

Desarrollo de un análisis socioecológico integrado de la infraestructura verde metropolitana para evaluar los efectos en la salud y el bienestar de la población.

Autor: Marcos González Carrasco

Tutor: Joan Marull López

Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

Trabajo Final de Máster

Ciencias Sociales

Curso 2019/2020



Resumen

La crisis sanitaria derivada de la aparición del SARS-CoV-2 ha evidenciado la necesidad de las ciudades de adaptarse a un nuevo contexto, uno donde la salud y el bienestar de la ciudadanía gane importancia. El objetivo de este trabajo es el de desarrollar un análisis socioecológico integrado capaz de evaluar la aportación de los parques urbanos a esa salud y bienestar, que sirva como herramienta para gestores y planificadores del verde urbano, en pos de conseguir una infraestructura verde más eficiente y beneficiosa para la población. Se analizan las aportaciones sociales, estructurales y funcionales de los parques urbanos a través de un total de siete indicadores complementarios. La aplicación del método de análisis en una selección de seis parques del Área Metropolitana de Barcelona certifica su eficacia, con un enfoque innovador y diversos niveles de análisis adaptados según necesidad. A partir de los resultados de esta primera aplicación de la metodología, se extrae la necesidad de priorizar niveles aceptables en todos los indicadores incluidos en el análisis por parte de los gestores del verde urbano, así como su capacidad para ser utilizada en diversos contextos socioecológicos.

Palabras clave

Análisis multi-nivel, COVID, Desarrollo metropolitano, Infraestructura verde, Planificación urbana, Resiliencia urbana, Salud y bienestar

Resumen	1
Palabras clave	1
Introducción	3
Objetivo	10
Metodología	10
Caso de estudio	10
Análisis socioecológico integrado (ASI-Salud)	11
Resultados y discusión	14
Análisis agregado	14
Análisis dimensional	15
Análisis desagregado	16
Conclusiones	17
Referencias	19

Introducción

Las grandes ciudades han sido las principales damnificadas por la crisis del SARS-CoV-2. La concentración de personas en espacios pequeños es un hecho crucial para la propagación del virus, así como también ha sido clave el entorno urbano como elemento debilitador de la salud, ya que es un espacio donde los ciudadanos conviven con un amplio número de vehículos privados y otros muchos elementos contaminantes y nocivos.

La relación de las ciudades con las epidemias es histórica. La transición de la ciudad medieval a la ciudad moderna se ve en parte motivada por la aparición cíclica de enfermedades contagiosas. Lo urbano vive una nueva transición en la era actual, pasando de ciudades a metrópolis, redes de ciudades con interdependencias entre sí, y que van siendo cada vez más comunes en más partes del globo. Pero existe un vacío entre el diseño de las ciudades y metrópolis modernas y la salud y el bienestar de sus ciudadanos, y el SARS-CoV-2 ha evidenciado este hueco. Como hemos mencionado anteriormente en esta misma sección, el ecosistema urbano actual suele ejercer como un elemento dañino para la salud, y esto se debe al generalizado pensamiento del urbanismo como una herramienta destinada a cumplir la voluntad del sistema económico imperante, y no a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

En este contexto de vacío entre diseño y planificación urbana de las ciudades modernas y salud y bienestar encontramos la evidencia científica como una herramienta útil a la hora de afrontar el reto de conseguir que el urbanismo tenga un efecto positivo en la salud y bienestar de los ciudadanos. El estudio de la cuestión medioambiental ha sido una de las prioridades del mundo científico en todas las disciplinas relacionadas con el mismo en los últimos años, y su importancia va en aumento.

Existe numerosa evidencia que relaciona la infraestructura verde urbana con un efecto positivo hacia la salud (**Tabla 1**). La infraestructura verde ha demostrado ser capaz de reducir la mortalidad. Según el estudio de *Takano et al., 2002*, el acceso a zonas verdes de los residentes de Tokio se asocia con un mayor porcentaje de supervivencia tras un periodo de cinco años en personas diagnosticadas o en tratamiento por enfermedades, tales como el cáncer. En Inglaterra, *Mitchell and Popham, 2007* asocian los espacios con mayor cantidad de verde con población con una mejor autopercepción de la salud, mientras que en Barcelona, *Xu et al., 2013* encuentra relación entre el verde percibido y una menor mortalidad durante

Tabla 1

Evidencia de los efectos positivos de la infraestructura verde en la salud y el bienestar.

	Evidence	Bibliography	Methodology
Reduced mortality	Five-year survival rate associated with having access to green spaces.	<i>Takano et al., 2002</i>	Follow-up survey from the records of registered Tokyo residents.
	Higher proportion of green space associated with better self-reported health.	<i>Mitchell and Popham, 2007</i>	Cross-sectional, ecological study in England through 2001 UK census.
	Proximity to green space associated with reduced risk of stroke mortality.	<i>Hu et al., 2008</i>	Bayesian hierarchical model with consideration of five census tract specific covariates.
	Influence of the amount of green space in the area on all-cause mortality.	<i>Mitchell and Popham, 2008</i>	Association between income deprivation and all-cause mortality.
	Increased residential green space associated with a reduction in mortality.	<i>Villeneuve et al., 2012</i>	Income tax filings and vital status crossed with NDVI index.
	Perceived greenness associated with lower mortality risk during heat waves.	<i>Xu et al., 2013</i>	Time-stratified case-crossover analysis using daily mortality in the Barcelona metropolitan area during the warm seasons of 1999 – 2006.
	Review of evidence that exposure to urban green space is linked to reduced mortality.	<i>Gascon et al., 2016</i>	Search for keywords related to natural outdoor environments and mortality (PRISMA guidelines; 12 studies).
Cardiovascular morbidity	Low quantities of green spaces lead to elevated risk of circulatory disease.	<i>Mitchell and Popham, 2008</i>	Association between income deprivation and cause-specific mortality..
	Inverse association between greenness and coronary heart disease or strokes.	<i>Pereira et al., 2012</i>	Cross-sectional study using a population representative sample and NDVI.
	Intense use of green space linked with reduced risk of cardiovascular disease.	<i>Tamosiunas et al., 2014</i>	Multivariate Cox proportional hazards regression models from a sample of 5,112 individuals aged 45-72.
	Walking in a park has greater effects in reducing heart rate and diastolic blood pressure than in an urban context.	<i>Grazuleviciene et al., 2015b</i>	Study of twenty stable CAD patients randomized into two walking groups: Busy urban street or urban park.
Mental health	Positive impact of green space exposure on ADHD and related symptoms .	<i>Faber Taylor & Kuo, 2006</i>	Comparison of children attending schools with a natural yard and a built one.
	Perceived neighborhood greenness strongly associated with mental health.	<i>Sugiyama et al., 2008</i>	Application of physical and mental health scores (12-item short-form health survey).
	Stronger stress reduction in comparison with other pathways to health.	<i>de Vries, 2010</i>	Review of evidence of the mental health benefits of urban green spaces.
	Less stress of urban inhabitants with availability of green spaces.	<i>White et al., 2013a</i>	Use of panel data from over 10,000 individuals linking UGS and well-being.
	Moving to greener areas associated with mental health improvements.	<i>Alcock et al., 2014</i>	British Household Panel Survey crossed with the GHQ scores.
	Green and blue spaces linked with reduced rates of ADHD in children.	<i>Amoly et al., 2014</i>	Time spent in green spaces crossed with SDQ and ADHD/DSM-IV questionnaires.
	Neighbourhood greenery associated with lower levels of depression.	<i>Beyer et al., 2014</i>	Multivariate survey regression analyses (Survey of the Health of Wisconsin).
	Greenness reduces the odds of self-reported symptoms of depression .	<i>Reklaitiene et al., 2014</i>	Cross-sectional study with data from self-reported questionnaires.
	Stronger stress reduction in comparison with other pathways to health.	<i>Gascon et al., 2015</i>	PRISMA guidelines for reporting reviews and meta-analysis (28 studies).
	Quality and access to green space linked to reduced psychological distress.	<i>Pope et al., 2015</i>	Multivariable logistic regression using data from an urban health indicator questionnaire.
	Improved mental health across all socioeconomic strata and genders.	<i>Triguero-Mas et al., 2015</i>	Logistic regression and negative binomial models using data from the Catalonia Health Survey.
Association between gained access to green space and mental health.	<i>van den Bosch et al., 2015</i>	Study of people from suburban areas who had moved between baseline and follow-up.	
Mental well-being particularly associated with blue space.	<i>Völker & Kistemann, 2015</i>	Qualitative semi-standardised interviews (113) in Dusseldorf and Cologne, Germany.	
Respiratory diseases	Chronic exposure to urban levels of air pollution may cause respiratory diseases in children.	<i>Sih, 1999</i>	Epidemiological survey with 2000 children divided in two groups: Sao Paulo citizens and rural area (Tupã) inhabitants.
	Lack of planning as one of the triggering factors of the widespread pollen allergy.	<i>Cariñanos & Casares-Porcel, 2011</i>	Review of evidence of the major causes of the extensive allergenicity along with alternative planning proposals.
	Urban forests regulating services to abate pollution is substantial.	<i>Baró et al., 2014</i>	i-Tree eco model to quantify ecosystem services in biophysical and monetary terms.
	Pneumonia and respiratory diseases could be reduced by increasing the largest patch percentage of green structure.	<i>Shen & Lung, 2017</i>	Exploration of potential mediation pathways and effects of green structure on respiratory mortality using partial least squares model with taiwanese data.
	Higher residential proximity to green spaces associated with a reduced risk for bronchitis in the mediterranean region.	<i>Tischer et al., 2017</i>	Study of 2472 children participating in the INMA birth cohort located in two bio-geographic regions in Spain.
Green space has a significant mitigating effect on air pollution and mortality of respiratory diseases.	<i>Jaafari et al., 2020</i>	Evaluation of pathways and effects of green space on air pollution and mortality using structural equation modeling approach and the partial least squares method.	

olas de calor. Los estudios sobre infraestructura verde también han revelado algunos de los efectos que la privación de espacios verdes tienen sobre la salud. En el caso de *Mitchell and Popham, 2008* se determina que la baja cantidad de espacios verdes conlleva un mayor riesgo de sufrir problemas circulatorios y coronarios. Por otro lado, *Pereira et al., 2012* encuentra una asociación inversa entre la cantidad de verde de una zona y la incidencia de enfermedades coronarias o infartos en la misma. En cuanto a los efectos positivos de la infraestructura verde sobre los problemas cardiovasculares, *Tamosiunas et al., 2014* y *Grazuleviciene et al., 2015b* asocian el uso de espacios verdes con una reducción del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, además de ayudar a mejorar las pulsaciones y a reducir la tensión arterial.

Junto al estudio de la cuestión medioambiental, también encontramos en auge reciente el estudio de aquellas cuestiones relacionadas con la salud mental. Por ello, a día de hoy es fácil encontrar numerosa evidencia sobre la relación y el efecto de la infraestructura verde sobre la salud mental. Los problemas de salud mental pueden afectar, en mayor o menor medida, al total de la población, sin importar la edad, el género o el nivel de renta, según el estudio de *Triguero-Mas et al., 2015*. Estudios como los de *Faber Taylor & Kuo, 2006* o *Amoly et al., 2014* han hallado un impacto positivo de la exposición a espacios verdes y/o azules respecto a los síntomas del TDAH en infantes. Sin poner el foco en ningún grupo de población específico, existe también evidencia de que la infraestructura verde es responsable de reducir los niveles de estrés de la población con acceso a ella, como avalan los estudios de *de Vries, 2010*, *White et al., 2013a* o *Pope et al., 2015*. A su vez, algunos estudios, como los de *Beyer et al., 2014* o *Reklaitiene et al., 2014* relacionan el nivel de verdor de un espacio residencial con la incidencia de depresión de ese mismo espacio.

Un aspecto de la salud y el bienestar sobre el cual la infraestructura verde tiene un efecto obvio son los problemas respiratorios. Al respecto, y volviendo a poner el foco sobre la población infantil, el estudio de *Sih, 1999* señala la exposición constante a altos niveles de contaminación del aire como detonante de problemas respiratorios en niños. El estudio realizado por *Baró et al., 2014* usando la herramienta i-Tree indica que los servicios ofrecidos por los bosques urbanos son indispensables para reducir los niveles de polución urbana, una de las principales causas de problemas respiratorios entre la población urbana. Sobre enfermedades respiratorias como la neumonía o la bronquitis, entre otras, los estudios

Tabla 2

Análisis DAFO de la infraestructura verde urbana.

	<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
Internal factors	<ul style="list-style-type: none"> Enhanced immune system Improved mental health Improved self-perception of health Improved sleep Improved social capital Improvement of pregnancy Less incidence of Type 2 Diabetes Lower prevalence of cardiovascular problems Relaxing effect 	<ul style="list-style-type: none"> Allergies Asthma
	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
External factors	<ul style="list-style-type: none"> Enhances physical activity Induces pro-environmental behaviours Reduced exposure to contamination Reduced noise pollution Urban heat island mitigation 	<ul style="list-style-type: none"> Accident risk Criminality Emission of volatile organic compounds Exposure to chemicals Exposure to UV lights Zoonosis

de *Shen & Lung, 2017* y *Tischer et al., 2017* muestran una reducción de las mismas cuando el porcentaje de verde es alto o cuando el ciudadano reside cerca de un espacio verde.

Pese a que la evidencia se muestra favorable a los efectos positivos que la infraestructura verde brinda a la salud y el bienestar de la población urbana, existen también ciertos factores que pueden llevar a esta infraestructura a provocar efectos no deseados sobre los usuarios o residentes cercanos de la misma. Hemos elaborado un análisis DAFO (**Tabla 2**) para enfrentar a los efectos positivos sobre la salud y el bienestar de la infraestructura verde con los efectos negativos, ya que con este método somos capaces de diferenciar entre *factores internos*, es decir, inseparables del hecho de convivir en el radio de efecto de la infraestructura verde, de los *factores externos*, que son aquellos que entendemos como una potencialidad, unos efectos que no se dan por sí mismos si no que para darse se deben cumplir ciertas condiciones específicas, en este caso principalmente motivadas por la gestión y planificación del espacio verde en concreto.

En el caso de los *factores internos*, a los efectos positivos los denominamos *Fortalezas*. En el caso de la infraestructura verde, este cuadrante es el que cuenta con un mayor número de factores, que van desde beneficios para la población general, como mejoras en el sistema inmunitario, la salud mental o la auto-percepción de la salud, hasta a beneficios sobre población específica, con beneficios como mejoras en el desarrollo del embarazo, la menor incidencia de diabetes tipo 2 o la menor presencia de problemas cardiovasculares. En el lado

negativo, al que denominamos *Debilidades*, encontramos las alergias y el asma como los dos principales problemas que no podemos desligar por entero de los espacios verdes. A pesar de todo, la evidencia disponible señala que se pueden mitigar sus efectos mediante la correcta gestión del espacio.

En el terreno de la potencialidad, los *factores externos*, a los posibles efectos positivos se les denomina *Oportunidades*. La correcta gestión y planificación de la infraestructura verde será aquella que facilite la actividad física, y que en el radio de efecto de esta infraestructura proteja al ciudadano de tanto la exposición a la contaminación del aire como de la contaminación acústica, así como mitigando el efecto isla de calor. En el caso contrario, una gestión negligente de la infraestructura verde puede aumentar varios riesgos, tales como la probabilidad de sufrir un accidente, hecho que paradójicamente también se puede ver motivado por la realización de actividad física. Un mal diseño del espacio, como que existan espacios con poca luz o mala visibilidad, puede dar lugar a ser víctima de actos delictivos. Más en relación con los problemas de salud mencionados en la **Tabla 1**, la gestión deficiente de la infraestructura verde puede llevar al usuario a grados nocivos de exposición a químicos y a rayos ultravioleta, así como un mantenimiento pobre de la vegetación del espacio puede provocar la emisión de compuestos volátiles orgánicos, sobre los cuales la evidencia científica tiene opiniones dispares sobre si es causante de efectos positivos o negativos sobre la salud y el bienestar. Por último, la falta de cuidados adecuados puede también ser causa del contagio de enfermedades de origen animal.

En vista de todo lo expuesto, planeadores y ciudades han aplicado indicadores con enfoques diversos a su planificación de la infraestructura verde (**Tabla 3**). En ciudades con gran número de habitantes y densidad poblacional baja, es decir, aquellas que se extienden sobre una gran cantidad de terreno, como es el caso de muchas ciudades americanas, esta altamente normalizado el uso del vehículo privado como único método viable de transporte. Por ello, ciudades como El Paso (**Texas Comprehensive Plan, 2012**), donde el porcentaje de obesos -y de obesidad infantil- es muy alto, utilizan el grado de transitabilidad a pie de su área urbana para dar acceso a los ciudadanos a espacios seguros para viandantes y ciclistas, para así fomentar la actividad física. Ciudades centrales europeas, como Londres o Barcelona, también trabajan para mejorar la accesibilidad de los ciudadanos a la infraestructura verde. En el caso de Londres (**London Environment Strategy, 2018**), se ha utilizado el porcentaje de espacios públicos verdes para señalar aquellas áreas con déficit de ellas, en las que se ha promovido la creación de mini-espacios verdes.

Tabla 3

Indicadores aplicados a planificación que involucra infraestructura verde.

	Indicators	GI Application context	Source
Accessibility	Walkability.	A way to provide safe walking/biking routes in order to promote physical activity.	<i>City of El Paso, Texas Comprehensive Plan, 2012.</i>
	Proximity to green spaces.	All the inhabitants are thus 300 metres from a cool area, in order to gain the GI benefits.	<i>Nantes European Green Capital 5 Years Report , 2018.</i>
	Percentage of public green space.	Definition of Areas of Deficiency in Access in Public Open Space (AoD) and promotion of pocket parks.	<i>London Environment Strategy, 2018.</i>
	Urban green distribution.	Assuring the benefits of GI for the entirety of the inhabitants.	<i>Greenery and Biodiversity Plan, Barcelona, 2020.</i>
Availability	Amount of green space per person (m²).	Assuring that GI is disposable to every inhabitant anytime.	<i>Nantes European Green Capital 5 Years Report , 2018.</i>
	Urban Heat Island effect.	Creation of an interlinked network of cool islands to prevent heat deaths.	<i>Paris Cities100 report, 2019.</i>
Quality	Green, public space and heritage.	Percentage of green or public spaces and local heritage in need of improvement.	<i>Urban Sustainability, The European Foundation, 1998.</i>
	Air quality.	Number of days per year on which alarm levels are exceeded and traffic circulation is stopped.	<i>Urban Sustainability, The European Foundation, 1998.</i>
	Air pollution levels and main sources.	Identification of highway traffic as the main pollution source and GI as a way to achieve desirable levels.	<i>Denver Department of Environmental Health, September 2014.</i>
	Air and water quality.	Scarcity of trees and GI proved responsible for the worst air and water quality.	<i>Denver Department of Environmental Health, September 2014.</i>
	Biodiversity index.	Intervention in the event of serious environmental damage and direct action to stop the sources of pollution.	<i>Nantes European Green Capital 5 Years Report , 2018.</i>
Usage	Number of amenities in parks.	Intervention in order to balance parks usage while addressing different social targets.	<i>Amsterdam's Green Agenda, 2015.</i>
	Number of social events settled in GI.	Development of new centralities to avoid under or overuse of green spaces.	<i>Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad, Madrid 2018.</i>
	Citizen participation.	Awareness-raising activities on environmental protection, with a special focus on childhood.	<i>Nantes European Green Capital 5 Years Report , 2018.</i>
	Number of urban gardens.	Promotion of sustainable food production/consumption while spent time in GI is improved too.	<i>Greenery and Biodiversity Plan, Barcelona, 2020.</i>

Por otro lado, la ciudad de Barcelona (**Greenery and Biodiversity Plan, 2020**) utiliza actualmente la distribución del verde urbano como método para conocer si está asegurando los beneficios que aporta la infraestructura verde a la totalidad de sus ciudadanos. Nantes (**European Green Capital 5 Years Report, 2018**), capital verde europea del año 2013, se asegura también mediante un indicador de proximidad al espacio verde de que todos sus habitantes residen al menos a 300 metros de un espacio verde. En términos de disponibilidad, Nantes también calcula la cantidad de m² para asegurar que la infraestructura verde está disponible para todos los habitantes de la ciudad en cualquier momento. La capital francesa por otra parte, París (**Paris Cities100 report, 2019**), estudia el efecto isla de calor para crear espacios verdes que aporten frescor y así evitar las muertes por calor.

Como hemos mencionado con anterioridad, la planificación y gestión de la infraestructura verde es un aspecto clave para determinar si este va a tener un mayor número de efectos positivos o negativos. El Fondo Europeo (**Urban Sustainability, The European**

Foundation, 1998) invita a los gobiernos a utilizar indicadores como el porcentaje de espacios verdes en necesidad de reparación o el número de días por año en que la contaminación aérea llegó a niveles de alarma para medir la calidad de la infraestructura verde. En Estados Unidos, el departamento de salud ambiental de Denver (**Denver Department of Environmental Health, September 2014**) utiliza los niveles de contaminación del aire en tramos de autopista para instalar infraestructura verde que ayude a alcanzar niveles deseables de polución, y relaciona la mala calidad de tanto aire como agua con la falta de árboles e infraestructura verde. Por su parte, Nantes utiliza el índice de biodiversidad como justificación para realizar intervenciones en lugares que han sufrido daño medioambiental y dirigir sus acciones a la causa de la contaminación.

Otra razón por la cual los gobiernos locales y los planeadores utilizan indicadores a la hora de elaborar sus planes de gestión es el uso que se le da a la infraestructura verde. En capitales europeas como Amsterdam (**Amsterdam's Green Agenda, 2015**) o Madrid (**Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad, 2018**), se utilizan tanto el número de instalaciones con las que cuenta el parque como el número de eventos sociales ubicados en un espacio verde para poder intervenir y crear un equilibrio que evite el sobre o infra uso de estos espacios. También para potenciar el uso, Barcelona ha apostado con fuerza por los huertos urbanos, utilizándolos para promocionar el consumo y la producción de comida sostenible a la vez que se potencia el tiempo que pasan sus usuarios en un espacio verde.

Como mencionamos previamente en el texto, las ciudades están históricamente ligadas a las epidemias. En el caso de Barcelona, la transición del modelo medieval al modelo actual estuvo a cargo de Ildefons Cerdà, en lo que se conoce como Plan Cerdà. La propuesta de Cerdà consistía en una refundación de la ciudad, con una interpretación propia de la realidad urbana y siendo pionera en la inclusión del estudio de otros proyectos urbanos para la elaboración del proyecto propio, aunque esta propuesta sólo fue implementada de forma parcial. El resultado de la modernización de la ciudad de Barcelona tuvo como resultado la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos, así como la expansión territorial de la ciudad. El crecimiento de la conurbación barcelonesa ha acabado constituyendo el Área Metropolitana de Barcelona, compuesta por treinta y seis municipios entre los cuales existen relaciones interdependientes, ejerciendo la ciudad de Barcelona de eje central de atracción. Al igual que con el paso de ciudad medieval a ciudad moderna, en este nuevo impasse hacia la ciudad metropolitana es necesario contar con métodos tanto de análisis como de planificación que trasciendan la escala de ciudad, y que entiendan a esta como una parte de un todo mayor

y en constante evolución y reforma, pero siempre con la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos como objetivo.

Objetivo

Nuestro objetivo para con este artículo no es otro que el de elaborar una metodología capaz de medir los efectos que la infraestructura verde tiene sobre la salud y el bienestar de la población (ASI-Salud) mediante indicadores que puedan ser aplicados en contextos diversos, para así ser capaces de potenciar los beneficios que la infraestructura verde aporta a la ciudadanía. Este artículo pretende funcionar como prueba piloto para demostrar la viabilidad de la metodología desarrollada y que esta pueda ser utilizada a mayor escala en el futuro.

Metodología

Caso de estudio

Para esta primera puesta en práctica del ASI-Salud, hemos seleccionado seis parques con características socio-ecológicas diferenciadas que forman parte de la red de parques del Área Metropolitana de Barcelona, en total conformada por cincuenta y un parques. Los seis parques utilizados para la realización de este artículo han sido anteriormente utilizados para el estudio que puso en marcha el Observatorio Metropolitano de Mariposas (mBMS)¹. Esta selección de parques, aunque pequeña, queda bastante repartida por el territorio del área metropolitana, y nos permite analizar contextos diferentes. A su vez, varían también en tamaño, forma o posición dentro de sus respectivos municipios, por lo que creemos que son una elección eficaz para cumplir la tarea que nos hemos propuesto acometer. Por otro lado, contamos con que esta misma selección de parques ha demostrado ser útil con anterioridad, en el análisis de la gestión sostenible de los prados floridos con el objetivo de incrementar la biodiversidad en la red de parques y playas del Área Metropolitana de Barcelona, mencionado anteriormente.

¹ *Anàlisi de la gestió sostenible dels prats florits amb l'objecte d'incrementar la biodiversitat en la Xarxa de Parcs i Platges de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. El cas de les papallones diürnes. Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.* December 2019.

Figura 1

Mapa de los parques analizados, junto con su localización en el AMB.



Análisis socioecológico integrado (ASI-Salud)

Para desarrollar el ASI-Salud, hemos seleccionado tres dimensiones a analizar. Los indicadores asignados a cada una de estas dimensiones son complementarios entre sí, y nos permiten proyectar una imagen completa de los servicios que ofrecen cada uno de los parques que son sujeto de análisis. De esta forma conseguimos extraer resultados de manera multi-criterial, desde la valoración de un único indicador, el de una dimensión en concreto o la conjunción de todas las dimensiones que conforman el ASI-Salud, lo que nos permite exponer estos resultados a públicos diversos según necesidad.

Como ya hemos mencionado, el ASI-Salud se encuentra dividido en tres dimensiones. La primera dimensión, que mide la relación de los parques con la sociedad, está formada por tres indicadores. El indicador **A1**, *Disponibilidad*, mide la cantidad de población que puede ser potencialmente usuaria del parque, mediante la aplicación de un buffer en un radio de quinientos metros alrededor del parque. Los datos utilizados para elaborar el indicador pertenecen a *AMB cartography*.

El indicador **A2**, *Desigualdad*, nos permite conocer la situación socioeconómica de la población residente en el área de alcance del buffer utilizado en el anterior indicador. La

información utilizada para el desarrollo de este indicador proviene del Instituto de Estadística de Cataluña (IDESCAT).

El indicador **A3**, *Frecuencia*, nos aporta conocimiento sobre cuántas visitas diarias tiene el parque que está siendo objeto de análisis, expresado en forma de valor porcentual. Para completar este indicador nos hemos servido de datos disponibles provenientes del AMB.

La segunda dimensión del ASI-Salud es la estructura del parque, y al igual que la primera dimensión, también la forman tres indicadores. El indicador **B1**, *Frondosidad*, consiste en un análisis vía satélite (NDVI) que nos permite conocer el grado de verde que hay en el bioma. Para poder contar con este indicador han sido necesarias imágenes del Sentinel 2, perteneciente a la Agencia Espacial Europea, a través del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.

El indicador **B2**, *Cubierta Vegetal*, aunque en principio pueda parecer similar al indicador **B1**, tiene como finalidad medir el porcentaje de área verde sobre el total del área del parque analizado. Para poder elaborar este indicador se han utilizado imágenes aéreas diversas.

El indicador **B3**, *Biodiversidad*, nos permite conocer el grado de heterogeneidad de las especies vegetales presentes en las áreas analizadas. Este tipo de información es importante porque la heterogeneidad de especies es clave a la hora de determinar si un espacio natural está sano o no. El método de medición utilizado es el índice de Shannon-Weiner, y la información necesaria para desarrollarlo proviene de la cartografía del AMB de los parques metropolitanos que gestionan donde se listan y ubican las especies de árboles y arbustos.

La última dimensión del ASI-Salud está dedicada a analizar las funciones que realiza el parque. Para ello, nos basamos en un único indicador. El indicador **C1**, *Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles*, nos permite analizar la calidad del aire, en búsqueda de segregaciones vegetales dañinas para la salud y el bienestar humano. La medición de estas segregaciones se presenta en kilogramos por metro cuadrado al año, y los datos que posibilitan el uso de este indicador provienen del área de cartografía del AMB y de datos de Chaparro y Terradas. Para esta primera puesta en práctica del ASI-Salud, este indicador ejerce como representativo de la funcionalidad del parque analizado. De cara a aplicaciones futuras del ASI-Salud se recomienda la incorporación de otros dos indicadores a la dimensión funcional: *Absorción de contaminantes del aire* y *Mitigación del efecto isla de calor*.

Nuestro objetivo para con la información obtenida mediante el uso del ASI-Salud es la de realizar un análisis multicriterial capaz de operar a tres niveles distintos. La primera función de nuestro análisis es la de poder elaborar una comparación entre parques, permitiendo ordenar los parques seleccionados según su contribución a la salud y el bienestar de la

población. Este enfoque va dirigido al gran público, con información simplificada sobre la calidad socioecológica de los parques. En segundo lugar, poder determinar en qué indicadores destacan, tanto positiva como negativamente, los parques seleccionados. De esta forma podemos averiguar si existen tendencias en ciertos indicadores que lleven a obtener mejores o peores resultados en el cómputo global. Este nivel sirve para orientar tanto a usuarios y planificadores sobre las características de los parques.

Tabla 4

Composición del ASI-Salud.

Dimension	Indicator	Description	Formula	Source
A. Relation to society	A1. Availability	Population considered potential users of each park.	Using a buffer of 300 m around the park.	AMB cartography.
	A2. Inequality	Socioeconomical measurement of the benefited population.	Using a buffer of 300 m around the park.	Population and Housing Census. IDESCAT.
	A3. Frequentation	Regularity of visits to the park.	Percentage of daily users.	AMB Survey.
B. Park structure	B1. Greenness	Satellital analysis (NDVI) of the selected area in order to acknowledge the greenness of the biome.	$NDVI = NIR - RED / NIR + RED$	ICGC using Sentinel 2 data imagery.
	B2. Green surface	% of the green area of the park.	Percentage of surface unit.	Aerial imagery.
	B3. Biodiversity	Heterogeneity of the vegetal species present in the analyzed areas.	Shannon-Weiner index of trees and bush species.	AMB cartography.
C. Park functions	C1. Volatile Organic Compounds	Air quality analysis in search of toxic arboreal segregations.	(kg/m ² ·year of land cover) per Surface	AMB cartography and Chaparro & Terradas data.

El tercer nivel, por último, y dado que este es un primer paso en el desarrollo del sistema de evaluación de parques, es el poder valorar si los indicadores seleccionados son capaces de alcanzar los estándares marcados para hacer del ASI-Salud un activo robusto y fiable a la hora de evaluar la contribución de los espacios verdes urbanos a la salud y el bienestar de la población de la metrópolis. Desagregar los indicadores facilitará las decisiones técnicas y la gestión de los parques.

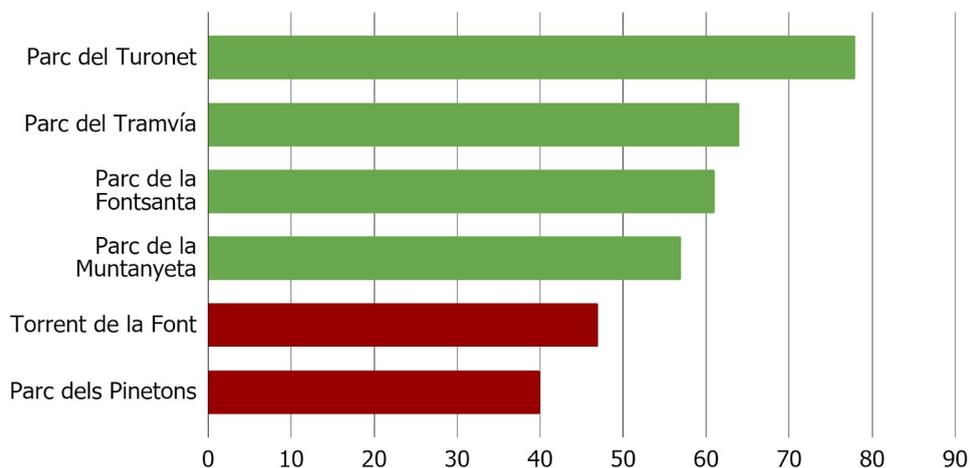
Resultados y discusión

Análisis agregado

En un primer nivel de análisis, la presentación agregada de los valores conseguidos con el ASI-Salud nos permite mostrar, de manera generalizada, información sobre el nivel de la calidad socioecológica de los parques al gran público. Normalizando los datos, es posible ordenar los parques analizados según su nivel de contribución total a la salud y el bienestar, tal y como podemos observar en la **Figura 2**. El análisis agregado de nuestros parques nos permite dividir a estos en dos grupos:

Figura 2

Ránking de parques según sus valores agregados.



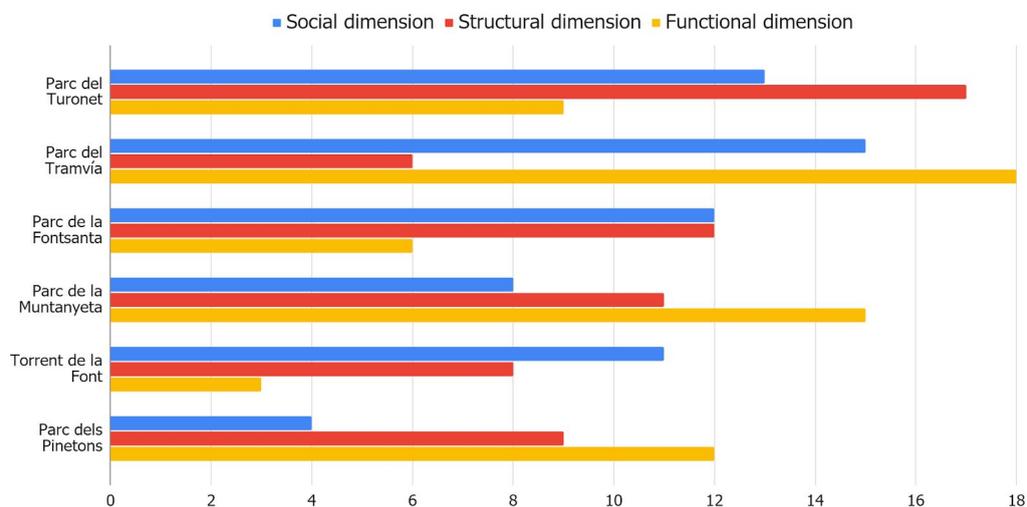
Por un lado encontramos los parques que han obtenido buenos resultados, es decir, aquellos con una puntuación superior a cincuenta sobre un total de cien, mientras que por el otro encontraríamos a los que han obtenido malos resultados, aquellos parques cuya puntuación está por debajo de cincuenta. Entre los parques con buenos resultados, destaca principalmente el Parc del Turonet, con una puntuación de setenta y ocho. A cierta distancia pero con valores superiores a los sesenta puntos le siguen el Parc del Tramvia, con sesenta y cuatro, y el Parc de la Font Santa, con sesenta y uno. También cerca pero por debajo de los sesenta puntos estaría el Parc de la Muntanyeta, con cincuenta y siete puntos. En el grupo de los parques con malos resultados encontraríamos en primer lugar el Torrent de la Font, que con cuarenta y siete puntos se queda cerca de entrar en el grupo de parques con buenos resultados, y por último el Parc dels Pinetons, que queda algo más alejado, con cuarenta puntos.

Análisis dimensional

En un segundo nivel de análisis, la división de los resultados en cada una de las tres dimensiones mencionadas con anterioridad nos permite acceder a un tipo de información más concreta, con capacidad para orientar tanto a usuarios como a planificadores al respecto de las características de los parques. Con este nivel de análisis podemos conocer en cuál o cuáles dimensiones es fuerte o débil el parque analizado, permitiendo un acercamiento más lógico a la hora de realizar actuaciones en el espacio.

Figura 3

Aportación según dimensiones de los parques analizados a la salud y el bienestar.



En la **Figura 3**, podemos observar como el Parc del Turonet, el parque con mejor valoración general, es el único de los parques analizados que recibe por lo menos la mitad de la puntuación posible en cada una de las tres dimensiones, y destaca notablemente tanto en la dimensión estructural como en la dimensión social. El Parc del Tramvia muestra deficiencias en el apartado estructural, pero obtiene la valoración más alta tanto en la dimensión social como en la dimensión funcional. El Parc de la Fontsanta obtiene un resultado positivo en las dimensiones social y estructural, pero se muestra débil en la dimensión funcional. El Parc de la Muntanyeta obtiene el segundo mejor valor en la dimensión funcional, y un resultado decente en el apartado estructural, pero suspende por poco en la dimensión social.

En cuanto a los parques con malos resultados agregados, el Torrent de la Font obtiene el peor resultado en la dimensión funcional, así como la segunda peor puntuación en el apartado estructural, dejando como único resultado positivo el apartado social. En el caso del Parc dels

Pinetons, encontramos como dato positivo su contribución a la dimensión funcional, y también una aportación suficiente a la dimensión estructural, pero fracasa en el apartado social.

Análisis desagregado

Un tercer nivel de análisis, en el que podamos tratar los datos de cada indicador de nuestro análisis de manera individualizada, es clave para poder tomar decisiones técnicas y realizar una gestión correcta del parque. Un análisis desagregado nos permite incidir con precisión quirúrgica en aquellos aspectos que limitan la capacidad de los parques para incidir de manera positiva en la salud y el bienestar.

Tabla 5
Desagregación específica de indicadores.

Parks	Indicators						
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1
	Influenced population (people)	Average income (€/cap)	Daily frequentation (%)	Greenness (NDVI)	Green Surface (%)	Biodiversity (Shannon-Wiener index)	VOC emissions (kg)
Parc del Turonet	12.034	15.036	67,66%	0,354	81%	4,22	56,9
Parc del Tramvia	19.403	13.395	71,33%	0,309	59%	1,13	19,7
Parc de la Font Santa	14.578	14.062	64,71%	0,341	24%	4,59	115,2
Parc de la Muntanyeta	16.158	12.024	57,23%	0,311	68%	3,12	48,9
Torrent de la Font	6.085	16.606	59,62%	0,320	56%	2,62	120,3
Parc dels Pinetons	2.326	12.636	48,03%	0,268	61%	3,52	49,6

Con este acercamiento, podemos observar como el Parc del Turonet es el mejor de los parques analizados tanto en *Fron dosidad* como en *Cubierta Vegetal*, y el segundo mejor en los indicadores para medir *Desigualdad*, *Frecuencia diaria* y *Biodiversidad*. Por último, es cuarto en los indicadores sobre *Disponibilidad* y *Emisiones VOC*.

El Parc del Tramvia, por su parte, es el mejor de los parques analizados en tres indicadores distintos, *Disponibilidad*, *Frecuentación* y *Emisiones VOC*. Como punto negativo, este parque es cuarto en *Desigualdad* y *Cubierta Vegetal*, quinto en *Fron dosidad* y tiene el resultado más pobre en *Biodiversidad*. El Parc de la Font Santa, por el contrario, es el parque con el mejor valor en *Biodiversidad*, con el segundo mejor valor en *Fron dosidad* y el tercer

mejor en todos los indicadores de la dimensión social. Pese a ello, tiene el peor dato en *Cubierta Vegetal* y el segundo peor en *Emisiones VOC*.

El Parc de la Muntanyeta se encuentra en segundo lugar en los indicadores de *Disponibilidad*, *Cubierta Vegetal* y *Emisiones VOC*. Pero cuarto en *Frondosidad*, quinto en *Frecuentación* y último en *Desigualdad*.

En el bando de los parques con malos resultados agregados, el Torrent de la Font es el parque con un mayor valor en el indicador dedicado a *Desigualdad*, obteniendo también un tercer puesto en el indicador *Frondosidad*. En contraste, es cuarto en el indicador *Frecuentación*, y quinto en los indicadores *Disponibilidad*, *Cubierta Vegetal* y *Biodiversidad*, así como también es el parque con la mayor cantidad de *Emisiones VOC*, nocivas para la salud humana.

En el caso del Parc dels Pinetons, la mejor posición que consigue es un tercer lugar en los indicadores de *Cubierta Vegetal*, *Biodiversidad* y *Emisiones VOC*, seguidas de un quinto lugar en la variable *Desigualdad*. El Parc dels Pinetons obtiene la peor puntuación en los indicadores de *Disponibilidad*, *Frecuentación* y *Frondosidad*.

Conclusiones

El método de análisis socioecológico integrado de la infraestructura verde metropolitana para evaluar los efectos en la salud y el bienestar de la ciudadanía (ASI-Salud) propuesto en este estudio, demuestra ser una herramienta prometedora, ya que el enfoque que da al análisis de espacios verdes urbanos difiere del modelo hortodoxo, aportando frescura a un campo de gran relevancia y que será vital para el desarrollo urbano del futuro. Un método de análisis que entrelaza aspectos sociales con aspectos ecológicos dispone de un gran potencial para todos aquellos gestores o planeadores que ponen en el foco la salud y el bienestar de la población de las ciudades y metrópolis de las que forman parte.

Los resultados obtenidos en la primera puesta en práctica del ASI-Salud, son un buen ejemplo sobre cómo se debería gestionar la infraestructura verde urbana. El Parc del Turonet dispone de una ventaja significativa sobre el resto de parques analizados. A nivel desagregado, como parque es el más destacado en algunos aspectos, pero lo que realmente marca la diferencia es la regularidad. El Parc del Turonet es el único de los parques analizados que no descuida ninguno de los apartados analizados mediante el ASI-Salud, mientras que todos los demás son últimos y penúltimos en alguno de los indicadores y

requerirían de intervenciones en menor o mayor grado, según el contexto socioecológico en el que se encuentren.

El ASI-Salud es ya, en su estado actual, una herramienta sólida y funcional capaz de cumplir el objetivo marcado en este mismo artículo. Igualmente, esta metodología acepta la ampliación y la reforma, ya sea para ajustarse a contextos diferentes al expuesto en este artículo o para conseguir una mirada más amplia de los objetos de análisis futuros.

Referencias

Alcock, I., White, M. P., Wheeler, B. W., Fleming, L. E., & Depledge, M. H. (2014). Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. *Environmental science & technology*, 48(2), 1247-1255.

Amoly, E., Dadvand, P., Forns, J., López-Vicente, M., Basagaña, X., Julvez, J., ... & Sunyer, J. (2014). Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project. *Environmental health perspectives*, 122(12), 1351-1358.

Amsterdam's Green Agenda, 2015.

Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terradas, J. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43(4), 466-479.

Beyer, K. M., Kaltenbach, A., Szabo, A., Bogar, S., Nieto, F. J., & Malecki, K. M. (2014). Exposure to neighborhood green space and mental health: evidence from the survey of the health of Wisconsin. *International journal of environmental research and public health*, 11(3), 3453-3472.

Cariñanos, P., & Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and urban planning*, 101(3), 205-214.

City of El Paso, Texas Comprehensive Plan, 2012.

den Bosch, V., Annerstedt, M., Östergren, P. O., Grahn, P., Skärbäck, E., & Währborg, P. (2015). Moving to serene nature may prevent poor mental health—Results from a Swedish longitudinal cohort study. *International journal of environmental research and public health*, 12(7), 7974-7989.

Denver Department of Environmental Health, *How Neighborhood Planning Affects Health in Globeville and Elyria Swansea*, September 2014.

De Vries, S., Thompson, C. W., Aspinall, P., & Bell, S. (2010). Innovative approaches to researching landscape and health.

Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Residential green spaces and mortality: a systematic review. *Environment international*, 86, 60-67.

Grazuleviciene, R., Danileviciute, A., Dedele, A., Vencloviene, J., Andrusaityte, S., Uždanaviciute, I., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Surrounding greenness, proximity to city parks and pregnancy outcomes in Kaunas cohort study. *International journal of hygiene and environmental health*, 218(3), 358-365.

Greenery and Biodiversity Plan, Barcelona, 2020.

Hu, Z., Liebens, J., & Rao, K. R. (2008). Linking stroke mortality with air pollution, income, and greenness in northwest Florida: an ecological geographical study. *International journal of health geographics*, 7(1), 20.

Jaafari, S., Shabani, A. A., Moeinaddini, M., Danehkar, A., & Sakieh, Y. (2020). Applying landscape metrics and structural equation modeling to predict the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality in Tehran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(7), 412-412.

London Environment Strategy, 2018.

Mitchell, R., & Popham, F. (2007). Greenspace, urbanity and health: relationships in England. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61(8), 681-683.

Mitchell, R., & Popham, F. (2008). Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The lancet*, 372(9650), 1655-1660.

Nantes European Green Capital 5 Years Report, 2018.

Paris Cities100 report, 2019.

Pereira, G., Foster, S., Martin, K., Christian, H., Boruff, B. J., Knuiiman, M., & Giles-Corti, B. (2012). The association between neighborhood greenness and cardiovascular disease: an observational study. *BMC public health*, 12(1), 466.

Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad, Madrid 2018.

Pope, D., Tisdall, R., Middleton, J., Verma, A., Van Ameijden, E., Birt, C., ... & Bruce, N. G. (2018). Quality of and access to green space in relation to psychological distress: results from a population-based cross-sectional study as part of the EURO-URHIS 2 project. *The European Journal of Public Health*, 28(1), 35-38.

Reklaitiene, R., Grazuleviciene, R., Dedele, A., Virviciute, D., Vensloviene, J., Tamosiunas, A., ... & Nieuwenhuijsen, M. J. (2014). The relationship of green space, depressive symptoms and perceived general health in urban population. *Scandinavian journal of public health*, 42(7), 669-676.

Shen, Y. S., & Lung, S. C. C. (2017). Mediation pathways and effects of green structures on respiratory mortality via reducing air pollution. *Scientific reports*, 7(1), 1-9.

Sih, T. (1999). Correlation between respiratory alterations and respiratory diseases due to urban pollution. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 49, S261-S267.

Sugiyama, T., Leslie, E., Giles-Corti, B., & Owen, N. (2008). Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships?. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 62(5), e9-e9.

Takano, T., Nakamura, K., & Watanabe, M. (2002). Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 56(12), 913-918.

Tamosiunas, A., Grazuleviciene, R., Luksiene, D., Dedele, A., Reklaitiene, R., Baceviciene, M., ... & Nieuwenhuijsen, M. J. (2014). Accessibility and use of urban green spaces, and cardiovascular health: findings from a Kaunas cohort study. *Environmental Health*, 13(1), 20.

Taylor, A. F., Kuo, F. E., Spencer, C., & Blades, M. (2006). Is contact with nature important for healthy child development? State of the evidence. *Children and their environments: Learning, using and designing spaces*, 124.

Tischer, C., Gascon, M., Fernández-Somoano, A., Tardón, A., Materola, A. L., Ibarluzea, J., ... & Dadvand, P. (2017). Urban green and grey space in relation to respiratory health in children. *European Respiratory Journal*, 49(6).

Triguero-Mas, M., Dadvand, P., Cirach, M., Martínez, D., Medina, A., Mompert, A., ... & Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. *Environment international*, 77, 35-41.

Urban Sustainability, The European Foundation, 1998.

Villeneuve, P. J., Jerrett, M., Su, J. G., Burnett, R. T., Chen, H., Wheeler, A. J., & Goldberg, M. S. (2012). A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. *Environmental research*, 115, 51-58.

Völker, S., & Kistemann, T. (2015). Developing the urban blue: comparative health responses to blue and green urban open spaces in Germany. *Health & place*, 35, 196-205.

White, M. P., Alcock, I., Wheeler, B. W., & Depledge, M. H. (2013). Coastal proximity, health and well-being: results from a longitudinal panel survey. *Health & place*, 23, 97-103.

Xu, Y., Dadvand, P., Barrera-Gómez, J., Sartini, C., Mari-Dell'Olmo, M., Borrell, C., ... Basagaña, X. (2013). Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics. *J Epidemiol Community Health*, 67(6), 519-525.

