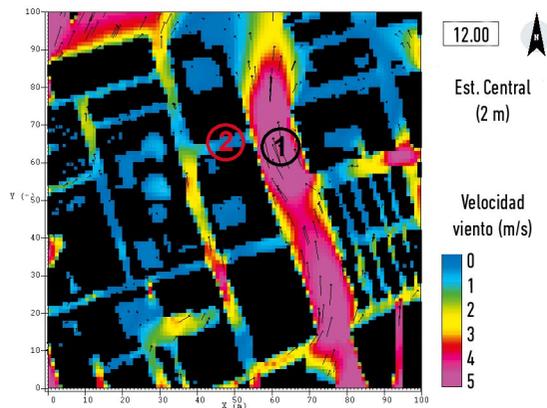


Figura 7. Velocidad del viento en dos puntos de la comuna Estación Central.

Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir del *software* ENVI-met 3.1. Nota: la medición se realizó a 2 m de altura (nivel peatonal) a las 12.00 h, basada en datos promedios de enero de 2019.

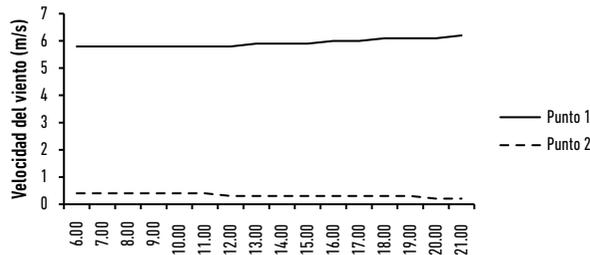


Figura 8. Velocidad del viento en dos puntos ubicados en la comuna Estación Central, fecha.

Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir de análisis en ENVI-met 3.1.

Nota: los puntos de medición son los representados en la Figura 7.

El análisis del factor “z” (altura) es un buen indicador de la rugosidad ejercida por las distintas áreas construidas sobre la ventilación, permitiendo caracterizar las zonas climáticas locales propuestas por Oke (1978) y Stewart y Oke (2012). Al comparar la simulación de ventilación a las 12.00 h en las dos comunas, los resultados mostraron que mientras Estación Central registró una gran variabilidad, Vitacura se mostró más homogénea. El efecto de las construcciones sobre la pérdida de velocidad y encauzamiento de brisas y vientos en una ciudad altamente contaminada, se relaciona con la ausencia de consideración de las condiciones climáticas en la planificación y regulación urbana. En el caso de Estación Central se trata de un Plan Regulador Comunal (instrumento normativo de ordenación territorial de los usos del suelo de los espacios urbanos), que data de 1983 (Miranda 2017). La obsolescencia de los escasos instrumentos de ordenación territorial que se aplican en Chile no se debe solo a una deficiencia institucional,

sino que, pareciera que se debe a una práctica destinada a facilitar la especulación inmobiliaria, permitiendo la construcción ilimitada de grandes edificios con pequeños apartamentos y altos índices de hacinamiento. De esta manera los llamados “guetos verticales”, no tendrían solamente un significado social (aludiendo a la concentración de habitantes socialmente vulnerables en espacios reducidos), sino que también, desde el punto de vista socioclimático, tales aglomeraciones de edificaciones, debido a sus diseños, posición y naturaleza, dificultan en su conjunto la accesibilidad al sol, generan puntos de calor extremo, perjudican la ventilación y, consecuentemente, explican una alta concentración de contaminantes atmosférico (Figura 9). En otras palabras, se trata de transformaciones en las condiciones climáticas naturales que obedecen preponderantemente a intervenciones y manifestaciones opuestas al bienestar y confort de las comunidades urbanas, que contrarían permanentemente los discursos con que las autoridades ambientales anuncian su adhesión a la lucha contra el cambio climático global (Mendes et ál. 2020).

La segregación socioclimática se manifiesta como injusticia ambiental, perjudicando desproporcionadamente la calidad de los climas y del aire de los lugares en que viven sectores sociales de mayor vulnerabilidad, en comparación con los habitantes de clases sociales más altas que residen en barrios planificados y saludables.

Los efectos de la altura, orientación y topología (localización relacional de los edificios respecto a los demás inmuebles y componentes del espacio urbano) no solo encauzan la dirección de los vientos, sino que además interrumpen o disminuyen los flujos a distintas alturas. Mientras las reducciones mayores se producen en las cercanías del suelo debido a la formación de cañones urbanos y a sotavento de las edificaciones, a partir de los 10 o 20 m de altura la ventilación empieza a presentarse en forma natural y homogénea en el clima de Vitacura. Ello indica que hasta esta altura los inmuebles y el arbolado ejercen una influencia directa sobre los flujos de circulación local. Sobre ese límite el aire es capaz de circular libremente en casi todos los puntos de la comuna, contribuyendo a asegurar su mayor calidad en este sector de la ciudad. Esta situación no se observa de igual manera en Estación Central, cuyas edificaciones son tan invasivas para la ventilación, como que incluso a 50 m de altura no consiguen recuperar su velocidad inicial (Figura 10). En la Figura 11 se presentan los cambios en las direcciones del viento, indicando en color rojo las modificaciones mayores, superiores a 60° a partir de un rumbo original de 193°

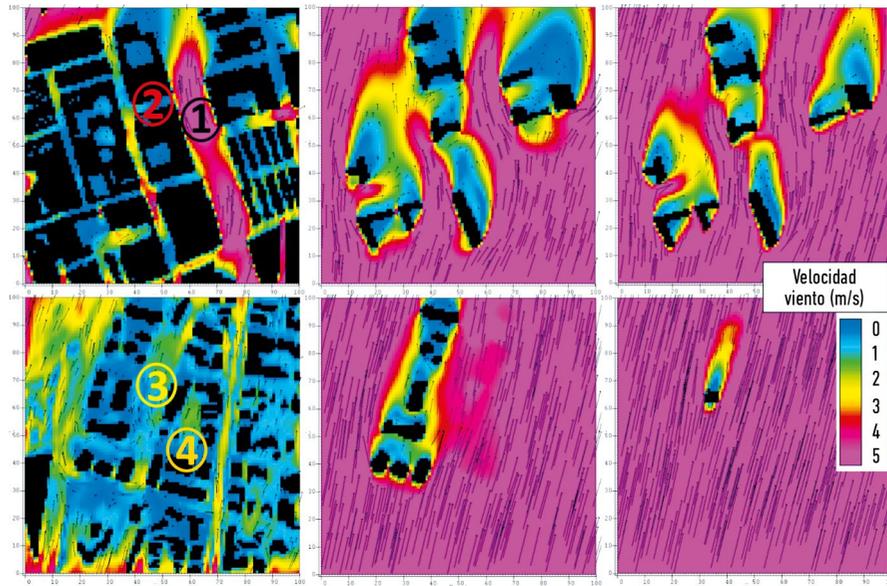


Figura 9. Velocidad del viento en Estación Central (imágenes superiores) y Vitacura (imágenes inferiores) a 2 m, 20 m y 50 m del suelo, respectivamente. Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir del software ENVI-met.

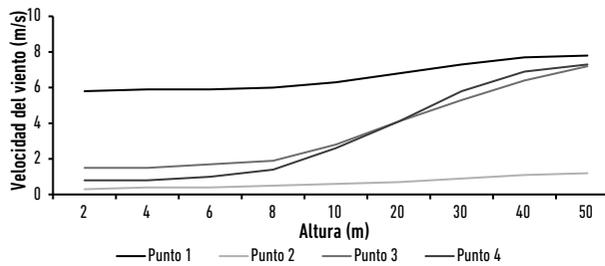


Figura 10. Velocidad del viento en diferentes alturas simuladas en cada punto, según la Figura 9. Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir de análisis en ENVI-met.

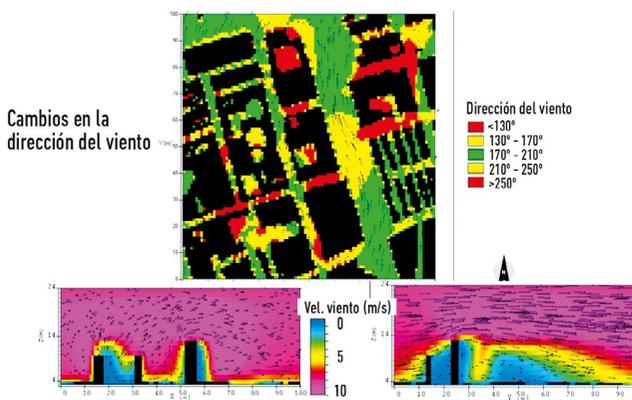


Figura 11. Cambios en la dirección del viento y sus velocidades en los perfiles X-Z y Y-Z, respectivamente. Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir del software ENVI -met 3.1.

Otra variable igualmente importante en el análisis del clima urbano es el Factor de Visión de Cielo (FVC, o Sky View Factor – SVF, en inglés), equivalente a la cantidad de

obstrucciones (o visión despejada) que hay desde un punto fijo en el suelo desde el cual se mira el cielo. En el caso de los cañones urbanos, este factor condiciona las posibilidades de recibir insolación directa en el suelo y paredes de las construcciones (lo que depende la relación entre ancho de las calles y altura de los edificios) y, con ello, de generar turbulencias que remuevan las capas de aire contaminado, así como de acoplar las avenidas a los vientos predominantes o, por el contrario, obstaculizar su distribución. Los valores del Factor de Visión del Cielo varían entre 0 (obstrucción total) a 1 (totalmente libre). Para este caso, las estimaciones fueron hechas con el modelo ENVI-met a partir de la altura del suelo (0 m), y se consideró la proporción entre edificaciones y calles, sin arbolado. Como las calles son más estrechas y las construcciones más altas, se observaron menores valores (entre 0,3 y 0,4) en Estación Central en comparación con Vitacura (a partir de 0,6) (Figura 12).

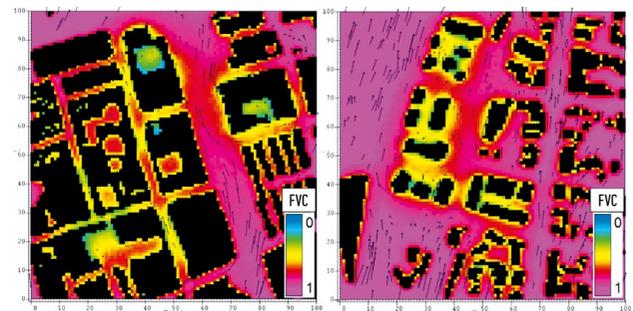


Figura 12. FVC al nivel del suelo en Estación Central y Vitacura, respectivamente. Fuente: Romero y Mendes (2020), a partir del software ENVI -met 3.1.

La geografía preliminar de la pandemia y su relación con los climas urbanos

Los efectos de la pandemia se advierten en todo el mundo, generando decisiones gubernamentales de aislamiento de sus poblaciones, con el objetivo de evitar el contagio por proximidad entre los infectados y la población sana y, por consiguiente, el colapso de las atenciones especializadas que se requieren del sistema de salud. La implantación de la cuarentena o el confinamiento en las viviendas y la obligación de solicitar permiso para transitar fuera del hogar, así como la toma de muestras masivas y un control sobre la salud pública más estricto por parte del gobierno, han sido algunas de las acciones que han buscado reducir las altas tasas de contagios en Santiago de Chile, ciudad que a mediados del mes de junio ocupaba el cuarto lugar en el mundo en número de contagiados, a continuación de Nueva York, São Paulo y Moscú (JHU 2020). Una de las mayores dificultades ha sido la no consideración conjunta de las variaciones climático-urbanas y de los determinantes sociales que se registran en barrios segregados socioambientalmente. En la mayoría de ellos, las características climáticas al interior y exterior de las viviendas actúan a favor de los contagios, debido a la presencia de valores extremos de temperatura, ausencia de ventilación y altas concentraciones de contaminantes atmosféricos. Adicionalmente, estas mismas áreas de la ciudad exhiben las menores tasas de acatamiento del confinamiento debido a los tipos y fuentes laborales localizados a mayor distancia de sus hogares y al elevado número de habitantes por hogar (Romero y Mendes 2020c).

Como se ha indicado con anterioridad, en Santiago de Chile los habitantes de las comunas ubicadas en el sector oriente de la ciudad son los de mayor ingreso económico y por ello, sus barrios registran densidades más bajas, poseen mayor cantidad de vegetación urbana y, consecuentemente, condiciones climáticas más moderadas y favorables. Lo contrario sucede con las comunas localizadas al poniente de la ciudad donde las oscilaciones diarias y anuales de los atributos climáticos son más extremos, la vegetación urbana es casi inexistente, la ventilación ha sido reducida y se registran los mayores valores de contaminación (Romero et ál. 2010; Romero, Fuentes, Smith 2010; Romero et ál. 2012; Romero 2019). Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes y Providencia constituyen ejemplos de las primeras condiciones y registran menores amplitudes térmicas entre verano e invierno (Figura 13).

El 8 de abril de 2020, se observó que las mayores tasas de incidencia de Covid-19 por cada 100.000 habitantes estaban ocurriendo en comunas de bajas amplitudes térmicas: Vitacura (117,8), Lo Barnechea (84,6), Las Condes (80,4), Providencia (72,9) y Santiago Centro (53,9). Por el contrario, las comunas con menores tasas de incidencia por cada 100.000 habitantes eran Cerrillos (12,4), Pirque (13,1), La Pintana (13,2) y Renca (13,7), todas ellas periféricas de la ciudad, ubicadas al sur y poniente del centro histórico. Sin embargo, cuando se considera la cantidad de casos absolutos registrados en dicha fecha, las comunas con cifras mayores eran Santiago Centro (271 casos), Las Condes (266 casos) y Puente Alto (166) (Figura 14).

Sobre la base de los datos de abril de 2020, la "temperatura de superficie" explicaría el 47 % de los casos de Covid-19 registrados, mostrando una relación ligeramente inversa con las tasas de incidencia (Figura 16). La mayor parte de la explicación para la concentración de los casos en esta fase de introducción de la pandemia en Chile aún recaía en las comunas donde residen los habitantes de mayores ingresos económicos, que habrían contraído el virus en sus viajes al extranjero.

El 4 de mayo de 2020 el patrón espacial de distribución de los contagios había cambiado completamente. Las comunas con las mayores tasas de incidencia correspondían a Independencia (418,1), Recoleta (316,7), Puente Alto (280,5), Cerrillos (270,9) y San Joaquín (258,0), todas pericentrales y, en el caso de Puente Alto, una ciudad conurbada ubicada al suroccidente de Santiago. Las comunas con menores tasas correspondían a las áreas periféricas y aún rurales de Padre Hurtado (89,0), Lampa (92,2), Maipú (100,2), Pudahuel (113,8) y San José de Maipo (123,4). Además, al analizar la cantidad de casos absolutos, Santiago Centro (1.294 casos) y Puente Alto (1.129 casos), concentraban los contagios en virtud de sus tamaños poblacionales y la centralidad exacerbada del centro histórico (Figura 15).

El avance de los contagios en un mes que corresponde al otoño en Santiago puede ser relacionado en forma directa, aunque muy ligera (solo 6 %), con las zonas de mayor amplitud térmica superficial, lo que hace suponer que la centralidad y los determinantes sociales de los habitantes de menores ingresos explicarían, en forma predominante, la difusión de la pandemia en esta estación del año, previa al invierno (Figura 17).

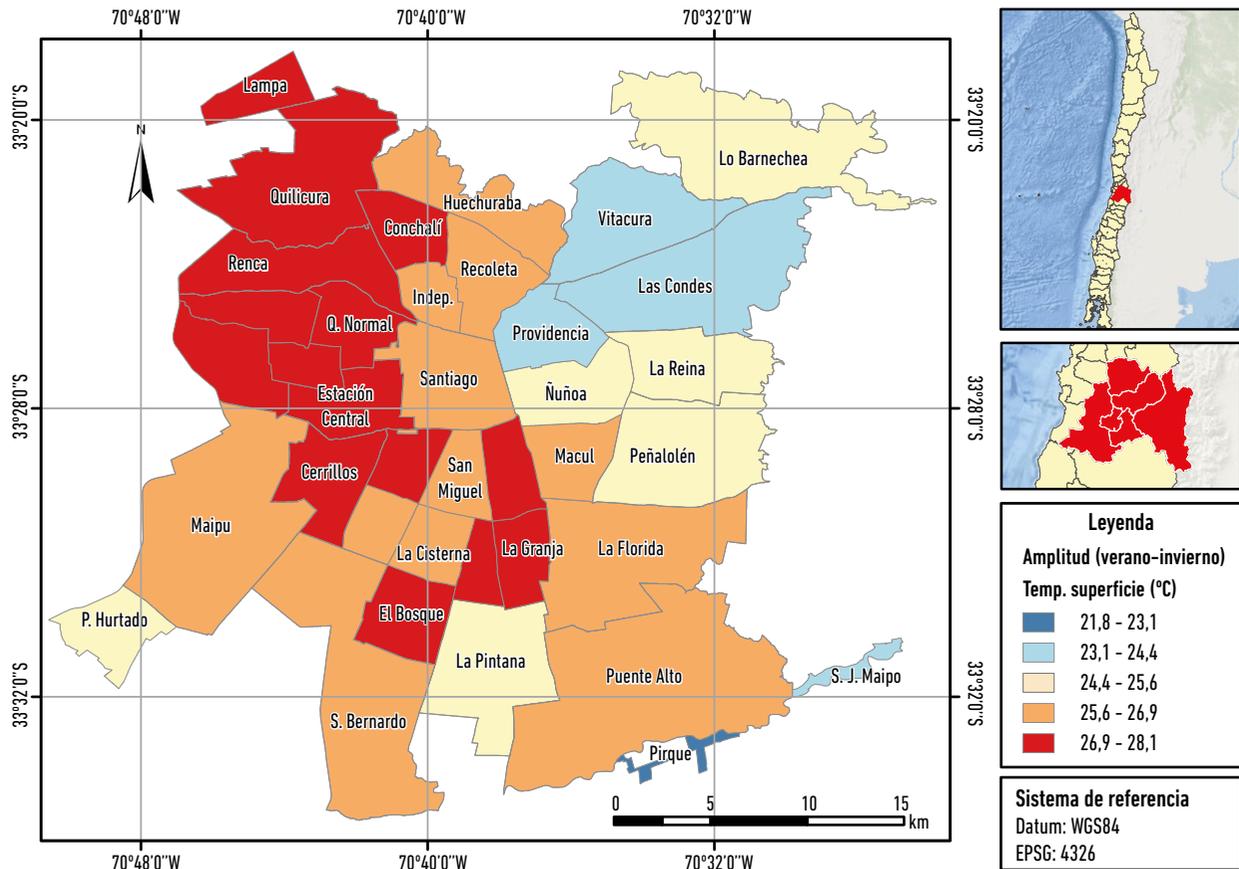


Figura 13. Amplitudes anuales de las temperaturas superficiales de las comunas de Santiago registradas en 2019. Datos: imágenes Landsat-7 y el monitoreo de la FAU/UCHile.

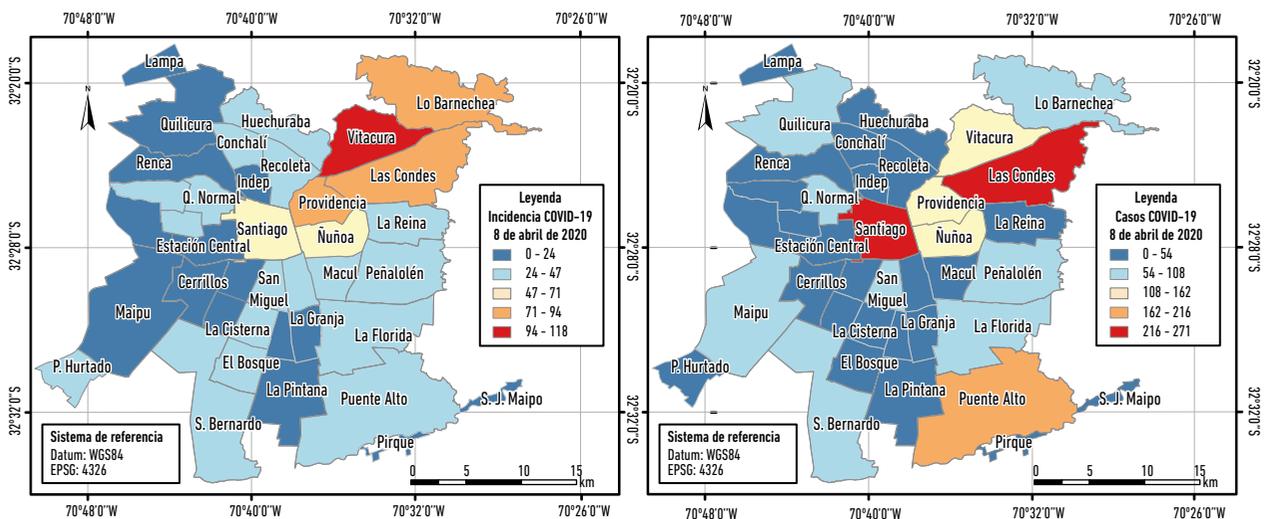


Figura 14. Tasa de incidencia (por cada 100.000 hab.) de Covid-19 y la cantidad de casos registrados en cada comuna de Santiago, el 8 de abril de 2020. Datos: Departamento de Geografía de la Universidad de Chile (2020).

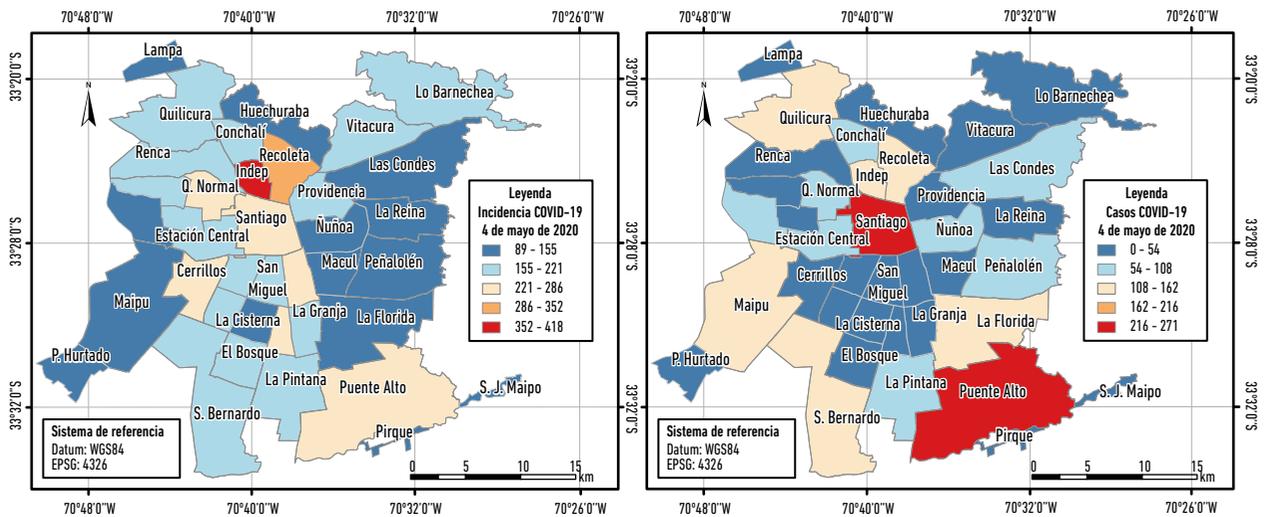


Figura 15. Tasa de incidencia (por cada 100.000 hab.) y cantidad de casos registrados en cada comuna de Santiago, 4 de mayo de 2020. Datos: Departamento de Geografía de la Universidad de Chile (2020).

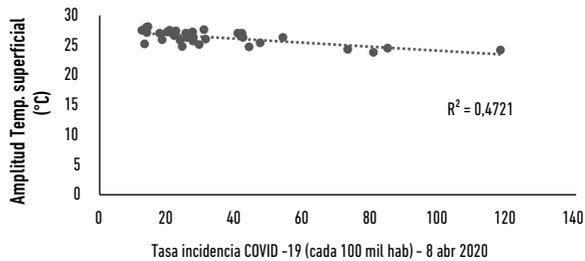


Figura 16. Amplitud térmica y tasa de incidencia de Covid-19 para las 36 comunas de Santiago, 8 de abril de 2020. Datos: Departamento de Geografía de la Universidad de Chile (2020).

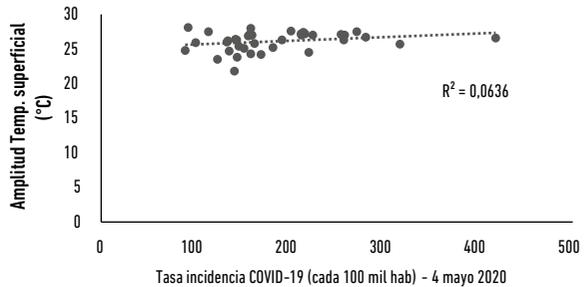


Figura 17. Tasa de incidencia de Covid-19 en las diferentes comunas de Santiago, 4 de mayo de 2020. Datos: Departamento de Geografía de la Universidad de Chile (2020).

Los contagios experimentaron en Santiago un crecimiento exponencial entre el 8 de abril (2.381 casos) y el 4 de mayo (12.874 casos), lapso en el cual las cifras aumentaron en 5,41 veces. Cada comuna mostró un incremento distinto, destacando las del sector oriente de la ciudad por sus bajas cifras (Vitacura 1,4x; Las Condes 1,8x y Providencia 2,2x). Por el contrario, las comunas pericentrales del poniente del centro destacaron por sus fuertes aumentos (Cerrillos 21,9x, Independencia 19,2x y San Ramón 18,3x).

Era muy difícil intentar realizar proyecciones geográficas basadas en los climas urbanos para los meses venideros (que correspondían al corazón del invierno y sus consabidos efectos sobre las epidemias y la salud pública), porque el comportamiento espacial variable del Covid-19 señala la actuación ponderada diferentemente de múltiples factores causales que son alterados directamente por las medidas adoptadas por las autoridades

sanitarias, tales como las cuarentenas obligatorias. Sin embargo, a partir de las tasas de crecimiento observadas hasta comienzos de mayo, era posible estimar que en el comienzo de junio los contagiados distribuidos comunally variarían entre 70.000 y 100.000 casos para la Región Metropolitana de Santiago (Tabla 2). Estas estimaciones fueron hechas considerando el avance de las cantidades de infectados entre el 8 de abril y el 4 de mayo, cuyas comunas presentaron un incremento de 7,47 veces. Tomándose esta proporción para junio, se obtuvo una proyección de aproximadamente 100.000 casos acumulados. De hecho, en la primera semana de junio se alcanzó esta cifra, y el 27 de junio, con la llegada del pleno invierno, esta superó 200.000 contagiados, representando el 77 % de los contagios totales del país, que en esta última fecha alcanzaba los 260.000 casos (JHU 2020).

Tabla 2. Avance de Covid-19 en la Región Metropolitana de Santiago y una proyección para la cantidad absoluta el junio/2020

Comuna	08/abr/20	04/may/2020	01/jun/2020
San José de Maipo	0	23	172
Pirque	4	43	321
Vitacura	114	164	1.225
Las Condes	266	477	3.563
Providencia	115	250	1.868
La Reina	44	136	1.016
Peñalolén	78	404	3.018
Lo Barnechea	105	273	2.039
Ñuñoa	118	365	2.727
Recoleta	52	602	4.497
Santiago Centro	271	1294	9.666
La Granja	26	193	1.442
La Florida	103	578	4.318
...
Total	2.381	12.874	70.000 < X < 100.000

Datos: Departamento de Geografía de la Universidad de Chile.

Los nudos urbanos para una ciudad saludable y sustentable

A fines de junio la cifra de contagios por Covid-19 registrada en Santiago superaba las expectativas y preocupaba de sobremano a la sociedad, siendo Chile el 7° país más infectado del mundo en números absolutos en esa fecha (JHU 2020). En estudios anteriores hemos dado cuenta de las relaciones existentes entre los climas urbanos de Santiago, con sus islas, olas y puntos de calor y frío, humedad y ventilación, y la distribución espacial de los indicadores socioeconómicos. La limitada funcionalidad urbana y dotación de servicios a escala de los barrios, carencia de espacios públicos, el tamaño de las viviendas, los niveles de hacinamiento (número de personas por hogar) y la calidad de la construcción, han sido cifras conocidas desde siempre, pero invisibilizadas hasta que la pandemia las ha hecho aparecer como manifestación de la insustentabilidad de la ciudad, afectando severamente las posibilidades de restringir la movilidad y asegurar el confinamiento seguro al interior de las viviendas y los barrios.

Un estudio realizado por la Consultora Critería sobre la base de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica (Casen) y datos de la distribución de los grupos socioeconómicos proporcionados por la Asociación de Empresas de Investigación de Mercados, publicado por el periódico El Mercurio.com (2020), indicó que el 67 %

de la población más pobre del país vive en viviendas de superficies menores que 60 m² y que el 34 % reúne en tal superficie más de seis personas. Además, 640.000 inmuebles no superan el tamaño de 20 m². Dos tercios de los segmentos más pobres, correspondientes a los grupos de clase media baja y baja (D y E), habitan en casas de menos de 60 m² y el 43 % del estrato lo hace en viviendas de entre 41 m² y 60 m², porcentaje que disminuye al 39,2 % en el grupo de clase media (C2 y C3) y al 17 % en el caso de los sectores más ricos (ABC1). Viviendas de menos de 30 m² son ocupadas por el 5,6 % de los habitantes de los grupos D y E, por el 2,6% los grupos C2 y C3, y por el 0,8 % del grupo ABC1.

En el caso del hacinamiento en Santiago, y según el diario La Tercera (Sepúlveda 2020), los barrios de las comunas del sector poniente como La Pintana, Lo Espejo y La Granja, que son algunos de los sectores que han concentrado los contagios, presentan 35, 38 y 40 m² como tamaño promedio de las viviendas, en que habitan en promedio 3,7; 3,6 y 3,4 personas, respectivamente. En el sector oriente, donde las cifras de contagios son menores actualmente, en la comuna de Las Condes el tamaño promedio de las viviendas es de 91 m² con 3,3 personas por hogar. En Vitacura el primero es de 106 m² con 3,5 personas por hogar. En estas últimas comunas, donde se concentra el segmento ABC1, un 24 % de los hogares es habitado por más de cinco personas, cifra que aumenta

a 29 % en los estratos C2 y C3 y a 34 % en los grupos D y E. Para los especialistas, la mitad de la población chilena no puede cumplir con los requisitos de enfrentar la pandemia en habitaciones aisladas, con ventana y baño propio. Por otro lado, la materialidad de las viviendas no garantiza el confort climático necesario, especialmente ante el frío del invierno. Los grupos más pobres residen en viviendas escasamente aisladas construidas de tabique en un 40 %, porcentaje que disminuye al 12 % en la población rica. El 54 % son casas de madera y solo un 2 % de hormigón armado.

Salama (2020) formula un conjunto de preguntas e implicaciones socioespaciales que deberían sostener las decisiones urbanas pospandemia. Entre ellas se encuentra la discusión entre adoptar mayores densidades en espacios más compactos, la compartimentalización y autosuficiencia de los barrios y la necesidad de mantener la separación física de los habitantes para detener o retardar la dispersión de los virus, manteniendo las interacciones sociales. El futuro de las ciudades genera la necesidad de compatibilizar la salud pública con el control de los cambios climáticos urbanos adversos y las transformaciones en las condiciones socioeconómicas de sus habitantes. La reducción de la elevada movilidad en espacios urbanos de crecimiento ilimitado y las extremas desigualdades entre los barrios en términos de disponibilidad de empleos y servicios, tamaño de las viviendas y reducción de los índices de hacinamiento surgen como desafíos inmediatos. El reconocimiento y ejercicio de las llamadas “zonas-casa” y “rangos-casa” parece ser necesario. Las primeras corresponden a los espacios cotidianos que no requieren de transporte, son accesibles sin mayores esfuerzos, a pie o bicicleta, y fortalecen el sentido de pertenencia e identidad de los lugares. Los rangos casa dan cuenta del espacio correspondiente al barrio, incluyendo sus límites y la conformación de *clusters* de provisión de bienes, servicios y empleos distribuidos en su interior. ¿Cómo se reconstruirán o fortalecerán las relaciones de afecto, cognición y comportamiento de los habitantes de la ciudad? ¿Será posible aprovechar las experiencias comunitarias surgidas en la adversidad y el temor generado por la pandemia para implementar nuevos territorios y lugares más seguros, sustentables y saludables? ¿Será posible generar una noción de clima social que no solo se refiera a sus atributos físicos y químicos de la atmósfera, sino que adquiera un sentido más humano y genere un ambiente cultural que incluya elementos positivos tales como diversidad, tolerancia, asociación, integración, formación de redes personales

e interacciones sociales frecuentes? tal como sugiere Salama (2020).

Otras preguntas han sido formuladas por Honey-Rosés et ál. (2020) y se refieren a la manera en que los planificadores, diseñadores, arquitectos, gestores de paisajes, periodistas (y geógrafos) modifican las relaciones entre los habitantes con los espacios públicos.

La oportunidad que abre la pandemia para enfrentar las transformaciones ambientales (naturales y sociales interrelacionadas) que contribuyan a proponer un mejor clima para nuestras ciudades, pasa efectivamente por intentar responder este segundo conjunto de preguntas levantadas por un destacado conjunto de científicos encabezados por Honey-Rosés. Entre los asuntos de diseño se encuentra la necesidad de transformar las calles y avenidas disolviendo los corredores de calor y los cañones urbanos y sus “zonas muertas” de ventilación y contaminación para reemplazarlos por paseos peatonales. La inclusión de criterios de salud en el diseño de los espacios públicos tiene que confrontar el crecimiento de las olas e islas de calor y frío, tanto para brindar una confortabilidad a todos los habitantes urbanos, como para controlar sus efectos sobre las enfermedades, epidemias y muertes.

Pequeños espacios verdes, plazas de bolsillo y parques en vecindarios, calles arboladas, techos verdes y fachadas vegetadas deben mitigar los extremos térmicos, humidificar la atmósfera, filtrar la contaminación y ofertar biodiversidad, además de favorecer la generación de “brisas de parque” que cooperan a la confortabilidad y descontaminación de los climas urbanos. El mosaico de espacios públicos deberá asumir funciones importantes como complemento al confinamiento que enfrenta la mayoría de los habitantes urbanos (aun sin necesidad de pandemia debido a sus formas de vida). Un estilo de vida biofílico debería facilitar el reencuentro con la naturaleza, controlando la ansiedad y la vorágine urbana, asegurando respirar un aire de calidad y un clima de tranquilidad y seguridad, teniendo en cuenta la necesidad de mantener las distancias físicas junto a las redes de interacción, complementariedad, reciprocidad, confianza y solidaridad que la pandemia también está legando en muchas de las comunidades urbanas.

La pandemia podría crear un nuevo vocabulario o tipología que describa los lugares en términos de densidad social, distancia, aglomeración o riesgos a la salud pública, con foco en parques locales, plazas de bolsillo, avenidas y espacios verdes informales (Honey-Rosés et ál. 2020).

Desde luego que, en el caso de las ciudades latinoamericanas, el llamado principal es a reducir la inequidad

y la segregación socioambiental y socioclimática. Las inversiones públicas deben destinarse masiva y prioritariamente a recomunalizar los espacios, lugares y recursos, así como los servicios de bienestar y salud. Solo ello producirá climas urbanos más saludables y equitativos que los actuales.

Conclusiones

Los climas urbanos de las ciudades latinoamericanas no solo reflejan a través de sus atributos físicos y químicos los intercambios de materia, energía y momento entre los estados típicos y rítmicos de la atmósfera, a diferentes escalas, con los usos y coberturas de los suelos. Debido a los importantes contrastes socioambientales de los espacios construidos, también representan los relevantes grados de desigualdad socioeconómica que imperan en metrópolis como Santiago de Chile. La segregación, degradación, comodificación y privatización de los climas urbanos se debe al control ejercido por el mercado sobre las políticas y decisiones públicas y ha producido una transformación adversa de las temperaturas, humedad, vegetación y ventilación al interior de las ciudades, con efectos negativos sobre la salud, confort y bienestar de sociedades caracterizadas por diferencias e injusticias socioambientales. El clima urbano de Santiago, por muchos años, ha perdido su condición de “bien común” para actuar como un “mal común” que permanentemente causa muchas enfermedades y muertes, principalmente por su mala calidad sobre la salud de los habitantes más vulnerables de la ciudad. La imposibilidad de separar los climas urbanos de las escalas de límite y canopia de aquella propia de los cuerpos de los habitantes de la ciudad explica que la mayoría de éstos sufran permanentemente los impactos del calor, frío, contaminación y efectos deletéreos sobre su salud por el hecho de residir en viviendas y barrios no saludables.

La pandemia de Covid-19 que a la fecha de redactar este trabajo (fines de junio de 2020) tenía más de 260.000 chilenos (200.000 santiaguinos) contagiados y amenazados de muerte, puede ser analizada como un objeto propio de la geografía física crítica en la medida que relaciona e integra las condiciones climáticas urbanas con determinantes sociales que han construido y mantenido espacios de diferencias e injusticias socioambientales que afloran cada vez que la ciudad es amenazada por desastres sicionaturales, que solo podrán ser neutralizados por transformaciones socio-políticas que recomunelicen los bienes públicos como

el clima, los lugares y los territorios, y a la ciudad como centro de bienestar y salud.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Carolina Matteussi Lino de la Universidad de Estadual de Campinas – Brasil, por el apoyo epidemiológico del Covid-19.

Referencias

- Aristodemou, Elsa, Luz Maria Boganegra, Laetitia Mottet, Dimitrios Pavlidis, Achilleas Constantinou, Christopher Pain, Alan Robins, y Helen ApSimon. 2018. “How Tall Buildings Affect Turbulent Air Flows and Dispersion of Pollution within a Neighbourhood.” *Environmental Pollution* 233: 782-796. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.041>
- Castree, Noel. 2003. “Commodifying What Nature.” *Progress in Human Geography* 27 (3): 273-297. <https://doi.org/10.1191/0309132503ph4280a>
- Congedo, Luca. 2014. “Semi-Automatic Classification Plugin User Manual.” *Technical Report*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1219.3524>
- Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. 2020. “Covid-19 Monitoreo de casos en Chile por comunas.” 30 de mayo de 2020. <https://psarricolea.carto.com/builder/292be094-3452-4009-8b01-487b9f3afoa5/embed?fbclid=IwARoMy8SR7AvtRo-utkI3ZSie65jibhr-1EAOH69zbpKqhvKxkodLII92IZM>
- El Mercurio.com*. 2020. “Déficit habitacional y espacios pequeños agudizan hacinamiento: mitad de viviendas tiene 45 m² o menos.” Consultado el 30 de mayo, 2020. <https://digital.elmercurio.com/2020/05/30/C/NK3Q3PJ9#zoom=page-width>
- Emol.com*. 2020. “Bloomberg sobre Chile: siguió el ejemplo de países ricos (...) y se dio cuenta que un gran porcentaje de sus ciudadanos son pobres.” 16 de junio, 2020. <https://www.emol.com/noticias/Economia/2020/06/16/989256/Bloomberg-manejo-pandemia-de-Chile.html>
- Honey-Rosés, Jordi, Vincent Chireh, Cecil Konijnendijk, Vrushti Mawani, Arturo Orellana, Ulises Sánchez, Xueqi Tan, Oscar Zapata, Isabelle Anguelovski, Carolyn Daher, Jill Litt, Michael McCall, Emilia Oscilowicz, Maged Senbel, Erick Villagomez, y Mark Nieuwenhuijsen. 2020. “Los impactos de Covid-19 en el espacio público: una revisión de las preguntas emergentes.” En *Las ciudades ante el Covid-19: nuevas direcciones para la investigación urbana y las políticas públicas*, editado por Gian Carlo Delgado Ramos y David López García, 304-327. Mexico D.F.: Plataforma de Conocimiento para la Transformación Urbana.

- Hulme, Mike. 2015. "Climate and its Changes: A Cultural Appraisal." *Geo: Geography and Environment* 2 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1002/geo2.5>
- Hulme, Mike, Rolf Lidskog, James M. White, y Adam Standring. 2020. "Social Scientific Knowledge in Times of Crisis: What Climate Change Can Learn from Coronavirus (and Vice Versa)." *WIREs Climate Change* 11 (4): 1-5. <https://doi.org/10.1002/wcc.656>
- Irarrázaval, Felipe Irarrázaval. 2012. "El imaginario "verde" y el verde urbano como instrumento de consumo inmobiliario: configurando las condiciones ambientales del área metropolitana de Santiago." *Revista INVI* 27 (75): 73-103. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582012000200003>
- JHU (Johns Hopkins University). "Coronavirus Covid-19 Global Cases by Center for Systems Science and Engineering." Consultado el 24 de junio de 2020. <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda-7594740fd40299423467b48e9ecf6>
- Sauré Guichou, Giselle. 2020. "The Washington post: Chile actuó 'demasiado confiado' frente al Covid-19." *La Nación.cl*, 24 de junio, 2020. <http://www.lanacion.cl/the-washington-post-chile-actuo-demasiado-confiado-frente-al-covid-19/>
- Sepúlveda, Paulina. 2020. "Desigualdad y cuarentena: 67 % más pobre vive en casas de menos de 60 metros cuadrados y 34 % con más de 5 personas." *La Tercera.com*, 12 de junio, 2020. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/desigualdad-y-cuarentena-67-mas-pobre-vive-en-casas-de-menos-de-60-metros-cuadrados-y-34-con-mas-de-5-personas/JNQXQF3RGUPJL6TZUB3DJ5RM/>
- Lave, Rebecca, Matthew W. Wilson, Elizabeth S. Barron, Christine Biermann, Mark A. Carey, Chris S. Duvall, Leigh Johnson, K. Maria Lane, Nathan McClintock, Darla Munroe, Rachel Pain, James Proctor, Bruce L. Rhoads, Morgan M. Robertson, Jairus Rossi, Nathan F. Sayre, Gregory Simon, Marc Tadaki, y Christopher Van Dyke. 2014. "Intervention: Critical Physical Geography." *The Canadian Geographer* 58 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1111/cag.12061>
- Lave, Rebecca, Christine Biermann, y Stuart N. Lane. 2018. *The Palgrave Handbook of Critical Physical Geography*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Lemos, Lidiane de Oliveira, Antonio Carlos Oscar Júnior, y Francisco de Assis Mendonça. 2021. "Urban Climate Maps as a Public Health Tool for Urban Planning: The Case of Dengue Fever in Rio de Janeiro/Brazil." *Urban Climate* 35: 100749. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100749>
- Mendes, Flávio Henrique. 2014. *Tutorial para Iniciantes: software ENVI-met versão 3.1*. Consultado el 24 de junio de 2020. http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:projetos:envi-met31_tutorial_iniciantes.pdf
- Mendes, Flávio Henrique, Hugo Romero, y Demóstenes Ferreira de Silva Filho. 2020. "Cambio climático adverso provocado por la urbanización sin planificación ni evaluación ambiental en Santiago de Chile." *Revista Geográfica Norte Grande*, no. 77, 191-210. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022020000300191>
- Miranda, Francisco Maturana. 2017. "¿Ausencia de planificación urbana en Chile? Algunas reflexiones." *Cybergeo: European Journal of Geography* [en línea]. Consultado el 24 de junio de 2020. <http://journals.openedition.org/cybergeo/28064>
- Oke, Timothy Richard. 1978. *Boundary Layer Climates*. Londres: Routledge.
- Romero, Hugo. 1985. *Geografía de los Climas*, tomo 9 de la *Colectión Geografía de Chile*. Santiago de Chile: Instituto Geográfico Militar de Chile.
- Romero, Hugo, y José Vinagre. 1985. "Topoclimatología de la cuenca del río Mapocho." *Investigaciones Geográficas* 32: 3-30. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2013.27689>
- Romero, Hugo, Claudio Fuentes, y Pamela Smith Guerra. 2010. "Ecología política de los riesgos naturales y de la contaminación ambiental en Santiago de Chile: necesidad de justicia ambiental." *Scripta Nova* 14 (331): 1-14.
- Romero, Hugo, Felipe Irarrázaval, Dustyn Opazo, Marcela Salgado, y Pamela Smith. 2010. "Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile." *EURE: Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales* 36 (109): 35-62. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000300002>
- Romero, Hugo, Alexis Vásquez, Claudio Fuentes, Marcela Salgado, Andreas Schmidt, y Ellen Banzhaf. 2012. "Assessing Urban Environment Segregation (UES). The Case of Santiago de Chile." *Ecological Indicators* 23: 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.012>
- Romero, Hugo, Guillermo Espinoza, Dustyn Opazo, y Daniela Sepúlveda. 2017. "Topoclimatología cultural y cambios de clima en la zona andina del norte de Chile." En *Reconociendo las geografías de América Latina y el Caribe*, editado por Rafael Sánchez, Rodrigo Hidalgo y Federico Arenas, 93-132. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Romero, Hugo, Hugo Romero-Toledo, y Dustyn Opazo. 2018. "Topoclimatología cultural y ciclos hidrosociales de comunidades andinas chilenas: Híbridos geográficos para la ordenación de los territorios." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 27 (2): 242-261. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.66599>
- Romero, Hugo. 2019. "Urban Climates and the Challenges of Sustainable Development of Chilean Cities." En *Urban Cli-*

- mate Changes in Latin-American Cities, editado por Cristian Henríquez Ruiz y Hugo Romero, 207-257. Berlin: Springer.
- Romero, Hugo, y Flávio Henrique Mendes. 2020a. "Climatología geográfica crítica de Santiago de Chile." En *Climatologia geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais*, editado por Marcelo de Oliveira Moura, Daisy Becerra Lucena, Camilio Cunico y Christianne Maria da Silva Moura, 21-43. João Pessoa: UFPP.
- Romero, Hugo, y Flávio Henrique Mendes. 2020b. "Comodificación dos climas urbanos e criação de injustiças socio-climáticas em Santiago do Chile." *ENTRE-LUGAR* 11 (22): 40-56. <https://doi.org/10.30612/el.v11i22.12868>
- Romero, Hugo, y Flávio Henrique Mendes. 2020c. "El avance del Covid-19 en Santiago de Chile y su relación con las vulnerabilidades socio-ambientales urbanas." *Espiral* 2 (4): 69-78. <https://doi.org/10.15381/esprial.v2i4.19534>
- Roseghini, Wilson, Francisco Mendonça, y Pietro Ceccato. 2019. "Urban Climate and Dengue Epidemics in Brazil. En *Urban Climates in Latin America*, editado por Cristián Henríquez y Hugo Romero, 309-328. Berlin: Springer.
- Sajadi, Mohammad M., Parham Habibzadeh, Augustin Vintzileos, Shervin Shokouhi, Fernando Miralles-Wilhelm, y Anthony Amoroso. 2020. "Temperature, Humidity, and Latitude Analysis to Predict Potential Spread and Seasonality for Covid-19." SSRN [en línea]. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3550308>
- Salama, Ashraf M. 2020. "Coronavirus Questions that will not Go Away: Interrogating Urban and Socio-spatial Implications of Covid-19 Measures." *Emerald Open Research* 2 (14): 1-16. <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.13561.1>
- Shokry, Galia, James Connolly, e Isabelle Anguelovski. 2020. "Understanding Climate Gentrification and Shifting Landscapes of Protection and Vulnerability in Green Resilient Philadelphia." *Urban Climate* 31. 1000539. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100539>
- Stewart, Iain Simpson, y Timothy Richard Oke. 2012. "Local Climate Zones for Urban Temperature Studies." *Bulletin of the American Meteorological Society* 93 (12): 1879-1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Swyngedouw, Erik, y Nikolas C Heynen. 2003. "Urban Political Ecology, Justice and the Politics of Scale." *Antipode* 35 (5): 898-918.
- Swyngedouw, Erik. 2018. "Politizando las ecologías políticas urbanas." *Investigaciones Geográficas*, no. 56, 163-167. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2018.51996>
- Tadaki, Marc, Gary Brierley, Mark Dickson, Richard Le Heron, y Jennifer Salmond. 2015. "Cultivating critical practices in physical geography." *The Geographical Journal* 181 (2): 160-171. <https://doi.org/10.1111/geoj.12082>
- Thornes, John E, y Samuel Randalls. 2007. "Commodifying the Atmosphere 'Pennies from Heaven'?" *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography* 89 (4): 273-285. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0459.2007.00326.x>
- Tourism Media. 2020. "Pictures of Vitacura." Consultado el 29 de junio de 2020. <https://www.expedia.com/pictures/santiago/vitacura.d6175705>
- Vergara-Perucich, Francisco, Juan Correa, y Carlos Aguirre-Néñez. 2020. "The Spatial Correlation between the Spread of Covid-19 and Vulnerable Urban Areas in Santiago de Chile." *Critical Housing Analysis* 7 (2): 21-35. <https://doi.org/10.13060/23362839.2020.7.2.512>
- Wang, Jingyuan, Ke Tang, Kai Feng, Xin Li, Weifeng Lv, Kun Chen, y Fei Wang. 2020. "High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of Covid-19." SSRN [en línea]. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3551767>

Hugo Romero-Aravena

Profesor Titular del Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, máster y doctor en Geografía y Ordenación del Territorio. Premio Nacional de Geografía de Chile 2013 y Premio Latinoamericano de Geografía Milton Santos 2019.

Flávio Henrique Mendes

Ingeniero Forestal y Licenciado en Ciencias Agrícolas 2013, con Maestría en Marketing 2018 y Maestría en Agronegocios 2020. Alumno de doctorado en Ciencias Forestales en la Universidade São Paulo y orientador de monografías en Pecege/USP. Investiga el arbolado urbano, clima urbano, simulaciones de microclima, detección remota, SIG, geoprociamiento, mapeo y riesgo de caída de árboles.