
This is the **published version** of the text:

Martínez Noble, Mayra Vivianne; Villalba Mendez, Gara, dir. Visualización de los impactos de la agricultura periurbana del AMB : uso de recursos, impactos ambientales y vulnerabilidades sociales. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 2023. (Geoinformació)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/283022>

under the terms of the  license

Visualización de los impactos de la agricultura periurbana del AMB: uso de recursos, impactos ambientales y vulnerabilidades sociales

Mayra Vivianne Martínez Noble

Resumen - El objetivo de este proyecto es desarrollar un soporte visual que permita ilustrar de manera gráfica los datos de las diversas investigaciones realizadas por el Sistema Integrado de Análisis de Vegetación Urbana y Agricultura (URBAG por sus siglas en inglés). El trabajo se enfoca en aspectos espaciales y temporales con el objetivo de mejorar su visualización. Con el propósito de analizar visualmente las combinaciones más eficientes de agricultura urbana/periurbana y espacios verdes en relación con su impacto ambiental en el Área Metropolitana de Barcelona, se ha desarrollado un visor de mapas que ofrece al público la posibilidad de explorar, consultar y analizar la información a través de mapas interactivos. Este visor permite a los usuarios examinar detalladamente las opciones y configuraciones de agricultura urbana y periurbana, así como la ubicación y distribución de los espacios verdes en la zona metropolitana.

Palabras claves - agricultura urbana, agricultura periurbana, cambio climático, sostenibilidad, zonas climáticas locales

Abstract - This project aims to develop a visual support that allows to graphically illustrate the data from various researches carried out by the Integrated System Analysis of Urban Vegetation and Agriculture (URBAG). The work focuses on spatial and temporal aspects with the aim of improving its visualization. With the purpose of visually analyzing the most efficient combinations of urban/peri-urban agriculture and green spaces in relation to their environmental impact in the Barcelona Metropolitan Area, a map viewer has been developed that offers the public the possibility to explore, consult and analyze the information through interactive maps. This viewer allows users to examine in detail the options and configurations of urban and peri-urban agriculture, as well as the location and distribution of green spaces in the metropolitan area.

Key words - urban agriculture, peri-urban agriculture, climate change, sustainability, local climate zones, sustainability

1 INTRODUCCIÓN

El estudio de la agricultura urbana es de suma importancia debido a los numerosos beneficios que puede aportar. Sin embargo, surge la pregunta fundamental: ¿Cuándo comenzamos a considerar la agricultura urbana como un método para mitigar los desafíos actuales que enfrentamos en las ciudades? La agricultura urbana ha existido en diversas formas a lo largo de la historia, pero su reconocimiento como un método para hacer frente a los desafíos urbanos contemporáneos ha ido en

aumento en las últimas décadas. A medida que las ciudades enfrentan desafíos como la escasez de alimentos, la degradación ambiental, la inseguridad alimentaria y la falta de acceso a alimentos saludables, la agricultura urbana se ha destacado como una solución potencial (Hermi Zaar, 2011). A su vez, es importante mencionar que la tasa y magnitud de la expansión de las áreas urbanas se ven afectadas por una variedad de factores complejos y difíciles de comprender en su totalidad a nivel mundial. Estos factores incluyen los flujos internacionales de capital,

la economía informal, las políticas de uso de la tierra y los costos generalizados del transporte. (Seto et al., 2011). A esto se suma, la pandemia del COVID-19, la cual provocó una interrupción significativa en la cadena de suministro de alimentos, escasez de productos, incremento de costos, falta de mano de obra, recesión económica y restricciones en la circulación de transporte (Business Daily, 2020).

La pandemia ha despertado la conciencia de las personas en las ciudades sobre la importancia de contar con un sistema alimentario sólido y resiliente, capaz de funcionar en cualquier circunstancia y garantizar a los ciudadanos un acceso suficiente a alimentos a precios asequibles. Además, nos ha hecho conscientes de las interrelaciones entre nuestra salud, los ecosistemas, las cadenas de suministro, las pautas de consumo y los límites del planeta (Comisión Europea, 2020).

El estudio de la agricultura urbana es crucial debido a su relevancia en diversos aspectos. Esta práctica nos brinda una oportunidad única para comprender y promover métodos agrícolas adaptados a los entornos urbanos. Como lo son la oportunidad de explorar nuevas formas de producción de alimentos, aprovechando los espacios disponibles en las ciudades, fomentando la conexión entre las personas y su entorno natural, al tiempo que aborda los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Entre los cuales se encuentran promover acciones para poner fin al hambre, la sostenibilidad urbana, la producción y el consumo responsables, mitigar el cambio climático y conservar los ecosistemas terrestres (ODS, 2015). Al mismo tiempo, el conocimiento generado a través de la investigación en agricultura urbana puede contribuir al diseño de políticas y prácticas urbanas más sostenibles y resilientes,

impulsando un desarrollo urbano equitativo y responsable.

Por otro lado, la agricultura urbana conlleva una serie de beneficios adicionales, entre los cuales se destacan su contribución a la lucha contra el cambio climático al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como al secuestrar carbono. Además, esta práctica ayuda a reducir la huella ecológica de las ciudades y fortalece la resiliencia de las comunidades urbanas frente a los impactos climáticos. Según numerosas estimaciones, el cambio climático probablemente disminuirá la productividad agrícola, afectando la estabilidad de la producción y los ingresos en áreas que ya sufren altos niveles de inseguridad alimentaria. Por tanto, es de vital importancia desarrollar una agricultura climáticamente inteligente para lograr los objetivos futuros de seguridad alimentaria y enfrentar el desafío del cambio climático de manera efectiva (FAO, 2010).

Con el objetivo de promover el desarrollo de ciudades más sostenibles y resilientes, el proyecto de investigación de un Sistema Integrado de Análisis de Vegetación Urbana y Agricultura (URBAG por sus siglas en inglés), se centra en el estudio y análisis del crecimiento de la agricultura urbana y periurbana, así como otras formas de infraestructura verde en entornos urbanos. Un ejemplo de ello se refleja en las contribuciones realizadas por el equipo de URBAG a través de sus estudios al Plan Director Urbanístico Metropolitano (PDUM) de Barcelona, el cual en sesión extraordinaria en la fecha del 21 de marzo de 2023 sustituye al antiguo Plan General Metropolitano (PGM) aprobado en 1976. Los estudios realizados por URBAG en este contexto van enfocados a la mitigación de los efectos de isla de calor en el Área Metropolitana de Barcelona (de ahora en adelante AMB) (Gilabert et al., 2022; Segura et al., 2022), infraestructura verde, uso de

fertilizante e impacto sobre el cambio climático causado por la agricultura (PDUM, 2023) y los efectos de la morfología urbana en la capa límite planetaria (Segura et al., 2021). En este contexto, se expondrán dos de los estudios realizados por URBAG y su equipo de investigación en el campo de la agricultura urbana.

Según la revisión de 2014 de Perspectivas de urbanización mundial del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, se estima que para el año 2050, más del 80 por ciento de Europa estará urbanizado, dado que actualmente el 73 por ciento de su población ya reside en áreas urbanas (DESA, 2015). La rápida urbanización plantea un serio desafío en cuanto al espacio disponible y ante esta situación, se hace imprescindible adoptar herramientas más eficientes para la producción de alimentos. En este sentido, la hidroponía emerge como una alternativa prometedora. Hoy en día, la hidroponía se presenta como una solución innovadora y sostenible ante la creciente disminución de las zonas agrícolas debido a la contaminación, la desertización, el cambio climático y el desproporcionado crecimiento de las ciudades. Además, permite maximizar el uso de recursos como el agua y los nutrientes, reducir el consumo de pesticidas y obtener cosechas de alta calidad en espacios limitados (Beltrano et al., 2015).

En un estudio de 2021, el equipo de URBAG examinó el uso de estruvita como fertilizante obtenido de residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se probaron diferentes cantidades de estruvita (de 1 a 20 g por planta) en un cultivo hidropónico de *Phaseolus vulgaris*, evaluando el rendimiento, el consumo de agua y los niveles de fósforo (P). Los resultados mostraron que los tratamientos con más de 5 g de estruvita por planta tuvieron un mayor rendimiento en comparación con el uso de fertilizante mineral.

Además, la concentración de P en las plantas fue menor con el uso de estruvita en comparación con el fertilizante químico. Es importante equilibrar el suministro de P a la planta y reducir la pérdida de P a través del drenaje considerando la cantidad de estruvita y agua de riego utilizada. Estos hallazgos destacan la capacidad de la agricultura urbana para aprovechar los nutrientes recuperados localmente, como el P, en la producción de alimentos a nivel local (Arcas-Pilz et al., 2021).

Como parte de sus investigaciones, URBAG se ha dedicado a mapear las emisiones directas de N₂O agrícola periurbano en el Área Metropolitana de Barcelona como parte de su investigación. En este estudio se destaca la importancia del mapeo de las emisiones de N₂O como una herramienta crucial para evaluar la variabilidad espacial de factores clave, como el uso de fertilizantes y el riego de los cultivos, en el ciclo de nitrógeno para la producción local de alimentos en áreas urbanas. Estos mapas proporcionan información valiosa para comprender y rastrear los flujos de nitrógeno en el aire, el agua, el suelo y los cultivos. Además, se menciona que una gestión adecuada de la agricultura periurbana puede jugar un papel importante en la reducción de las emisiones de N₂ y en la mitigación del cambio climático. Esto se logra a través de estrategias como la selección adecuada de cultivos, la fertilización y el riego adecuado, teniendo en cuenta las características del suelo. (Mendoza et al., 2022).

A continuación, con el propósito de visualizar las combinaciones más eficientes de agricultura urbana/periurbana y espacios verdes en relación con su impacto ambiental en el Área Metropolitana de Barcelona, se ha desarrollado una herramienta interactiva. Esta herramienta permitirá al público en general explorar la información mediante mapas

interactivos y comprender en detalle los datos proporcionados por el equipo de URBAG. Dentro de estos datos se incluyen diversos temas, tales como la agricultura en el Área Metropolitana de Barcelona, escenarios de uso de suelo, emisiones de óxido de nitrógeno (N_2O), fertilizantes, zonas climáticas locales, pérdida de fósforo en actividades agrícolas, temperaturas, vulnerabilidades, entre otros.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster (TFM) consiste en desarrollar una representación interactiva de mapas en un Sistema de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) que permita a los usuarios seleccionar diferentes capas de datos generadas a través del proyecto URBAG. Estos conjuntos de datos abarcan diversas temáticas, como los usos del suelo en el área metropolitana de Barcelona (urbano, agrícola, parques urbanos, entre otros), la vulnerabilidad de distintas poblaciones frente a diferentes tipos de exposiciones (como olas de calor y otros impactos cuantificados y georeferenciados por el grupo), los flujos de recursos como el agua y los nutrientes, así como los impactos ambientales, incluyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes al aire.

3 ÁREA DE ESTUDIO

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) abarca una extensión de 636 km² y alberga a más de 3,2 millones de habitantes, convirtiéndose así en una de las áreas metropolitanas más grandes de Europa. Se encuentra en la región noreste de España, específicamente en la comunidad autónoma de Cataluña. Geográficamente, está ubicada en la costa mediterránea de la península ibérica, limitando con el mar Mediterráneo. El Área Metropolitana de Barcelona está conformada por 36 municipios.

A su vez, presenta una distribución de usos de suelo en la que aproximadamente el 48% de su territorio está destinado a zonas urbanizadas, mientras que el resto se compone de bosques, áreas naturales y agrícolas (AMB, 2023). La figura 1 muestra la ubicación de la agricultura periurbana en el Área Metropolitana de Barcelona.

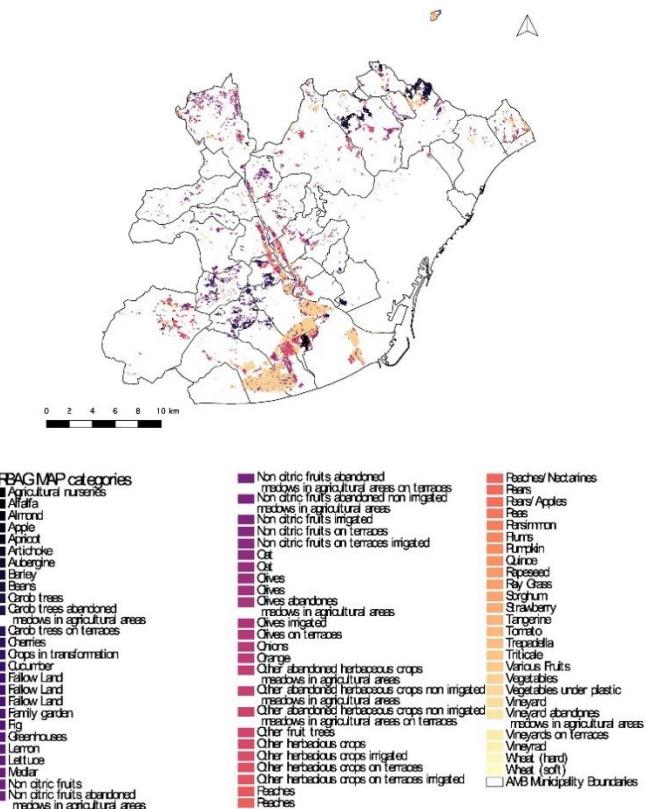


Figura 1. Localización de la agricultura periurbana en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y diferentes usos del suelo según el mapa URBAG. Tomado de: Mendoza Beltran et al. (2022).

4 FUENTES DE DATOS

Para llevar a cabo este trabajo, se utilizaron capas de información en archivos tipo vectorial (en formato shapefile con geometría de polígonos) y ráster (en formato TIF con matrices de celdas georreferenciadas), proporcionadas por el equipo de URBAG. Estos datos fueron revisados y procesados mediante los sistemas de información geográfica ArcGIS Pro versión 3.0.2 y QGIS versión 3.26, respectivamente.

5 METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se enfocó en desarrollar una herramienta que facilitara la visualización de los resultados obtenidos por el proyecto URBAG. Para lograrlo, se utilizó la aplicación Instant App disponible en ArcGIS Online (www.arcgis.com), a través de la cual se creó un visor de mapas. Instant App es una herramienta que permite crear y compartir visualizaciones de mapas interactivos de manera fácil y sencilla.

5.1 Tratamiento de datos

Los datos proporcionados por URBAG fueron revisados y validados utilizando las herramientas de ArcGIS Pro y QGIS. Como parte de este proceso, se verificó la correcta georreferenciación de la información geográfica (ETRS 1989 UTM Zone 31N), se manipularon los datos para facilitar su procesamiento, se exportaron las capas a diferentes formatos y se eliminaron duplicados en las tablas de atributos. Estas medidas aseguran que los datos sean precisos, coherentes y completos, lo que a su vez mejora la confiabilidad de los análisis y las decisiones en el ámbito geoespacial.

5.2 Conversión de datos

Se realizaron las siguientes conversiones y modificaciones de datos debido a las limitaciones del sistema en el que iban a ser visualizadas, el cual solo acepta formatos shapefiles y requiere archivos de menor tamaño.

- Conversión de datos de ráster a vector utilizando las herramientas "QGIS pixel to polygon" en QGIS y "Raster to polygon" en ArcGIS Pro. Las dos capas procesadas tienen una resolución de 333x333 m.

- Eliminación de los valores 0 de la capa que muestra la "Falta de espacios para experiencias culturales y recreativas" en el mapa de Vulnerabilidades mediante la herramienta de selección por atributos en ArcGIS Pro. Fue necesario eliminar los valores 0 de esta capa, ya que impedían su procesamiento en la herramienta del visor de mapas.
- Eliminación de los valores 0 de la capa que muestra la "Falta de espacios para experiencias culturales y recreativas" en el Mapa de vulnerabilidades mediante la herramienta de selección por atributos en ArcGIS Pro. Fue necesario eliminar los valores 0 de esta capa, ya que impedían su procesamiento en la herramienta del visor de mapas.
- Extracción de archivos Shapefiles de los paquetes de mapas "Map package" (.mpk).

5.3 Subida de datos en ArcGIS Online

- Se validó que todas las capas estuvieran en formato shapefile y posteriormente se comprimieron para cargarlas en la página de manera eficiente.

5.4 Simbolización

- Para diseñar el visor de mapas, se empleó la plataforma web ArcGIS Online. Se inició utilizando la herramienta de edición de mapas y se seleccionó como capa base la opción "Terreno con etiquetas".
- Se simbolizaron un total de 38 capas, las cuales se categorizaron de la siguiente manera: 6 capas correspondientes a la categorización de intervalos equivalentes, 10 capas para la categorización de valores únicos, 5 capas utilizando el método gradiente, 15 capas para la categorización

- de intervalo manual, y finalmente, se incluyeron 2 capas adicionales que representan exclusivamente los límites del Área Metropolitana de Barcelona y sus municipios.
- Se realizaron modificaciones en los nombres de las capas, los campos en las tablas de atributos y las leyendas.
- Los colores de los polígonos fueron modificados por medio de código hexadecimal para su fácil visualización.

5.5 Configuración de la herramienta

Como parte de la configuración y diseño de la herramienta, se empleó la aplicación Instant App de ArcGIS Online, la cual permite configurar de manera ágil una aplicación personalizada que presenta mapas y datos de forma atractiva y fácil de usar. Gracias a esta funcionalidad, fue posible desarrollar el visor de mapas para este proyecto. En el visor se incluyeron las leyendas correspondientes a cada capa, se implementaron ventanas emergentes (lector de capas) con contenido relevante y comprensible para el público, y se utilizaron filtros para facilitar la navegación y la búsqueda de información.

6 RESULTADOS

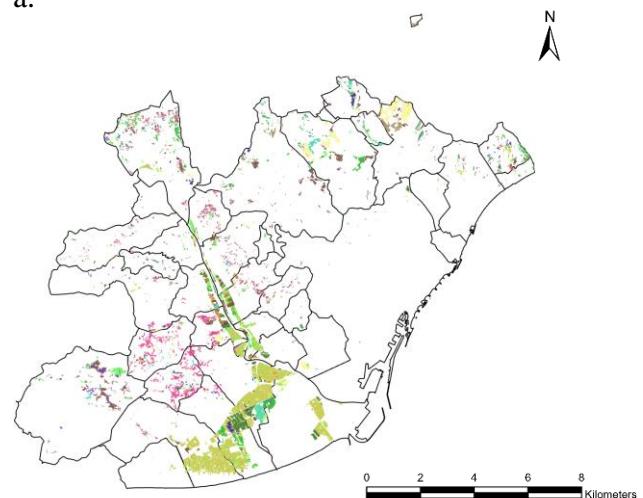
Como parte de los resultados, este proyecto cuenta con un total de 38 capas distribuidas en 9 mapas.

6.1 Mapa de agricultura

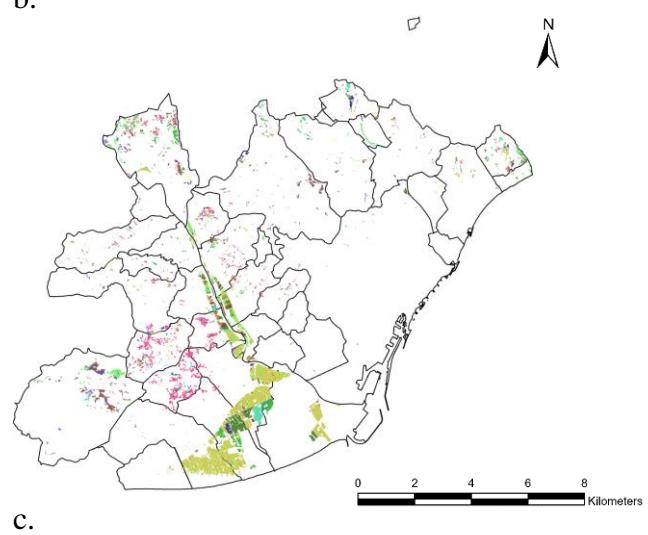
Este mapa presenta cinco escenarios relacionados con la agricultura urbana en el Área Metropolitana de Barcelona, los cuales serán ilustrados en la Figura 2.

Los datos consisten en cinco capas que contienen representaciones vectoriales con geometría de polígonos.

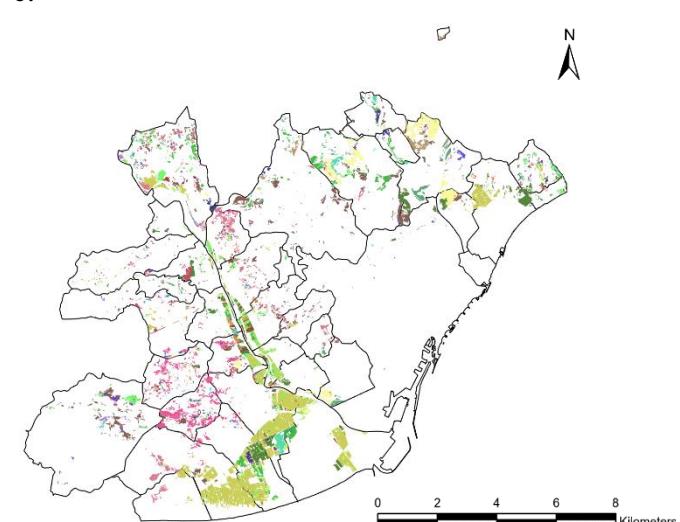
a.

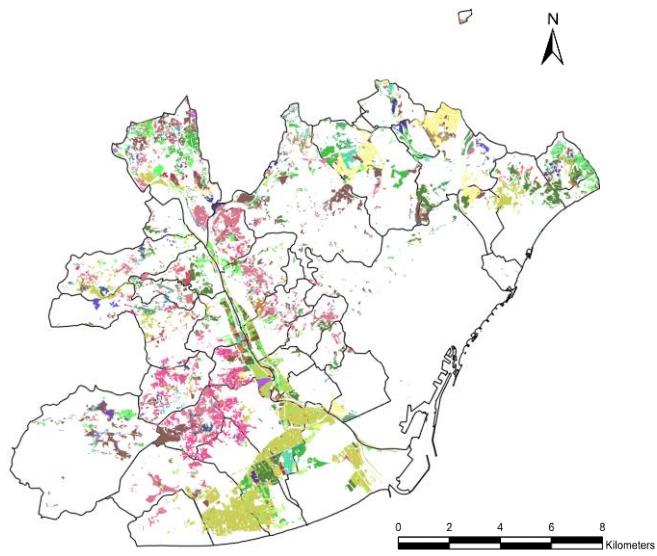


b.

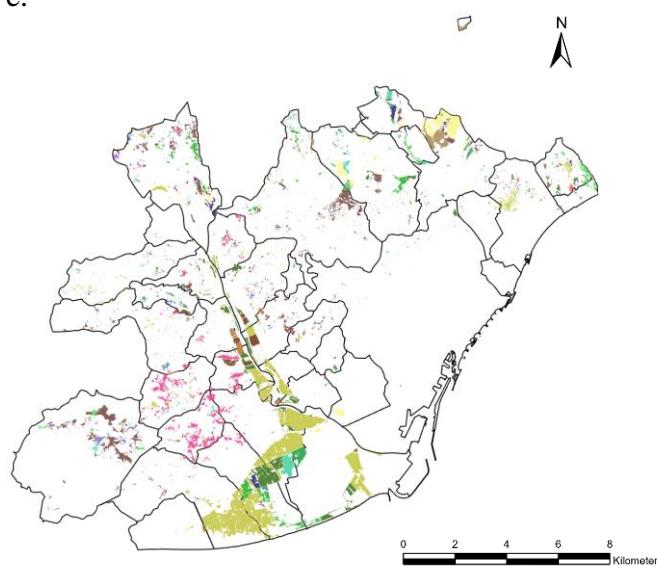


c.





e.



f.

Agricultura en el Àrea Metropolitana de Barcelona	
■	Albercoquers
■	Alfals
■	Altres fruiters
■	Ametllers
■	Altres conreus herbacis
■	Altres conreus herbacis abandonats regadiu no regat - prats en zones agrícoles
■	Altres conreus herbacis en bancals
■	Altres conreus herbacis en bancals en regadiu
■	Altres conreus herbacis en regadiu
■	Blat dur
■	Blat tou
■	Caqui
■	Carabassa
■	Caxofa
■	Cirerers
■	Civada
■	Codony
■	Cogombre
■	Colza
■	Conreus d'horta sota plàstic
■	Conreus en transformació
■	Figuera
■	Fruiters varis
■	Fruiters no cítrics
■	Fruiters no cítrics en bancals
■	Fruiters no cítrics en bancals en regadiu
■	Fruiters no cítrics en regadiu
■	Guaret no sie / sup. lluire se*
■	Guaret sie / sup. lluire sembra
■	Garrofers
■	Garrofers en bancals
■	Horta
■	Hivernacles
■	Horta familiar
■	Mandariner
■	Nectarins
■	Nespres
■	Oliveres
■	Ordi
■	Oliverars
■	Oliverars en bancals
■	Oliverars en regadiu
■	Perves
■	Pesols
■	Pomeres
■	Presseguers
■	Pruneres
■	Ray-grass
■	Rompudes agrícoles
■	Taronger
■	Tomaquet
■	Tripadella
■	Triticale
■	Veca i civada
■	Vivies
■	Vinyes
■	Vinyes en bancals
■	Vivers agrícoles
■	Municipalities_AMB

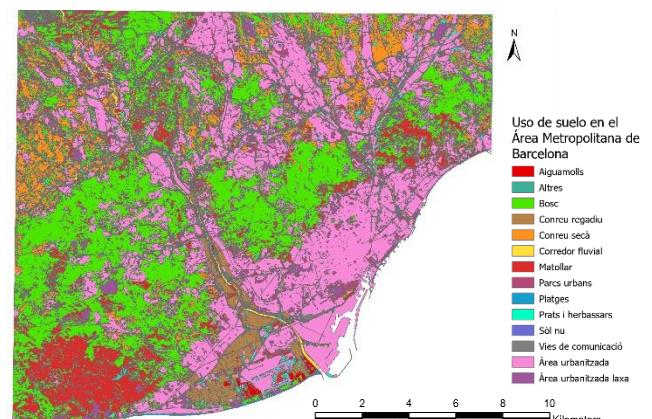
escenario intermedio donde se mantiene en gran medida la zona de agricultura, (d) S3 es un escenario ideal con un aumento significativo de la agricultura, y (e) S4 es el escenario más reciente que refleja una versión cercana a la realidad (similar a S2). Estos cuatro escenarios (S1, S2, S3 y S4) son propuestos por el Plan Director Urbanístico Metropolitano de Barcelona. La ilustración (f) representa la leyenda de las capas (a,b,c,d y e). La figura 2 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

6.2 Mapa de escenarios de uso de suelo

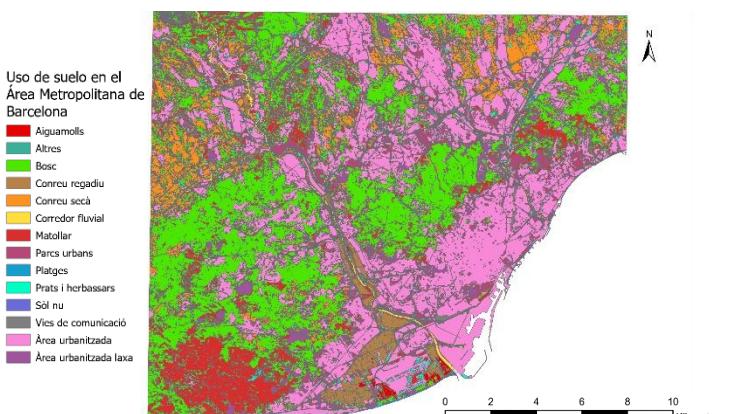
Los escenarios representados en este mapa han sido creados con el propósito de realizar estudios de diversas índoles, como analizar los requisitos adicionales de irrigación que podrían surgir debido a un aumento en la agricultura, estimar el incremento de fertilizantes necesarios, evaluar posibles modificaciones en las emisiones de estos fertilizantes, entre otros aspectos. Estos mapas proporcionan una sólida base para llevar a cabo una amplia variedad de investigaciones. Este mapa presenta 4 escenarios que muestran los diferentes tipos de uso de suelo en el AMB. Estos escenarios serán representados en la figura 3.

Los datos consisten en cuatro capas que contienen representaciones vectoriales con geometría de polígonos.

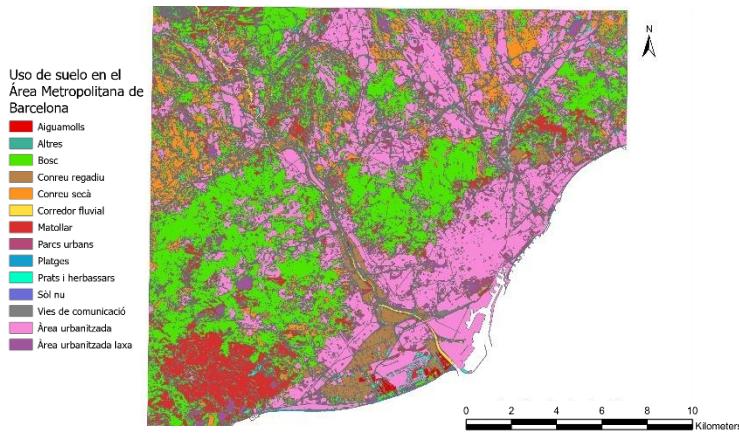
a.



b.



c.



d.

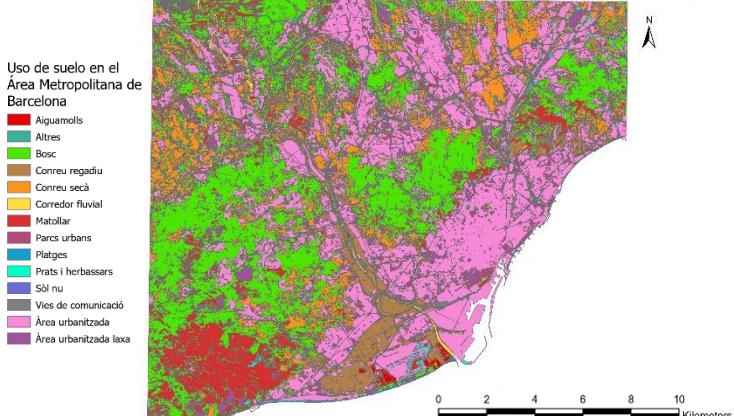
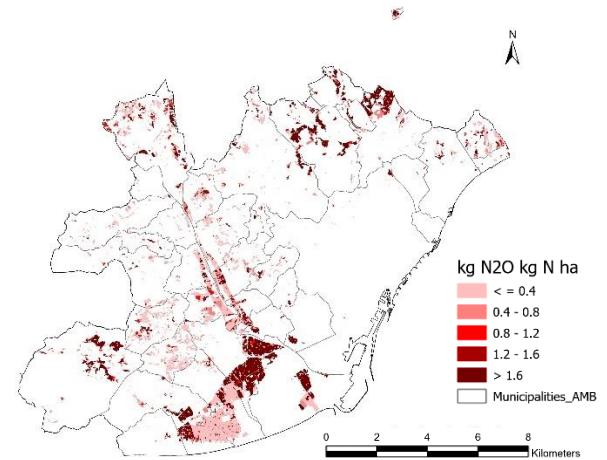


Figura 3. Los escenarios de uso de suelo se establecen de la siguiente manera: (a) escenario 0 refleja el estado actual, mientras que los escenarios (b) 1, (c) 2 y (d) 3 muestran posibles futuros generados por el Plan Director Urbanístico Metropolitano de Barcelona. La figura 3 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

6.3 Mapa de emisiones N₂O

Este mapa presenta dos capas que ofrecen estimaciones precisas de las emisiones de Óxido de nitrógeno (N₂O), al considerar factores específicos como los tipos de cultivos, los aportes de fertilizantes y las condiciones climáticas en el Área Metropolitana de Barcelona. Ambas capas serán representadas en la figura 4.

a.



b.

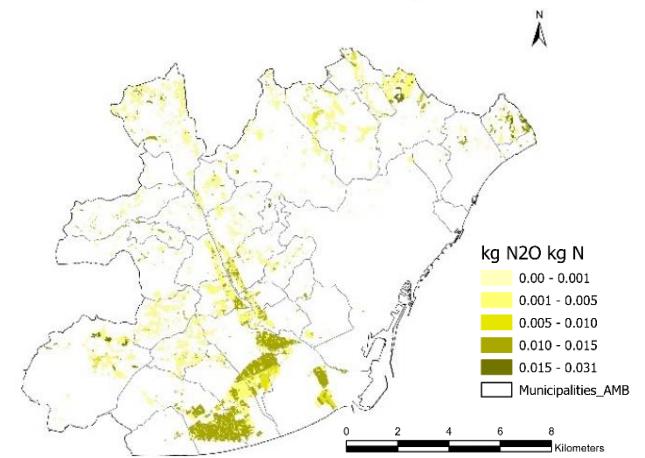
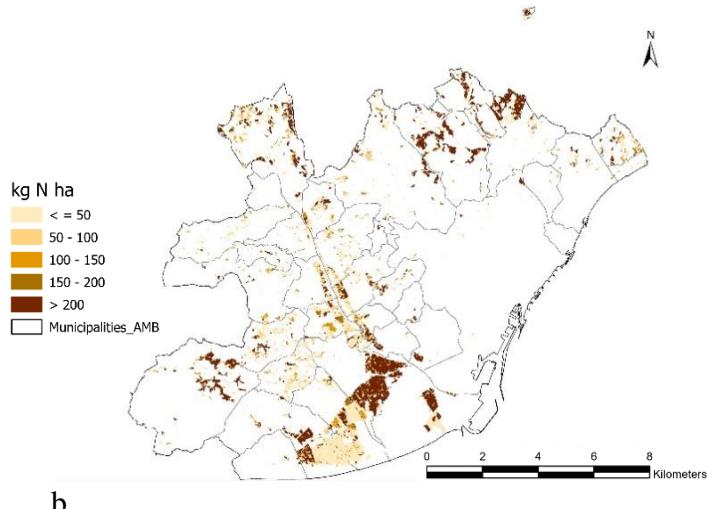


Figura 4. Las capas del Mapa de emisiones N₂O se establecen de la siguiente manera: (a) emisiones de N₂O y (b) factores de emisión N₂O. Las capas del mapa fueron generadas utilizando los polígonos de agricultura del AMB correspondientes al período de 2015, a pesar de que los datos de las emisiones de N₂O son del año 2016. La figura 4 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

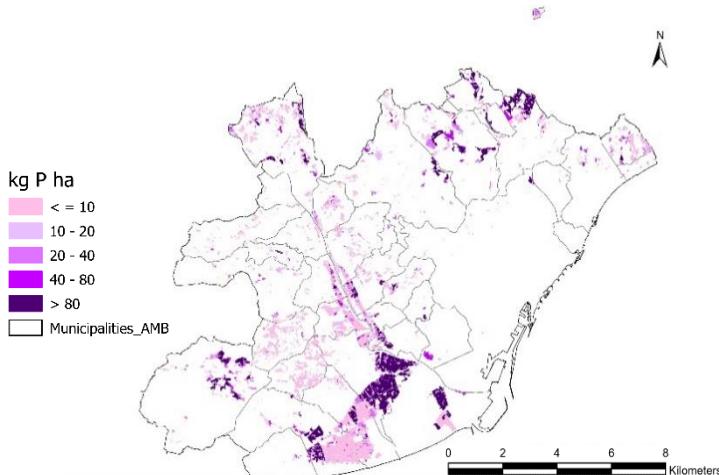
6.4 Mapa de fertilizantes N, P y K

Las capas del Mapa de fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) fueron desarrolladas utilizando la misma metodología que las capas del Mapa de emisiones N₂O. Actualmente, se está trabajando en mejorar la utilidad de las capas de fósforo (P) y potasio (K). Las tres capas serán representadas en la figura 5.

a.



b.



c.

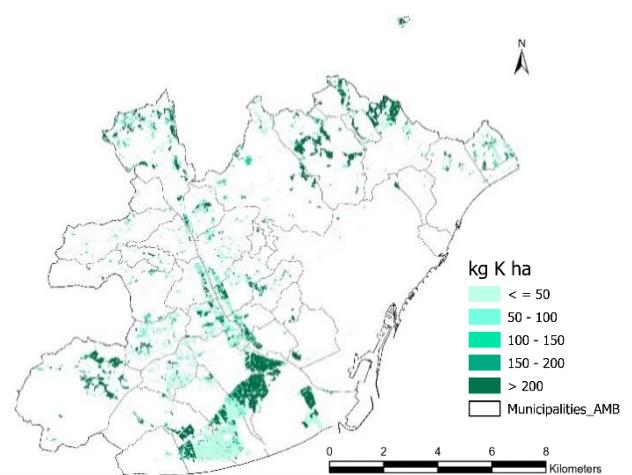
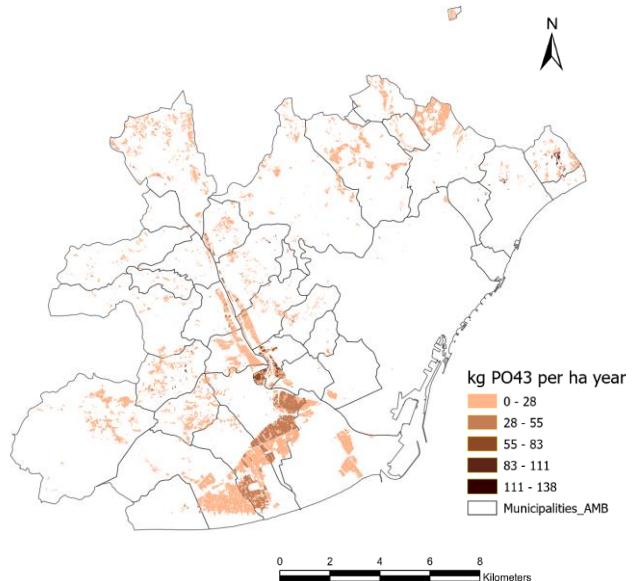


Figura 5. El Mapa de fertilizantes N, P y K se establece de la siguiente manera: (a) aporte de fertilizante mineral nitrógeno, (b) aporte de fertilizante mineral fósforo y (c) aporte de fertilizante mineral potasio. Las capas se crearon utilizando los polígonos de agricultura del AMB correspondientes al período de 2015, pero los datos de los fertilizantes son del año 2016. La figura 5 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

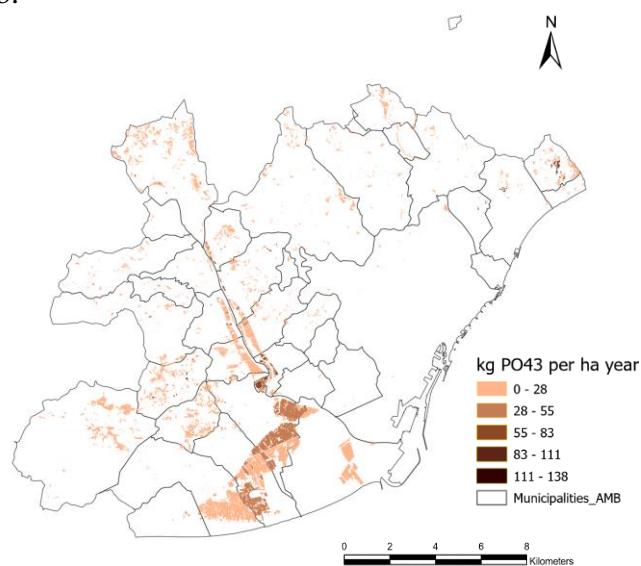
6.5 Mapa de pérdida de fósforo de las actividades agrícolas

Este mapa ilustra la pérdida de fósforo (PO₄3) relacionada con el uso de fertilizantes en el AMB. Se observa una relación lineal entre esta pérdida y el nivel de agricultura urbana. Los datos se dividen en cuatro escenarios, los cuales se representarán en la figura 6.

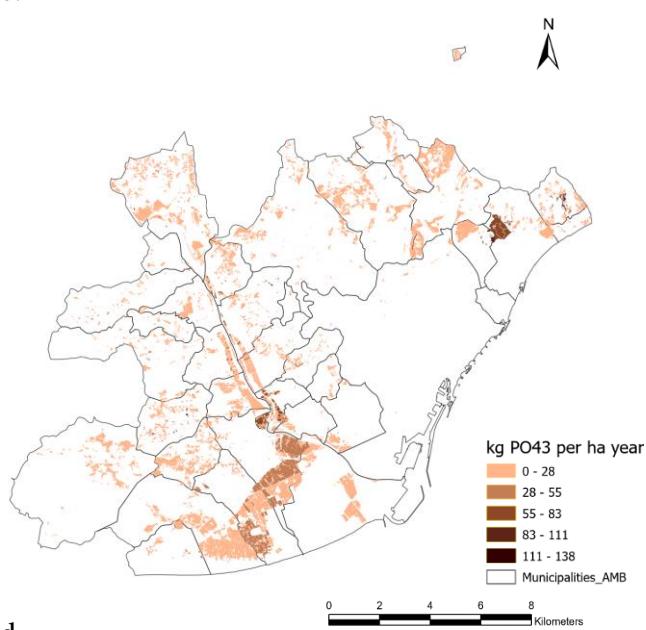
a.



b.



c.



d.

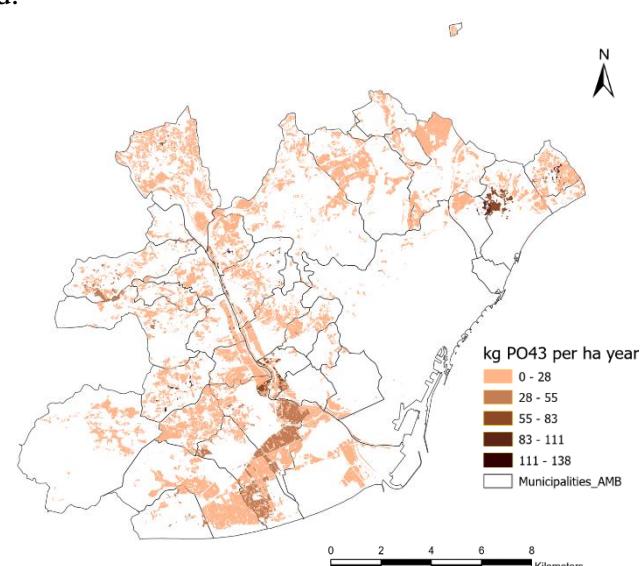


Figura 6. El Mapa de pérdida de fósforo de las actividades agrícolas se establece de la siguiente manera: (a) en el escenario S0 correspondiente al año 2015, se refleja que la agricultura urbana cubre un 8% del suelo y se producen 21,3 toneladas de vertido de fósforo. Por otro lado, en el escenario (b) S1, con un 6% de cobertura del suelo, se generan 19 toneladas de vertido de fósforo, lo cual representa una reducción de 2 toneladas en comparación con el escenario (a) S0. Además, se observa que en los escenarios (c) S2 y (d) S3, donde la cobertura del suelo aumenta al 12% y 20% respectivamente, se producen 27,9 toneladas (S2) y 38,2 toneladas (S3) de vertido de fósforo. Estas cifras indican un aumento significativo en las descargas de fósforo a medida que se incrementa la cobertura terrestre para la agricultura urbana. Si bien las descargas de fósforo también están relacionadas con el tipo de cultivo utilizado en la agricultura urbana, en general, las proporciones de los cultivos actuales se mantienen constantes en los diferentes escenarios. La figura 6 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

6.6 Mapa de espacio urbano del AMB

Este mapa muestra la capa que representa las zonas climáticas locales y la fracción urbana calculada a partir del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) del año 2015 en el Área Metropolitana de Barcelona.

La figura 7 mostrará las zonas climáticas locales, las cuales son una herramienta fundamental para clasificar y comprender los diversos tipos de climas presentes en una determinada región geográfica. Estas zonas se establecen en base a una combinación de factores climáticos como la temperatura, la precipitación, la humedad, la altitud y la vegetación, entre otros (Stewart et al., 2012).

La capa de fracción urbana, representada en la figura 8, se utiliza para visualizar y evaluar el grado de vegetación en áreas urbanas, lo que puede ser útil para el monitoreo del medio ambiente urbano y la planificación del desarrollo sostenible.

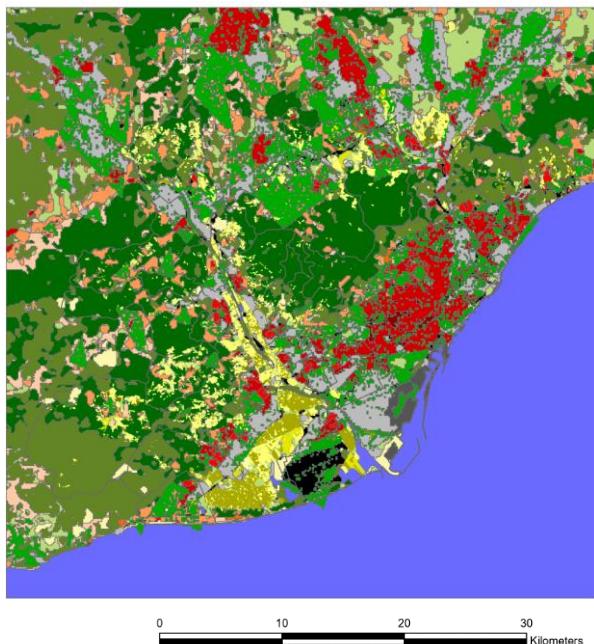


Figura 7. La presente capa muestra las zonas climáticas locales en el AMB de acuerdo con la metodología desarrollada por I. D. Stewart y T. R. Oke. La figura 7 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

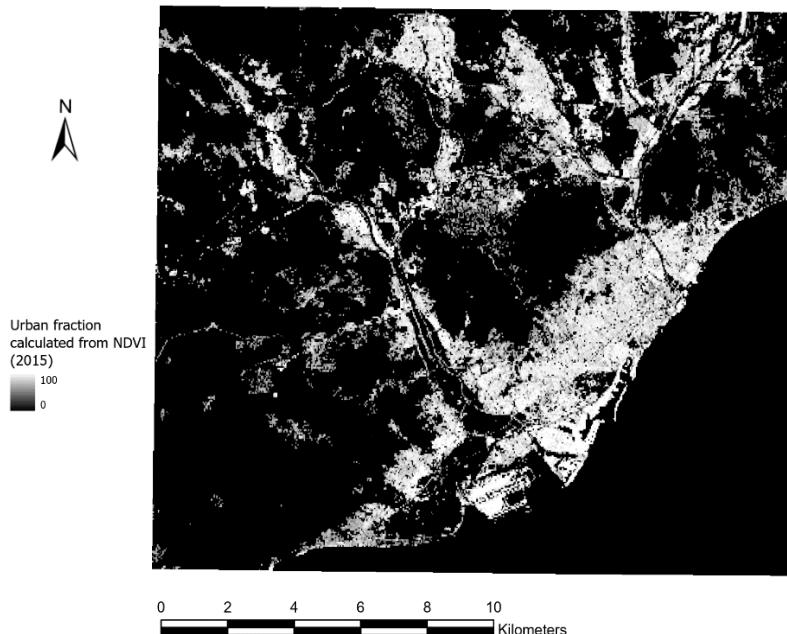


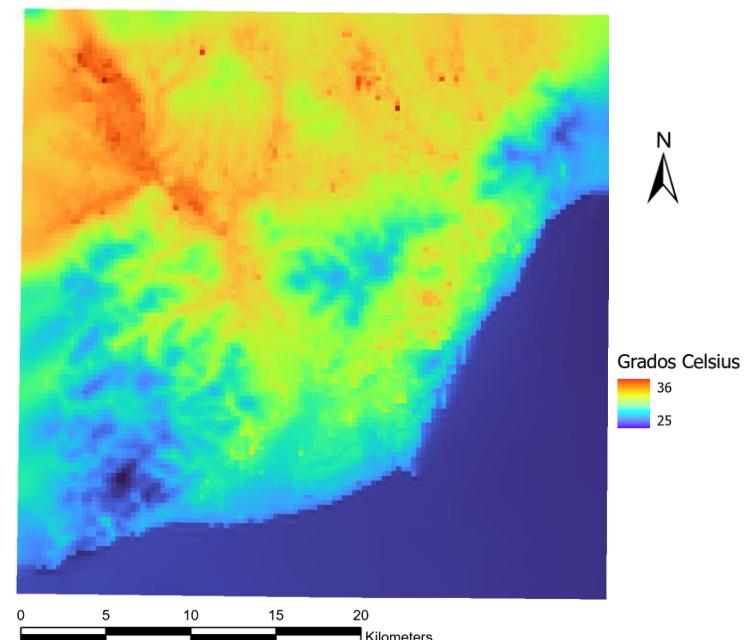
Figura 8. Esta figura muestra la fracción urbana calculada a partir del NDVI del año 2015 en el AMB. La capa representa el NDVI, donde los valores inferiores a 0 indican agua o cobertura artificial, los valores entre 0 y 0,2 representan suelo desnudo y vegetación muerta, y los valores superiores a 0,2 indican la presencia de vegetación en su totalidad (Alamús et al., 2018). Los píxeles de esta capa tienen un tamaño de 333x333 metros. La figura 8 se generó mediante la conversión de los datos proporcionados por URBAG a formato shapefile.

6.7 Mapa de Temperaturas en la AMB

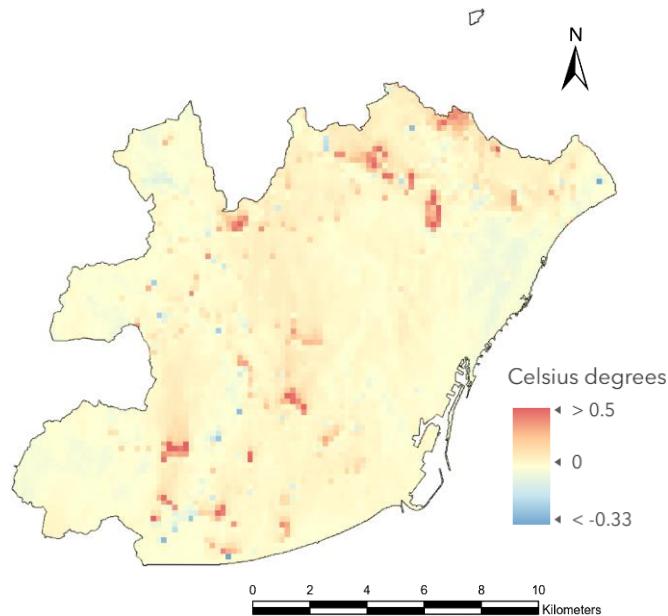
Este mapa representa los cambios de temperaturas en tres escenarios de uso del suelo con respecto al escenario de referencia del año 2015. Los escenarios se han obtenido a partir de simulaciones meteorológicas con el Modelo Meteorológico *Weather Research and Forecasting* (Skamarock et al., 2019) del Área Metropolitana de Barcelona.

La figura 9 mostrará las cuatro simulaciones que se llevaron a cabo durante el mismo período de tiempo, específicamente del 25 de junio al 25 de julio de 2015. Este mes se caracterizó por ser cálido y seco en el AMB, con temperaturas máximas durante una ola de calor que ocurrió del 4 al 7 de julio. Por lo tanto, este período resulta crucial para analizar cómo los cambios en el uso del suelo pueden afectar a la climatología local en episodios de calor extremo. Lo que permitirá detectar si las zonas agrícolas metropolitanas son capaces de generar un efecto de reducción de temperaturas a nivel regional.

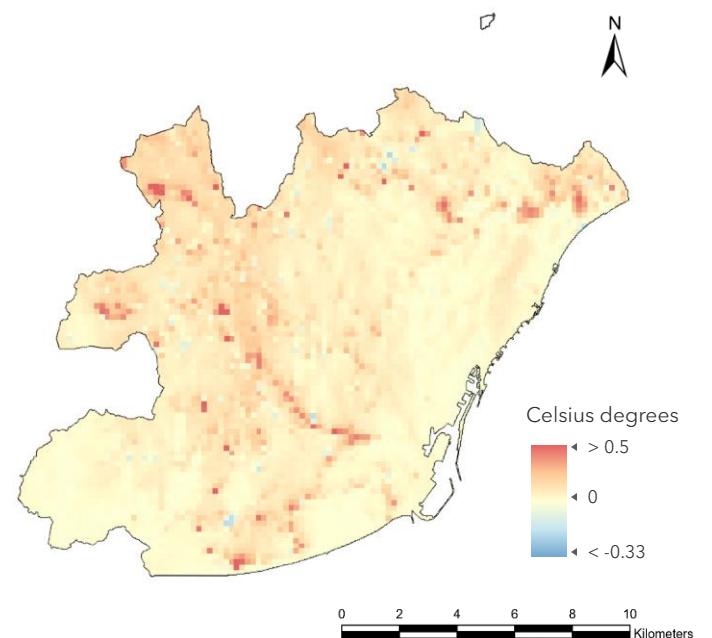
a.



b.



d.



c.

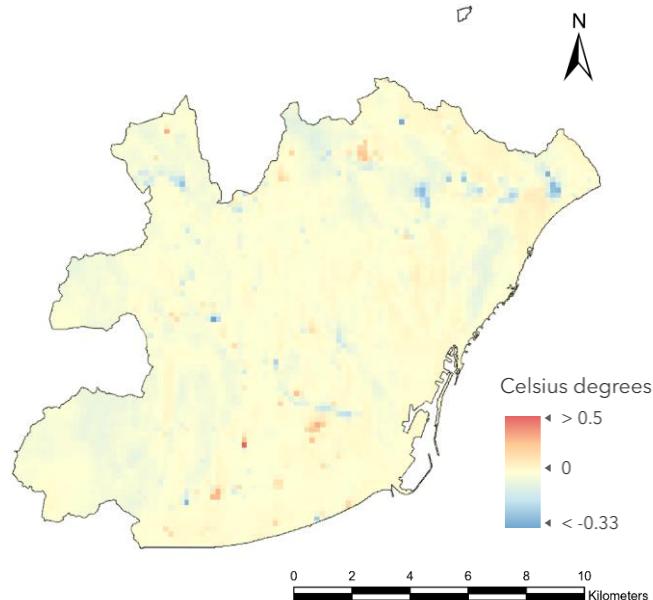


Figura 9. El Mapa de temperaturas se establece de la siguiente manera: (a) S0 corresponde al escenario de referencia, utilizando el mapa de usos de suelo del año 2015; (b) S1 se basa en la tendencia urbanística del antiguo plan urbanístico que data del año 1976; (c) S2 basado en el escenario (b) S1 pero con recuperación de espacios abiertos, pensados originalmente para parques y destinados a usos agrícolas; (d) S3 basado en el (c) S2 pero con mayor recuperación de usos agroforestales abandonados para su uso agrícola. El escenario (a) S0 es un archivo shapefile con píxeles que tienen una medida de 1000x1000 metros, mientras que los escenarios (b) S1, (c) S2 y (d) S3 son capas vectoriales con geometría de polígonos. La Figura 9 fue generada utilizando los shapefiles y rasters desarrollados por URBAG.

6.8 Mapa de vulnerabilidades

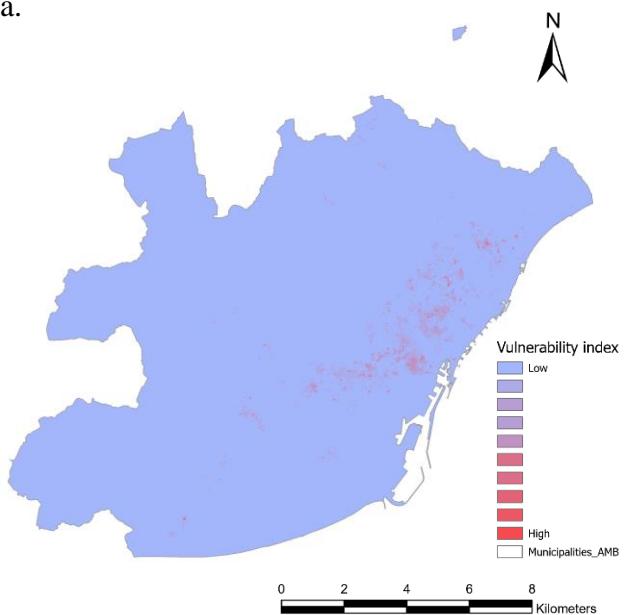
El mapa de vulnerabilidad se basa en el cálculo de una investigación llevada a cabo por URBAG, que tiene como objetivo comprender cómo distintos escenarios de agricultura urbana y periurbana podrían afectar las vulnerabilidades del Área Metropolitana de Barcelona. Estas vulnerabilidades incluyen riesgos sociales y ecológicos existentes en la ciudad. La finalidad de esta investigación es identificar qué vulnerabilidades podrían aumentar o disminuir como resultado de los cambios en la agricultura.

Este mapa ilustra las condiciones de vulnerabilidad en la AMB, clasificadas en

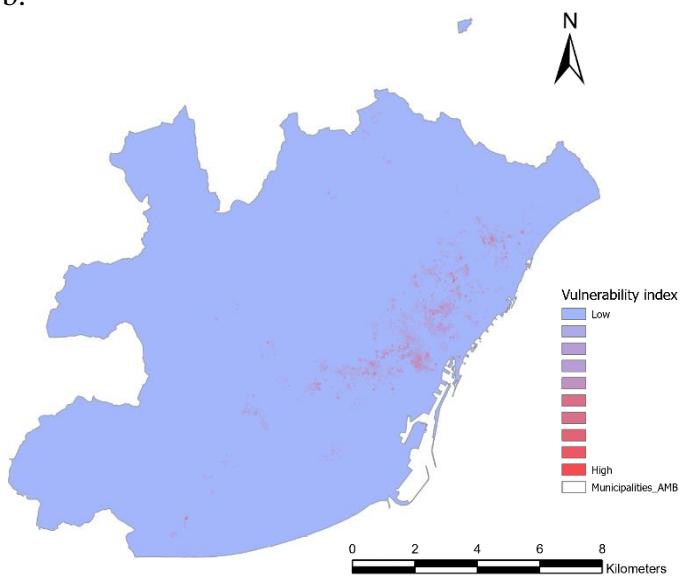
cuatro grupos principales de capas, cada uno compuesto por tres escenarios. Estas condiciones abarcan la falta de espacios para experiencias culturales y recreativas, la escasez de alimentos, las amenazas a la biodiversidad y el estrés y la exposición al calor. Este trabajo se centrará en visualizar específicamente los escenarios S0, S3 y la combinación de S3 vs S0 correspondientes a cada una de las cuatro capas. El escenario S0 se establece como punto de referencia, mientras que los escenarios S3 son generados mediante el PDUM. En total, se utilizarán doce capas de archivos vectoriales con geometría de polígonos.

Para una comprensión más detallada de lo que se representa en estos grupos de capas, se proporcionará una explicación exhaustiva en las figuras 10, 11, 12 y 13.

a.



b.



c.

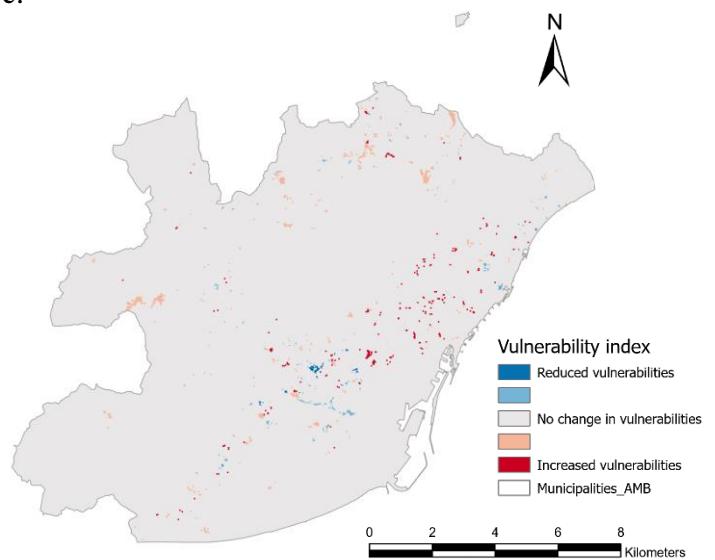
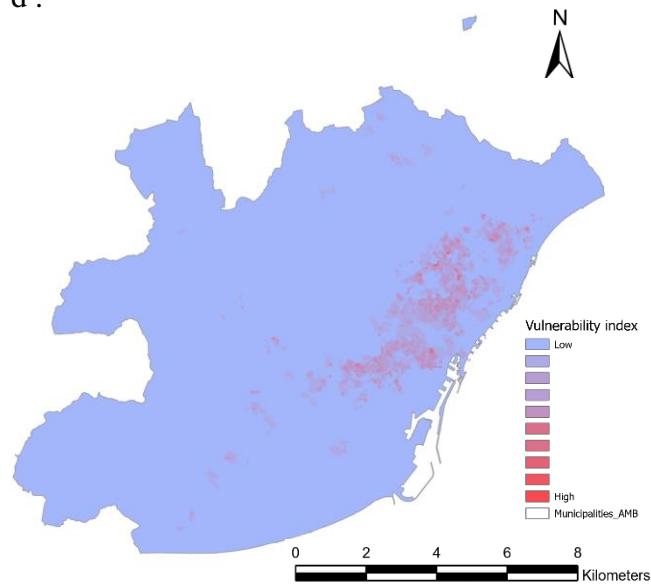
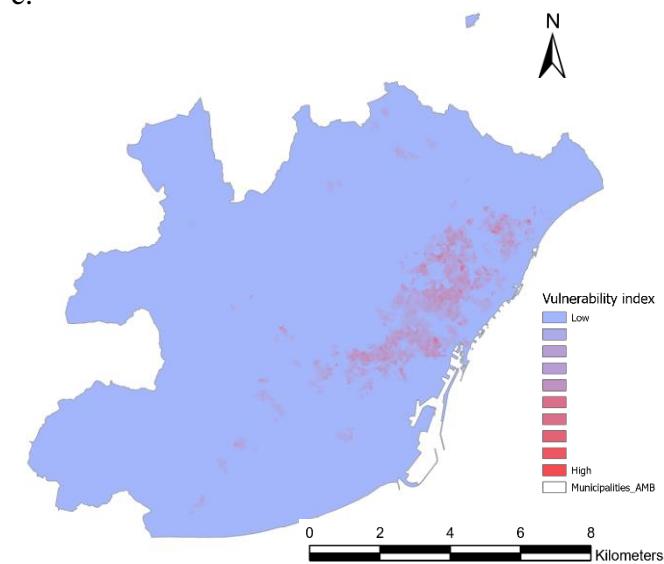


Figura 10. Esta figura representa los escenarios que están asociados a la vulnerabilidad de *Falta de espacios para experiencias culturales y recreativas*. Los escenarios se representan de la siguiente manera: (a) S0 representa el estado actual, (b) S3 representa el escenario alternativo y (c) S3 vs S0 representa la diferencia entre ambos escenarios. Los valores de los escenarios (a) S0 y (b) S3 se calculan en una escala del 1 al 10, donde 1 representa la vulnerabilidad más baja y 10 la más alta. El criterio utilizado para esta capa se centra en la presencia de espacios donde los residentes puedan disfrutar de actividades recreativas. Un aumento en la cantidad de agricultura urbana contribuye a reducir las vulnerabilidades generales asociadas con la falta de oportunidades recreativas, ya que incrementa el número de áreas verdes en la ciudad. Los indicadores considerados para el índice de vulnerabilidad incluyen la proximidad a espacios verdes en un radio de 300m, 500m y 1000m, así como la densidad de población. La figura 10 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

d .



e.



f.

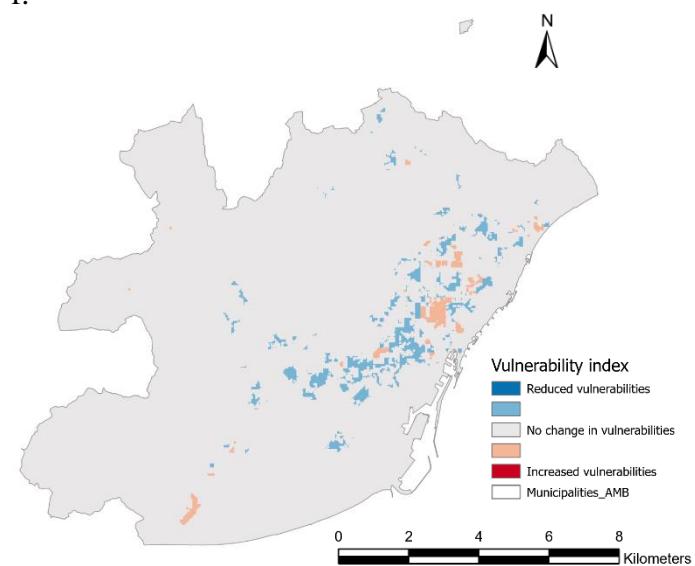
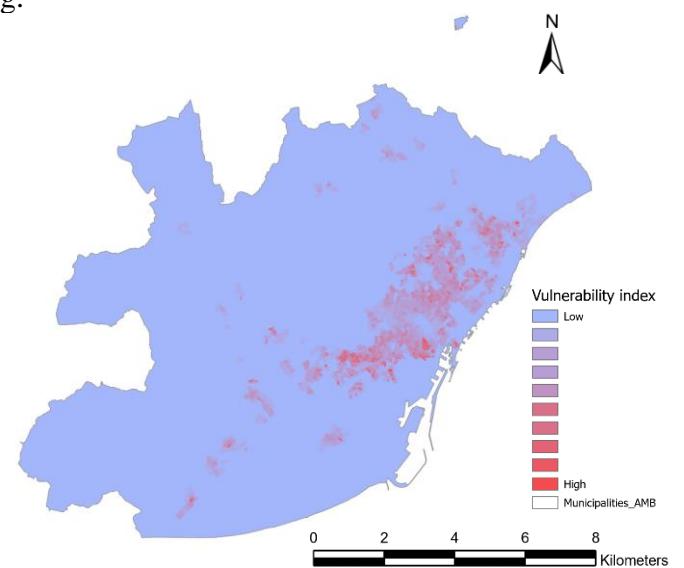
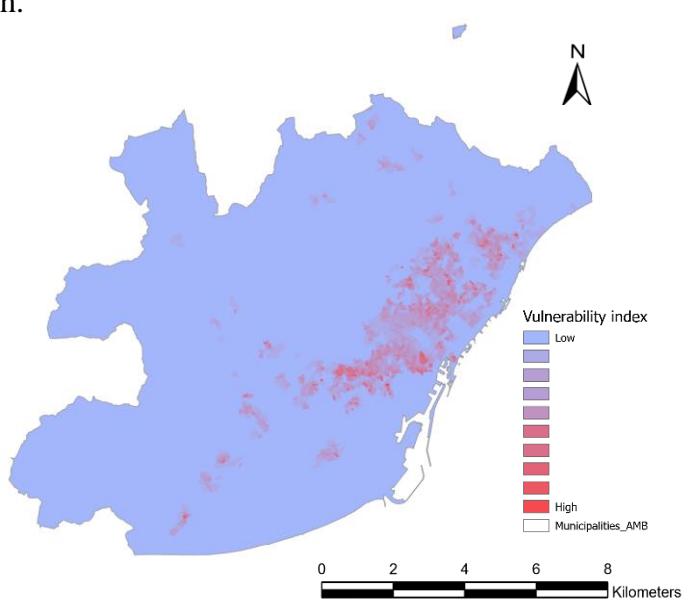


Figura 11. Esta figura representa los escenarios que están asociados a la vulnerabilidad de *Estrés por calor y exposición*. Los escenarios se representan de la siguiente manera: (d) S0 representa el estado actual, (e) S3 representa el escenario alternativo y (f) S3 vs S0 representa la diferencia entre ambos escenarios. Los valores de los escenarios (d) S0 y (e) S3 se calculan en una escala del 1 al 10, donde 1 representa la vulnerabilidad más baja y 10 la más alta. El criterio utilizado para esta capa se enfoca en abordar las altas temperaturas en la ciudad, las cuales tienen un impacto negativo en la salud de las personas. La implementación de la agricultura urbana desempeña un papel fundamental al reducir las vulnerabilidades asociadas al calor en la ciudad. Los indicadores considerados para determinar el índice de vulnerabilidad incluyen las temperaturas máximas promedio registradas durante la noche y el mediodía durante la ola de calor de Barcelona en 2015, así como la densidad de población y la concentración de personas de edad avanzada. La figura 11 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

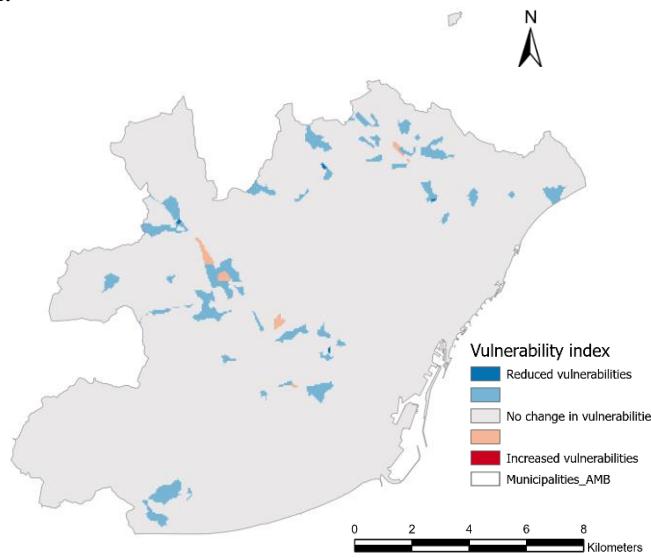
g.



h.



i.



k.

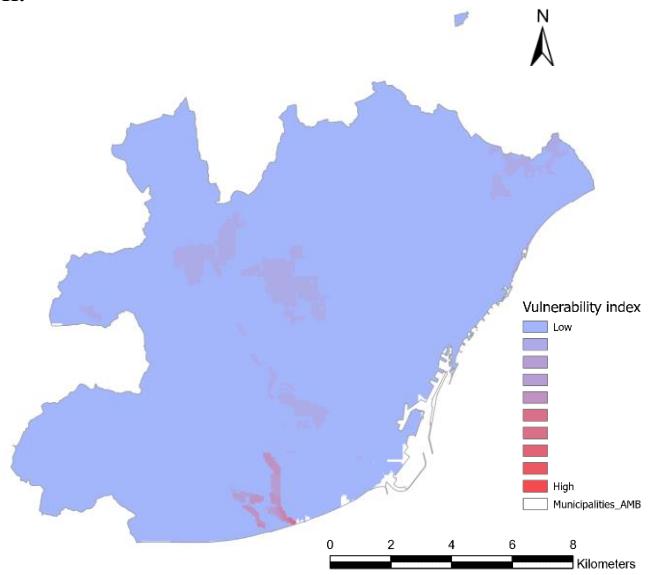
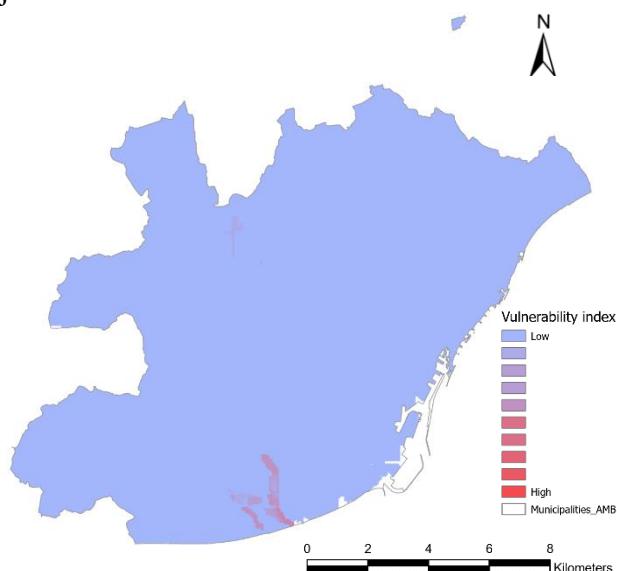


Figura 12. Esta figura representa los escenarios que están asociados a la vulnerabilidad de *Disponibilidad de alimentos*. Los escenarios se representan de la siguiente manera: (g) S0 representa el estado actual, (h) S3 representa el escenario alternativo y (i) S3 vs S0 representa la diferencia entre ambos escenarios. Los valores de los escenarios (g) S0 y (h) S3 se calculan en una escala del 1 al 10, donde 1 representa la vulnerabilidad más baja y 10 la más alta. El criterio utilizado para esta capa se centra en la producción de alimentos dentro de los límites de la ciudad. El aumento de la agricultura urbana contribuye a reducir las vulnerabilidades generales asociadas con la disponibilidad de alimentos, ya que promueve la producción local de alimentos. Para evaluar la vulnerabilidad en esta área, se consideran varios indicadores, entre ellos: la diversidad de cultivos, que busca medir la variedad de alimentos producidos; la cobertura de la demanda de frutas mediante la producción local de frutas; la cobertura de la demanda de hortalizas mediante la producción local de hortalizas; y la densidad de población, que puede afectar la capacidad de producir suficientes alimentos para satisfacer las necesidades de la comunidad. La figura 12 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

j.



l.

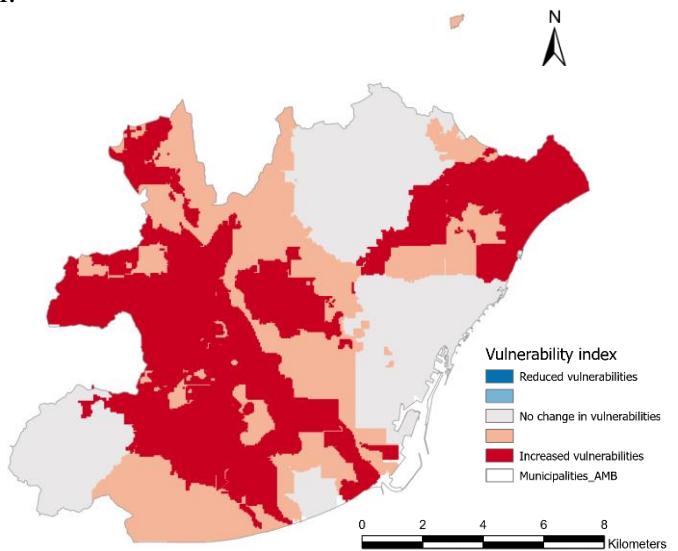
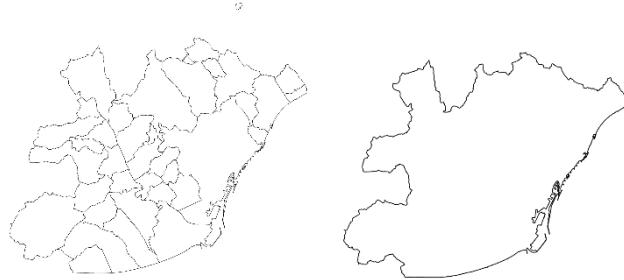


Figura 13. Esta figura representa los escenarios que están asociados a la vulnerabilidad de *Amenazas a las condiciones de biodiversidad*. Los escenarios se representan de la siguiente manera: (j) S0 representa el estado actual, (k) S3 representa el escenario alternativo y (l) S3 vs S0 representa la diferencia entre ambos escenarios. Los valores de los escenarios (k) S0 y (k) S3 se calculan en una escala del 1 al 10, donde 1 representa la vulnerabilidad más baja y 10 la más alta. El criterio utilizado para esta capa se basa en los desafíos que plantea el estado de la biodiversidad y su preservación. Es importante tener en cuenta que el aumento de la agricultura urbana puede incrementar las vulnerabilidades asociadas a la biodiversidad debido a la descarga de contaminantes derivados del uso de fertilizantes. Los indicadores considerados para determinar el índice de vulnerabilidad incluyen las descargas de fósforo provenientes de las actividades agrícolas, la diversidad funcional y la singularidad de la biodiversidad. La figura 13 fue generada a partir de los shapefiles desarrollados por URBAG.

6.9 Mapa de límites administrativos

Este mapa exhibe dos capas: los límites municipales del AMB, obtenidos del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, y el límite del AMB, el cual se extrae de la misma capa.

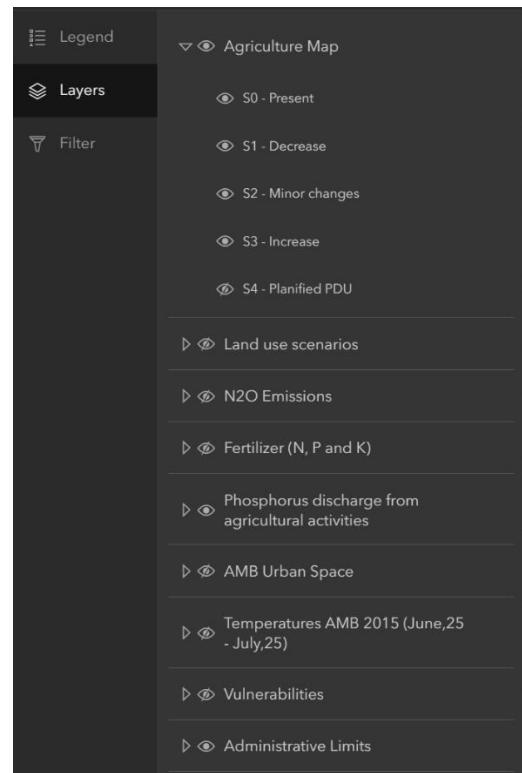


6.10 Visor de mapas en ArcGIS Online

En esta sección, se proporcionarán con imágenes los detalles del visor de mapas generado para el proyecto de URBAG, el cual permitirá de forma fácil y sencilla visualizar y explorar la información geográfica.

6.10.1 Panel de Contenido

Es esta sección se muestran las capas temáticas y los grupos de capas. Permite administrar la visibilidad, el orden y la interacción con las capas, como activar o desactivar.



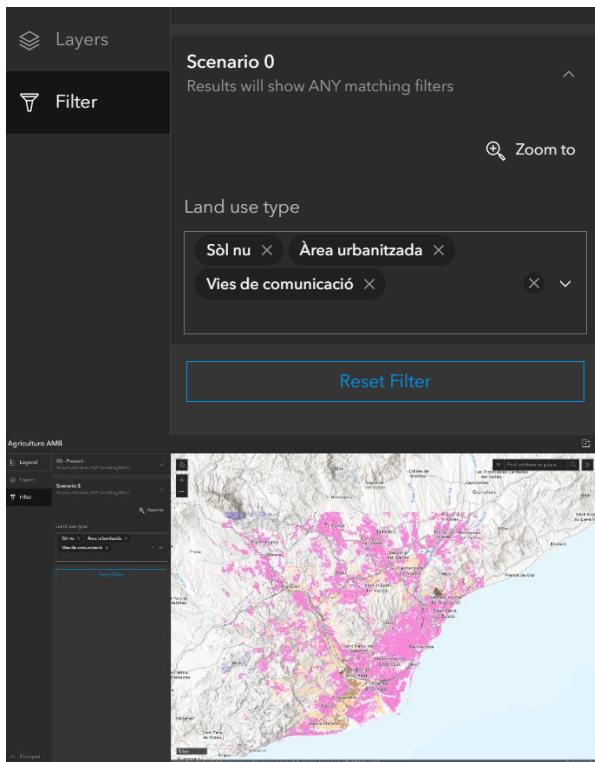
6.10.2 Herramientas de navegación

Estas herramientas proporcionan opciones para moverse y explorar el mapa, como *zoom in*, *zoom out*, desplazamiento y selección de ubicaciones específicas.



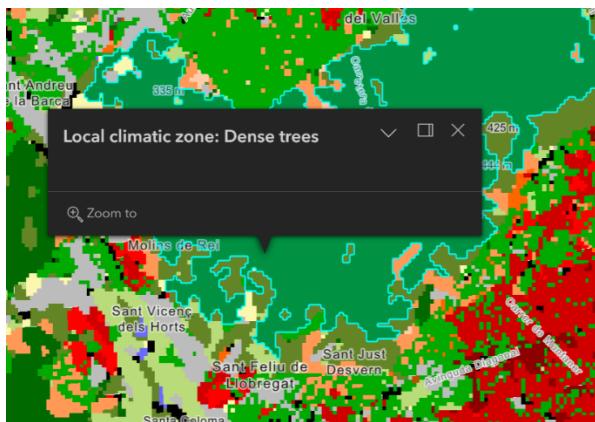
6.10.3 Herramientas de consulta y selección

Esta herramienta permite realizar consultas espaciales para filtrar y seleccionar datos específicos dentro del visor de mapas.



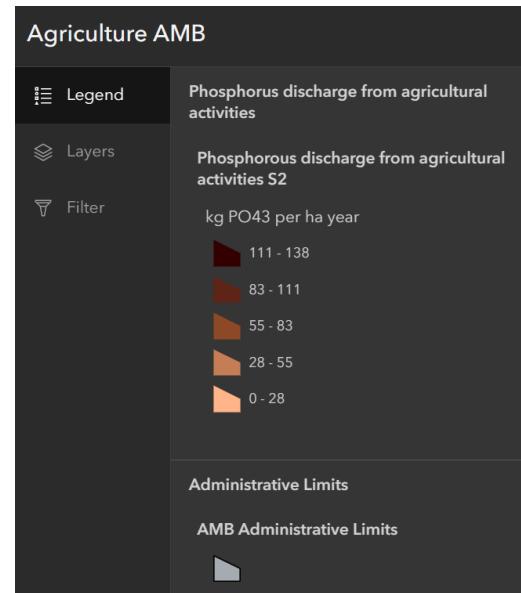
6.10.4 Ventana emergente

Esta herramienta proporciona información adicional sobre un elemento del mapa al presionarlo, como atributos específicos, imágenes o enlaces relacionados.



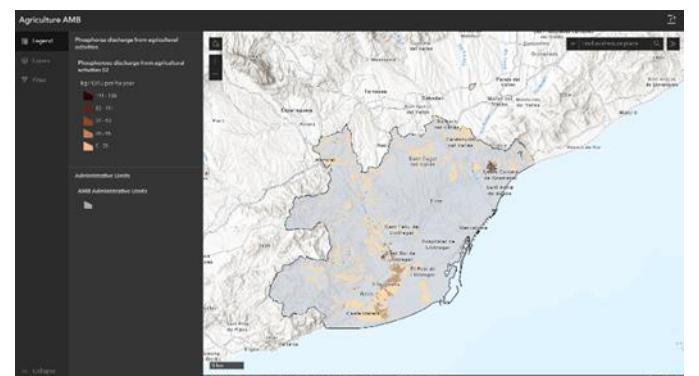
6.10.5 Leyenda

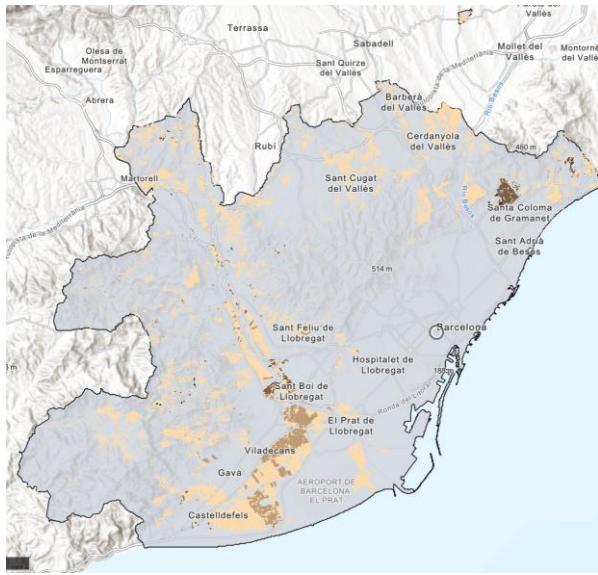
La leyenda del mapa actúa como una guía que facilita la interpretación y comprensión de los símbolos, elementos y colores utilizados en el mapa.



6.10.6 Visualización del visor de mapas

En el visor de mapas, es posible controlar la visualización de la información para que los usuarios vean únicamente lo que el administrador desea mostrar.





Una de las principales ventajas de Instant App es su facilidad de uso, ya que no se requieren conocimientos avanzados en programación o diseño de mapas para crear una aplicación. Mediante una interfaz intuitiva, los usuarios pueden seleccionar las capas de datos que deseen mostrar, personalizar la apariencia de los mapas, agregar elementos como leyendas y descripciones, e incluso incluir herramientas de análisis y consulta. Además, en la creación del visor, se brinda al público en general la oportunidad de interactuar con la información y filtrar los datos según sus necesidades.

[Enlace visor de mapas de URBAG](#)

7 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es mostrar la importancia de hacer públicos y abiertos los datos obtenidos a través de investigaciones, ya que esto promueve la transparencia, la colaboración y el avance científico. Compartir los datos permite a la comunidad científica y al público en general acceder a la información y examinarla de manera crítica. Esto fomenta la replicabilidad de los estudios, lo cual es fundamental para validar los resultados y fortalecer la confianza en la investigación. Además, al ser accesibles para todos, los datos

abiertos pueden impulsar la colaboración interdisciplinaria y la generación de nuevos conocimientos. Al abrir los datos, se maximiza su valor y se fomenta la innovación, ya que diferentes investigadores, científicos y profesionales pueden utilizarlos en nuevos contextos y análisis.

Además, como parte esencial de la importancia de hacer públicos y abiertos los datos, se ha desarrollado un visor de mapas que permite visualizar las múltiples investigaciones relacionadas con la agricultura urbana/periurbana realizadas por el equipo de investigación de URBAG. Estos estudios se han vuelto cada vez más indispensables, especialmente debido al rápido crecimiento de las áreas urbanas y periurbanas.

Con el fin de lograrlo, se utilizó la aplicación Instant App de ArcGIS Online, para facilitar la creación de un visor de mapas interactivo con funcionalidades avanzadas. Esta herramienta agilizó el proceso de desarrollo y personalización del visor, lo que permitirá a los usuarios explorar y visualizar información geoespacial de manera intuitiva.

Para los fines de este trabajo, los mapas generados en el visor brindan información valiosa sobre los requisitos que implicaría un aumento en la agricultura, como el impacto en la irrigación, el aumento en la demanda de fertilizantes y las modificaciones en las emisiones asociadas. Esta visualización cartográfica proporciona una base sólida para llevar a cabo estudios exhaustivos en diferentes ámbitos. Así como contribuir a la formulación de políticas públicas más informadas y efectivas. A su vez, cuando se crea un visor de mapas para estudios de agricultura urbana, se pueden esperar resultados como una mejor toma de decisiones, mayor productividad, planificación urbana efectiva, monitoreo y evaluación del impacto, así como

investigación y desarrollo de políticas basadas en evidencia.

Es importante destacar que las investigaciones llevadas a cabo por URBAG tienen como objetivo generar un impacto práctico en el desarrollo de futuras estrategias de planificación urbana. Para lograrlo, se utilizan escenarios futuros reales, en este caso, basados en el Plan Urbanístico Director Metropolitano de Barcelona.

En conclusión, el visor de mapas para la agricultura urbana se ha establecido como una herramienta de gran valor que impulsa la comprensión, la planificación y la gestión efectiva de la agricultura en entornos urbanos y periurbanos. Su capacidad para visualizar y analizar datos geoespaciales brinda información crucial para la toma de decisiones informadas y el desarrollo de estrategias sostenibles en este ámbito en constante evolución. Al permitir una representación visual clara de la información, el visor de mapas facilita la identificación de patrones, la detección de necesidades y la implementación de soluciones efectivas. Además, su utilidad se extiende más allá de la agricultura, ya que puede ser un recurso valioso para la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la promoción de la colaboración interdisciplinaria.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento al equipo de URBAG, en especial a Sergi Ventura Caballé, Juan David Arosemena Polo, David Alejandro Camacho Caballero y Ricard Segura Barrero. Sin su invaluable colaboración, este trabajo no habría sido posible con tanto detalle y con tanta información valiosa.

Además, deseo agradecer a mi profesora del Máster de Geoinformación, Meritxell Gisbert

Traveria, por dedicar su tiempo a enseñarme las herramientas necesarias para llevar a cabo este proyecto. También quiero expresar mi gratitud a todas mis amistades alrededor del mundo, quienes brindaron su apoyo incondicional para lograr con éxito la realización de este trabajo.

Su contribución y apoyo fueron fundamentales para completar este proyecto de manera exitosa y enriquecedora. Estoy profundamente agradecida por su colaboración y confianza en mi trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alamús, Pérez, F., Pipia, L., & Corbera, J. (2018). Urban sustainable ecosystems assessment through airborne Earth observation: Lessons learned. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.*, XLII-1, 5–10. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1-5-2018>
- AMB. (2023). L'àrea metropolitana. URL: <https://www.amb.cat/s/web/area-metropolitana/coneixer-l-area-metropolitana/localitzacio-i-usos-del-sol.html>
- Arcas-Pilz, Rufí-Salís, M., Parada, F., Petit-Boix, A., Gabarrell, X., & Villalba, G. (2021). Recovered phosphorus for a more resilient urban agriculture: Assessment of the fertilizer potential of struvite in hydroponics. *The Science of the Total Environment*, 799, 149424–149424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149424>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Libro digital, PDF http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequencia=1

Business Daily. (2020). Covid-19 makes a strong case for urban farming. Business Daily. <https://www.businessdailyafrica.com/analysis/ideas/Covid-19-makes-a-strong-case-for-urban-farming/4259414-5557594-b7pd8e/index.html>

Comisión Europea. (2020). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones: Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. pp. 2

URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

FAO (2010). “Climate-Smart” Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. pp.1 - 49
URL: <https://www.fao.org/3/i1881e/i1881e00.pdf>

Gilabert, J., Ventura, S., Segura, R., Martilli, A., Badia, A., Llasat, C., Corbera, J., & Villalba, G. (2021). Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute? *Urban Climate*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100863>

Hermi Zaar, M. (2011). Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual.
URL: <https://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm> (Consultado el 10.06.2023)

Mendoza Beltran, A., Padró, R., La Rota-Aguilera, M. J., Marull, J., Eckelman, M. J., Cirera, J., Giocoli, A., & Villalba, G. (2023). Displaying geographic variability of peri-urban agriculture environmental impacts in the Metropolitan Area of Barcelona: A

regionalized life cycle assessment. *The Science of the Total Environment*, 858, 159519–159519. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159519>

Mendoza Beltran, A., Jepsen, K., Rufí-Salís, M., Ventura, S., Madrid Lopez, C., & Villalba, G. (2022). Mapping direct N2O emissions from peri-urban agriculture: The case of the Metropolitan Area of Barcelona. *The Science of the Total Environment*, 822, 153514–153514. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153514>

Metrópolis Barcelona. (2023) Documento Aprobación Inicial: PDUM URL: <https://urbanisme.amb.cat/es/informarse/document-aprovacio-inicial> (Consultado el 13.06.2023)

ODS. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos y metas de desarrollo sostenible.
URL:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

PDUM. (2023). Pla director urbanístic metropolità: Document per a l'aprovació inicial. pp.241 <https://urbanisme.amb.cat/es/informarse/document-aprovacio-inicial>

Segura et al., (2022). R. Segura, E.S. Krayenhoff, A. Martilli, A. Badia, C. Estruch, S. Ventura, G. Villalba.

Segura, R., Krayenhoff, E.S., Martilli, A., Badia, A., Estruch, C., Ventura, S., & Villalba, G. (2022). How do street trees affect urban temperatures and radiation exchange? Observations and numerical evaluation in a highly compact city. *Urban Climate*, 46,

101288–.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101288>

Segura, R., Badia, A., Ventura, S., Gilabert, J., Martilli, A., & Villalba, G. (2021). Sensitivity study of PBL schemes and soil initialization using the WRF-BEP-BEM model over a Mediterranean coastal city. *Urban Climate*, 39, 100982–.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100982>

Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. *PLoS ONE*, 6(8), e23777–e23777.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900. doi: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Liu, Z., Berner, J., ... & Huang, X. Y. (2019). A description of the advanced research WRF model version 4. National Center for Atmospheric Research: Boulder, CO, USA, 145(145), 550.

The Department of Economic and Social Affairs of the United Nations. (2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/366)*,” 2014. pp. 9

URBAG. (2023). Aprobación del Plan Director Urbanístico Metropolitano. URL: <https://urbag.eu/aprovacio-del-pla-director-urbanistic-metropolita/> (Consultado el 13.06.2023)

URBAG. (2023). Integrated System Analysis of Urban Vegetation and Agriculture. URL: <https://urbag.eu/> (Consultado el 20.05.2023)