



This is the **published version** of the bachelor thesis:

Escobedo Ros, Oscar; Vicente Salar, Rafael, dir. Clasificación de centros educativos a través de su calidad ambiental urbana en el Área Metropolitana de Barcelona. 2022. (1395 Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/266435>

under the terms of the license

Clasificación de centros educativos a través de su calidad ambiental urbana en el Área Metropolitana de Barcelona

Oscar Escobedo Ros

Resum—La contaminación del aire es uno de los factores que deterioran la calidad ambiental de las ciudades, su habitabilidad y la salud de sus habitantes. Una de las estrategias viables para mitigar este tipo de contaminación es la implantación de espacios verdes urbanos, los cuales reducen los niveles de polución en las grandes urbes. El objetivo del trabajo se centra en configurar una clasificación de centros educativos -no verdes, neutros y verdes- en relación a su calidad ambiental, utilizando como variables los niveles de polución atmosférica y de verde urbano en torno a estos equipamientos. Los resultados señalan que un porcentaje alto son escuelas neutras, mientras que las escuelas no verdes se concentran en Barcelona. Las escuelas verdes se extienden por todo el territorio metropolitano. Este estudio conforma una herramienta importante para el desarrollo de políticas públicas en planificación, educación y medio ambiente en ámbitos urbanos.

Paraules clau—Espacio verde, escuelas, contaminación atmosférica, políticas públicas.

Abstract—Air pollution is one of the factors that deteriorate the environmental quality of cities, their habitability and the health of their inhabitants. One of the viable strategies to mitigate this type of pollution is the implementation of urban green spaces. Thanks to their presence, pollution levels in large cities can be reduced. The aim of the study is to analyse how urban greenery can influence the mitigation of the effects of air pollution in school zones in the Metropolitan Area of Barcelona. The variables used will be the concentration of NO₂ in the air and vegetation using NDVI values. The results show that the vast majority of schools are located in neutral school zones, non-green schools are mainly concentrated in the municipality of Barcelona and green schools are spread throughout the metropolitan area. This study is a tool for developing public policies to improve the quality of the environment and public space in areas close to educational facilities.

Index Terms—Green spaces, schools, air pollution, public policies.

1 INTRODUCCIÓN

CON el paso del tiempo se han desarrollado acciones humanas sobre el ecosistema, como ha sido la instalación del hombre en la naturaleza con su posterior transformación. Esto se traduce en una reducción de los servicios y bienes que los propios ecosistemas nos otorgan, ya que son muchos los inconvenientes que las acciones del hombre han ocasionado en la naturaleza desde entonces. Las ciudades constituyen uno de los retos más desafiantes que se han llevado a cabo, ya que gestionarlas nos adereza a tener una rutina y costumbres nocivas para el medio ambiente por la manera en cómo explotamos el territorio y nos relacionamos en él. Es por eso que el modelo de desarrollo de la sociedad industrial moderna ha alcanzado límites que plantean problemas de cara al futuro y, de hecho, estos ya se empiezan a experimentar en el presente.

La ciudad es un territorio parcialmente artificial (Amaya, 2005) donde se generan prácticas nocivas para la naturaleza, reflejándose en subidas de temperatura, erosión, aumento del nivel del mar, etc. El cambio climático está llamando a la puerta desde varios años atrás y somos nosotros mismos los que hemos de cambiar estas prácticas por tal de que el medio ambiente no sufra.

Actualmente, las ciudades han llegado a tal punto de saturación que vivir en ellas es un gran problema para la salud de sus habitantes. Entre otros efectos adversos del cambio climático, la contaminación atmosférica es uno de

los retos más grandes a los que se enfrenta la sociedad. Los expertos informan que, si no se cambia y se innova en la manera de producir y la forma de vida en la ciudad, la calidad del aire irá en constante declive, haciendo que los daños puedan ser importantes para la salud (Díaz Cordeiro, 2012). Es por ello que, desarrollar ciudades sostenibles es una de las soluciones para cambiar el rumbo, siendo las zonas verdes un mecanismo esencial. Se sabe que la presencia de estos espacios son un punto a favor para redirigir el futuro hacia una mejor calidad del aire y, en consecuencia, una mejor calidad de vida de los seres humanos. Todas las ventajas y los beneficios que aportan al entorno son sumamente bienvenidos al nuevo modelo de ciudad, en el que cada vez se tienen más en cuenta a la hora de crear el espacio público urbano. Por ello, este trabajo pone en valor estas zonas y pretende aplicar políticas públicas para mejorar su gestión, a la vez que le da un enfoque a la contextualización de las áreas escolares, las cuales serán el centro de estudio. Es por ello que el objetivo de este trabajo es desarrollar una clasificación de centros educativos en relación a la influencia del verde urbano en la mitigación de la contaminación atmosférica que se localiza entorno a estos equipamientos en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB). Para alcanzar dicho objetivo, las preguntas de investigación son las siguientes: ¿una mayor presencia de verde urbano ayuda a mitigar la contaminación atmosférica?, ¿el resultado de la relación

entre estas dos variables puede comportar la configuración de una clasificación de equipamientos educativos? La hipótesis de estudio se basa en que existe una relación indirecta entre presencia de verde urbano y contaminación atmosférica que permite clasificar equipamientos educativos en relación a los resultados que se obtengan.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es el verde urbano?

Las dinámicas sociales, ecológicas y económicas de las ciudades están cambiando. La sostenibilidad urbana es un concepto actual en muchos ámbitos y que cada vez gana más importancia en la sociedad. Este tipo de sostenibilidad se define a partir de los efectos que las actuales formas de producción y consumo tienen sobre el medio ambiente, pero también sobre las relaciones con los grupos sociales. La ciudad sostenible es aquella cuyo impacto al medio ambiente en contaminación y abastecimiento de bienes naturales no compromete al propio territorio ni a otros, siendo los espacios verdes uno de los principales mecanismos que colaboran hacia la sostenibilidad en las ciudades, ya que sus aportaciones no sólo se asocian a la naturaleza, sino que contribuyen a crear una interacción social más saludable (Pérez-Medina y López-Falfán, 2015).

Por espacios verdes urbanos se entiende toda aquella vegetación presente en el continuo urbano, ya sean árboles, arbustos o césped, entre otros tipos. Los podemos encontrar a diferente escala, como en parques y jardines públicos, corredores verdes, parques forestales o jardines de bolsillo, plazas arboladas, etc., y pueden ubicarse tanto en zonas rurales como en el interior de las ciudades (Huashualdo Huanacuni, 2021). Estos no siempre son naturales, también los podemos diferenciar de aquellos que no se han desarrollado de forma natural, sino por la intervención del hombre, construidos artificialmente, modelados y estilizados en base a la reproducción de las condiciones en las que se desenvuelve (Huashualdo Huanacuni, 2021). Sin embargo, no todas estas áreas se sustentan por un objetivo puramente decorativo. La verdificación de la ciudad no sólo tiene como fin la aproximación de la naturaleza a la población, sino que se aleja algo más de este simple concepto, atribuyéndole otros atributos y funciones más competentes, como el uso ecológico, de ocio, de protección u otros. Atendiendo a sus características, las zonas verdes urbanas tienen resultados positivos en su entorno, pues son el pulmón de las áreas urbanas (Xing y Brimblecombe, 2019), popular metáfora atribuida a William Pitt y mencionada en 1808 en un debate del parlamento británico (Garau, 2020). Además, actualmente forjan una parte crucial del continuo urbano y cada vez tienen más relevancia por la labor que desempeñan en el diseño de las vías públicas.

En el presente trabajo dichos espacios comprenden la totalidad de las zonas verdes, pues son todos aquellos que presenten una mínima fracción vegetal. La cuantía involucra desde todos los comentados anteriormente como toda la vegetación que aparece en los viales en for-

ma de arbolado viario, bosques adyacentes a los núcleos urbanos, campos de césped deportivos como de fútbol, hockey hierba, golf, etc.

2.2 ¿Por qué es importante el verde urbano en las ciudades?

Se habla de la contaminación del aire desde la aparición del fuego y su posterior dominio por el hombre, pero no es hasta la Revolución Industrial que este fenómeno es descubierto, considerado como un punto de cambio decisivo y dramático. En el siglo XIX, fueron muchas las ciudades que se urbanizaron y giraban entorno a las fábricas, las cuales daban sustento a la actividad económica sin tener miramiento en la relación de la calidad del aire y el desarrollo social, ya que no era una prioridad. El deterioro continuo de la calidad atmosférica hizo que se diera respuesta desde los gobiernos y organismos internacionales (Romero Placeres et al., 2006) y debido a la extensión de las ciudades industriales y las grandes oportunidades de trabajo, la repoblación de las áreas urbanas hizo que surgiera una mayor necesidad de crear espacios verdes para los habitantes, siendo los primeros para fines de ocio destinados solamente para las clases acomodadas. Durante el despliegue económico de los años sesenta y la entrada de España en la Unión Europea en la década de los ochenta, propició que se iniciaran políticas medio ambientales. De manera paralela, en el contexto urbano se desarrollan políticas destinadas a la creación de grandes zonas verdes y se empieza a utilizar este término para referirse a dichos espacios (Consuelo et al., 2015).

Desde entonces, se han realizado innumerables estudios que han concluido la conveniencia de disponer de espacios verdes en la ciudad, ya que son muchos los beneficios que nos aportan a mejorar la calidad de vida en el día a día de las personas (Redondo Paredes, 2014). La vegetación urbana representa un recurso posible y eficiente que garantiza efectos positivos tanto al entorno como a la población, haciendo frente a los impactos del cambio climático y favoreciendo un ambiente más saludable para los ciudadanos y su bienestar. Así, las principales ventajas de los espacios verdes (De Frutos y Esteban, 2009) son: 1) Absorción de CO₂ y producción de O₂; 2) Retención de partículas de polvo ya que la vegetación sirve como filtro retenedor de las partículas que el viento arrastra, como por ejemplo ceniza, polen, humo u otros tipos de impurezas; 3) Regulación climática, contribuyendo a un equilibrio ambiental; 4) Filtro acústico ya que funcionan como barrera contra el ruido provocado por el tráfico, zonas industriales o de la misma calle; 6) Reducción del viento.

Por otro lado, gracias a la presencia de estos lugares también aparecen beneficios no solo ambientales, sino también psicológicos o personales. Según fuentes de información como La Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomienda entre 9 m² y 12 m² de área verde por habitante o 15 m² según indica la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Flores, 2005), un indicador que destaca el nivel de calidad de vida necesario en una ciudad, distribuidos proporcionalmente en relación con la

densidad de población (Garau, 2020). De acuerdo con los rangos recomendados, existe una gran riqueza de espacios verdes en el AMB, debido al territorio que comprende los espacios agrícolas del Delta del Llobregat y las grandes áreas verdes de los macizos de Collserola, Garraf y la Sierra de la Marina. Así pues, las zonas verdes urbanas son necesarias para paliar los efectos de la polución atmosférica.

2.3 Relación entre el verde urbano y la polución atmosférica

Algunos autores han señalado la relación directa entre mayor presencia de vegetación y disminución de la contaminación atmosférica en ámbitos urbanos (Yin et al., 2011; Klingberg et al., 2017). Uno de los casos donde se han desarrollado investigaciones de este tipo es en la ciudad de Juliaca, en Perú, donde se señala que las áreas urbanas con menos superficie de verde son las que sufren una mayor concentración de contaminantes por metro cuadrado (Rodríguez Licea y Figueroa Viruega, 2017). Otro caso de estudio es el análisis que se ha llevado a cabo en México, donde se observó el impacto ambiental producido por la eliminación de áreas verdes en la ciudad destruyendo más de 10.000 árboles (Hancock Vilavila, 2017). A costa de ello, se generaron niveles más altos de contaminación comparados con años anteriores y, además, se incide en que el tipo de clima pasó a ser más seco y caluroso, de hecho, la ciudad tiene problemas con la captación de agua. Este caso es un claro ejemplo de la falta de compromiso para proteger los espacios verdes, los cuales se dan en muchos territorios del mundo por parte de la administración local.

Junto con los beneficios que aportan dichas áreas, explicados en el apartado anterior, se puede afirmar que las infraestructuras verdes son una solución valiosa para mejorar la calidad del aire. La vegetación urbana ha sido ampliamente reconocida en los últimos años y se ha contribuido a potenciar las estrategias para el desarrollo de estas infraestructuras y el aumento del arbolado viario (Pava Meza, 2020). No obstante, no solo se ha de depender de ellos para conseguir ciudades más sostenibles y saludables, ya que se queda algo lejos de erradicar la contaminación atmosférica por completo. De este modo, solo cuando se coordina conjuntamente con la comprensión de la implementación local y la planificación del tráfico es cuando se formulan resultados más positivos (Jeanjean et al., 2016).

2.4 Relación entre la polución atmosférica y las escuelas

La contaminación atmosférica es un fenómeno que afecta a toda la población de una ciudad por igual, siendo más críticas las zonas industriales y donde el tráfico es mayor. Los centros educativos son un punto débil en esta situación, ya que se sabe que la polución del aire afecta directamente a las personas en su salud y en su estado emocional (Alonso del Amo et al., n.d.).

Según los diversos estudios y análisis que se han llevado a cabo, la mayoría exponen la misma idea sobre

las desventajas que sufren los niños al estar en colegios que se encuentran en plena urbe, la cual está congestionada de tráfico, principal fuente de la polución del aire, entre otras. Dichas desventajas son inconvenientes como la reducción del desarrollo mental, psicológico y físico y aumento del estrés escolar (Dadvand et al., 2015).

Por tal de solucionarlo, se están creando iniciativas para reformar los entornos de los centros educativos, poniendo a las escuelas en el centro de las actuaciones, en las que se manejan estrategias para combatir la protección, accesibilidad y bienestar de todas las personas que los utilizan. En el AMB el término municipal de Barcelona tiene un papel muy importante en este tema ya que es el municipio que más escuelas alberga, y hoy día su ayuntamiento ha actuado ya en más de 150 colegios (Ajuntament de Barcelona, 2022). Este tipo de soluciones favorecen de manera directa a la mitigar la polución del aire.

2.5 Políticas públicas

La administración juega un gran papel en los espacios verdes, ya que es el encargado de legislar y proteger dichos espacios. Desgraciadamente, durante el paso de los años se repiten diferentes catástrofes en estas zonas, como pueden ser los incendios, los cuales muchos de ellos podrían ser evitados. Esto sería posible si se dotara con suficientes recursos a los cuerpos encargados de mantener y limpiar estas áreas. Es por ello que una pieza fundamental para los espacios verdes es el compromiso de la administración (Rosas y Zúñiga, 2011), ya que es el órgano que puede tomar las medidas necesarias con el fin de reducir los efectos que la contaminación provoca, como en la salud y sus enormes costes económicos asociados. Las ciudades deben desarrollar planes de gestión y estrategias que permitan disminuir la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos, mejorando así la calidad ambiental y el bienestar de los ciudadanos, siendo una clara vía de escape la construcción de nuevas infraestructuras verdes y el buen mantenimiento de las ya presentes en el entramado urbano. Se pueden realizar medidas que se pueden adoptar en la práctica como, por ejemplo: peatonalizar las calles alrededor de los colegios, siendo zonas de bajas emisiones; instalar medidores de contaminación del aire en los centros educativos, para tener una fuente de información permanente y real donde se vigile la polución en estos entornos; implantar techos verdes, por todos los beneficios que aportan; organizar actividades lúdicas para todos los públicos, para concientiar a la ciudadanía de la importancia de estos lugares.

No obstante, para que esto suceda son los propios ciudadanos los que deben exigir mayor compromiso gubernamental y transmitir la importancia que tienen los espacios verdes públicos, a los cuales se les debe dar la importancia que requieren, tanto en su proyección, conservación y desarrollo.

3 METODOLOGÍA

3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en el trabajo son secundarias. En primer lugar, la información sobre la localización de centros educativos se ha obtenido a través del portal de datos abiertos de la Generalitat de Cataluña. La última actualización de la información es en enero del 2022 cuyo formato es un shapefile (.shp) de carácter vectorial. Por otro lado, las bandas espectrales provienen de la descarga de una serie de ortofotos del área de estudio en formato MMZ. Se ha hecho uso del Servidor web de Imágenes de Satélite de Cataluña en el cual se pueden obtener múltiples fotografías de distintos años y de diferentes satélites. Finalmente, los datos relacionados con la contaminación atmosférica, que fueron extraídos también del Portal de datos abiertos de la Generalitat de Cataluña, corresponden a los valores captados en los puntos de medición automáticos de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica desde el año 1991 hasta el día anterior al actual.

La polución media se ha estimado desde el 1 de enero de 2016 hasta el 17 de junio del año 2022, día en el que se efectuó la descarga de la base de datos. Sin embargo, durante este periodo de tiempo apareció la pandemia debido a la COVID-19, lo cual provocó el largo confinamiento transformando la rutina diaria de las personas. Por ello, para el presente estudio no se han tenido en cuenta ni el año 2020, en el que surgieron los primeros brotes de contagios, ni el 2021, año en el que las restricciones aún estaban presentes, por lo que favorecerá a resultados más verídicos donde la validez estadística no se verá afectada por esta situación excepcional. No obstante, el 2022 se contempla como un año en el que las restricciones no son lo bastante severas para dejar de contar con los valores tomados en este, por lo que el proyecto se sustenta en una línea temporal con un paréntesis de dos años.

Por otro lado, para llegar al mapa resultante del verde urbano se han recogido datos de los años comprendidos entre el 2018 y 2019. No obstante, también se quiso dar opción a recolectar datos del año 2022, pero en el geoservidor donde se efectuaron las descargas no se daba la posibilidad ya que no existían aun datos del periodo. Estos datos son ortofotos del área de estudio, las cuales se han escogido cinco por cada año para disponer de una media del verde urbano existente durante el ciclo natural de un año. Las imágenes a utilizar fueron las captadas en los días expuestos en la Tabla 1.

Tabla 1. Ortofotos utilizadas para el cálculo del NDVI

Año 2018	Año 2019
24 de enero	11 de enero
25 de febrero	16 de marzo
19 de julio	20 de junio
21 de septiembre	24 de septiembre
23 de octubre	11 de noviembre

Una de las principales causas por las que se escogieron estas fechas es debido a que las imágenes sateli-

tales están libres de nubes, lo que implica una mayor lectura del terreno y en consecuencia una mayor aportación de información, ya que se dispone de la máxima capacidad de detección de vegetación. Además, se quisieron seleccionar imágenes de todas las estaciones del año, por lo que cada estación contiene al menos una ortofoto.

3.2 Métodos

Para obtener los resultados se han utilizado los softwares QGis y MiraMon, dos programas de código abierto aplicado para el análisis geográfico. Mediante estas herramientas, ha sido posible la obtención de los siguientes materiales.

En primer lugar, la obtención del verde urbano se ha realizado a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Con la ayuda de este indicador ambiental se puede observar la presencia de vegetación en el territorio y, en consecuencia, los espacios verdes de toda el área a estudiar. El concepto de NDVI se asienta en la relación entre la banda del infrarrojo cercano y la banda del rojo, lo que corresponde en el sensor OLI a la relación entre las bandas 4 y 5 (sensor que se va a utilizar para la captación de imágenes satelitales). Esto es debido a que se aprovecha la alta absorción en el espectro electromagnético visible y la fuerte reflectancia del infrarrojo cercano para mostrar el porcentaje de cobertura vegetal. Se ha utilizado el satélite Landsat 8, el cual está formado por el sensor OLI como bien se ha comentado anteriormente, el cual dispone de una resolución de 30 metros de píxel. Una vez se tienen las imágenes se efectúa la descompresión del paquete de cada una de ellas, obteniendo así las bandas espectrales que la forman, estas son la banda roja, que abarca las longitudes de onda más largas de la región del visible, y las bandas infrarroja cercana e infrarroja media, que abarcan la región del infrarrojo. No obstante, cabe añadir que para calcular el índice solo se hace uso de las dos primeras. A continuación, se calcula el NDVI de cada una de las fechas y se origina un ráster para cada una de ellas con dicha información. Al tener los diez, se realiza la media de cada uno de los píxeles de cada imagen. Así pues, se obtiene una capa resultante en formato "img" del caso de estudio cuyas celdas oscilan entre los valores del -1 al 1. De este modo, los valores cercanos a -1 indican masas de agua (ríos, lagos, balsas de riego, encarcamientos prolongados, etc.), los valores cercanos a 0 (más concretamente de -0,1 a 0,2) corresponden a zonas áridas de roca, suelos desnudos o nieve y los valores por encima de 0,2 a 1 nos indican el estado de la vegetación. Respecto a este último rango, cuanto más próximos al valor 1 más vigorosa es la vegetación y, por tanto, menos probabilidad de estrés está soportando del tipo que sea. Por el contrario, cuanto más cerca de 0,2 es más probable que la planta esté sometida a cualquier tipo de estrés, lo que reduce su vigor. Se debe añadir que es un precepto general y que siempre se ha de tener en cuenta la temporada, el tipo de planta y las peculiaridades regionales. En segundo lugar, con tal de abordar la contaminación atmosférica primeramente se procedió a crear una hoja de cálculo en la que se estableciera la informaci-

ón necesaria de los 25 puntos de interés, es decir, las estaciones de medición de la contaminación del aire. Cabe destacar que entre estos existen tres comprendidos fuera del perímetro del AMB, pero que, al ser tan próximos a la zona de estudio, no se han dejado fuera en el análisis ya que se consideran puntos con información necesaria que aportan valor espacial y estadístico, dejados con la finalidad de obtener un resultado más preciso. Entre los datos aparece la ubicación, las coordenadas geográficas y la media de contaminación por día en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los únicos atributos necesarios para la función que se quiere llevar a cabo. La realización de dicha hoja de cálculo es solamente un paso previo para la posterior inserción en el programa SIG como una tabla en formato "xlsx". Al haber implementado las coordenadas geográficas de cada punto, los datos de las estaciones serán georreferenciados en el mapa, asignándoles una ubicación espacial para poder situarlos en la superficie de la Tierra. Así pues, se consigue una capa vectorial de puntos que contenga los valores reales de dióxido de nitrógeno de la zona de estudio. A continuación, se lleva a cabo la interpolación de los datos. Así pues, a partir de los puntos anteriormente comentados donde se conoce el nivel de NO₂, se estiman los valores de aquellas zonas desconocidas donde aún no se tiene esta información. Por lo tanto, se ejecutará una interpolación de tipo IDW para dar con ellos, creando un archivo ráster del AMB donde cada cela se corresponda con un único valor de este contaminante. A partir de aquí, se tienen dos rasters, el del verde urbano y el de la contaminación atmosférica, y se procede a la reclasificación de éstos para obtener dos rasters binarios. Por lo tanto, para el ráster del NDVI se obtendrá la información de si una zona es verde, donde comprenden valores entre el 0,2 al 1, o no verde si los valores fluctúan entre el -1 y el 0,2. Por otra banda, para el ráster de la contaminación de NO₂ en el aire se obtendrá la información de si una zona es contaminante, en función de si supera el límite máximo anual de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o no contaminante si no supera este umbral. Este límite es un valor que viene fijado por cuenta propia, ya que se decidió dar una mayor restricción a los rangos de aquello que se considera contaminante o no contaminante para obtener datos más representativos, reduciendo el límite a 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en vez de establecer el umbral a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tal como establece la OMS. Después de convertirlos en polígonos, tendremos dos mapas binarios en formato vectorial.

Una vez llegados a este punto, se podrá investigar sobre la situación de las escuelas, las cuales se dividirán en verdes o no verdes según la contaminación a la que se expongan y según la vegetación que dispongan a su alrededor. Por ello, cabe añadir que para la realización de un estudio efectivo sobre la segunda variable se procedió a crear una zona de influencia de los centros educativos, donde todos aquellos que estuviesen a menos de 50 metros de verde urbano (área que representa la cuenca visual en la que los estudiantes pueden acceder visual o físicamente a los espacios verdes durante la estancia escolar (Dadvand et al., 2015; Amoly et al., 2014)) serían cate-

gorizados como escuelas verdes, aunque estrictamente no estén sobre él. De este modo, se tendrán dos composiciones de elaboración propia con dicha información y una tercera donde se muestre el cruce de las dos variables, teniendo en este mapa final una categoría más, llamada escuelas neutras, englobando a todas aquellas que se ubiquen a menos de 50 metros de vegetación pero en zonas contaminadas o en zonas no contaminadas pero a más de 50 metros de verde urbano.

4 ÁREA DE ESTUDIO

Este trabajo se centra en el AMB, situada en el noreste de España. Comprende las comarcas catalanas del Barcelonés, Baix Llobregat, Maresme, Garraf, Alt Penedès, Vallès Occidental y Vallès Oriental (Figura 1). Cuenta con una superficie de 636 km², está formada por 36 municipios donde viven más de tres millones de personas y sujeta una densidad de 5.093 personas por cada kilómetro cuadrado, siendo datos del año 2012 (Territorio metropolitano, 2022). Así pues, conforma solamente el 2% del total de su superficie y abarca el 42,8% de toda la población de Cataluña. Siendo una de las aglomeraciones urbanas más importantes a nivel mundial, es destacada por la concentración de población, actividades económicas, servicios y equipamientos que ofrece, así como por sus competencias principales en territorio y urbanismo, transporte y movilidad, vivienda, desarrollo económico, cohesión social y medio ambiente. En cuanto a este último, un elemento fundamental del territorio de la metrópolis es la red de parques metropolitanos, siendo espacios de gran valor ambiental y social que aportan servicios ecosistémicos para la mejora del entorno (Área Metropolitana de Barcelona, 2022) y que durante los últimos años ha aumentado un 24% (EYSM, 2021), ya que se ha ampliado la superficie de varios parques ya existentes y se han añadido nuevos con el fin de interrelacionar importantes espacios verdes, los cuales son nodos estratégicos de la infraestructura verde metropolitana.

Figura 1. Localización del Área Metropolitana de Barcelona



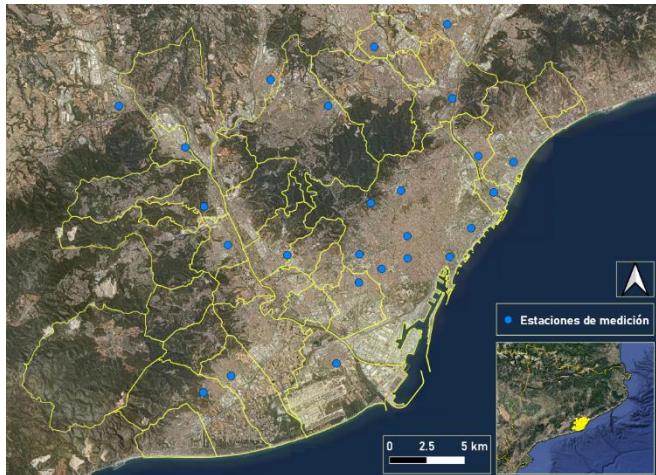
Se ha elegido este ámbito para dar un enfoque global de la situación a estudiar, ya que al examinar un

amplio territorio que engloba diversos municipios con realidades diferentes, se puede obtener una cierta validez estadística. Además, cabe destacar que no se ha limitado el caso de estudio al municipio de Barcelona, como mayormente sucede en los trabajos de investigación del territorio barcelonés, sino que se va más allá de las fronteras y el continuo urbano, apreciando la complejidad de la interdependencia metropolitana.

En las ciudades contemporáneas son muchas las partículas minúsculas que se encuentran en suspensión en el aire, las cuales entran dentro de los grupos PM10 y PM2,5, dependiendo de su tamaño, según si miden menos de 10 micras o menos de 2,5, respectivamente. Entre el amplio abanico de contaminantes nocivos que existen en el aire se encuentran, por ejemplo: compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno, compuestos de carbono, halógenos y compuestos halogenados y oxidantes fotoquímicos. Concretamente, en el AMB, el contaminante que más afecta es el dióxido de nitrógeno (NO₂). La principal fuente de su emisión es la combustión, ya que el 75% de NO₂ en la atmósfera es proveniente del tráfico rodado (Efectos en salud y ecosistemas, 2022), donde hoy día sigue siendo una realidad excesiva que ha de cambiar. La mayoría de las ciudades presentan una morfología urbana donde destacan las grandes avenidas compuestas por varias vías de circulación, las cuales generan un papel de autopistas urbanas donde se hayan altos volúmenes de tráfico (i Tortajada et al., 2003). Además, también proviene de otras fuentes como, por ejemplo, las emisiones que se generan en las obras e industrias.

Los datos de contaminación atmosférica provienen de las estaciones de medición de la calidad del aire comprendidas en el territorio metropolitano existiendo un total de 25 medidores repartidos por todo el territorio (Figura 2).

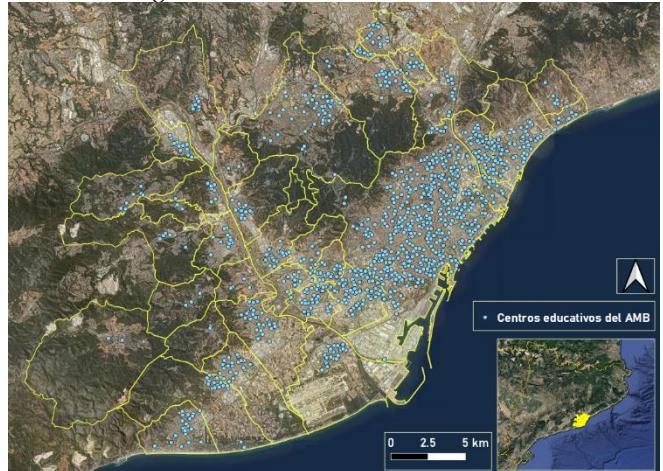
Figura 2. Estaciones de medición de la calidad del aire del AMB



Por otra parte, los centros escolares a tratar aparecen en la siguiente Figura 3. Son un total de 1.259 y se incluyen centros de educación infantil, primaria, secundaria, bachillerato y ciclos formativos de grado medio y superior y universidades. No obstante, en menor cantidad,

también aparecen centros de educación especial y programas de formación e inserción laboral.

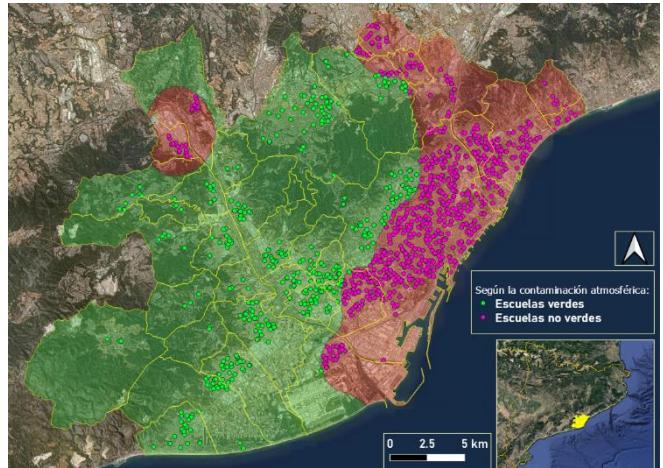
Figura 3. Centros educativos del AMB



5 RESULTADOS

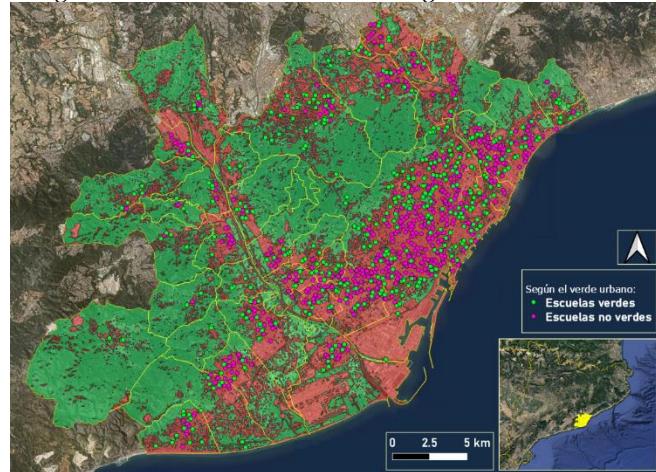
El primer mapa corresponde a la clasificación de las escuelas en verdes o no verdes según el nivel de contaminación a la que se exponen (Figura 4). Como se puede observar, sin contar la zona que hace frontera con Collserola, la capital catalana contiene unos valores elevados al límite establecido, además de los municipios del este y noreste que se extienden hasta Badalona y Barberà, los cuales se ven dominados por la mala calidad del aire, contando también con el territorio que se compone por Sant Andreu de la Barca, Castellbisbal y parte de Corbera de Llobregat. Por lo tanto, todos ellos hacen que el 60% de las escuelas totales sean no verdes y se localicen en gran parte de la ciudad de Barcelona. Por otra banda, el 40% restante pertenece a las escuelas verdes, aquellas que se encuentran en zonas donde la polución no supera dicho umbral. Estas son las que se sitúan en los municipios del sur, oeste y norte de la AMB.

Figura 4. Clasificación de escuelas según la contaminación atmosférica



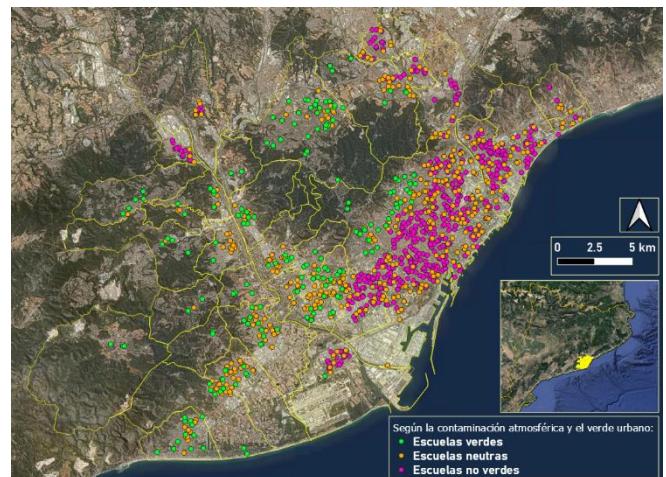
El segundo mapa representa la clasificación de las escuelas en verdes o no verdes según la vegetación, donde se puede apreciar a simple vista la distinción de las zonas boscosas como las montañas de Ordal y el Parque Natural de la Sierra de Collserola, donde aparece alguna escuela por el interior, todas ellas verdes (Figura 5). También se distinguen las zonas urbanizadas que recorren el río Llobregat, los municipios del Vallès Occidental como Sant Cugat, Cerdanyola del Vallès, entre otros, y la ciudad de Barcelona, donde el verde urbano escasea de manera evidente. No obstante, al existir la presencia de parques, jardines y plazas arboladas, son muchas escuelas las que se favorecen de estos elementos urbanos y pasan a clasificarse como escuelas verdes, ya que se encuentran a menos de 50 metros. Todas ellas representan un tercio de los centros educativos del área metropolitana y las no verdes el 66% del total. Como se puede comprobar, las escuelas verdes y no verdes están dispersas por todo el territorio metropolitano.

Figura 5. Clasificación de escuelas según el verde urbano



La presente composición reúne las características de los dos mapas anteriores, donde las escuelas se clasifican según los resultados obtenidos de la correlación entre la contaminación atmosférica y la presencia de verde urbano (Figura 6). Se observa que las escuelas no verdes se localizan de manera mayoritaria en la zona de Barcelona y el Maresme, además de zonas del norte del Baix Llobregat y el Vallès Occidental, debido principalmente por altas concentraciones de polución atmosférica. Sin embargo, también se encuentran escuelas neutras, las cuales también se localizan por todo el territorio metropolitano. Las escuelas verdes, no obstante, son características en zonas del norte del municipio de Barcelona y por la zona oeste y céntrica del AMB, ya que se consideran zonas no contaminadas y con suficiente verde urbano como para categorizarlas como tal.

Figura 6. Clasificación de escuelas según la contaminación atmosférica y el verde urbano



Para ver de manera mucho más notable cuál es la situación para cada municipio dentro del AMB se presenta la siguiente tabla (Tabla 2) donde se reúne el porcentaje de escuelas no verdes, neutras y verdes por municipio en relación al total de centros de cada categoría. Se puede apreciar como Barcelona se posiciona en lo más alto de la tabla con casi el 60% de los centros no verdes totales y Sant Cugat del Vallès es el municipio con mayor proporción en escuelas verdes.

Tabla 2. Clasificación de las escuelas por categoría

Municipio	Escuelas no verdes	Escuelas neutras	Escuelas verdes
Barcelona	56,4%	37,7%	17,6%
L'Hospitalet de Llobregat	10,1%	5,5%	1,5%
Badalona	10,0%	5,1%	0,0%
Santa Coloma de Gramenet	6,4%	2,8%	0,0%
El Prat de Llobregat	3,7%	2,2%	0,5%
Barberà del Vallès	2,7%	1,2%	0,0%
Sant Andreu de la Barca	2,5%	0,6%	0,0%
Montcada i Reixac	2,1%	1,0%	0,0%
Ripollet	1,8%	1,0%	0,0%
Sant Adrià de Besòs	1,2%	1,0%	0,0%
Castellbisbal	0,9%	1,0%	0,0%
Cerdanyola del Vallès	0,7%	3,0%	4,4%
Badia del Vallès	0,7%	0,8%	0,0%
Montgat	0,4%	1,0%	0,0%
Tiana	0,4%	0,8%	0,0%
Sant Feliu de Llobregat	0,0%	3,0%	2,9%
Pallejà	0,0%	0,6%	2,5%
La Palma de	0,0%	0,4%	0,5%

Cervelló			
Molins de Rei	0,0%	1,4%	4,4%
Esplugues de Llobregat	0,0%	2,6%	5,4%
Gavà	0,0%	2,6%	3,4%
Cervelló	0,0%	0,25%	2,0%
Corbera de Llobregat	0,0%	0,6%	2,9%
Cornellà de Llobregat	0,0%	4,9%	5,4%
El Papiol	0,0%	0,0%	1,5%
Begues	0,0%	0,0%	1,5%
Castelldefels	0,0%	2,0%	7,8%
Sant Joan Despí	0,0%	2,2%	2,0%
Sant Just Desvern	0,0%	0,4%	2,9%
Sant Vicenç dels Horts	0,0%	2,2%	1,5%
Santa Coloma de Cervelló	0,0%	0,0%	2,0%
Torrelles de Llobregat	0,0%	0,2%	1,5%
Sant Boi de Llobregat	0,0%	4,5%	5,4%
Viladecans	0,0%	4,1%	3,9%
Sant Climent de Llobregat	0,0%	0,0%	1,0%
Sant Cugat del Vallès	0,0%	3,0%	15,7%
Porcentaje total	100,0%	100,0%	100,0%

Por otro lado, si nos enfocamos en los porcentajes de cada categoría de escuela respecto al mismo municipio, podemos observar que Sant Andreu de la Barca es el municipio con el porcentaje más alto de escuelas no verdes, un 82,4% (Tabla 3). Cabe destacar que aquellos municipios que superan el 50% de escuelas no verdes tienen como común denominador la mala calidad del aire a la cual se exponen.

Se puede apreciar que la situación de Barcelona en cuanto a la presencia de escuelas no verdes no es tan desfavorable como en otros municipios colindantes, tales como Santa Coloma de Gramenet o Badalona. La gran mayoría de lugares del oeste de la capital catalana presenta un bajo tanto por ciento en este tipo de escuelas, apareciendo el caso opuesto para la parte este.

Tabla 3. Clasificación de escuelas por municipio

Montcada i Reixac	70,6%	29,4%	0,0%
Badalona	69,1%	30,9%	0,0%
Ripollet	66,7%	33,3%	0,0%
l'Hospitalet de Llobregat	65,5%	31,0%	3,4%
el Prat de Llobregat	63,6%	33,3%	3,0%
Barcelona	58,8%	34,5%	6,7%
Sant Adrià de Besòs	58,3%	41,7%	0,0%
Castellbisbal	50,0%	50,0%	0,0%
Badia del Vallès	50,0%	50,0%	0,0%
Tiana	33,3%	66,7%	0,0%
Montgat	28,6%	71,4%	0,0%
Cerdanyola del Vallès	14,3%	53,6%	32,1%
Sant Feliu de Llobregat	0,0%	71,4%	28,6%
Pallejà	0,0%	37,5%	62,5%
la Palma de Cervelló	0,0%	66,7%	33,3%
Molins de Rei	0,0%	43,8%	56,3%
Esplugues de Llobregat	0,0%	54,2%	45,8%
Gavà	0,0%	65,0%	35,0%
Cervelló	0,0%	20,0%	80,0%
Corbera de Llobregat	0,0%	33,3%	66,7%
Cornellà de Llobregat	0,0%	68,6%	31,4%
el Papiol	0,0%	0,0%	100,0%
Begues	0,0%	0,0%	100,0%
Castelldefels	0,0%	38,5%	61,5%
Sant Joan Despí	0,0%	73,3%	26,7%
Sant Just Desvern	0,0%	25,0%	75,0%
Sant Vicenç dels Horts	0,0%	78,6%	21,4%
Santa Coloma de Cervelló	0,0%	0,0%	100,0%
Torrelles de Llobregat	0,0%	25,0%	75,0%
Sant Boi de Llobregat	0,0%	66,7%	33,3%
Viladecans	0,0%	71,4%	28,6%
Sant Climent de Llobregat	0,0%	0,0%	100,0%
Sant Cugat del Vallès	0,0%	31,9%	68,1%
Porcentaje por categoría	44,6%	39,2%	16,2%

Municipio	Escuelas no verdes	Escuelas neutras	Escuelas verdes
Sant Andreu de la Barca	82,4%	17,6%	0,0%
Santa Coloma de Gramenet	72,0%	28,0%	0,0%
Barberà del Vallès	71,4%	28,6%	0,0%

6 DISCUSIÓN

Los mapas resultantes de las escuelas según la contaminación del aire y el verde urbano describen la realidad a la perfección. La mayoría de la contaminación se concentra en estas zonas debido, sobre todo, a la densidad de población y a la actividad de polígonos industriales, y el verde se basa en la presencia de zonas boscosas como las montañas de Ordal, el Parque Natural de la Sierra de Collserola y el Parque de Montnegre y el Corredor. En el caso del término municipal de Barcelona, la zona donde se localizan escuelas verdes según la contaminación se da en la parte más al norte, sin embargo, es en toda la parte céntrica y sur donde las escuelas no verdes reinan el panorama. La mayoría de estos distritos supera los 20.000 hab/km², donde se favorece a los altos valores de población, además de que el centro alberga gran parte de la actividad empresarial, comercial, estudiantil y de turismo de la ciudad. A esto se suma la falta de verde urbano en el entramado viario, debido a la inexistencia de espacios destinados a la vegetación. Es por ello que el municipio de Barcelona presenta sobre todo escuelas neutras y no verdes en su superficie.

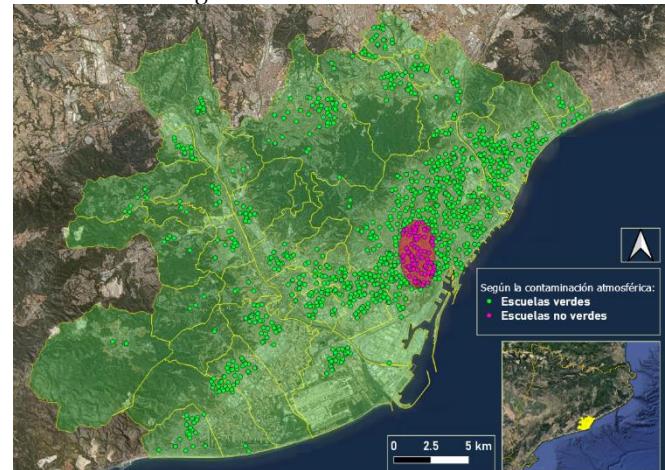
Son varios los municipios que presentan gran actividad industrial, como es el caso de la zona de Sant Andreu de la Barca, Castellbisbal, Barberà del Vallès, Ripollet y Montcada i Reixac. En estos lugares la contaminación atmosférica no está relacionada con la amplia densidad de población, sino por la presencia de grandes polígonos industriales en sus alrededores. Así, la mala calidad del aire y la falta de espacios verdes provocan una carencia de escuelas verdes.

Al mismo tiempo, los centros educativos del resto de municipios del AMB compuestos mayormente en las comarcas del Baix Llobregat y Vallès Occidental se ubican en zonas más montañosas, siendo además un punto favorable para la buena calidad del aire. Es por ello que en estas zonas se localiza un número más elevado de escuelas verdes, representando el 16,2 de las escuelas totales.

Para obtener los resultados finales se hizo una exploración de los datos. En un primer momento se fue más restrictivo en cuanto a los parámetros a emplear, haciendo que la composición de los mapas cambiase por completo a los que se han presentado. Si el nivel de contaminación se hubiese limitado a los 40 µg/m³ como en un principio, tal como propone la OMS (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), la siguiente figura 7 muestra el aspecto que tomarían los resultados. Como se puede apreciar, la contaminación solamente se concentra en la parte céntrica del municipio de Barcelona, siendo la única zona donde se sobrepasan los límites permitidos, este es el caso de los distritos de L'Eixample y Gràcia. No obstante, la mayor parte de las zonas de alrededor como los distritos colindantes no llegan a los 40 µg/m³, considerándose espacios limpios, pero la realidad es otra, ya que rondan estos niveles de manera muy cercana. Como se ha explicado en la metodología, se ha reducido este umbral hasta los 32 µg/m³. Sin la implantación de esta pequeña restricción la mayoría del territorio

metropolitano se consideraría como una zona no contaminada, dando a entender que el 92,6% de los centros educativos del AMB están libres de aire contaminado, unos resultados que no describen exactamente la realidad. De este modo, se tratan con unos datos más permisivos, pero a la vez se plasman mapas más concordes con la situación de la actualidad. Por otro lado, el valor límite del índice de vegetación no se ha cambiado, pues se considera igual que en los resultados establecidos.

Figura 7. Exploración de los datos en la clasificación de escuelas según la contaminación atmosférica



7 CONCLUSIÓN

El presente estudio se ha enfocado en la relación entre verde urbano y contaminación atmosférica y sus repercusiones en el Área Metropolitana de Barcelona, permitiendo vislumbrar desequilibrios territoriales en materia ambiental que afectan a los equipamientos educativos. Los principales resultados que se han obtenido tras el análisis son que, de todo el territorio del AMB, la ciudad de Barcelona es el lugar que más carece de zonas verdes, al igual que la sobreexposición que se da en la contaminación de su aire, donde también se presenta con valores preocupantes en las zonas industriales situadas al norte del área de estudio. Así, la consecuencia más relevante es que Barcelona tiene un 6,7% de escuelas verdes, siendo uno de los valores más bajos en todo el AMB.

Por tanto, respondiendo a las preguntas de investigación podemos afirmar que una mayor presencia de verde urbano ayuda a mitigar la contaminación atmosférica y que el resultado de la relación entre las dos variables estudiadas puede comportar la configuración de una clasificación de equipamientos educativos. De esta manera nuestra hipótesis de investigación es correcta, puesto que existe una relación indirecta entre presencia de verde urbano y contaminación atmosférica que permite clasificar equipamientos educativos en relación a los resultados obtenidos.

Sería interesante involucrar en esta causa a los ayuntamientos de estas zonas más afectadas y que tomen medidas para ganar en calidad de vida urbana, con la mejora del aire metropolitano y la situación de dichos espacios.

La mayor parte del verde urbano del área metropolitana se debe a los parques naturales y montañas que la delimitan y no principalmente por el que se presenta en los propios municipios. Por esta cuestión, se debería actuar de manera directa en la creación de estos nuevos espacios e invertir en arbolado viario y plazas verdes. Asimismo, en Barcelona como en todos los municipios de alrededor, es necesario preservar y mantener aquellos espacios verdes ya existentes y crear nuevas iniciativas para la creación de nuevos, como en el caso de nuevos corredores verdes en la ciudad y programas como "les superilles". Además, con motivo de la pandemia y el confinamiento sufrido en el año 2020 y gran parte de 2021, ha surgido un movimiento tanto a nivel nacional como internacional, al que el AMB no es ajeno, favorable al impulso de la movilidad peatonal en detrimento de los vehículos a motor. Así pues, las estrategias de lucha contra el cambio climático y la reducción de la polución atmosférica provocan un cambio en la movilidad hacia modos no contaminantes, como la movilidad peatonal, convirtiéndose en uno de los pilares fundamentales en las políticas de movilidad municipales. Por lo tanto, parte del viario podría ser susceptible de peatonalizar o sufrir restricciones de tráfico, tanto de tipo de vehículos como en horarios, a favor de modos de transporte más sostenibles. De esta forma se espera establecer una estrategia global sobre movilidad urbana que conduzca a un uso más racional de los vehículos privados y se consiga un modelo de peatonalización de las ciudades, y en concreto actuar en zonas escolares. Ya son varias las ciudades que han implementado iniciativas de estas características y Barcelona es una de ellas, llevando a cabo el programa "Protegim les escoles". Sería muy recomendable que todas las urbes incorporaran iniciativas como esta en sus calles, pero sobre todo se debería actuar en la comarca de Barcelona, que contiene el 84% de escuelas no verdes del área metropolitana, además de zonas colindantes como L'Hospitalet de Llobregat, Sant Andreu de la Barca o Montcada i Reixac, ayudando a mejorar la contaminación a nivel global y aspirando a tener espacios más saludables.

Es por ello, que nuestro estudio es una herramienta importante para la configuración de políticas públicas en relación a mejorar la calidad del aire en los espacios escolares en ámbitos urbanos para garantizar a los estudiantes una estancia educativa de alta calidad. La información sobre la exposición de las escuelas a las características ambientales puede servir de impulso a los ayuntamientos municipales para crear políticas públicas y los resultados pueden permitir intervenciones específicas que protejan a los estudiantes del AMB de los peligros ambientales y promueva la salud haciendo que los entornos escolares sean más saludables. Además, este estudio proporciona nuevos conocimientos sobre un aspecto particular del entorno escolar como son los espacios verdes, lo cual puede ser relevante para la planificación urbana actual y los responsables de la formulación de políticas.

Para finalizar, cabe destacar que desde un primer momento también se quería llevar a cabo un proceso de

transformación focalizado en una localidad, concretamente la de Sant Andreu de la Barca, pero por falta de tiempo no ha sido posible realizarlo. Asimismo, puede ser una continuación para el trabajo final de máster la aplicación de medidas para invertir la situación en cuanto a su clasificación de escuelas.

AGRADECIMIENTOS

Querría agradecer el esfuerzo y compromiso que han realizado mis dos tutores por sacar adelante este trabajo final de grado, sin ellos nada hubiera podido ser posible. Rafael y Marc me han motivado de principio a fin a seguir avanzando y no tirar la toalla, gesto que les agradezco, al igual que por la confianza depositada en mí y por la tranquilidad transmitida.

BIBLIOGRAFIA

- Ajuntament de Barcelona. (2022). Protegim les escoles. En: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologaurbana/ca/que-fem-i-per-que/urbanisme-per-als-barris/protegim-escoles>
- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. Revista forestal latinoamericana, 37, 1-16.
- 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.
- Área Metropolitana de Barcelona. (2022). El territorio metropolitano. En: <https://www.amb.cat/s/es/web/area-metropolitana/coneixer-la-area-metropolitana/localitzacio-i-usos-del-sol.html>
- Área Metropolitana de Barcelona. (2022). Parques, playas y espacios fluviales. Espacios verdes. En: <https://www.amb.cat/s/es/web/territori/infraestructures-metropolitanes/sobre-les-infraestructures/infraestructura-verda.html>
- Consuelo, E. L., José, L. R. A., Javier, L. L., & Luz, A. S. M. (2015). Medio ambiente y espacios verdes. Editorial UNED.
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forns, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., ... & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(26), 7937-7942.
- De Frutos, P., & Esteban, S. (2009). Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente. Urban Public Economics Review, (10), 13-51.
- Díaz Cordero, G. (2012). El cambio climático. Ciencia y sociedad.
- Efectos en salud y ecosistemas. (2022). Óxidos de Nitrógeno. En: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-air/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>
- Equipamientos y servicios municipales. (2020). La red de parques del Área Metropolitana de Barcelona crecerá en 2020. Equipamientos y servicios municipales. En: <https://www.eysmunicipales.es/actualidad/la-red-de-parques-del-area-metropolitana-de-barcelona-crecerá-en-2020>

- Ferrusca, F. J. R., & Cordero, E. E. Z. (2011). Políticas públicas, proceso de metropolización y desarrollo sustentable. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 13(2), 134-171.
- Flores, G. J. A. (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. Ciencia uanl, 8(1), 20-32.
- Garaú, G. A. (2020). Urbanismo crítico, cartografía y evolución del verde urbano en los planes de ensanche históricos de la ciudad de Palma (Mallorca). ACE: architecture, city and environment, (45), 9039.
- Hancco Vilavila, A. M. (2017). Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca.
- Huashualdo Huanacuni, F. J. (2021). Gestión de áreas verdes y su influencia en la calidad del medio ambiente urbano: espacios verdes del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa-Tacna, período 2016-2018.
- i Tortajada, J. F., García, J. O., Andreu, J. L., i Castell, J. G., Vera, J. A., Conesa, A. C., & i Garcia, V. F. (2003). Autobuses escolares y motores diesel: contaminación atmosférica, exposición pediátrica y efectos adversos en la salud humana. Rev Esp Pediatr, 59(2), 132-145.
- Jeanjean, A. P., Monks, P. S., & Leigh, R. J. (2016). Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM_{2.5} reduction via dispersion and deposition at a city scale. Atmospheric Environment, 147, 1-10.
- Klingberg, J., Broberg, M., Strandberg, B., Thorsson, P., & Pleijel, H. (2017). Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure-a case study in Gothenburg, Sweden. Science of the Total Environment, 599, 1728-1739.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021). Gobierno de España. Evaluación de la calidad del aire en España.
- Pava Meza, P. A. (2020). Vegetación urbana como estrategia para reducir la contaminación del aire en áreas urbanas.
- Pérez-Medina, S., & López-Falfán, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. Economía, sociedad y territorio, 15(47), 01-33.
- R. Alonso del Amo, J. L. Santiago, R. Ruiz Checa, I. González Fernández, y V. Bermejo Bermejo (n.d.). ¿Puede la Vegetación Urbana Ayudar a Mejorar la Calidad del Aire en las Ciudades? en el libro electrónico Contaminación, Salud y Políticas Públicas coordinado por J. J. Nogueira, Respira Madrid. En: [https://www.respiramadrid.org/post/vegetacion-urbana#:~:text=La%20vegetaci%C3%B3n%20urbana%20y%20peri%2Durbana%20est%C3%A1%20siendo%20reconocida%20como,al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20\(5\).](https://www.respiramadrid.org/post/vegetacion-urbana#:~:text=La%20vegetaci%C3%B3n%20urbana%20y%20peri%2Durbana%20est%C3%A1%20siendo%20reconocida%20como,al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20(5).)
- Redondo Paredes, R. P. (2014). Beneficios socio ambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la Ciudad de Bucaramanga.
- Rodríguez Licea, M., & Figueroa Viruega, A. (2017). El impacto ambiental producido por la pérdida de áreas verdes en la Ciudad de México, una problemática creciente del siglo XXI. HistoriAgenda, 3(36), 98-106.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Revista cubana de higiene y epidemiología, 44(2), 0-0.
- Xing, Y., & Brimblecombe, P. (2019). Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in urban parks. Atmospheric Environment, 201, 73-83.
- Yin, S., Shen, Z., Zhou, P., Zou, X., Che, S., & Wang, W. (2011). Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. Environmental pollution, 159(8-9), 2155-2163.