



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Análisis geoespacial de la calidad del aire en zonas
vulnerables de Valencia

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Guardiola Ibáñez, Nuria

Tutor/a: Coll Aliaga, Peregrina Eloína

Cotutor/a: Porres de la Haza, María Joaquina

Director/a Experimental: LORENZO SAEZ, EDGAR

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



DADES VALÈNCIA
Càtedra Governança
de la ciutat de València



**AJUNTAMENT
DE VALÈNCIA**



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**

ANÁLISIS GEOESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS VULNERABLES DE LA CIUTAT DE VALÈNCIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

AUTORA: NURIA GUARDIOLA IBÁÑEZ

TUTORA: ELOÍNA COLL ALIAGA

TUTOR EXPERIMENTAL: EDGAR LORENZO SÁEZ

CURSO 2022-2023

Agradecimientos

A mis padres y familia por ser un apoyo incondicional, por nunca darse por vencidos, comprenderme y siempre estar a mi lado.

Al tutor experimental Edgar Lorenzo por toda la ayuda que nos ha dado y a mi tutora Eloína Coll por darme esta oportunidad y hacer este camino mucho más fácil.

A mis amigas, en especial a Silvia, por animarme y alegrarme. Y por último a mis compañeros de la Cátedra Governança de la Ciutat de Valencia, por hacerme el camino más llevadero y compartirlo juntos estos últimos meses.

Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

Nuria Guardiola Ibáñez

Resumen

El objetivo del proyecto es ubicar las zonas vulnerables según la mala calidad del aire y según donde se localizan los grupos de población sensibles al dióxido de nitrógeno.

Para llevar a cabo el análisis de la calidad del aire se emplean sensores de dosimetría pasiva que se encargan de medir la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂). Se geolocalizan las medias anuales y se obtiene un mapa continuo de la concentración del gas en la ciudad, clasificado según su impacto.

Por otra parte, se clasifican los grupos de población sensibles a grandes cantidades de dióxido de nitrógeno (NO₂) y se geolocalizan según los equipamientos que frecuentan. Se estudia la distribución de los equipamientos según grupo de población y se obtiene otro mapa continuo de la ciudad ponderando según importancia.

Con los dos mapas continuos, se identifican las áreas más vulnerables en términos de calidad del aire y población sensible. Luego, se analizan las posibles causas de esta vulnerabilidad, se estudian las medidas ya implementadas hasta la fecha y sus efectos en la calidad del aire y se simulan las posibles medidas más efectivas para rebajar la concentración de gas en las zonas resultantes.

Resum

El objectiu del projecte es ubicar les zones vulnerables segons la mala qualitat de l'aire i segons on es localitzen els grups de població sensibles al diòxid de nitrogen.

Per a dur a terme l'anàlisi de la qualitat de l'aire s'utilitzen sensors de dosimetria pasiva que s'encarreguen de mesurar la concentració de diòxid de nitrogen (NO₂). Es geolocalitzen les mitjanes anuals i s'obté un mapa continu de la concentració del gas a la ciutat clasificar segons el seu impacte.

D'altra banda, es clasifiquen els grups de població sensibles a grans quantitats de diòxid de nitrogen (NO₂) i es geolocalitzen segons els equipaments que freqüenten. S'estudia la distribució dels equipaments segons grups de població i s'obté un altre mapa continu de la ciutat ponderant segons importància.

Amb els dos mapes continus, s'identifiquen les àrees més vulnerables en termes de qualitat de l'aire i població sensible. Després, s'analitzen les possibles causes d'aquesta vulnerabilitat, s'estudien les mesures ja implementades fins hui i els seus efectes en la qualitat de l'aire i se simulen les possibles mesures més efectives per a reduir la concentració de gas en les zones resultants.

Abstract

The aim of the project is to locate vulnerable areas according to poor air quality and where the sensible groups of population to nitrogen dioxide are located.

Passive dosimetry sensors are used to conduct air quality analysis and measure the concentration of nitrogen dioxide (NO₂). The annual averages are geolocated and a continuous map of the concentration of the gas in the city is obtained and classified according to its impact.

On the other hand, population groups sensitive to large amounts of nitrogen dioxide (NO₂) are classified and geolocated according to the facilities they frequent. The distribution of the facilities according to population group is studied and another continuous map of the city is obtained, weighted according to importance.

With the two continuous maps, the most vulnerable areas are identified in terms of air quality and sensitive population. Then, the plausible causes of this vulnerability are analysed, the measures already implemented to date and their effects on air quality are studied and the most effective measures to reduce the concentration of gas in the resulting areas are simulated.

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Efectos del NO ₂ a corta y larga exposición. Fuente: Ministerio de Sanidad - Ciudadanos - Calidad del Aire	11
Ilustración 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados. Fuente: Organización Mundial de la Salud.	12
Ilustración 3. Área de la Ciutat de València. Fuente: Elaboración propia.....	13
Ilustración 4. Distritos borrados y Ciutat de Valencia. Fuente: elaboración propia	15
Ilustración 5. Sensores coincidentes con colegios y estaciones de la RVVCCA. Fuente: elaboración propia	17
Ilustración 6. Modelo de datos Niños. Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 7. Modelo de datos Mayores. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 8. Modelo de datos Enfermos. Fuente: Elaboración propia.	19
Ilustración 9. Modelo de datos Aire libre. Fuente: Elaboración propia.	19
Ilustración 10. Esquema de la metodología general. Fuente: Elaboración propia.	20
Ilustración 11. Tabla de promedios por estación de NO ₂ en 2022. Fuente: Elaboración propia.22	
Ilustración 12. Localización de estaciones de dosimetría pasiva 2022 simbolizadas por promedios. Fuente: elaboración propia.....	23
Ilustración 13. Percentiles NO ₂ . Fuente: Elaboración propia.....	23
Ilustración 14. Metas intermedias y valor límite marcados por la OMS. Fuente: https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228	24
Ilustración 15. Tabla de valor límite de NO ₂ anual. Fuente: real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.....	24
Ilustración 16. Parte de la matriz distancia de niños y cálculo de promedios. Fuente: Elaboración propia.	25
Ilustración 17. Mapa de calor de equipamientos niños recortada por área. Fuente: elaboración propia	26
Ilustración.18 Tabla de ponderaciones de equipamientos según tipos de población. Fuente: elaboración propia	27
Ilustración 19. Rangos de clasificación de equipamientos totales ponderados. Fuente: elaboración propia.	27
Ilustración 20. Resultado vectorización de equipamientos. Fuente: Elaboración propia.....	28
Ilustración 21. Zonas resultantes de la vectorización de dosimetría pasiva. Fuente: elaboración propia	29
Ilustración 22. Puntos de medias anuales de NO ₂ máxima y mínima. Fuente: elaboración propia.	30
Ilustración 23. Gráfico de porcentaje de estaciones según mediciones de NO ₂ en ug/m ³ . Fuente: elaboración propia	31
Ilustración 24. Ampliación al primer foco de la ilustración 23. Fuente: elaboración propia	32
Ilustración 25. Ampliación al segundo foco de la ilustración 26. Fuente: elaboración propia ...	32
Ilustración 26. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para niños. Fuente: elaboración propia	32
Ilustración 27. Ampliación al foco de la ilustración 28. Fuente: elaboración propia.....	33
Ilustración 28. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para enfermos. Fuente: elaboración propia	33
Ilustración 29. Ampliación al foco de la ilustración 30. Fuente: elaboración propia.....	33
Ilustración 30. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para mayores. Fuente: elaboración propia	33

Ilustración 31. ampliación al foco de la ilustración 32. Fuente: elaboración propia	34
Ilustración 32. Mapa de calor de distribución de los equipamientos de aire libre. Fuente: elaboración propia	34
Ilustración 33. Mapa de posicionamiento de los equipamientos totales por grupos de población. Fuente: elaboración propia	34
Ilustración 34. Tabla de reparto de equipamientos por ponderación y tipo de población. Fuente: elaboración propia	35
Ilustración 35. Zona más vulnerable del mapa de calor respecto a equipamientos ponderados. Fuente: elaboración propia	36
Ilustración 36. Zona de máxima vulnerabilidad. Fuente: elaboración propia	37
Ilustración 37. Zonas con vulnerabilidad según equipamientos y valor crítico de NO2. Fuente: elaboración propia	38
Ilustración 38. Comparación velocidades vías con zona resultante 1. Fuente: elaboración propia	39
Ilustración 39. Comparación velocidades vías con zona resultante 1. Fuente: elaboración propia	40
Ilustración 40. Esquema del agrupamiento de los puestos de trabajo por grupo profesional y nivel salarial. Fuente: Boletín Oficial del Estado (BOE)	41
Ilustración 41. Tabla salarial según grupo de nivel salarial. Fuente: Boletín Oficial del Estado (BOE).....	41
Ilustración 42. Tabla de costes de personal técnico. Fuente: elaboración propia.....	42

Índice

1. Introducción.....	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Justificación.....	12
1.3. Localización	13
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Datos	15
3.1. Dosimetría pasiva.....	15
3.2. Equipamientos.....	17
4. Metodología	20
4.1. Calidad del aire por dosimetría pasiva.....	20
4.2. Equipamientos.....	25
4.2.1. Equipamientos por grupo de población.....	25
4.2.2. Equipamientos totales.....	26
4.3. Unión.....	28
5. Resultados y discusión	30
5.1. Resultados del Objetivo Específico 1	30
5.2. Resultados del Objetivo Específico 2	31
5.2.1. Distribución de los equipamientos agrupados por tipo de población	32
5.2.2. Equipamientos completos.....	34
5.3. Resultados del Objetivo Específico 3	35
5.4. Resultado del Objetivo Específico 4	37
5.5. Resultado del Objetivo Específico 5	39
6. Presupuesto	40
7. Conclusiones.....	42
7. Bibliografía	44
8. Anexos.....	45
9. Cartografía.....	47

1. Introducción.

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se lleva a cabo en la Càtedra de Governança de la Ciutat de València (Dades València) de la Universitat Politècnica de València (UPV) financiada por la concejalía de Transparencia y Gobierno Abierto del Ayuntamiento de Valencia.

El proyecto, también se enmarca en un acuerdo de colaboración firmado entre el Joint Research Center (JRC) de la Comisión Europea, el Ajuntament de València y la Universitat Politècnica de València (UPV) dentro del programa Community of Practices on Cities (COP on Cities) Disponible en: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/cop-cities_newsletter_may_2020.pdf

El proyecto de cooperación AVI AirLUIISA – Sistema avanzado de monitorización integral de emisiones y calidad del aire en entornos urbanos de la Comunitat Valenciana (01/07/21-30/06/23) trata de adquirir información científica fundamental para recopilar, compartir y examinar los principales indicadores sociales, económicos y medioambientales de la localidad de València. Entre estos se incluyen aquellos relacionados con el transporte y la movilidad, las emisiones generadas y su impacto en la calidad del aire.

Los objetivos del proyecto AVI AirLUIISA son analizar la relación entre las emisiones producidas por el tráfico y las inmisiones medidas, conseguir un sistema de alertas con seguimiento de las zonas vulnerables y simular propuestas para no superar los niveles máximos de contaminación. Este Trabajo de Fin de Grado se centra en el objetivo relacionado con la correlación entre emisiones de tráfico e inmisiones, concretamente, en las de NO₂ medidas por redes complementarias de dosimetría pasiva y en identificar las zonas vulnerables respecto a estas.

1.1. Antecedentes

La exposición a la mala calidad del aire es uno de los mayores problemas ambientales para la salud humana. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2019 el 99% de la población mundial residía en zonas con niveles de contaminación del aire por encima de las directrices de calidad del aire (OMS, Calidad del aire, 2019). En cuanto a sus efectos en la salud humana, la mala calidad del aire causa distintos tipos de enfermedades y alrededor de 6,5 millones de personas contraen enfermedades debido a la contaminación del aire (EEA 2017).

En España, la calidad del aire a nivel nacional se ve afectada principalmente por dos contaminantes clave: el dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas en suspensión con un diámetro inferior a 10 micrómetros (PM₁₀). Estos problemas están especialmente concentrados en las áreas urbanas y suburbanas del país (Fenosa, F. G. N., & Querol, X., 2018). Por ello, este proyecto se centra en uno de estos dos principales contaminantes, el dióxido de nitrógeno (NO₂).

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas de efecto invernadero y contaminante atmosférico. Es uno de los contaminantes atmosféricos primarios que intervienen en la calidad del aire, debido a su emisión directa al medio ambiente. Este, también es un contaminante que reacciona con otros compuestos que tienen un impacto negativo en la calidad del aire, como el aerosol de nitrato o el ozono. El tráfico rodado junto a gran parte de las industrias son el motivo de la mayoría de las emisiones de dióxido de nitrógeno, por lo que es un contaminante, en su gran mayoría, con origen en causas humanas. Por esta razón, las mayores concentraciones de este gas se encuentran en las áreas más pobladas, las zonas urbanas. Los altos niveles del dióxido de

nitrógeno (NO₂) pueden irritar los pulmones, reduciendo la eficiencia respiratoria y produciendo la aparición de posibles infecciones respiratorias (Madrid salud). Además, es el causante de 75000 muertes prematuras en la Unión Europea. (European Court of Auditors, 2018).

Según el Ministerio de Sanidad de España, los principales efectos a corta y larga exposición del NO₂ en la salud humana son los siguientes:

Sustancia	Exposición	
	Corta	Larga
NO ₂	Mortalidad; morbilidad; inflamación e hiperreactividad de las vías respiratorias, cambios estructurales en células pulmonares	Mortalidad; morbilidad; mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular; trastornos respiratorios y de la función pulmonar en niños; ingresos hospitalarios; síntomas respiratorios; susceptibilidad a infección respiratoria

Ilustración 1. Efectos del NO₂ a corta y larga exposición. Fuente: Ministerio de Sanidad - Ciudadanos - Calidad del Aire

Ciertamente, la exposición prolongada a grandes cantidades de dióxido de nitrógeno tiene efectos negativos en la salud de toda la población, sin embargo, existen cuatro grupos de población que se consideran más vulnerables por diferentes características específicas según el Plan Nacional del Aire 2017-2019 (Plan Aire II, 2017-2019):

- **Niños de 0 a 16 años.**

La exposición a largo plazo a una mala calidad del aire, especialmente, entre otras, el NO₂, puede causar en niños de edad escolar déficit de la función pulmonar (Carlos Ubilla y Karla Yohannessen, 2017) incluso llega a asociarse con un déficit en el crecimiento de los niños (Rojas-Martínez, et al. 2007), ya que sus órganos y sistemas de defensa no se encuentran plenamente desarrollados.

- **Personas mayores de 65 años.**

Este se considera un grupo de riesgo a causa del deterioro natural al que sus órganos están expuestos y por su mayor vulnerabilidad con respecto a distintos tipos de enfermedades que influyen en estos.

- **Personas enfermas crónicas.**

En este colectivo la mala calidad del aire puede empeorar las condiciones de salud y provocar efectos adversos. Concretamente, destacan personas con problemas cardiovasculares como anginas o arteriosclerosis, enfermedades respiratorias crónicas como asma o EPOC, también se incluyen las embarazadas por la vulnerabilidad que les aporta esta condición, diabéticos y personas con sobrepeso u obesidad.

- **Personas que dedican gran cantidad de tiempo practicando deporte al aire libre.**

Este grupo de población cumplen tres de los cuatro factores destacados por el ministerio de sanidad, que son el ejercicio físico intenso, la estancia prolongada al aire libre y en este caso particular la residencia en zonas urbanas.

En cuanto a estudios existentes similares, la tesis doctoral “metodología para la detección de umbrales de calidad ambiental en base a los servicios urbanos. un aporte a la evaluación del área metropolitana de Tucumán” (Ana Laura Castañeda, 2018), también se centran en calidad ambiental y distribución de los servicios, con la diferencia respecto al presente trabajo de que la agrupación de los equipamientos no se realiza por tipos de población.

Existen trabajos y artículos como el de “Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: análisis desde la justicia ambiental basado en Sistemas de Información Geográfica” (Jiménez, A. M., 2013) que analizan la calidad del aire relacionada con el dióxido de nitrógeno que en contraste a este trabajo estudian la exposición de grupos de población tan sólo por edades.

Por último, existe el Trabajo de Fin de Grado de “Análisis de equidad ambiental de los diferentes barrios de la ciudad de Valencia mediante datos de dosimetría pasiva y otros indicadores de vulnerabilidad.” (Bosch Checa, C. 2022) que también se centra en la calidad del aire en Valencia, a diferencia del presente trabajo, se clasifica por barrios y la agrupación de los tipos de población es referente a aspectos socioeconómicos.

1.2. Justificación

Como ya se ha mencionado anteriormente, el NO₂ es uno de los principales contaminantes atmosféricos con consecuencias para la salud humana. Especialmente, en ciertos grupos de población sensibles por sus características físicas o por la gran cantidad de tiempo de exposición. Por ello, el presente proyecto se centra en localizar estos grupos de población sensibles con relación a qué tipo de equipamientos frecuentan y analizar la calidad del aire según la cantidad de dióxido de nitrógeno existente en estas áreas. El fin de este análisis es facilitar la toma de medidas respecto a las áreas más vulnerables en emisiones de NO₂.

El proyecto se alinea con 3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el cumplimiento de la Agenda 2030. Contribuye a la mejora del bienestar humano (ODS 3) por la importancia que tiene la reducción del NO₂ y la relación directa del proyecto con los grupos más sensibles a la calidad del aire. Además, el proyecto busca una ciudad de Valencia más sostenible respecto a cantidad de emisiones de NO₂ (ODS11) y, por último, pretende la reducción del gas, de efecto invernadero, contribuyendo a la reducción del calentamiento global (ODS 13).



Ilustración 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados. Fuente: Organización Mundial de la Salud.

1.3. Localización

El proyecto se ubica en el término del municipio de Valencia correspondiente a los siguientes distritos del municipio:

- Ciutat Vella
- Eixample
- Extramurs
- Campanar
- La Saïdia
- El Pla del Real
- L'Olivereta
- Patraix
- Jesús
- Quatre Carreres
- Poblats Marítims
- Camins al Grau
- Algirós
- Benimaclet
- Rascanya
- Benicalap
- Poblats Oest

Se van a estudiar todos los distritos del municipio de València exceptuando Poblats del Nord i Poblats del Sud, que forma una zona alrededor de 56 km² de área. Uno de los motivos para elegir esta extensión ha sido, que el área de estudio de las campañas de medición de la calidad del aire se lleva a cabo por los distritos seleccionados y no se disponen datos de los dos distritos apartados.

El máximo interés de este trabajo es el estudio de la población y, por tanto, se necesita una zona donde se concentre dicha población y disponga de los equipamientos de interés, como es el caso del área urbana de Valencia o Ciutat de València.

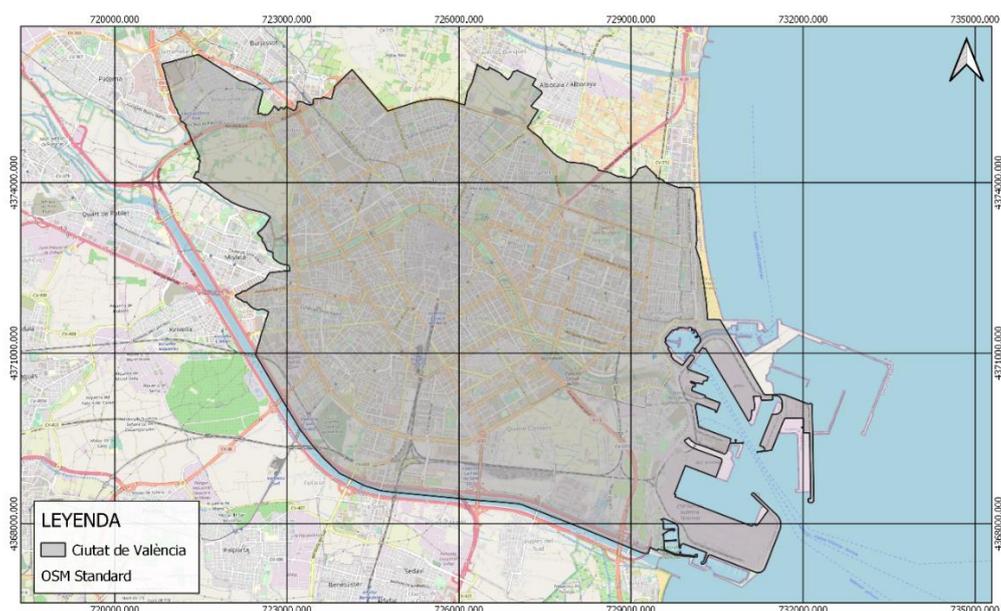


Ilustración 3. Área de la Ciutat de València. Fuente: Elaboración propia.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

El objetivo general del presente proyecto es realizar un análisis de la calidad del aire en zonas vulnerables por grupos de población de la Ciutat de València. Se pretende hacer un análisis geoespacial de la calidad del aire, respecto a las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) medidas en la campaña 2017-2022 mediante dosimetría pasiva y respecto a los grupos de población sensibles a la mala calidad del aire divididos y localizados por equipamientos.

2.2. Objetivos específicos

El proyecto se divide en 5 objetivos específicos:

Objetivo específico 1:

Geolocalización de las campañas de medición de la calidad del aire mediante dosimetría pasiva 2022 y obtención de un mapa continuo en la ciudad.

Objetivo específico 2:

Definición de equipamientos y análisis de la distribución espacial de los equipamientos según grupo de población sensibles al NO₂

Objetivo específico 3:

Definición de un mapa de calor de los equipamientos ponderados

Objetivo específico 4:

Identificación de las zonas vulnerables de la ciudad de València y definición del área de influencia y análisis de la calidad del aire de las zonas vulnerables

Objetivo específico 5:

Identificación de problemas y análisis de medidas.

3. Datos

El proyecto parte de dos tipos de datos, uno para cada una de las dos ramas principales que se explican en la metodología general:

3.1. Dosimetría pasiva

En cuanto a los datos de la dosimetría pasiva, la capa usada de **“Districtes/Distritos”** se encuentran en el Portal del Ajuntament de València – Dades Obertes y proviene del servicio de Urbanismo e Infraestructura del Ayuntamiento de Valencia. La capa contiene un conjunto de polígonos con los distritos del municipio donde se eliminan **“Poblats Nord”** y **“Poblats Sud”** marcados en rojo (ilustración 4).

Por consiguiente, se corrige la topología de la capa de distritos para seguidamente ejecutar un comando **“dissolve”** para conseguir un solo polígono homogéneo que represente la Ciutat de València y, por tanto, defina el área de estudio del proyecto, marcado en verde. (ilustración 4). La capa se encuentra en sistema de coordenadas EPSG4326-WGS84 por lo que se reprojecta al sistema de coordenadas EPSG:25830-ETRS89/UTM zona 30N.

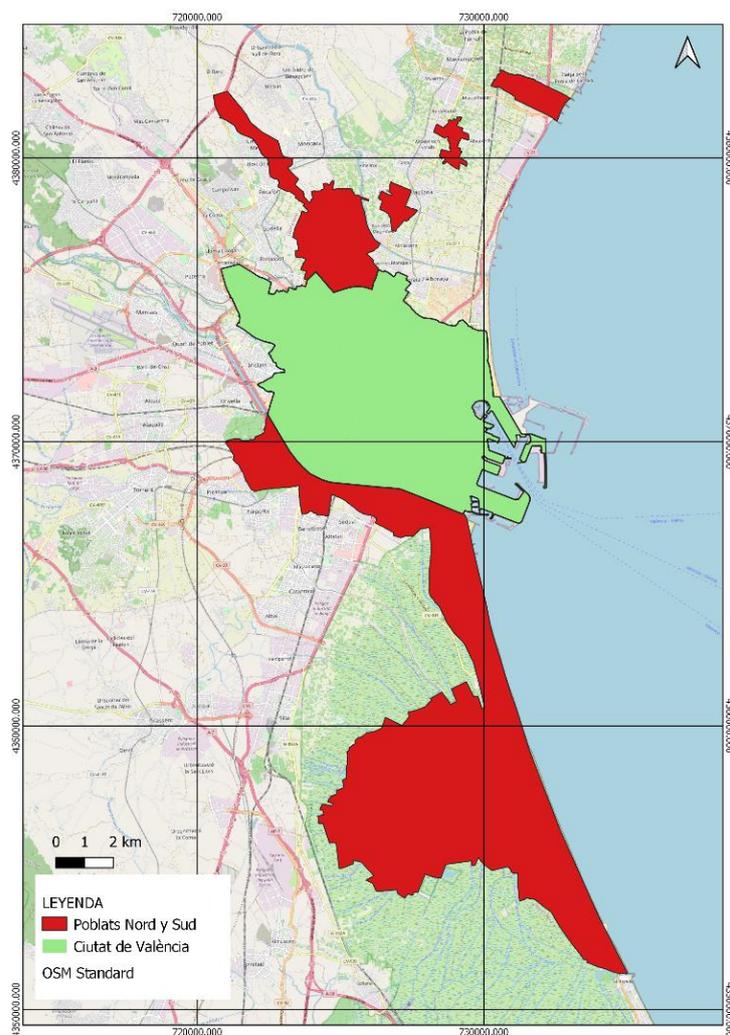


Ilustración 4. Distritos borrados y Ciutat de Valencia. Fuente: elaboración propia

En cuanto a los datos que se usan de mediciones de NO₂ por el método de **Dosimetría pasiva**, los datos se obtienen en campañas trimestrales desde febrero de 2017 a finales de 2022 en muestreo de 14 días. Resulta una base de datos que presenta un total de 2915 mediciones expresadas en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para 2017-2022.

El criterio seguido en la elección de las ubicaciones de los sensores es el de macroimplementación y microimplementación de acuerdo con la directiva europea 2008/50/CE. El trabajo de ubicar las estaciones dentro del territorio se lleva a cabo con un preestudio donde se definen las zonas idóneas y las zonas de interés para la instalación de estos.

La autora del presente proyecto forma parte en la elección y el diseño de la red de la campaña 2022, en colaboración con el proyecto AVI *Airluisa Monitorización Calidad Aire* (INNEST/2021/263). Por esta razón, algunas de estas ubicaciones son escogidas para que sean coincidentes con algunos de los equipamientos de interés, que se estudian en el presente proyecto. Siguiendo el criterio general acordado y siguiendo las líneas estratégicas de la clasificación elegida, se ubican sensores, en varios equipamientos de alto interés con respecto al grupo de población sensible niños. Cabe destacar que la ubicación de estos sensores permite recopilar información respecto a los niveles de NO₂ en entornos escolares, lo cual es fundamental para evaluar y monitorear la exposición de los niños, que son uno de los tipos de población más sensible, al contaminante. Las localizaciones de sensores escogidas son 17 sensores que se ubican en colegios de la Ciutat de Valencia o muy cerca de estos:

- CEIP Cervantes
- CEIP Humanista Mariner
- CEIP López Rosat (3 sensores)
- CEIP Mestalla
- CIPFP Ausias March
- Colegio Maria Auxiliadora
- Colegio San Juan Bosco Salesianos
- CPEIP Esclavas de Maria
- IES Luis Vives (2 sensores)
- IES Benlliure
- IES Sant Jordi
- IES Malilla
- IES Sorolla
- CEIP Santo Angel de la Guarda

Por otro lado, varias de las ubicaciones de los sensores coinciden con 7 de las estaciones RVVCCA, ubicadas dentro de la ciudad. Estas estaciones forman parte de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA), una red que tiene cómo objetivo controlar la calidad del aire mediante mediciones de distintos contaminantes. Estos sensores coincidentes con las estaciones son los siguientes:

- RVVCCA. Avda. Francia
- RVVCCA. Politécnico
- RVVCCA. Viveros
- RVVCCA. Molí del Sol
- RVVCCA. Pista Silla
- RVVCCA. Bulevard Sud
- RVVCCA. Valencia Centro

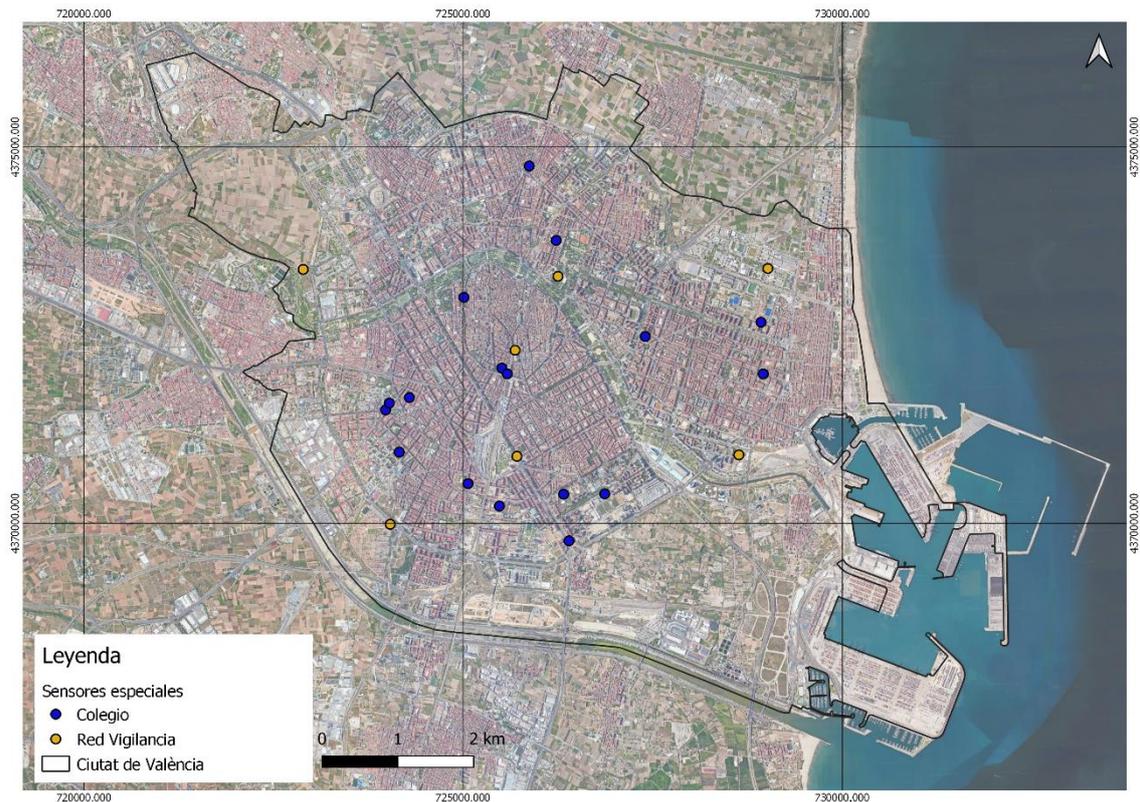


Ilustración 5. Sensores coincidentes con colegios y estaciones de la RVVCCA. Fuente: elaboración propia

En cuanto a temporadas en las que se realizan las campañas, en concreto, las mediciones del año 2022 se llevan a cabo en 4 fechas distintas, todas en campañas de 14 días:

- 4 de febrero – 18 de febrero.
- 29 de abril – 13 de mayo.
- 8 de agosto – 22 de agosto.
- 11 de noviembre – 25 de noviembre.

3.2. Equipamientos

Desde el Portal del Ajuntament de València – Dades Obertes se descargan los siguientes conjuntos de datos en formato shape (.shp) con tipo de geometrías de puntos:

- **“Joventut/Juventud”** → contiene asociaciones, clubs y otros establecimientos enfocados a los niños de todas las edades. (EPSG 4326 – WGS 84).
- **“Centros educativos en València”** → compuesta por centros educativos desde guardería hasta secundaria. (EPSG 4326 – WGS 84).
- **“Majors/Mayores”** contiene clubs y asociaciones dirigidos a personas mayores o de la tercera edad (EPSG 4326 – WGS 84).
- **“Hospitales y otros centros sanitarios”** → Clasificada por el tipo de establecimiento según es hospital, centro de salud o consultorio.
- **“Equipamientos municipales / Equipaments municipals”** → Son de interés tan sólo los equipamientos definidos como Instalaciones Deportivas Elementales (IDE). (EPSG 4326 – WGS 84).

- “Jardines y espacios verdes” → interés en zonas de más de 1000 metros cuadrados de superficie total con tipología de parque urbano o parque de protección especial. (EPSG 4326 – WGS 84).
- “Zones Jocs Infants/ Zona Juegos Infantiles” → (EPSG 4326 – WGS 84).

Por otro lado, se pretende completar la información anterior de los distintos tipos de equipamientos con varios conjuntos de datos geoespaciales. Estos son adquiridos mediante una selección realizada con la herramienta Google My Maps basada en Open Street Maps (OSM). Se descargan en formato de archivo KML (Keyhole Markup Language):

- “Guarderías y centros infantiles.”
- “Centros de día, residencias y asociaciones de mayores”
- “Consultorios médicos y centros sanitarios y de salud.”
- “Instalaciones deportivas.”

Respecto al procesado de los datos, se comprueba que todos los conjuntos de datos obtenidos tengan la misma proyección y sistema de coordenadas que el elegido para el proyecto (EPSG:25830-ETRS89/UTM zona 30N), si no es así, se re proyectan. Se corrigen los errores topológicos aplicando un recorte por la capa que contiene el polígono que representa la Ciutat de València para eliminar todos los equipamientos que se encuentran fuera del área de estudio y se comprueba que no existan puntos solapados.

Seguidamente se modifican las bases de datos y se agrupan las capas, realizando uniones, por grupos de población para conseguir:

- **Niños** que se constituye por “Guarderías y centros infantiles” (OSM), “Joventut/Juventud” y “Centros educativos en València”. Conforman una capa con un total de 507 equipamientos con el siguiente modelo de datos:

	Name	tipo	población	pondera	EDADES
1	TARPURISUN - SEMBREMOS, AMIGOS DE AREQUI...	social	Niños	1	TODOS
2	SECCIÓ DE L'IES CONSELLERIA A VALENCIA	secundaria	Niños	1	7-13
3	RESIDENCIA JUVENIL ROSALÍA RENDU	social	Niños	1	TODOS
4	PATRONATO DE LA JUVENTUD OBRERA	social	Niños	1	TODOS
5	MY HOUSE CENTRO INFANTIL	infantil	Niños	3	0-6

Ilustración 6. Modelo de datos Niños. Fuente: Elaboración propia.

- **Mayores** se compone de la unión de “Centros de día, residencias y asociaciones de mayores” (OSM) y “Majors/Mayores” y 142 equipamientos con el siguiente modelo de datos:

	equipamien	pondera	Tipo	población
1	CENTRO MUNICIPAL DE ACTIVIDADES PARA PERSON...	3	Centro	Mayores
2	CLUB MUNICIPAL DE JUBILADOS	2	Club jubilados	Mayores
3	RESIDENCIA HERMANAS ANGÉLICAS	4	Residencia	Mayores
4	CENTRO SOCIOSANITARIO NUESTRA SEÑORA DEL C...	3	Centro	Mayores
5	CLUB DE JUBILADOS Y PENSIONISTAS JESÚS-LA RAIIO...	2	Club jubilados	Mayores

Ilustración 7. Modelo de datos Mayores. Fuente: Elaboración propia.

- **Enfermos** constituida por “Consultorios médicos y centros sanitarios y de salud.” (OSM) y “Hospitales y otros centros sanitarios” con un total de 65 equipamientos con el modelo de datos siguiente:

	nombre	tipo	PONDERA	Población
1	Clínica Casa de la Salud	Hospital	5	Enfermos
2	Centro de Salud Benimaclet	Centro de Salud	4	Enfermos
3	Consultorio Local Valencia L'Alger	Consultorio	1	Enfermos
4	Centro de Salud Nou Moles	Centro de Salud	4	Enfermos
5	Centro de Salud Salvador Allende	Centro de Salud	4	Enfermos

Ilustración 8. Modelo de datos Enfermos. Fuente: Elaboración propia.

- **Aire libre** compuesta por “Instalaciones deportivas.” (OSM), las Instalaciones Deportivas Elementales (IDE) de “Equipamientos municipales / Equipaments municipals” y el resultado del filtrado de los puntos de la capa “Zones Jocs Infantils/ Zona Juegos Infantiles” que se encuentran dentro de los polígonos de la capa “Jardines y espacios verdes”, con tipo parque urbano o parque de protección especial y con más de 1000 metros cuadrados de área. Con un total de 148 equipamientos la base de datos es la siguiente:

	Name	pondera	tipo	población
1	VIP	1	Juegos Infantiles	Deportes al aire libre
2	Sporting Tennis Valencia. S.A.	1	Deportes	Deportes al aire libre
3	Ramon y Cajal GV	1	Juegos Infantiles	Deportes al aire libre
4	Profesor Llombart	1	Juegos Infantiles	Deportes al aire libre
5	Polideportivo Monteolivete	1	Deportes	Deportes al aire libre

Ilustración 9. Modelo de datos Aire libre. Fuente: Elaboración propia.

4. Metodología

La metodología general se constituye por dos ramas principales. La primera, respecto a los datos de dosimetría pasiva y su posterior procesado de los datos para obtener un mapa de calor que abarque el primer objetivo específico. La segunda rama, está relacionada con el segundo objetivo específico y es referente a los equipamientos, a los grupos de población en los que se dividen y sus respectivas ponderaciones.

Metodología general:

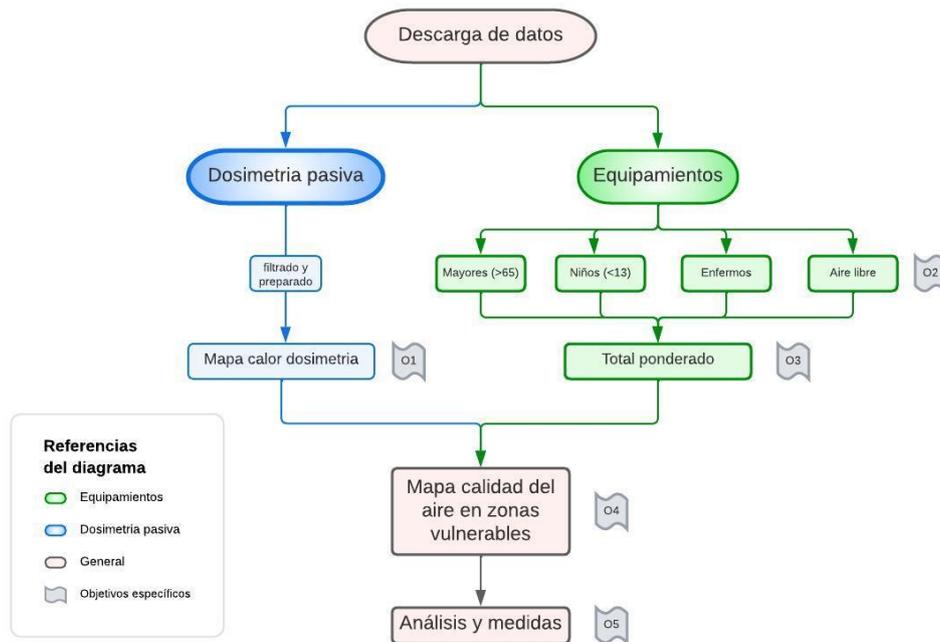


Ilustración 10. Esquema de la metodología general. Fuente: Elaboración propia.

4.1. Calidad del aire por dosimetría pasiva

Para la primera rama principal, se usan los datos de la campaña trimestral de mediciones por dosimetría pasiva, donde vienen dadas cuatro mediciones por estación y por año medido desde febrero de 2017 hasta 2022. A esta capa se le realiza primeramente un procesado de los datos tanto gráficos como alfanuméricos.

En el procesamiento de los datos gráficos, primeramente, se re proyecta la capa al sistema de referencia EPSG:25830/UTM zona 30N. Se realiza una corrección topológica donde se pretende eliminar todas las estaciones que se encuentran fuera del polígono que marca el área de estudio. Asimismo, se borran las geometrías duplicadas, ya que existe un punto por medida realizada en cada una de las ubicaciones de sensores, por lo que, si se realizan cuatro medidas por año, se obtienen 4 puntos duplicados para cada sensor en el año 2022.

Respecto a la información alfanumérica, se desprecia las mediciones nulas y se rectifican las estaciones que han sido utilizadas en varios proyectos, en los que, correspondiendo a la misma ubicación, se les ha asignado identificador. Se calcula el promedio de las cuatro medidas anuales por sensor mediante la herramienta de tablas dinámicas del software Excel, lo que resulta en una única medición por sensor para el año 2022:

NUM	Puntos de muestreo	Promedio NO2
1	Xativa - San Vicente	47,85
2	Plaza del Ayuntamiento	36,25
3	Tunel plaza España	68,59
4	Plaza de la Reina	29,51
5	Plaza de Tetuan	44,61
6	Mercat de Russafa	39,03
7	Plaza Dr. Collado	28,84
8	Avda. Cataluña - Blasco Ibañez	61,50
9	Alfahuir - Primado Reig	50,43
10	Serradora - Blasco Ibañez	39,54
11	Serradora - Avda. del Port	56,37
12	Gaspar Aguilar - Hospital Peset	40,77
13	Avda. El Cid - Avda. Tres Cruces	50,51
14	Bulevar Sud 1. Teatro Rambleta	47,00
15	Bulevar Sud 2. Hospital La Fe	44,90
16	Ronda Nord 1	40,24
17	Ronda Nord 2	43,95
18	Parque de Cabecera	20,75
19	Parque del Oeste	26,71
20	Viveros	24,45
21	Politecnico. Avda dels Tarongers	34,98
22	Perez Galdos - Cuenca	78,37
23	Perez Galdos - Sta M ^a Micaela	50,52
24	angel Guimera - Palleter	57,80
25	angel Gimera - Quevedo	43,32
26	Plaza de España	62,49
29	Lopez Rosat 3. Archiduque Carlos	40,89
30	Lopez Rosat 4. Vicent Maroto	30,98
31	Lopez Rosat 5. Avda. Tres Forques	33,41
32	Luis Vives 1. Xativa	52,59
33	Luis Vives 2. Peatonal Arquebisbe Mayoral	34,49
37	Humanista Mariner 1. Valla Oeste	31,30
38	Plaza Rafael Gomez - Ferrer Sapiña	27,42
40	RVVCCA. Avda. Francia	12,23
41	RVVCCA. Bulevard Sud	22,25
42	RVVCCA. Moli del Sol	17,13
44	RVVCCA. Pista Silla	19,30
45	RVVCCA. Politecnico	13,45
46	RVVCCA. Viveros	16,63
47	RVVCCA. Avda. Francia 2	33,57
48	RVVCCA. Bulevard Sud 2	32,26
49	RVVCCA. Moli del Sol 2	32,45
50	RVVCCA. Pista Silla 2	39,94
51	RVVCCA. Politecnico 2	25,03
52	c/ de les Barques - Poeta Querol	47,16
53	c/ de la Paz - c/ de la Creu Nova	40,04
54	c/ San Vicente - Avda. M ^a Cristina	36,03
55	Plaza Alfonso Magnanimo	32,24
56	Plaça del Tossal (c/ Cavallers - c/ Bolsseria)	33,41

57	CV-36 (Torrent)	89,94
59	CV-35 (rotonda Dama Elche)	55,38
60	V-21 (rotonda Politecnico)	51,54
61	V-31 (rotonda de los Anzuelos)	77,41
62	Avda Balears - Eduardo Bosca (rotonda)	47,35
66	General Aviles - Pio XII (rotonda)	58,15
71	RVVCCA. Valencia Centro 2	32,28
114	CEIP Cervantes 2 (c/ Guillem de Castro)	37,91
120	IES Benlliure 2 (c/ d'Alboraia)	40,21
126	IES Sorolla 2 (c/ Sants Just i Pastor)	31,18
133	IES Jordi Sant Jordi 3 (Avda. Germans Maristas)	40,05
134	CIPFP Ausias March 1 (Avda. Ausias March)	44,70
145	CEIP Santo angel de la Guarda (c/San Vicent Martir, 246)	45,48
146	IES Malilla (c/ Bernardo Morales Sanmartin s/n)	30,10
147	Colegio San Juan Bosco - Salesianos Valencia SJB (Avda. de la Plata, 10)	35,70
148	CEIP Mestalla (c/ Ernest Ferrer, 2)	36,52
150	c/ del Serpis. Centro de idiomas	29,59
156	Colegio Maria Auxiliadora (Avda. Constitucion, 178)	46,73
201	c/ d'Enguera - Archiduque Carlos	40,29
211	Archiduque Carlos - c/ Puebla Valverde	48,27
221	c/ Mariano Ribera - c/ d'Aiora	43,57
224	Avda. Tres Forques - Fray Junipero Serra	36,72
228	Archiduque Carlos - c/ Mare de Deu	56,85
613	Avda, Campanar-Hipolito Rovira	46,00
617	c/ Micer Masco - Rodriguez Fornos (Conselleria)	29,91
634	Mendez Nuñez-Padre Porta (Parque)	43,84
643	Avda. Francia-Vicente Beltran	38,83
646	Republica Argentina-Sants Just i Pastor	39,63
650	Benimaclet. c/ Dolores Marques, 18	39,96
652	Centro Salud Benimaclet (Ramon Asensio)	26,77
655	Perez Galdos - c/ Linares	49,52
656	Giorgeta - Jesus	59,22
657	Giorgeta - San Vicente	52,09
701	Pont de Fusta	38,97
702	Torres de Serrano	41,04
703	Oeste 1, 26	37,67
705	Oeste 2, 50	37,46
706	Colon (plaza toros), 7	55,39
707	Fernando Catolico, 50	50,70
708	Marques del turia, 60	59,34
709	Parking Mercado Ruzafa	37,57
710	Peris i Valero, 112	57,73
711	Parking 3F, Chiva, Mariano Ribera	47,39
712	Mislata (calle Valencia)	47,35
713	Pont 9 d'Octubre	44,36
714	Maestro Rodrigo, 84	34,91
715	Pesset Aleixandre, 75	64,34
717	Avda. Hnos. Machado (Entrada)	62,66
718	Serreria, 13	50,57
719	V-15 Saler	46,14

Ilustración 11. Tabla de promedios por estación de NO₂ en 2022. Fuente: Elaboración propia.

Después de calcular el promedio anual y obtener el identificador de la estación, se exporta esta información al software QGIS. Seguidamente, se lleva a cabo una operación de "join" entre esta tabla y la capa de puntos (información gráfica) previamente editada.

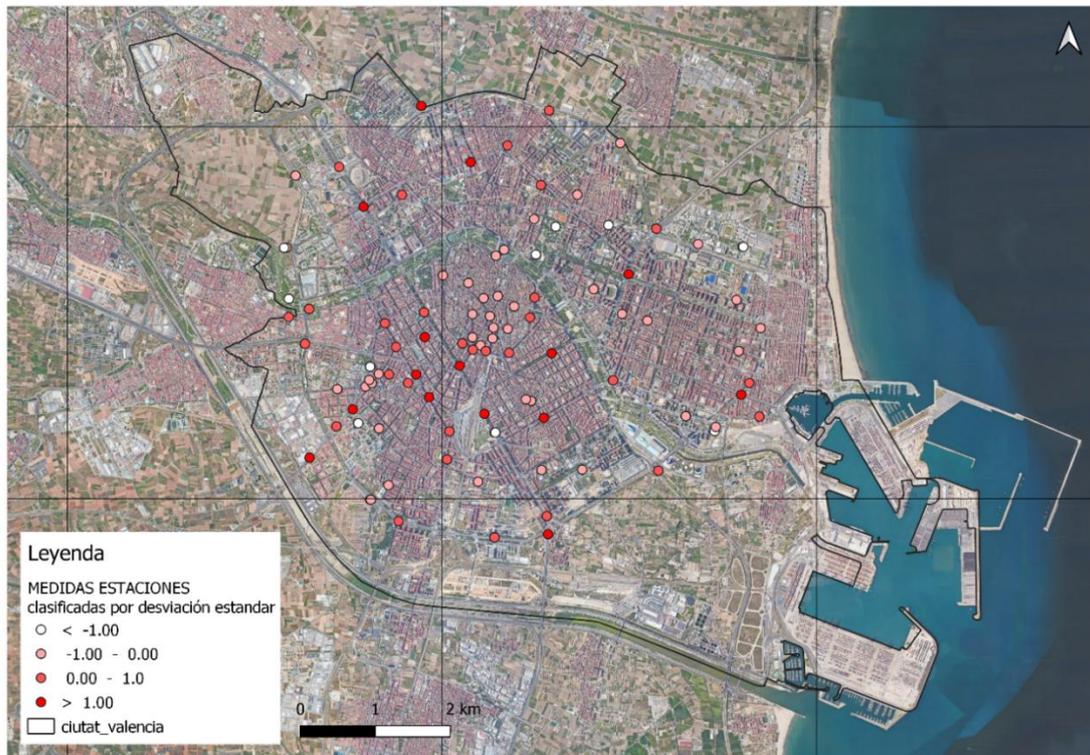


Ilustración 12. Localización de estaciones de dosimetría pasiva 2022 simbolizadas por promedios. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realiza una interpolación utilizando el método de distancia inversa ponderada (IDW), disponible en el software QGIS. Se escoge este método porque da mejores resultados al generar superficies continuas con relación a análisis de distribución de contaminantes (López Villalba, F. E., 2014) y porque el método considera la relación entre los valores de los puntos y sus distancias, asignando un mayor peso a los puntos más cercanos. Se otorga un coeficiente de distancia 10 ya que se pretende aumentar la influencia de los picos más altos.

La interpolación da como resultado una capa ráster. Esta capa se clasificará mediante tres métodos distintos, con el fin de proporcionar la visualización de los datos según varios criterios.

La primera clasificación que se le aplica a la capa ráster resultante es por quintiles. Esta se usa para agrupar las zonas de forma homogénea con valores bajos, medios y altos (Ramos-Herrera I.M. et al, 2019). Añadiendo una última clase con el percentil 97 se consigue que las zonas con los valores excesivamente altos se visualicen y destaquen claramente. Para ello los percentiles utilizados son los siguientes:

	PERCENTILES
P25	32,26
P50	39,99
P75	48,35
P97	70,19

Ilustración 13. Percentiles NO₂. Fuente: Elaboración propia

La segunda clasificación utilizada para la capa ráster resultante está basada en el valor límite marcado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las metas intermedias o directrices de referencia, que la organización considera, para reducir los niveles de dióxido de nitrógeno. Por tanto, nuevamente la clasificación consta de 5 rangos.

Table 3.16. Recommended AQG level and interim targets for nitrogen dioxide

Recommendation	NO ₂ (µg/m ³)
Interim target 1	40
Interim target 2	30
Interim target 3	20
AQG level	10

Ilustración 14. Metas intermedias y valor límite marcados por la OMS. Fuente: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Por último, la tercera clasificación que se aplica a la capa ráster resultante se compone de dos rangos, uno por debajo del límite de 40 µg/m³ anuales, indicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE), que coincide con el establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el segundo rango indicando las zonas por debajo de este valor crítico.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia
1. Valor límite horario.	1 hora.	200 µg/m ³ de NO ₂ que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil.	50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010. 50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.
2. Valor límite anual.	1 año civil.	40 µg/m ³ de NO ₂	50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010. 50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.
3. Nivel crítico (1).	1 año civil.	30 µg/m ³ de NO _x (expresado como NO ₂).	Ninguno.

Ilustración 15. Tabla de valor límite de NO₂ anual. Fuente: real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

4.2. Equipamientos

4.2.1. Equipamientos por grupo de población

Los equipamientos se agrupan y clasifican según tipos de población más sensibles al NO₂. Los grupos de población son elegidos basándose en el Plan Nacional del Aire 2017-2019 (Plan Aire II, 2017-2019).

- **Niños de 0 a 16 años.**

Para localizar a los niños de 0 a 16 años se clasifican los equipamientos en guarderías (0 -3 años), centros de educación infantil (0 – 6 años), primaria (6 – 12 años), secundaria (12 – 16 años), centro de infantil más primaria, de primaria más secundaria, centros educativos de infantil más primaria y secundaria y centros sociales para jóvenes.

- **Personas mayores de 65 años.**

Este grupo se ubica en residencias para mayores, centros de día de la tercera edad, clubs de jubilados y asociaciones y otros establecimientos propios de las personas de la tercera edad.

- **Personas enfermas crónicas.**

En este caso, se agrupa la población en hospitales, centros de salud, centros y consultorios médicos.

- **Personas que dedican gran cantidad de tiempo practicando deporte al aire libre.**

Se ubica este grupo en instalaciones deportivas con pistas al aire libre y zonas de juego infantiles situadas en parques urbanos o de protección especial de más de 1000 metros cuadrados de área.

Se realiza un análisis de distribución de los equipamientos por tipo de población sensible donde se sigue metodología basada en la metodología del análisis geoespacial de la distribución de los equipamientos (Bosch Checa, C. 2022).

Primeramente, se convierte la geometría de la capa a “point” con la herramienta de geometría vectorial “monoparte a multiparte”. Con ayuda de la herramienta “Matriz de distancias” del software Qgis, se genera un listado con formato CSV que contiene la media, desviación estándar, distancia mínima y máxima de cada uno de los puntos introducidos entre ellos. A continuación, se realiza un promedio de la desviación estándar y de la media de todos los puntos.

InputID	MEAN	STDDEV	MIN	MAX
CEIP CIUTAT ARTISTA FALLER	3914,12	1693,42	319,24	7915,73
CEIP CIUDAD DE BOLONIA	3350,84	1558,35	151,46	6881,71
CEIP CERVANTES	2412,46	1192,65	122,23	5567,38
CEIP CAVITE-ISLA DE HIERRO	4327,16	1842,98	176,12	8913,54
CEIP CARLES SALVADOR	2857,72	1259,21	200,29	5724,64
CEIP CAMPANAR	2963,39	1531,01	111,82	6737,86
CEIP CAMI DE L'HORTA	4862,20	1866,08	445,06	9077,17

	Promedio
Media	3124,74
Desv. Estand.	1441,16

Ilustración 16. Parte de la matriz distancia de niños y cálculo de promedios. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realiza el mapa de calor, con la herramienta “Mapa de calor (estimación de densidad de núcleo)” del software Qgis, utilizando tamaño de píxel 20 y radio calculado a partir de la resta del promedio de las medias, menos, el promedio de las desviaciones estándar. Este proceso da como resultado una capa ráster que se recorta por el polígono que marca el área de estudio.

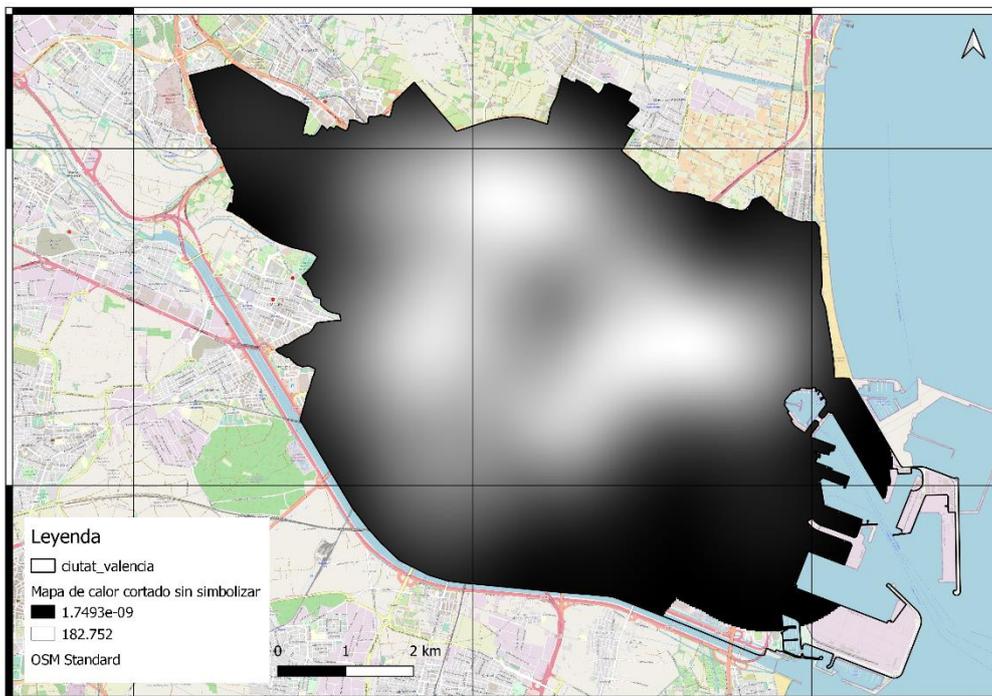


Ilustración 17. Mapa de calor de equipamientos niños recortado por área. Fuente: elaboración propia

Para la simbolización de los mapas de calor se aplica el método de ruptura natural de Jenks, debido a que es un método que identifica y clasifica los cambios significativos y genera clases homogéneas. Para ello se usa la herramienta “pasar píxeles ráster a puntos”, simbolizando los puntos por el método elegido y, por último, se aplicará esta misma clasificación a la capa ráster.

Este proceso se lleva a cabo con los equipamientos de los 4 tipos de población.

4.2.2. Equipamientos totales

Se sigue el criterio de ponderaciones de equipamientos según la importancia que se le pretende dar a cada tipo de equipamiento. Los factores que determinan esta importancia son; el tiempo total que pasan las personas que componen los tipos de población en cada uno de los equipamientos, por segundo, la cantidad de población que se concentra en este y, por último, se considera el rango en el que afecta la calidad del aire a cada tipo de población y la situación de las personas en este entorno.

La ponderación tiene un mayor riesgo cuanto mayor es el valor asignado. Los equipamientos relacionados con personas enfermas tendrán las mayores ponderaciones, destacando los Hospitales. Estos son los ponderados con un valor de mayor riesgo, ya que se concentran un gran número de personas vulnerables y de un rango más alto de vulnerabilidad por sus condiciones físicas. Está directamente relacionado con el grupo de población de mayores, pero también con personas de los dos tipos restantes de población.

La tabla de ponderaciones asignadas ha sido consultada con expertos, que han corregido y validado la ponderación, según los criterios explicados anteriormente.

POBLACIÓN	TIPO	PONDERACIÓN
AIRE LIBRE	Deportes	1
"	juegos	1
ENFERMOS	Consultorio	1
"	Centro de Salud	3
"	Centro Médico	3
"	Hospital	5
MAYORES	Otros	1
"	Asociación	1
"	Club de jubilados	2
"	Centro	3
"	Residencia	4
NIÑOS	Social	1
"	Secundaria	1
"	Primaria + secundaria	2
"	Primaria	2
"	Infantil+primaria+secundaria	3
"	Infantil+primaria	3
"	infantil	3
"	guardería	4

Ilustración.18 Tabla de ponderaciones de equipamientos según tipos de población. Fuente: elaboración propia

Por consiguiente, se unen las capas de los 4 tipos de población, obteniendo una capa total de equipamientos, con sus respectivos tipos y ponderaciones. Se lleva a cabo, de nuevo, el procedimiento de análisis de distribución, explicado en el apartado anterior, para conseguir un nuevo mapa de calor de distribución de los equipamientos. Este proceso se aplica a la capa de los equipamientos totales, con la diferencia de que esta vez, se añade en el campo de peso del mapa de calor las ponderaciones atribuidas, para que se reflejen en el resultado. La clasificación de la capa ponderada tendrá los siguientes rangos:

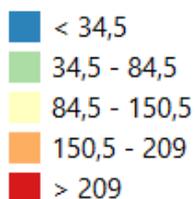


Ilustración 19. Rangos de clasificación de equipamientos totales ponderados. Fuente: elaboración propia.

4.3. Unión

En este paso se pretende conseguir las zonas o áreas vulnerables. En este apartado se realizan cálculos con el mapa de calor obtenido del apartado 4.3, y con la interpolación de dosimetría pasiva resultante del apartado 4.2. Ambas capas se encuentran en formato ráster.

Con ayuda de la herramienta “Contour Polygons” del software Qgis, se realiza una conversión de los mapas ráster a polígonos por rangos en formato vectorial. Los intervalos que se escogen son los que coincidentes con los rangos altos que se pretenden aislar. En el caso de equipamientos totales se escoge el intervalo 209 (ilustración 20) para que el resultado sean dos tipos de polígonos; los menores que este valor (0-209) y los mayores (>209). Las áreas menores al valor 209 (en rojo en la ilustración 20), se desprecian para obtener un polígono del rango que se pretende utilizar posteriormente (azul en la ilustración 20).

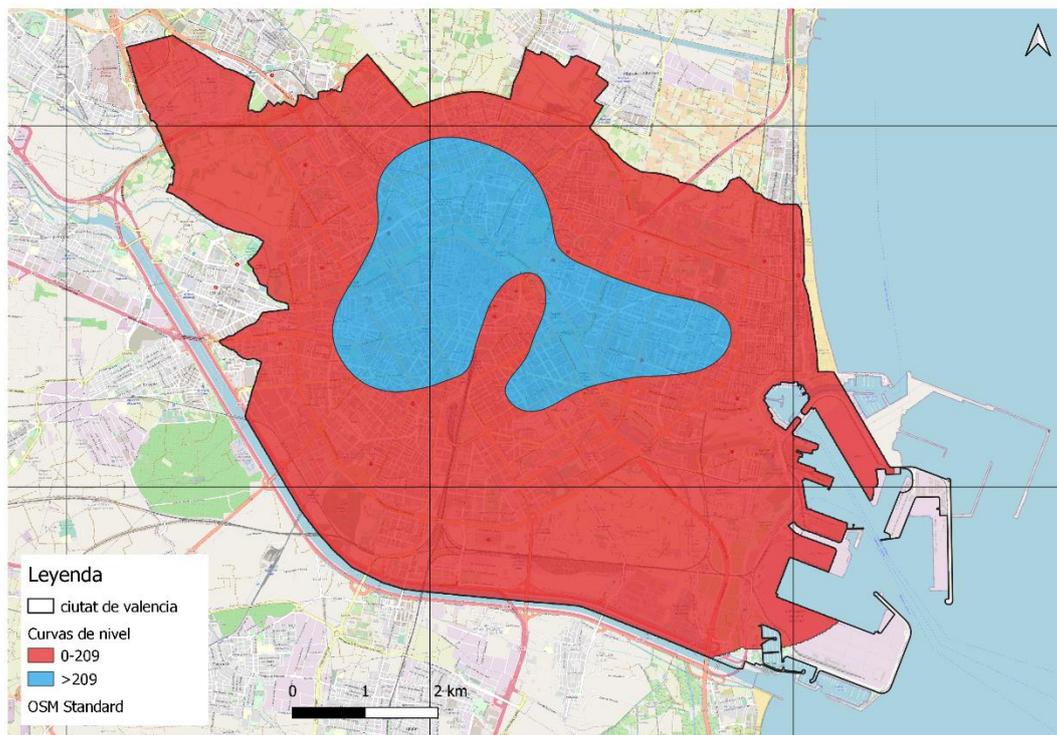


Ilustración 20. Resultado vectorización de equipamientos. Fuente: Elaboración propia

Para la interpolación de dosimetría pasiva aplicando la clasificación por quintiles, se realiza el mismo proceso que a la capa de equipamientos. En este caso se adapta el rango al percentil 97 con valor $70,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El resultado es, nuevamente, dos conjuntos de polígonos distintos, uno con valores mayores al percentil 97 (en rojo en la ilustración 21) y otro con los menores (conjunto de naranja y verde en la ilustración 21):

Por último, para la interpolación de dosimetría pasiva utilizando el valor límite marcado por la Organización Mundial de la Salud de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se repite de nuevo el proceso anterior. En este caso, se borran los polígonos con valores menores de 40 y se realiza un “dissolve” con los polígonos de valores mayores (en naranja y rojo en la ilustración 21).

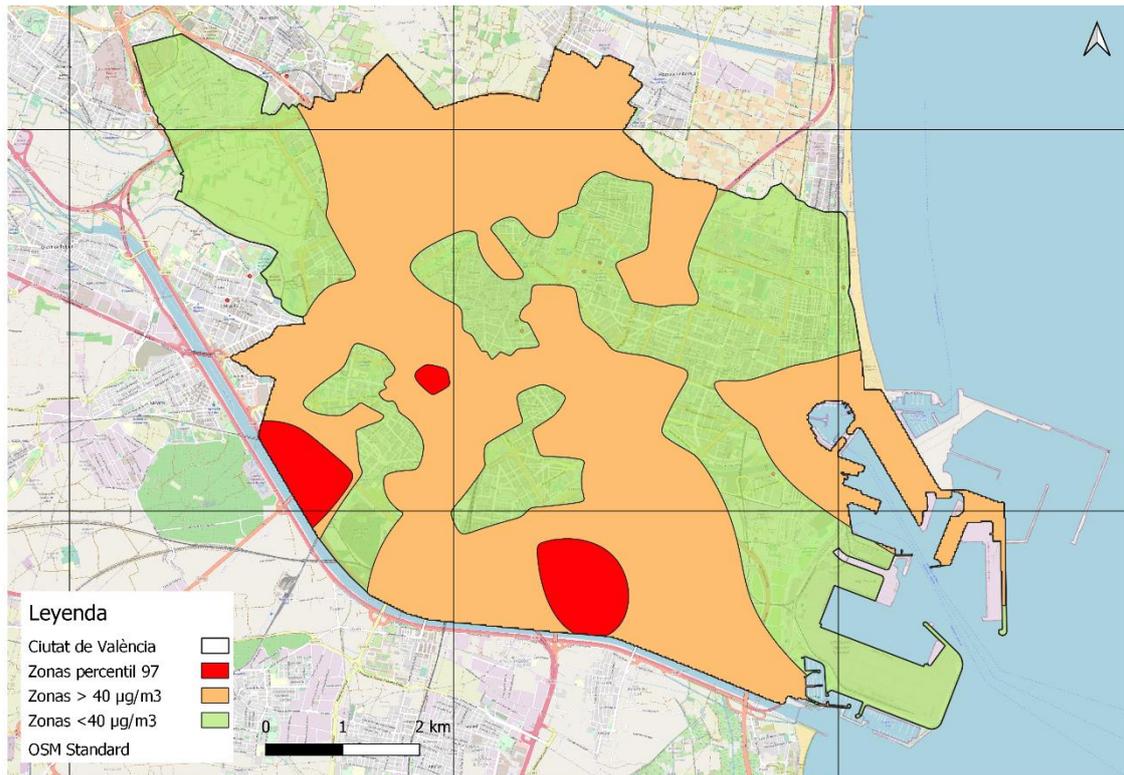


Ilustración 21. Zonas resultantes de la vectorización de dosimetría pasiva. Fuente: elaboración propia

Por último, se superponen el polígono de equipamientos con los dos tipos de polígonos, dando como resultado los dos tipos de áreas más vulnerables.

5. Resultados y discusión

5.1. Resultados del Objetivo Específico 1

O1: Geolocalización de las campañas de medición de la calidad del aire mediante dosimetría pasiva 2022 y obtención de un mapa continuo en la ciudad.

El objetivo específico 1 tiene como resultados los siguientes mapas adjuntos:

- Mapa de sensores de dosimetría pasiva 2022 en la Ciutat de València
- Mapa interpolación NO₂ por dosimetría pasiva en la Ciutat de València 2022
- Mapa interpolación dosimetría pasiva por metas intermedias OMS

El rango de las medias anuales de los sensores se encuentra entre 12,225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la media de 89,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales. La media más baja corresponde al sensor RVVCCA. Avda. Francia (punto verde en la ilustración 22), que es coincidente con una de las estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica y la media más alta que correspondiente al sensor situado en la entrada de la CV-36 o también denominada coloquialmente Autovía de Torrent (punto rojo en la ilustración 22).



Ilustración 22. Puntos de medias anuales de NO₂ máxima y mínima. Fuente: elaboración propia.

De los 99 sensores que captan mediciones de NO₂, más de la mitad (53,54%) cuentan con medias anuales que están por encima del valor crítico de 40 µg/m³ anuales marcados por la OMS y el BOE. El resto de sensores captan mediciones por debajo del valor crítico (46,46%), de los cuales, el 30,30% se encuentran en la primera de las metas marcadas por la OMS para la reducción de los niveles de NO₂ de entre 30 y 40 µg/m³ (ilustración 13), el 11,11% incluyen medias relacionadas con la segunda meta de entre 20 y 30 µg/m³ y una pequeña parte de las estaciones coinciden con medias anuales correspondientes a la tercera meta entre 10 y 20 µg/m³. Cabe destacar que ninguna de las medias anuales rebaja la última y cuarta meta de valores menores a 10 µg/m³.

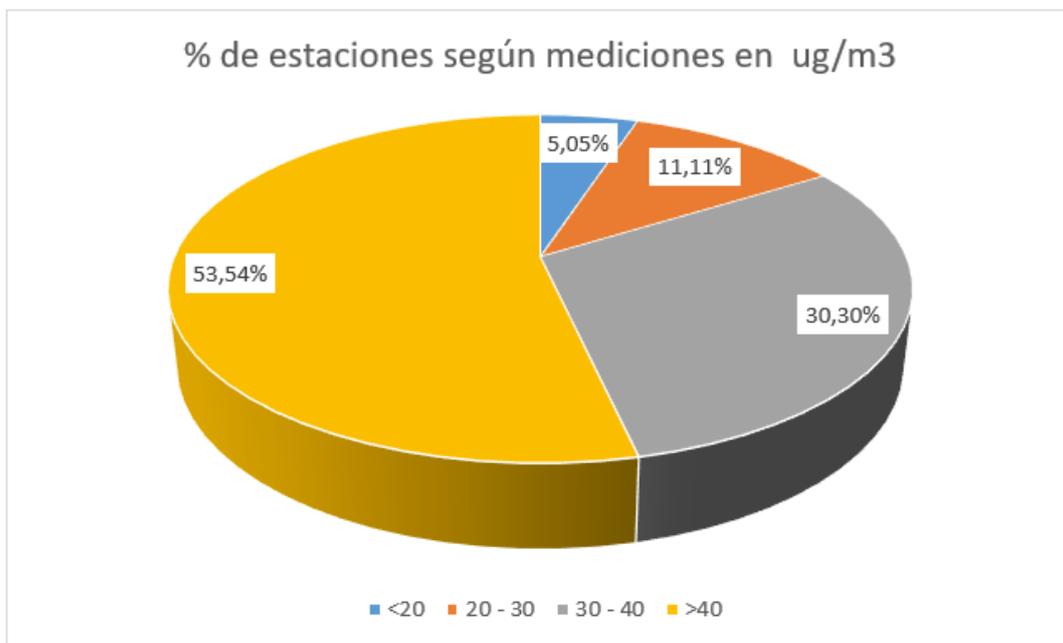


Ilustración 23. Gráfico de porcentaje de estaciones según mediciones de NO₂ en ug/m3. Fuente: elaboración propia

5.2. Resultados del Objetivo Específico 2

O2: Definición de equipamientos y análisis de la distribución espacial de los equipamientos según grupo de población sensibles al NO₂

Este objetivo tiene cómo resultado los siguientes mapas:

- Mapa de posición de equipamientos para niños clasificados por edades
- Mapa de posición de equipamientos para enfermos clasificados por tipos
- Mapa de posición de equipamientos para mayores clasificados por tipo
- Mapa de posición de equipamientos aire libre clasificados por tipo
- Mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos para niños en la Ciutat de València
- Mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos para enfermos en la Ciutat de València
- Mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos de mayores en la Ciutat de València
- Mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos aire libre en la Ciutat de València

- Mapa de distribución espacial de equipamientos por tipos de población

5.2.1. Distribución de los equipamientos agrupados por tipo de población

En cuanto al mapa de calor de la distribución espacial de los equipamientos relacionados con los niños de hasta 16 años, la mayor parte de la Ciutat de València está bien equipada (colores naranja y rojo en la ilustración 26). Son destacables dos focos, el primer foco más pequeño corresponde a la parte sur del distrito Algirós, la parte norte de Camins al Grau y la parte este del Pla del Reial. El segundo foco, con un tamaño más grande, comprende la mayor parte de los distritos la Saïdia y Extremurs, la parte Este de Campanar y la parte oeste de Ciutat Vella.

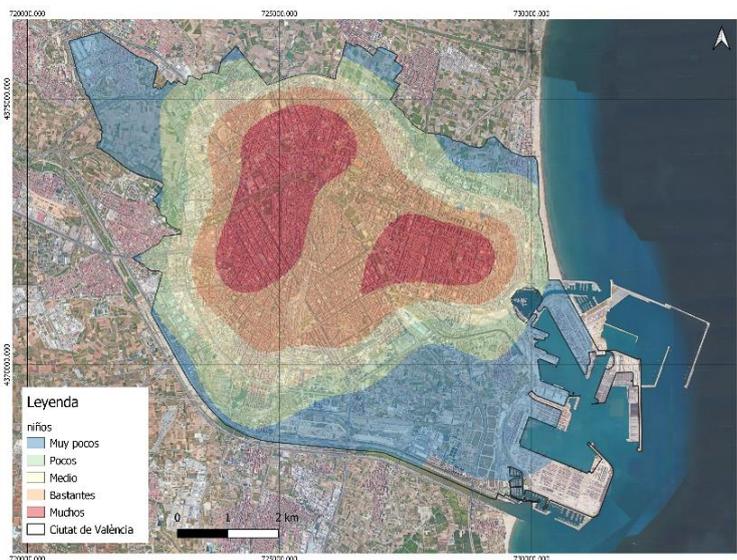


Ilustración 26. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para niños. Fuente: elaboración propia

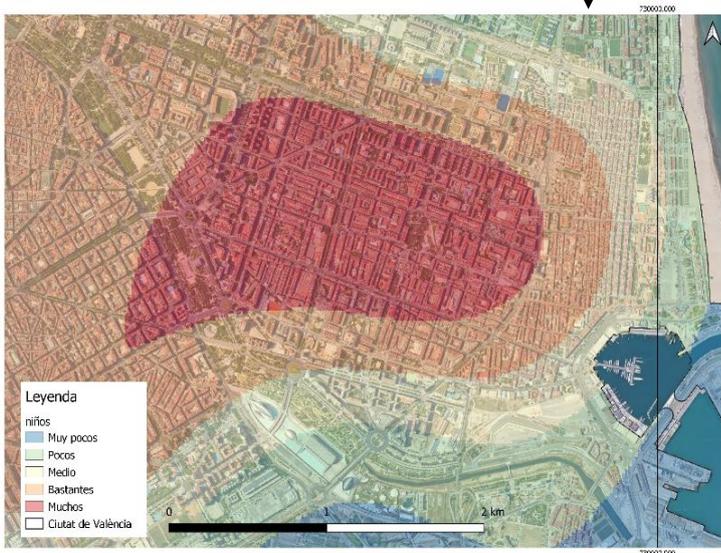


Ilustración 24. Ampliación al primer foco de la ilustración 26. Fuente: elaboración propia

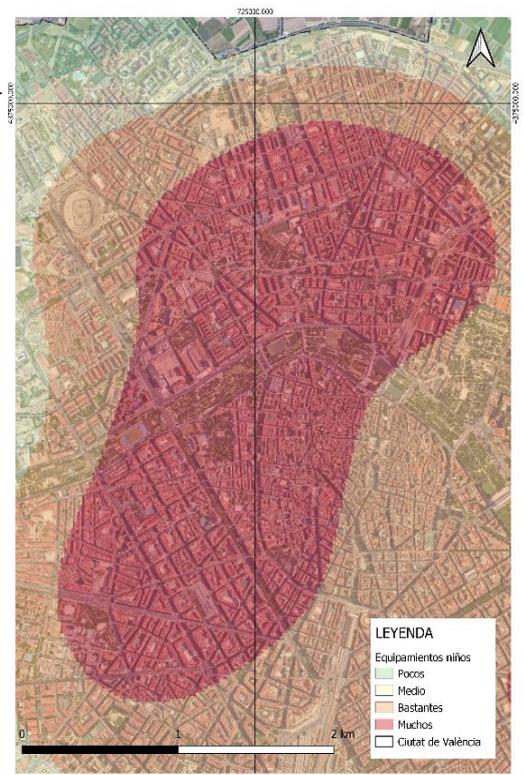


Ilustración 25. Ampliación al segundo foco de la ilustración 26. Fuente: elaboración propia

El mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos de enfermos crónicos presenta una suave tendencia hacia el sur de la ciudad, contrastando la forma del área más equipada. Esta área sigue la forma de la curva del cauce del río más cercana al centro de la ciudad y corresponde con casi la totalidad del término de los barrios La Saïdia y El Pla del Reial y alrededores de estos.

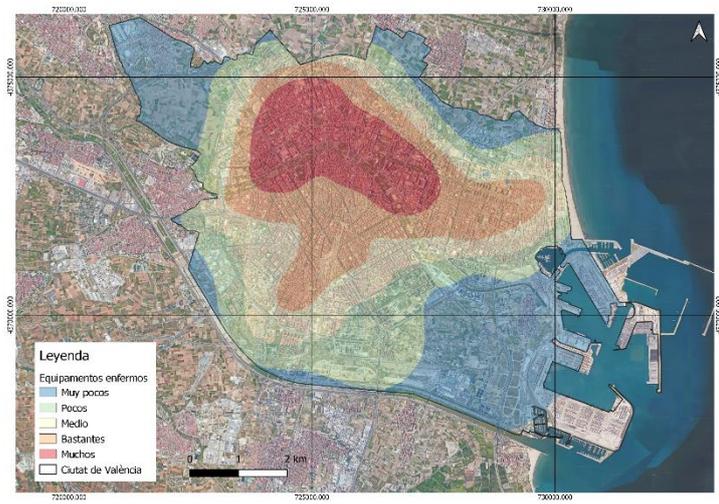


Ilustración 28. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para enfermos. Fuente: elaboración propia

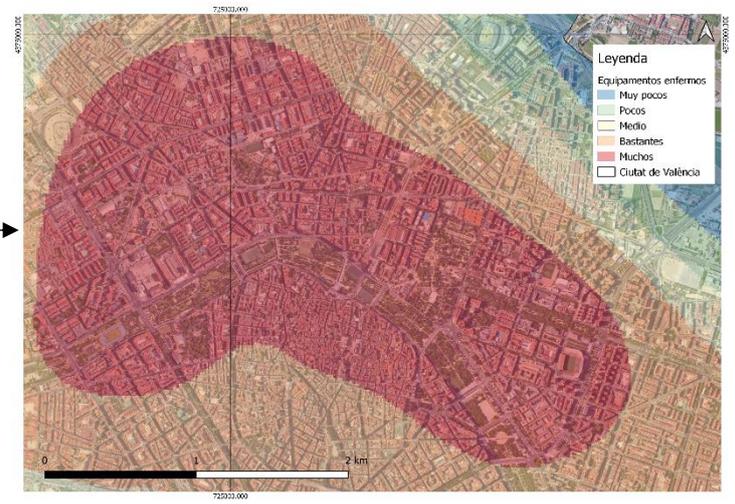


Ilustración 27. Ampliación al foco de la ilustración 28. Fuente: elaboración propia

El mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos de mayores resalta dos focos, el primero, en la parte noreste, más cercano a la costa. El segundo foco, el más vulnerable, es correspondiente al centro de la ciudad y ampliado hacia el barrio de Extramurs. Este es el tipo de equipamientos que más concentrados se encuentran en un área singular. Es el tipo con el área vulnerable más pequeña.

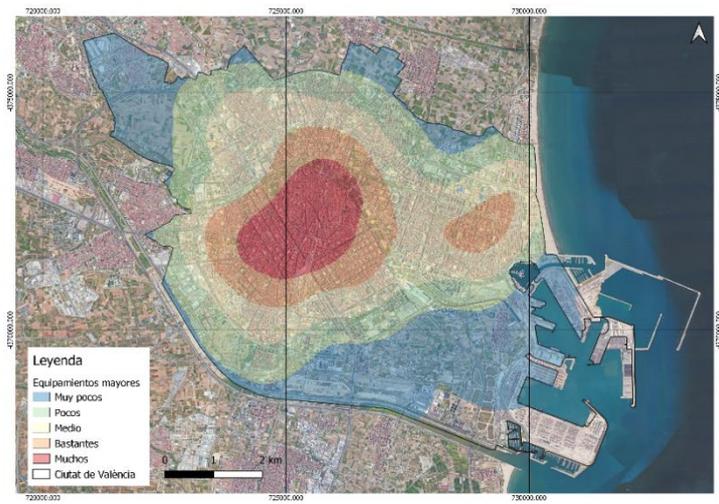


Ilustración 30. Mapa de calor de distribución de los equipamientos para mayores. Fuente: elaboración propia

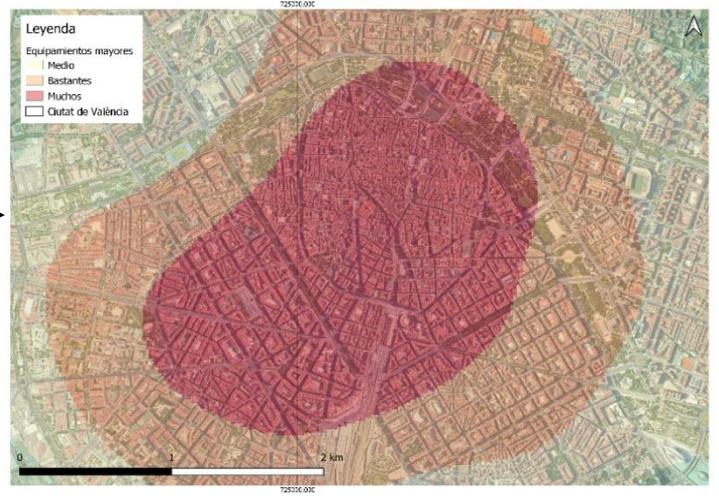


Ilustración 29. Ampliación al foco de la ilustración 30. Fuente: elaboración propia

El mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos al aire libre muestra la zona más conflictiva y, por tanto, la más equipada respecto a instalaciones deportivas al aire libre y parques de juego infantiles al aire libre. La zona resultante se encuentra en la parte noroeste de la ciudad y coincide con un tramo del cauce del río, ya que muchos de estos equipamientos se encuentran a lo largo de este. En el caso de este tipo de población, los equipamientos son los que mejor distribuidos se encuentran, ya que, la categoría de muy pocos equipamientos aparece relativamente poco comparando con el resto de los tipos.

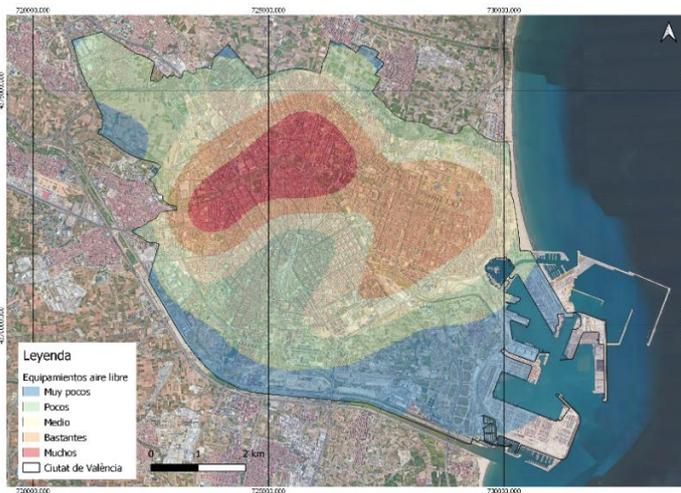


Ilustración 32. Mapa de calor de distribución de los equipamientos de aire libre. Fuente: elaboración propia

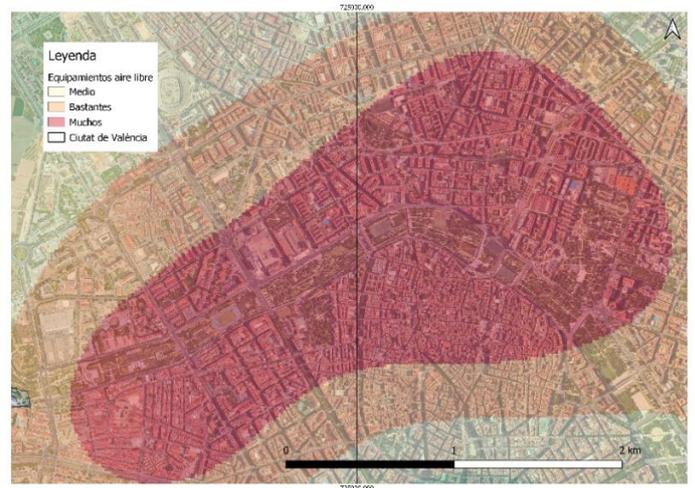


Ilustración 31. ampliación al foco de la ilustración 32. Fuente: elaboración propia

5.2.2. Equipamientos completos

El resultado de los equipamientos totales consta de 861 equipamientos, los cuales, 506 corresponden a los relacionados con niños de entre 0 y 16 años, 65 a la población de enfermos crónicos, 142 a personas mayores de 65 años y personas de la tercera edad, y, por último, 148 equipamientos relacionadas con personas que practican deportes al aire libre.

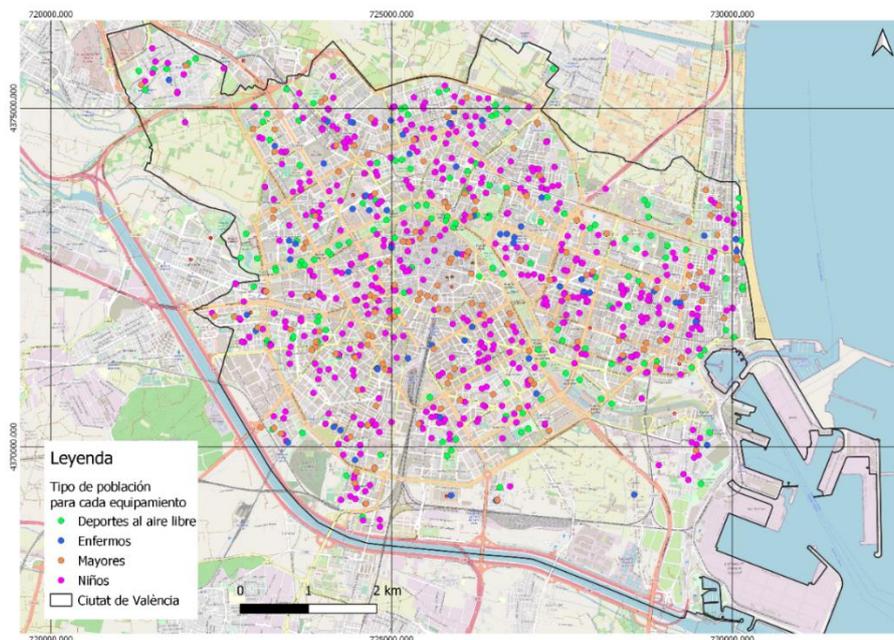


Ilustración 33. Mapa de posicionamiento de los equipamientos totales por grupos de población. Fuente: elaboración propia

5.3. Resultados del Objetivo Específico 3

O3: Definición de un mapa de calor de los equipamientos ponderados

- Mapa de distribución espacial equipamientos con ponderación “1”.
- Mapa de distribución espacial equipamientos con ponderación “2”.
- Mapa de distribución espacial equipamientos con ponderación “3”.
- Mapa de distribución espacial equipamientos con ponderación “4”.
- Mapa de distribución espacial equipamientos con ponderación “5”.
- Mapa de calor de la distribución espacial de equipamientos totales ponderados.

A continuación, se muestra la tabla relacionando el número total de equipamientos de cada tipo de población asignados a cada ponderación. En dicha tabla se observa que la ponderación 5, más vulnerable, se da a equipamientos de tipo niños y enfermos siendo un 16,8% de los equipamientos totales. La ponderación mínima, es decir, la ponderación con valor 1, se asigna a la mayor cantidad de equipamientos, los cuales representan un porcentaje del total de equipamientos del 32,5%.

Ponderación	Tipo de población	Número de equipamientos	% de equipamientos totales
1	Niños	121	14,1%
	Enfermos	10	1,2%
	Mayores	0	
	Aire libre	148	17,2%
2	Niños	13	1,5%
	Enfermos	0	
	Mayores	55	6,4%
	Aire libre	0	
3	Niños	244	28,3%
	Enfermos	0	
	Mayores	63	7,3%
	Aire libre	0	
4	Niños	0	
	Enfermos	39	4,5%
	Mayores	24	2,7%
	Aire libre	0	
5	Niños	128	14,9%
	Enfermos	16	1,9%
	Mayores	0	
	Aire libre	0	

Ilustración 34. Tabla de reparto de equipamientos por ponderación y tipo de población. Fuente: elaboración propia

Respecto a las zonas de vulnerabilidad que resultan, la menos vulnerable es la zona del puerto o barrio de Nazaret ya que en esta se encuentran pocos equipamientos relacionados con los grupos de población estudiados y, por otro lado, el barrio de La Punta perteneciente al distrito de Quatre Carreres, ya que este barrio se compone en su gran mayoría por huerta y, por tanto, tampoco existen una gran cantidad de equipamientos.

En cuanto a la zona más vulnerable resultante en el mapa de calor, el distrito más vulnerable es La Saïdia, junto con gran parte de Ciutat Vella, Extremurs y El Pla del Reial. Este resultado se debe a las ponderaciones dadas a los equipamientos en estas zonas y, como se demuestra en los mapas de calor de distribución de equipamientos resultantes en el objetivo específico 2, a lo muy equipadas que se encuentran.

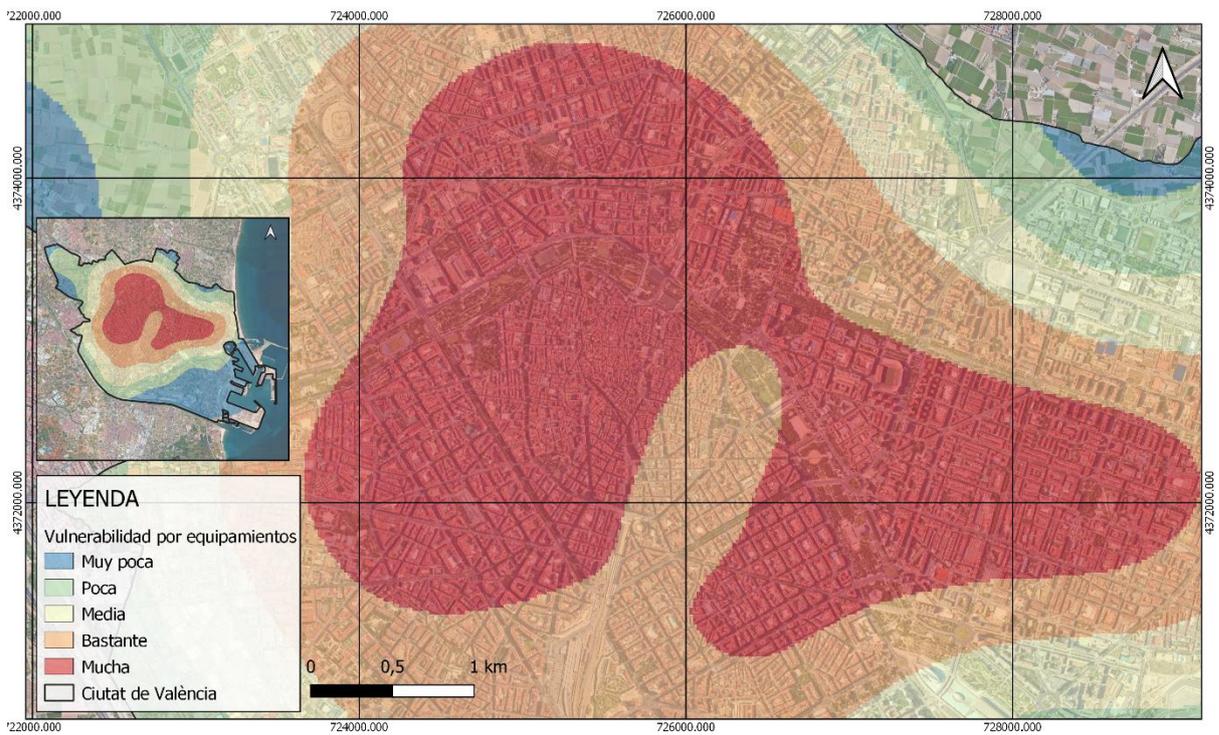


Ilustración 35. Zona más vulnerable del mapa de calor respecto a equipamientos ponderados. Fuente: elaboración propia.

5.4. Resultado del Objetivo Específico 4

O4: Identificación de las zonas vulnerables de la ciudad de València y definición del área de influencia y análisis de la calidad del aire de las zonas vulnerables.

Entre los resultados de este objetivo específico se encuentran los siguientes mapas:

- Mapa de zona con vulnerabilidad respecto a equipamientos ponderados en la Ciutat de València.
- Mapa de zonas con mediciones superiores al valor límite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Mapa de zonas con mediciones máximas.
- Mapa de zona con vulnerabilidad máxima en la Ciutat de València.

Este objetivo concluye con dos resultados finales distintos, ya que las zonas vulnerables según calidad del aire se tratan con dos tipos de clasificaciones diferentes.

En el primer resultado, correspondiente a la clasificación por percentiles de la calidad del aire, se obtiene un área más pequeña que muestra el área más preocupante de la Ciutat de València. Esta zona resultante tiene un área de alrededor de $0,12 \text{ km}^2$. Se trata de una zona de edificios con varias avenidas que la cruzan. La zona está situada entre los distritos de Extremurs i Arrancapins, coincidiendo con parte de la avenida Pérez Galdós y el principio de la calle Sant Josep de Calassanç.

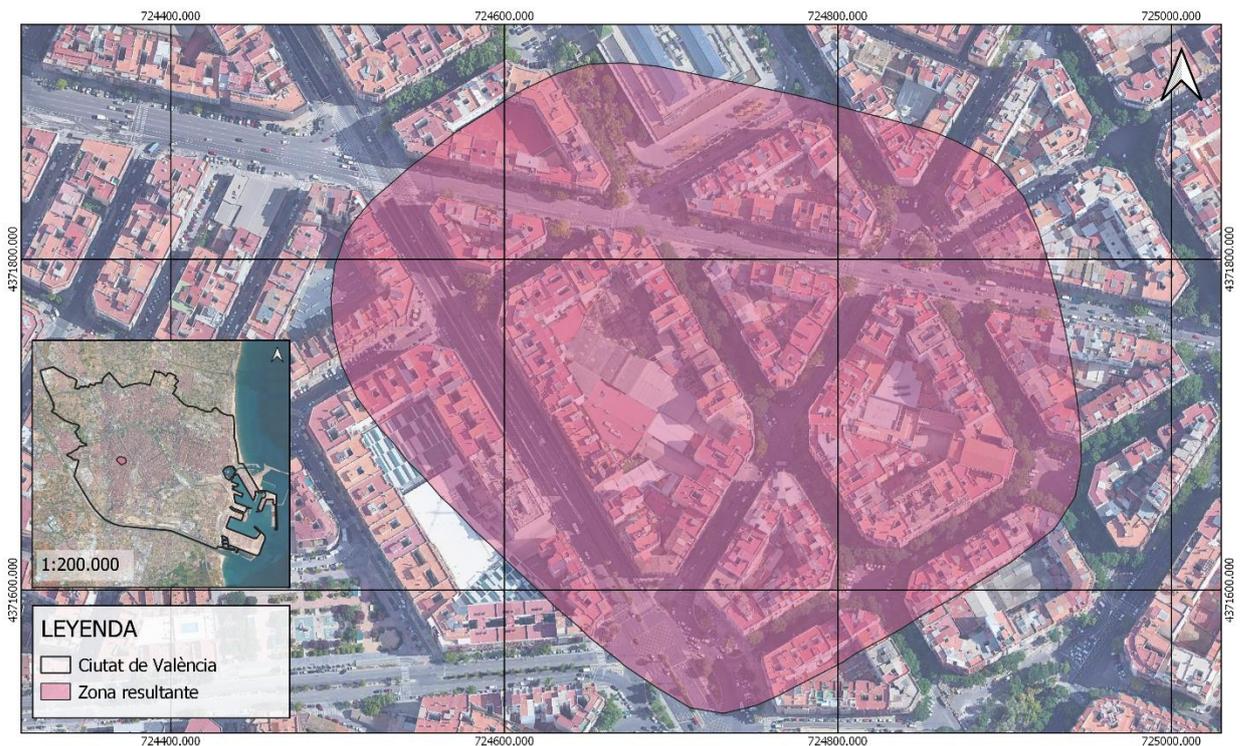


Ilustración 36. Zona de máxima vulnerabilidad. Fuente: elaboración propia

El segundo resultado es correspondiente a las zonas por encima del valor crítico marcado por la Organización Mundial de la Salud ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Por esta razón comprende dos zonas resultado con áreas mayores que la anterior (ilustración 36). El resultado se compone por dos zonas aisladas.

La primera zona consta alrededor de $4,7 \text{ km}^2$, por lo que es la zona resultante más grande, esta se sitúa en gran parte del terreno de los distritos Extramurs y La Saïdia unidos por una prolongación más fina que pasa por Campanar. Esta zona cruza el cauce del río Túria por dos tramos distintos y contiene la zona de máxima vulnerabilidad resultante de clasificación anterior.

La segunda zona, se encuentra en su gran mayoría ubicada en L'Eixample, en la zona sur del Pla del Real y en la zona oeste de Camins al Grau. El área de esta zona está en $1,3 \text{ km}^2$ aproximadamente, de los cuales $0,28 \text{ km}^2$ corresponden a jardines del cauce del río Turia.

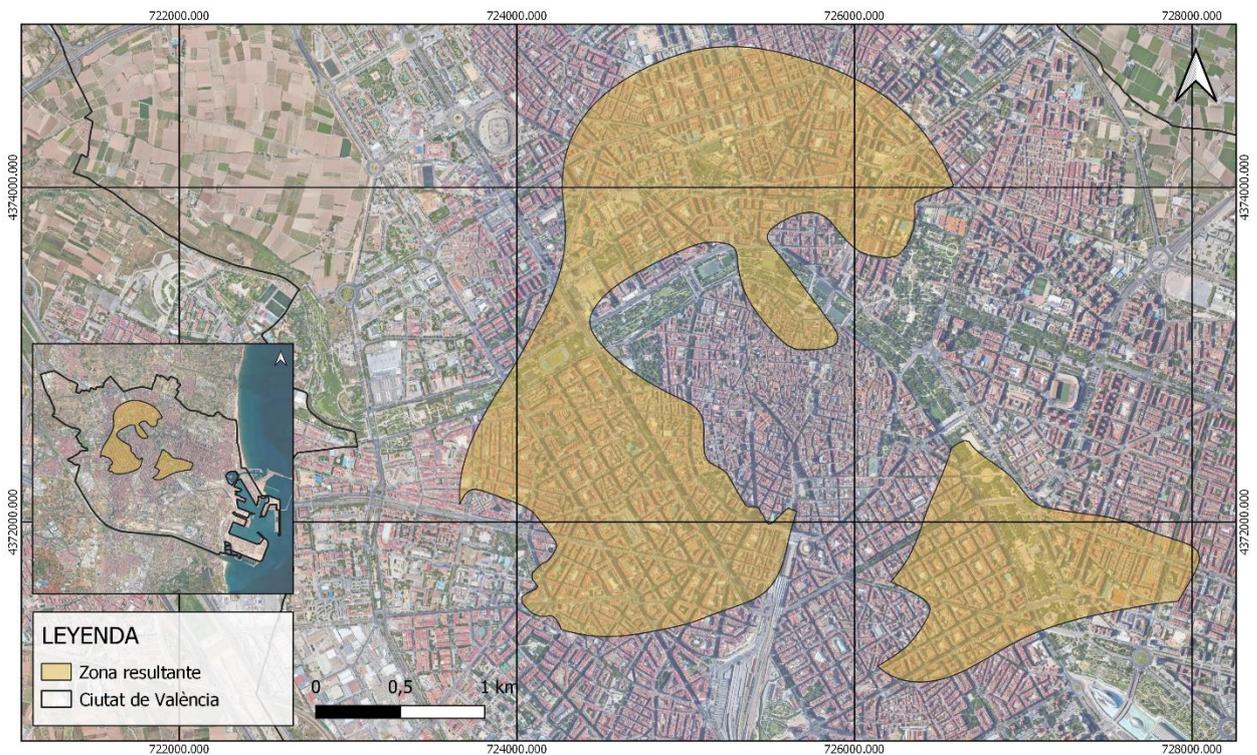


Ilustración 37. Zonas con vulnerabilidad según equipamientos y valor crítico de NO₂. Fuente: elaboración propia

5.5. Resultado del Objetivo Específico 5

O5: Identificación del problema y análisis de medidas.

Para este objetivo se utiliza la capa de “Velocitat Carrers/ Velocidad Calles” del portal de datos abiertos del Ajuntament de València, actualizada por última vez a fecha de 26 de mayo de 2023, por lo que, se encuentra actualizada

Es interesante comparar las zonas resultantes con las velocidades de las calles ya que, en la zona resultante de la siguiente ilustración se comprueba que, en su mayoría, las calles o avenidas que se encuentran dentro de la zona y en sus alrededores, son calles de velocidad máxima 40 y 50 km/h. Esta velocidad es la máxima permitida en el territorio de la Ciutat de València.

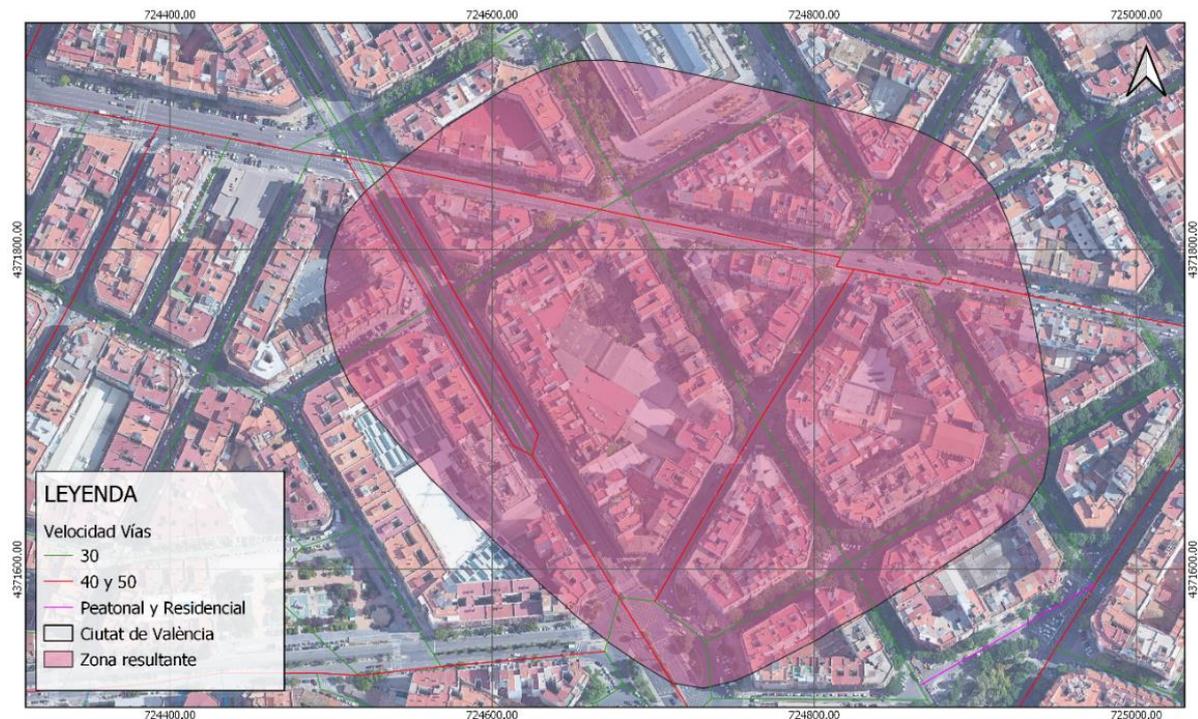


Ilustración 38. Comparación velocidades vías con zona resultante 1. Fuente: elaboración propia

La comparación en las segundas zonas resultantes es aún más significativa, ya que el resultado, muestra cómo casi toda la zona al completo correspondiente a la Ciutat Vella queda fuera del resultado. Esto sucede porque, aunque en la zona se considera vulnerable en cuanto a equipamientos, la zona tiene valores menores al valor crítico de NO_2 , ya que la zona de la Ciutat Vella es casi al completo residencial o peatonal, causando menos emisiones de dióxido de nitrógeno al aire.

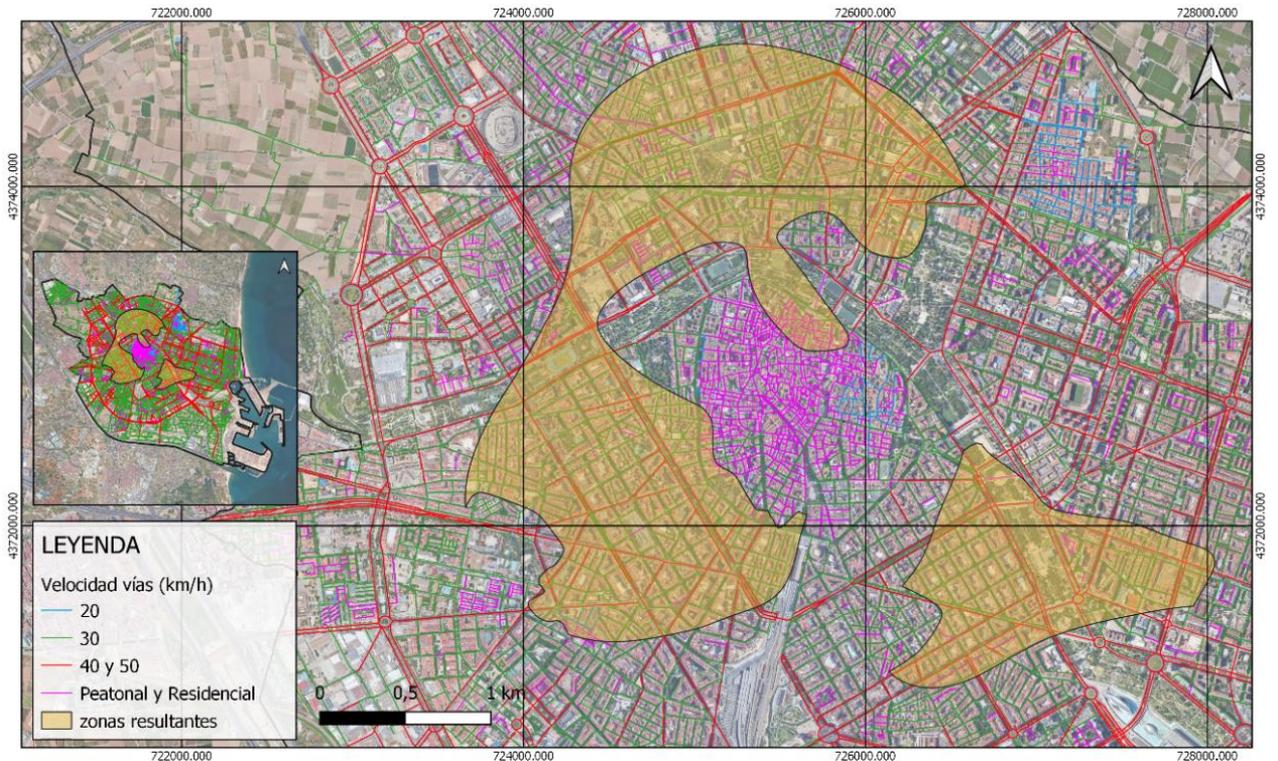


Ilustración 39. Comparación velocidades vías con zona resultante 1. Fuente: elaboración propia

6. Presupuesto

Para llevar a cabo el presupuesto del proyecto, es necesario considerar dos componentes principales: el coste del software y los datos y el coste del personal técnico.

Teniendo en cuenta que se usa el software gratuito QGIS y la integración de datos abiertos, permite ofrecer una solución sin comprometer la calidad de los resultados y siendo también gratuitos. No existe coste relacionado con el software ni con los datos base utilizados.

Lo que respecta al coste del personal técnico, el salario es marcado según la resolución del 27 de febrero de 2023 del XX Convenio colectivo nacional de empresas de ingeniería; oficinas de estudios técnicos; inspección, supervisión y control técnico y de calidad publicado por la Dirección General de Trabajo en el Boletín Oficial del Estado. En esta resolución el grupo profesional al que se pertenece es el I con nivel salarial 2 (graduado universitario; ingeniero técnico; arquitecto técnico; aparejador; diplomado universitario; titulado 1er. ciclo universitario).

Grupo profesional	Nivel salarial	Personal Técnico	Personal Administrativo
		Puestos de trabajo (relación no exhaustiva)	Puestos de trabajo (relación no exhaustiva)
I	1	INGENIERO; ARQUITECTO; DOCTOR; LICENCIADO; TITULADO 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO; GRADUADO UNIVERSITARIO CON MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL HABILITANTE O MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL (MÍN. 60 ECTS), CUANDO APORTE ESPECIALIZACIÓN Y COMPETENCIAS PROFESIONALES NECESARIAS PARA EL DESEMPEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO. ANALISTA.	LICENCIADO; TITULADO 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO; GRADUADO UNIVERSITARIO CON MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL HABILITANTE O MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL (MÍN. 60 ECTS), CUANDO APORTE ESPECIALIZACIÓN Y COMPETENCIAS PROFESIONALES NECESARIAS PARA EL DESEMPEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO.
	2	GRADUADO UNIVERSITARIO; INGENIERO TÉCNICO; ARQUITECTO TÉCNICO; APAREJADOR; DIPLOMADO UNIVERSITARIO; TITULADO 1er. CICLO UNIVERSITARIO.	GRADUADO UNIVERSITARIO; DIPLOMADO UNIVERSITARIO; TITULADO 1er. CICLO UNIVERSITARIO
II	3	TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO; PROGRAMADOR INFORMÁTICO.	JEFE 1.ª ADMINISTRATIVO
	4	DELINEANTE-PROYECTISTA.	JEFE 2.ª ADMINISTRATIVO
III	5	DELINEANTE; TÉCNICO 1.ª; TÉCNICO MODELADOR BIM; TÉCNICO INFORMÁTICO.	OFICIAL 1.ª ADMINISTRATIVO; TRACTADOR E INTERPRETE NO JURADO DE UNO O MÁS IDIOMAS EXTRANJEROS
	6	TÉCNICO 2.ª	OFICIAL 2.ª ADMINISTRATIVO

Ilustración 40. Esquema del agrupamiento de los puestos de trabajo por grupo profesional y nivel salarial. Fuente: Boletín Oficial del Estado (BOE)

Nivel salarial	Tabla salarial art. 33		Plus convenio según art. 38 convenio	Total anual
	Mes x 14	Anual		
1	1.765,51	24.717,14	2.396,68	27.113,82
2	1.331,06	18.634,84	2.396,68	21.031,52
3	1.283,52	17.969,28	2.396,68	20.365,96
4	1.176,74	16.474,36	2.396,68	18.871,04
5	1.051,43	14.720,02	2.396,68	17.116,70
6	905,87	12.682,18	2.396,68	15.078,86
7	875,48	12.256,72	2.396,68	14.653,40
8	864,28	12.099,92	2.396,68	14.496,60
9	857,97	12.011,58	2.396,68	14.408,26

Ilustración 41. Tabla salarial según grupo de nivel salarial. Fuente: Boletín Oficial del Estado (BOE)

El salario que marca el convenio es de 1.331,06€ mensuales, que resulta en un salario anual de 18.634,84€ con plus de convenio de 2.396,68€ hace un salario bruto anual de 21.031,52€. Añadiendo el 40% del salario bruto anual (8.412,61€), de seguridad social pagada por la empresa, el coste anual del técnico es de 29.444,13€.

COSTE	
Anual	29.444,13 €
Mensual	2.676,74 €
Diario	133,84 €
Hora	16,73 €

Ilustración 42. Tabla de costes de personal técnico. Fuente: elaboración propia

En cuanto a la estimación de horas que ha costado el proyecto, se debe tener en cuenta que se le ha dedicado unas 290 horas, repartidas en aproximadamente dos meses y medio y desglosadas en actividades de obtención de datos, procesamiento y corrección de estos, estudios de metodologías, procesos aplicados y maquetación del informe y los mapas del proyecto.

ACTIVIDAD	HORAS DEDICADAS
Obtención de datos	20
Compleción y corrección de bases de datos	50
Estudio de la metodología	60
Cálculo de mapas de calor equipamientos	40
Procesamiento y metodología dosimetría pasiva	40
Análisis de resultados	30
Maquetado de informe y mapas	50
Resolución de errores y dudas	20
TOTAL	290

Ilustración 43. Tabla desglose de horas de actividad. Fuente: elaboración propia

Siendo el coste horario 16,73€ ya que el coste es únicamente el salario del personal técnico, el presupuesto para la realización del presente proyecto es de:

$$\text{Coste total} = 290 \text{ horas} * 16,73\text{€} = 4851,70\text{€}$$

7. Conclusiones

Tras la realización de este proyecto se han conseguido tanto los objetivos específicos como los objetivos generales.

Se ha realizado un análisis geoespacial de la calidad del aire en zonas vulnerables de la Ciutat de València. Para ello, se ha planificado una campaña de medición de dosímetros pasivos de NO₂ y seleccionado ubicaciones clave para evaluar la calidad del aire, no solo de la ciudad en general, sino, también de zonas vulnerables específicas, como son los colegios, ya que son frecuentados por niños de rangos de edades dentro de las clasificadas por el Ministerio de Sanidad, como sensibles al contaminante.

Se ha hecho un estudio de los equipamientos del Ajuntament de València y se han definido según los grupos de población sensibles al NO₂. Como se ha explicado en la memoria se ha incrementado el número de equipamientos que existían para poder realizar mejor el estudio y a la vez mejorar el conjunto de datos abiertos del ayuntamiento.

Se han realizado diversas ponderaciones y mapas de calor para llegar a una mejor comprensión del problema planteado, ya que el uso de los mapas y los sistemas de información geográfica hacen que se puedan tomar decisiones más precisas debido a que los datos se interpretan mejor visualmente.

Se han identificado las zonas vulnerables de la ciudad de València y definido el área de influencia y análisis de la calidad del aire de las zonas vulnerables todo ello referenciado siempre a estudios contrastados.

Este trabajo ha permitido comprobar que gran parte de la ciudad presenta niveles de calidad del aire por encima de los establecidos por la directiva europea y muy por encima de los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), pese a que los valores de las estaciones fijas oficiales de calidad del aire, pertenecientes a la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica, no superen dicho límite. El análisis permite llegar a la conclusión de que dichas cantidades son la gran parte, emitidas por el tráfico rodado, que es el mayor contaminante de este gas en las zonas urbanas.

Respecto a la vulnerabilidad de los grupos de personas sensibles al dióxido de nitrógeno, su ubicación, es una problemática respecto a la calidad del aire que presentan las zonas más frecuentadas por dichos grupos. Esto se llega a la conclusión de que se debe a que, aunque los valores más altos del gas contaminante en el aire se encuentran en dos de las entradas de valencia, donde no existe tanta vulnerabilidad de personas sensibles, la cantidad de área de la ciudad con concentración de dióxido de nitrógeno por encima del nivel crítico marcado por la OMS es muy elevada.

En cuanto a la distribución de los equipamientos de los 4 tipos de población estudiados, presentan toda una forma de distribución centralizada, en su gran mayoría, en la zona centro y cercana al antiguo cauce del río. Esto causa una gran problemática a nivel de distribución de instalaciones, ya que no todos los usuarios tienen un acceso rápido e igualitario.

Además, la aplicación metodológica propuesta ha permitido identificar dos zonas como de alta vulnerabilidad y malas condiciones de calidad del aire. Se ha podido observar que estas zonas coinciden con avenidas de gran cantidad de tráfico, poca peatonalización y altas velocidades permitidas. Esto permitirá a los decisores públicos invertir los recursos disponibles de manera

eficiente para igualar las condiciones de la población y reducir las inequidades ambientales de la ciudad.

7. Bibliografía

- (Bosch Checa, C. 2022)

Bosch Checa, C. (2022). *Análisis de equidad ambiental entre los diferentes barrios de la ciudad de Valencia mediante datos de dosimetría pasiva y otros indicadores de vulnerabilidad* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

- (Carlos Ubilla y Karla Yohannessen, 2017)

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214>)

- (EEA 2017).

European Environment Agency, Leeuw, F., González Ortiz, A., Guerreiro, *Air quality in Europe – 2017 report*, Publications Office, 2017,(<https://data.europa.eu/doi/10.2800/358908>)

- (European Court of Auditors, 2018)

European Court of Auditors 2018 Special report no 23/2018: air pollution: our health still insufficiently protected European Court of Auditors Guardians of the EU's finances (<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/en/>).

- (Fenosa, F. G. N., & Querol, X., 2018).

Fenosa, F. G. N., & Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades: un reto mundial*. Fundación Gas Natural Fenosa. (<https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>)

- (Jiménez, A. M., 2013)

Jiménez, A. M. (2013). Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: análisis desde la justicia ambiental basado en Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos geográficos*, 52(1), 84-107.

- (López Villalba, F. E.,2014)

López Villalba, F. E. (2014). *Distribución espacial de contaminantes gaseosos NO₂, SO₂ y O₃ mediante el método de interpolación determinista y exacto IDW* (Master's thesis, Universidad del Azuay) (<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4024>)

- (Madrid salud)

Ayuntamiento de Madrid. *Dióxido de nitrógeno y salud* (<https://madridsalud.es/dioxido-de-nitrogeno-y-salud/>)

- (OMS, Calidad del aire, 2019)

OMS (19 de diciembre de 2022) *Contaminación del aire ambiente (exterior)*
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

- (Plan Aire II, 2017-2019)

Elaboración de recomendaciones asociadas a la calidad del aire. Plan Nacional del Aire 2017-2019 (Plan Aire II)
https://www.salud.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/PLAN_AIRE_Medida_4_19_12_27.pdf

- (Ramos-Herrera I.M. et al, 2019)

Ramos-Herrera IM, Portugal-Zegarra FJ, González-Castañeda ME, et al. Distribución geoespacial de la salud en Jalisco: análisis sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio. *Sal Jal.* 2019;6(3):147-156. (<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=92038>)

- (Rojas-Martínez, et al. 2007)

Rojas-Martínez R, Perez-Padilla R, Olaiz-Fernandez G, Mendoza-Alvarado L, Moreno-Macias H, Fortoul T, McDonnell W, Loomis D, Romieu I. Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007 Aug 15;176(4):377-84. doi: 10.1164/rccm.200510-1678OC. Epub 2007 Apr 19. PMID:17446338. (<https://www.atsjournals.org/doi/epdf/10.1164/rccm.200510-1678OC?role=tab>)

8. Anexos

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				
ODS 2. Hambre cero.				
ODS 3. Salud y bienestar.				
ODS 4. Educación de calidad.				
ODS 5. Igualdad de género.				
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				
ODS 12. Producción y consumo responsables.				
ODS 13. Acción por el clima.				
ODS 14. Vida submarina.				
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				

9. Cartografía



LEYENDA

- Sensores
- Ciutat de València

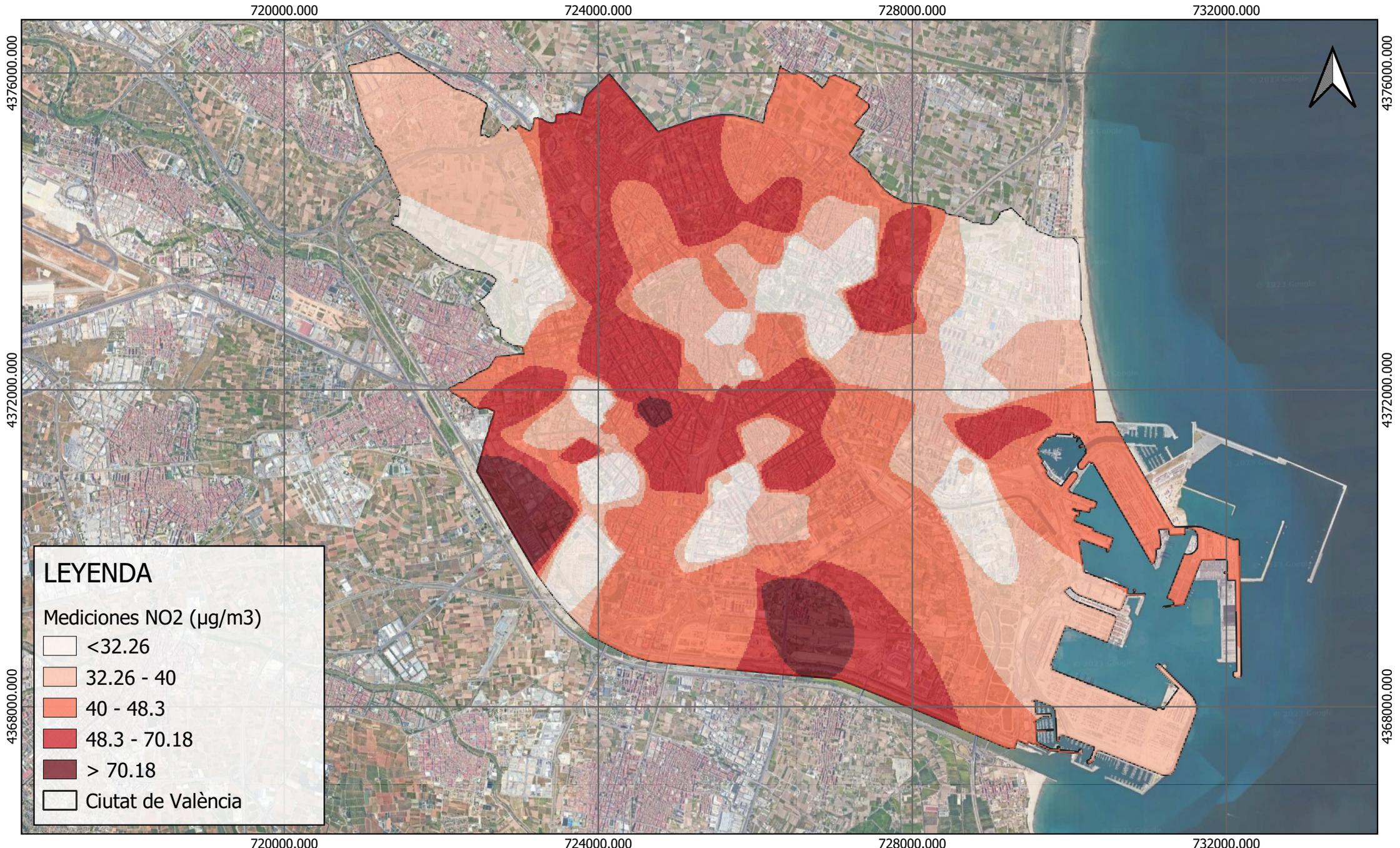
MAPA DE SENSORES DE DOSIMETRIA PASIVA 2022 EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA

0 1 2 km ESCALA 1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

Mediciones NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- <math>< 32.26</math>
- 32.26 - 40
- 40 - 48.3
- 48.3 - 70.18
- > 70.18
- Ciutat de València

MAPA INTERPOLACIÓN NO2 POR DOSIMETRÍA PASIVA EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA 2022

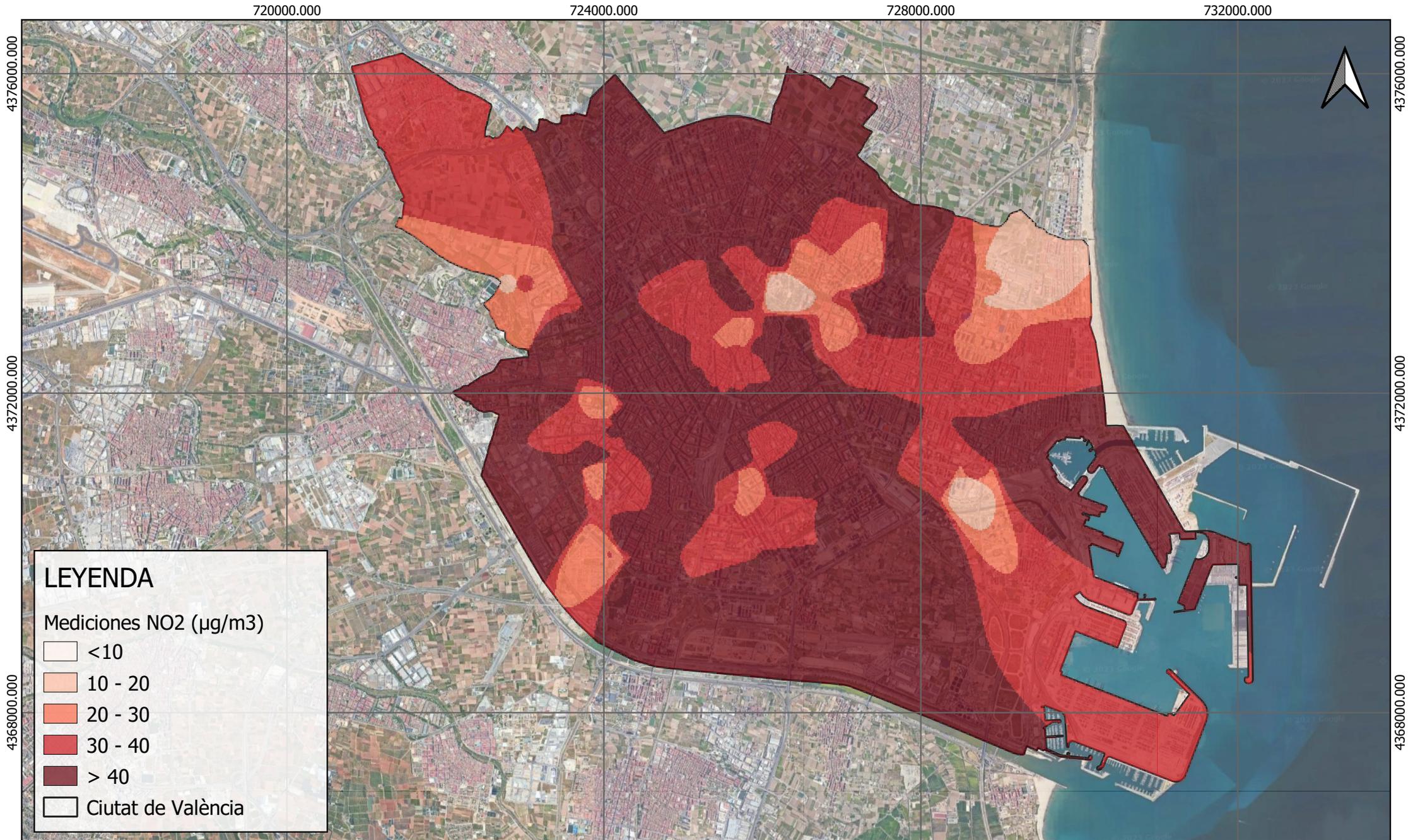


ESCALA
1:60.000

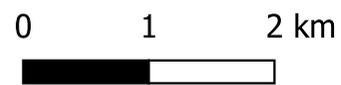
AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



MAPA INTERPOLACIÓN NO₂ POR DOSIMETRÍA PASIVA CLASIFICADO POR METAS INTERMEDIAS OMS

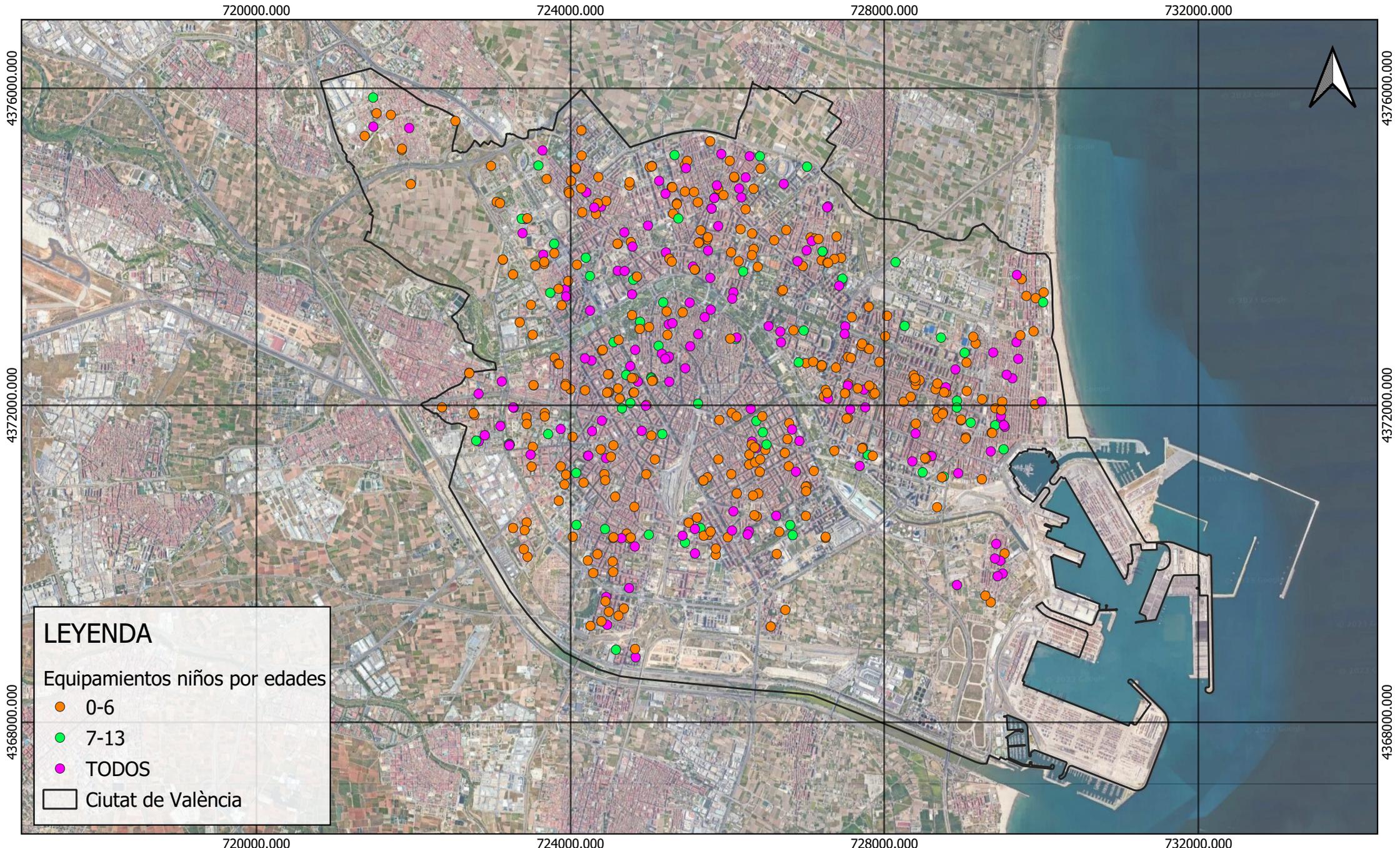


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



MAPA DE POSICIÓN DE EQUIPAMIENTOS PARA NIÑOS CLASIFICADOS POR EDADES

0 1 2 km



ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

Equipamientos enfermos

- Centro de Salud
- Centro Médico
- Consultorio
- Hospital
- Ciutat de València

MAPA DE POSICIÓN DE EQUIPAMIENTOS PARA ENFERMOS CLASIFICADOS POR TIPO

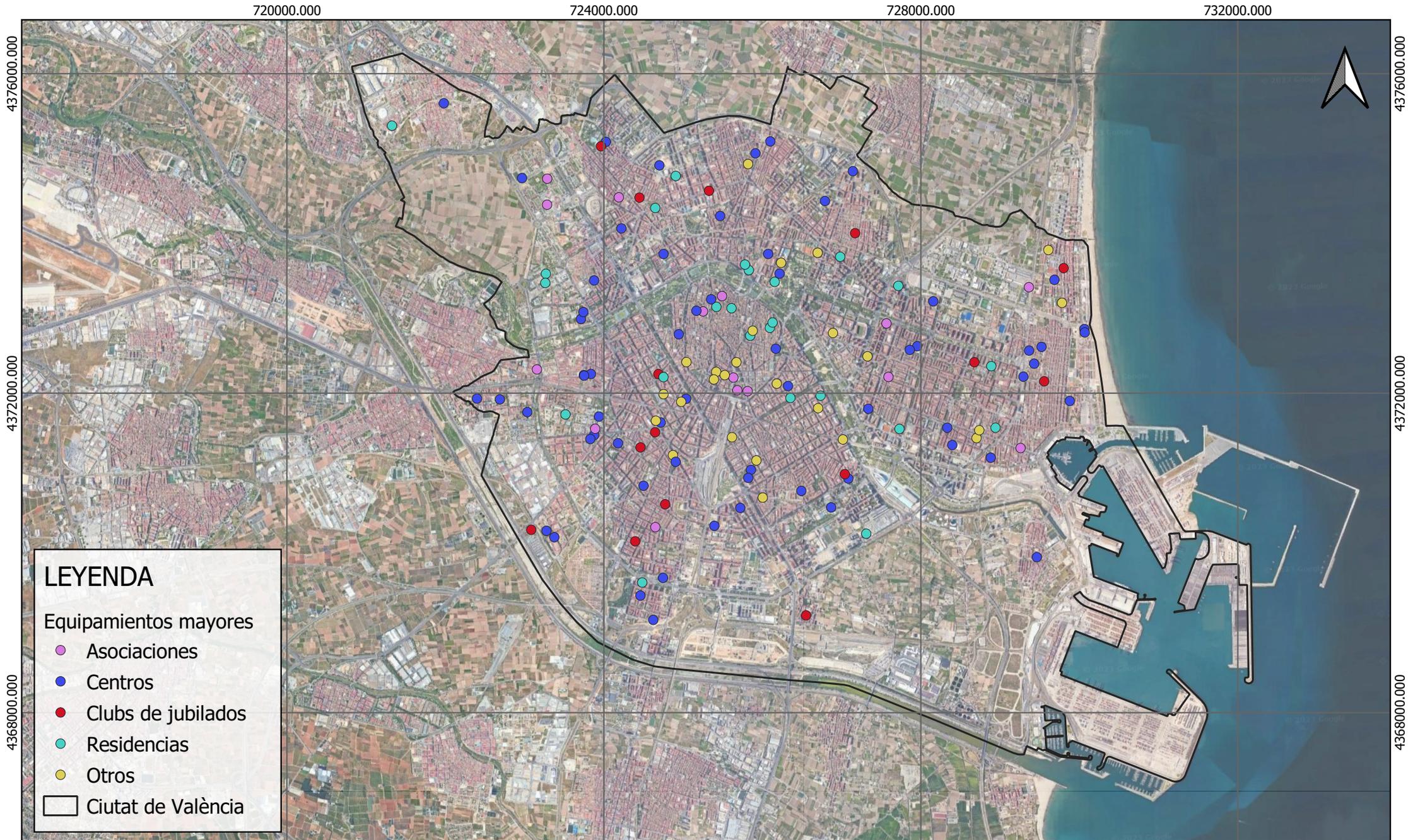


ESCALA
1:60.000

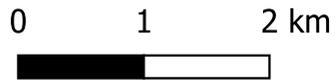
AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



MAPA DE POSICIÓN DE EQUIPAMIENTOS PARA MAYORES CLASIFICADOS POR TIPO



ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

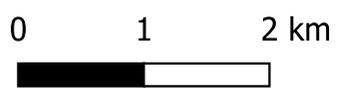
Equipamientos aire libre

● Inst. deportivas

● Juegos Infantiles

□ Ciutat de València

MAPA DE POSICIÓN DE EQUIPAMIENTOS AIRE LIBRE CLASIFICADOS POR TIPO



ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

720000.00

724000.00

728000.00

732000.00

4376000.00

4376000.00

4372000.00

4372000.00

4368000.00

4368000.00

720000.00

724000.00

728000.00

732000.00

LEYENDA

Equipamientos niños

Muy pocos

Pocos

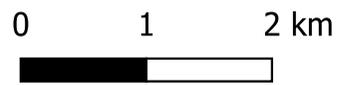
Medio

Bastantes

Muchos

Ciutat de València

MAPA DE CALOR DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS PARA NIÑOS EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA



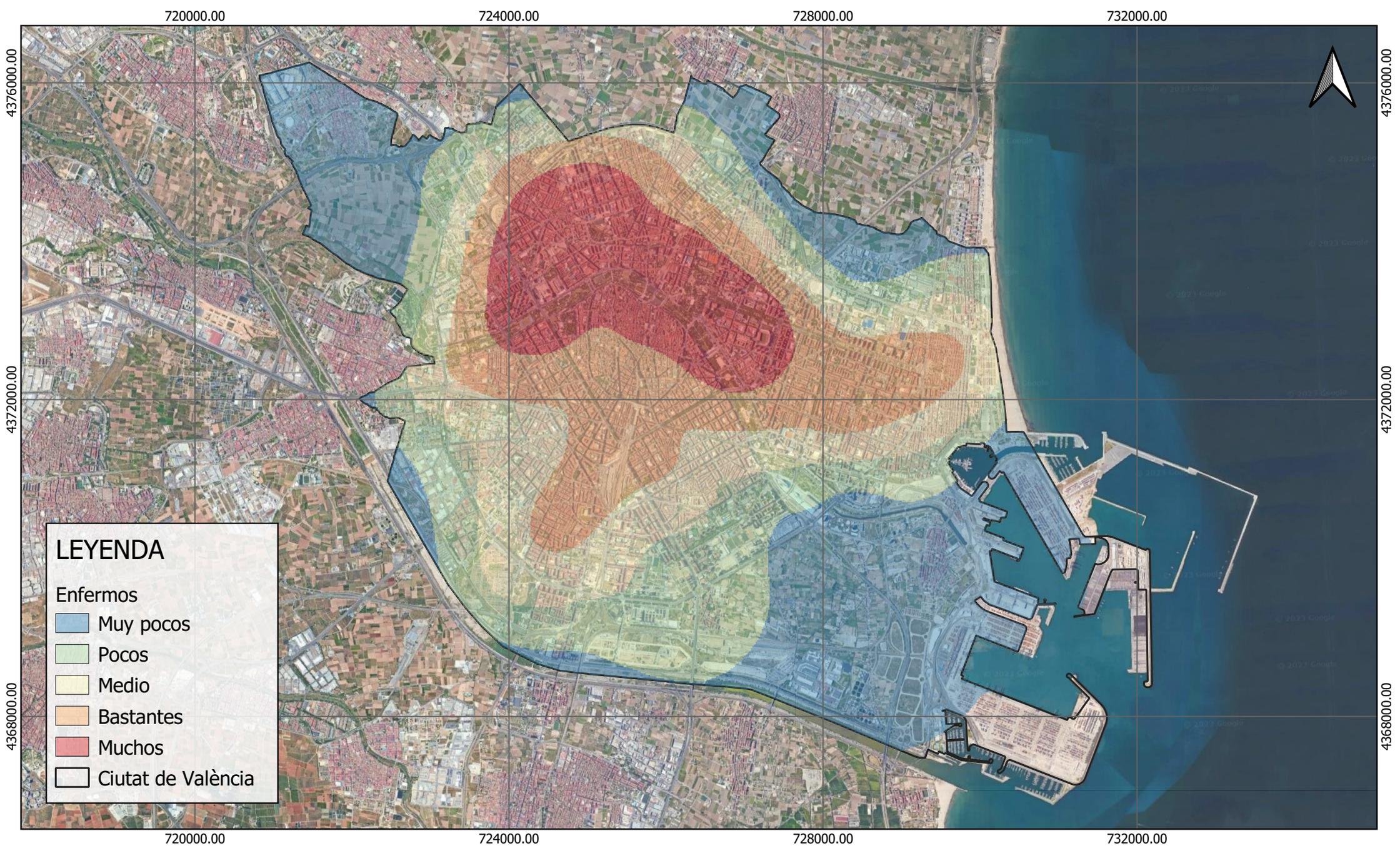
ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA





MAPA DE CALOR DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS PARA ENFERMOS EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA

0 1 2 km ESCALA 1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

720000.00

724000.00

728000.00

732000.00

4376000.00

4376000.00

4372000.00

4372000.00

4368000.00

4368000.00

720000.00

724000.00

728000.00

732000.00

LEYENDA

Equipamientos mayores

- Muy pocos
- Pocos
- Medio
- Bastantes
- Muchos
- Ciutat de València

MAPA DE CALOR DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS DE MAYORES EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA



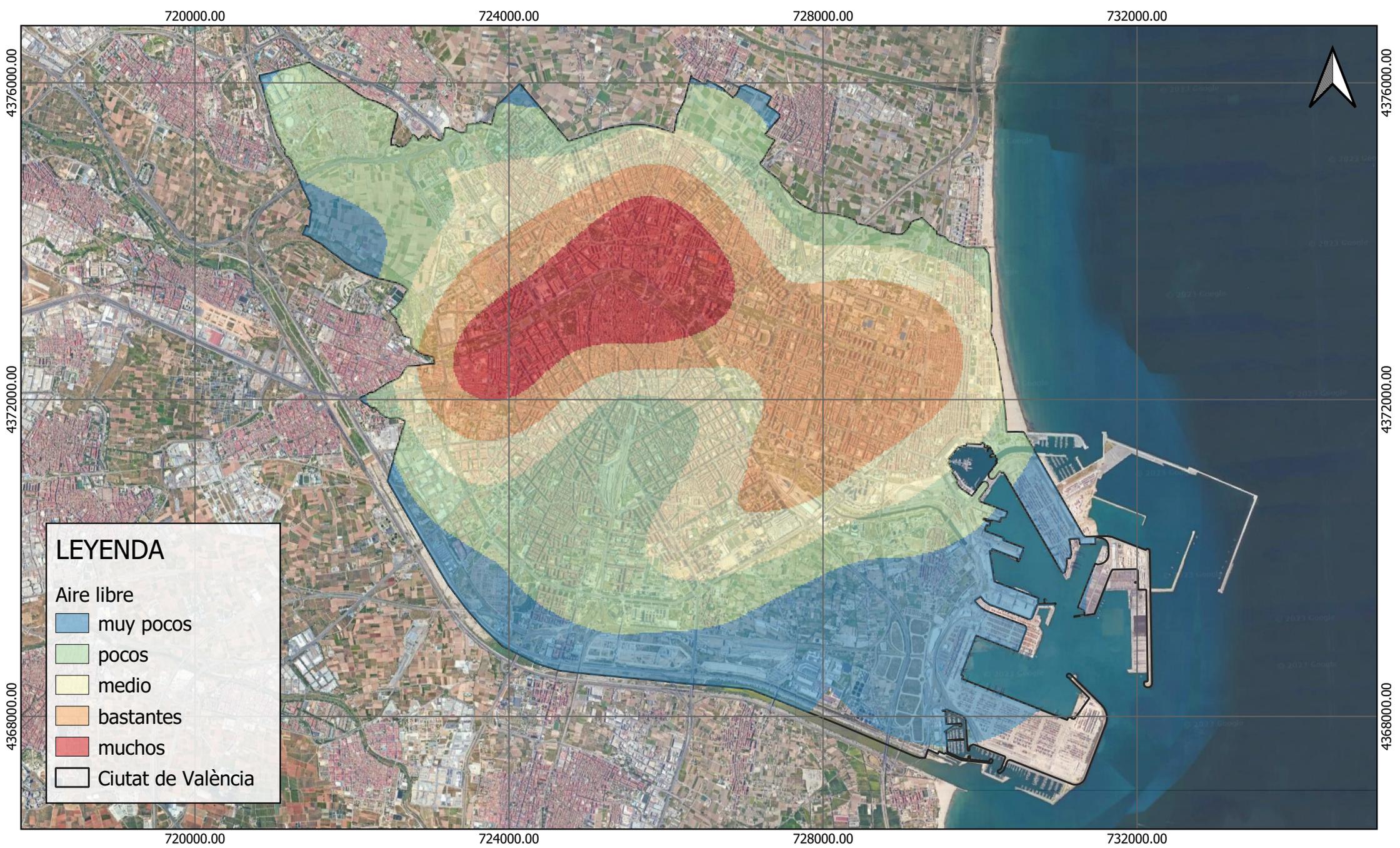
ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA





LEYENDA

- Aire libre
- muy pocos
- pocos
- medio
- bastantes
- muchos
- Ciutat de València

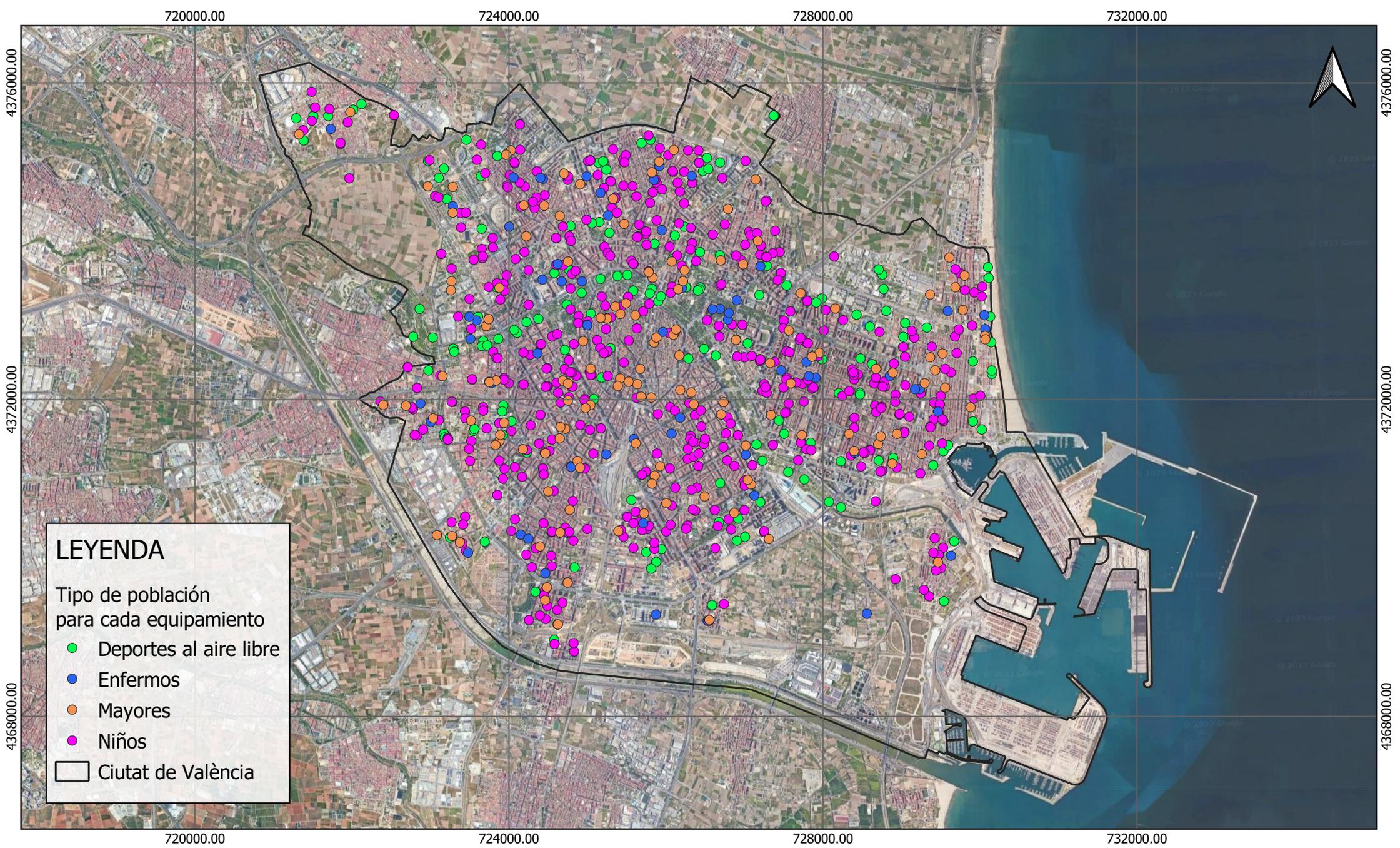
MAPA DE CALOR DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS AIRE LIBRE EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA

0 1 2 km ESCALA 1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

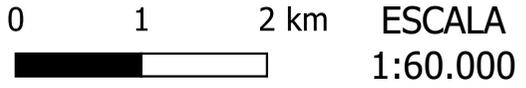


LEYENDA

Tipo de población para cada equipamiento

- Deportes al aire libre
- Enfermos
- Mayores
- Niños
- Ciutat de València

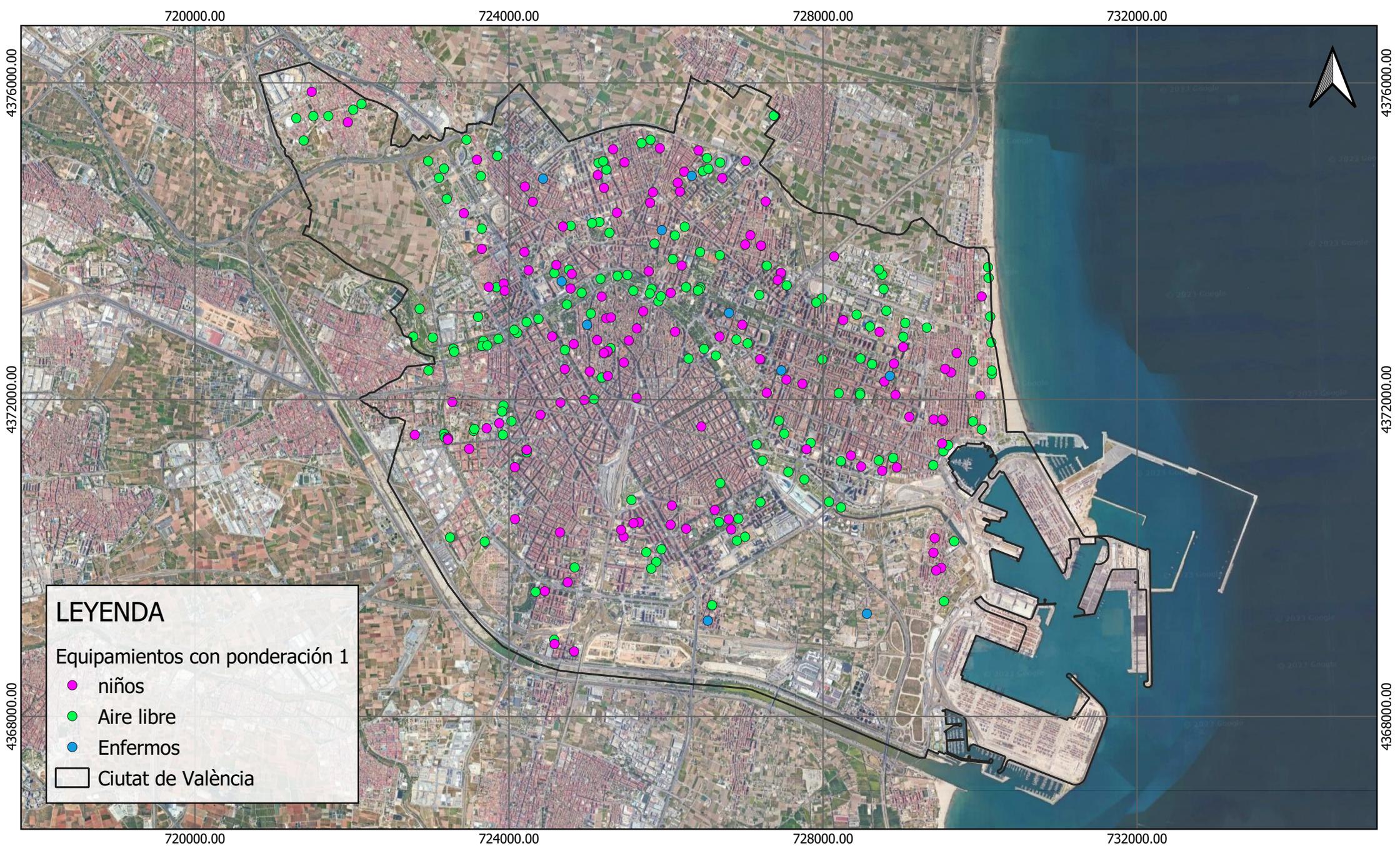
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS POR TIPOS DE POBLACIÓN



AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

Equipamientos con ponderación 1

- niños
- Aire libre
- Enfermos

□ Ciutat de València

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIAL EQUIPAMIENTOS CON PONDERACIÓN 1

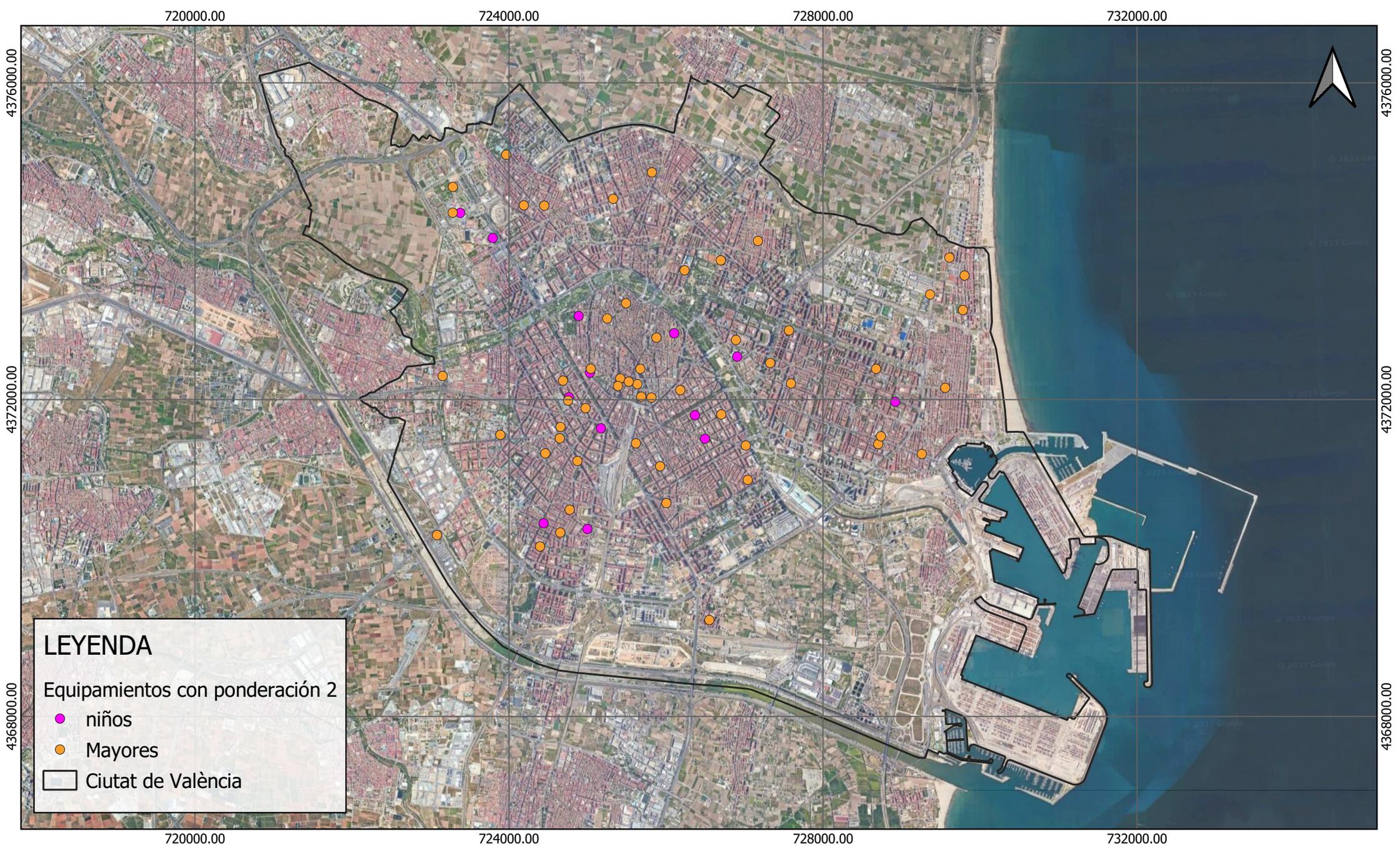


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



LEYENDA

Equipamientos con ponderación 2

- niños
- Mayores

□ Ciutat de València

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIAL EQUIPAMIENTOS CON PONDERACIÓN 2

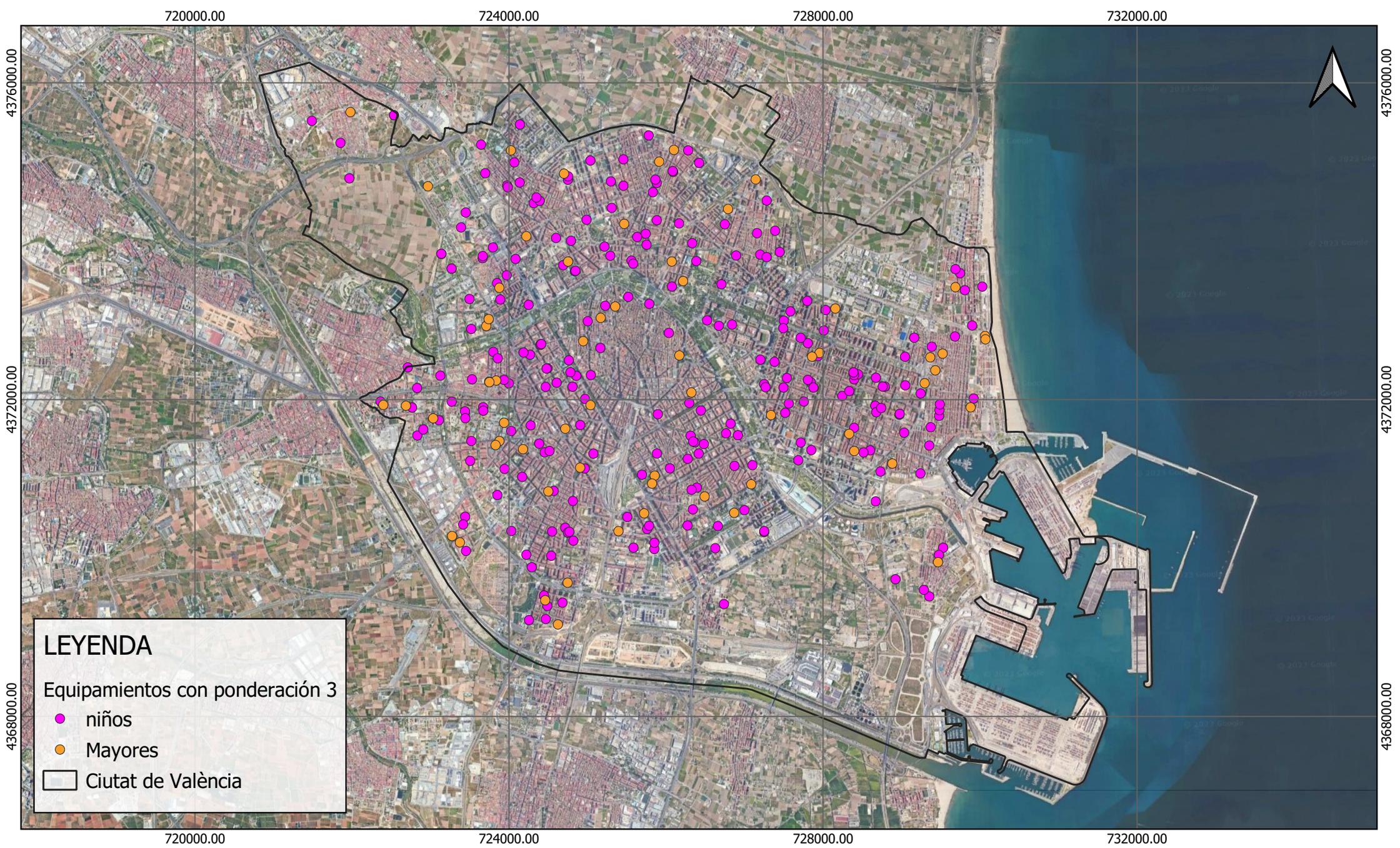


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



LEYENDA

Equipamientos con ponderación 3

- niños
- Mayores

□ Ciutat de València

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIAL EQUIPAMIENTOS CON PONDERACIÓN 3

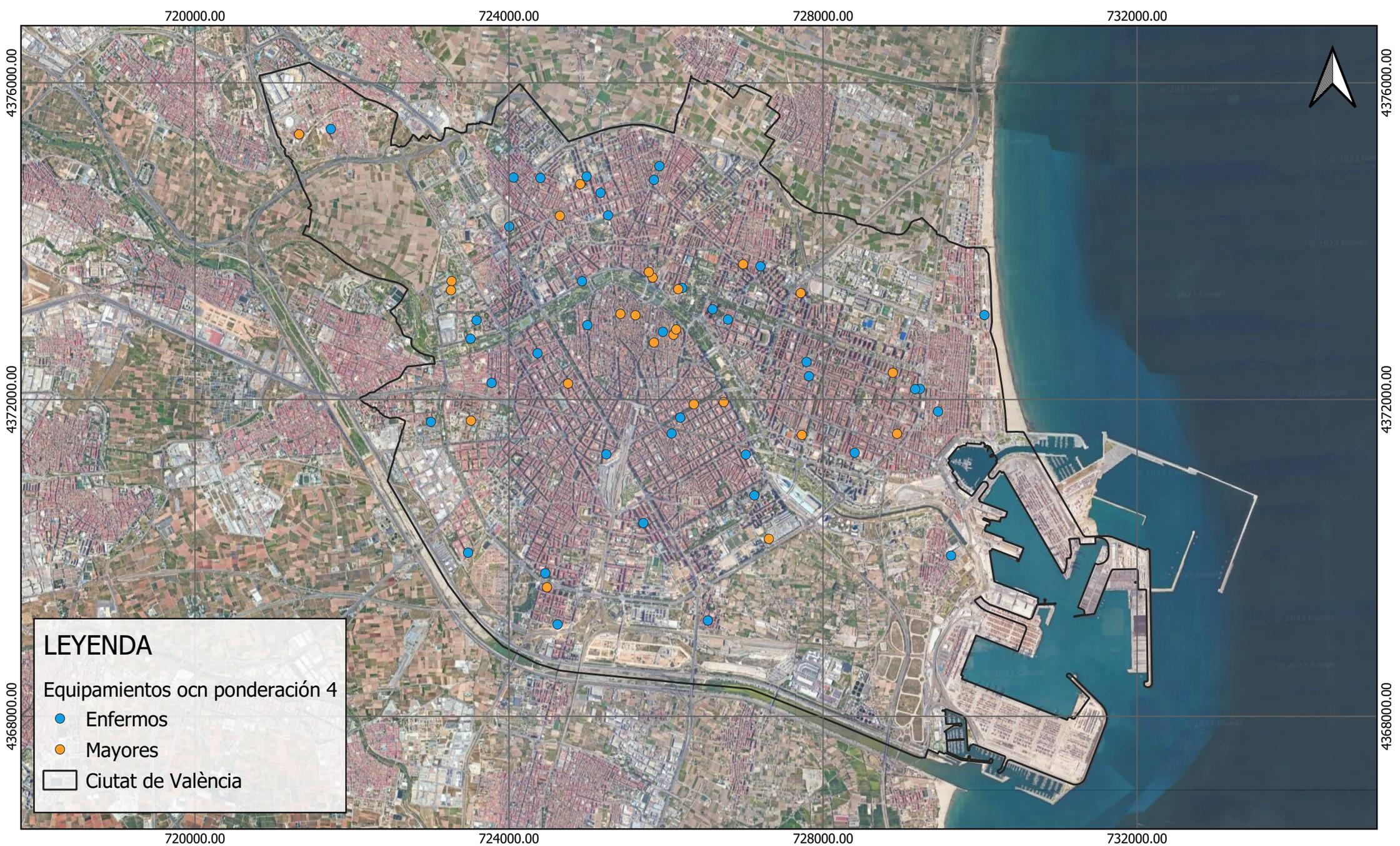


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



LEYENDA

Equipamientos con ponderación 4

● Enfermos

● Mayores

□ Ciutat de València

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIAL EQUIPAMIENTOS CON PONDERACIÓN 4



ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



LEYENDA

Equipamientos con ponderación 5

- niños
- enfermos

□ Ciutat de València

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS CON PONDERACIÓN 5

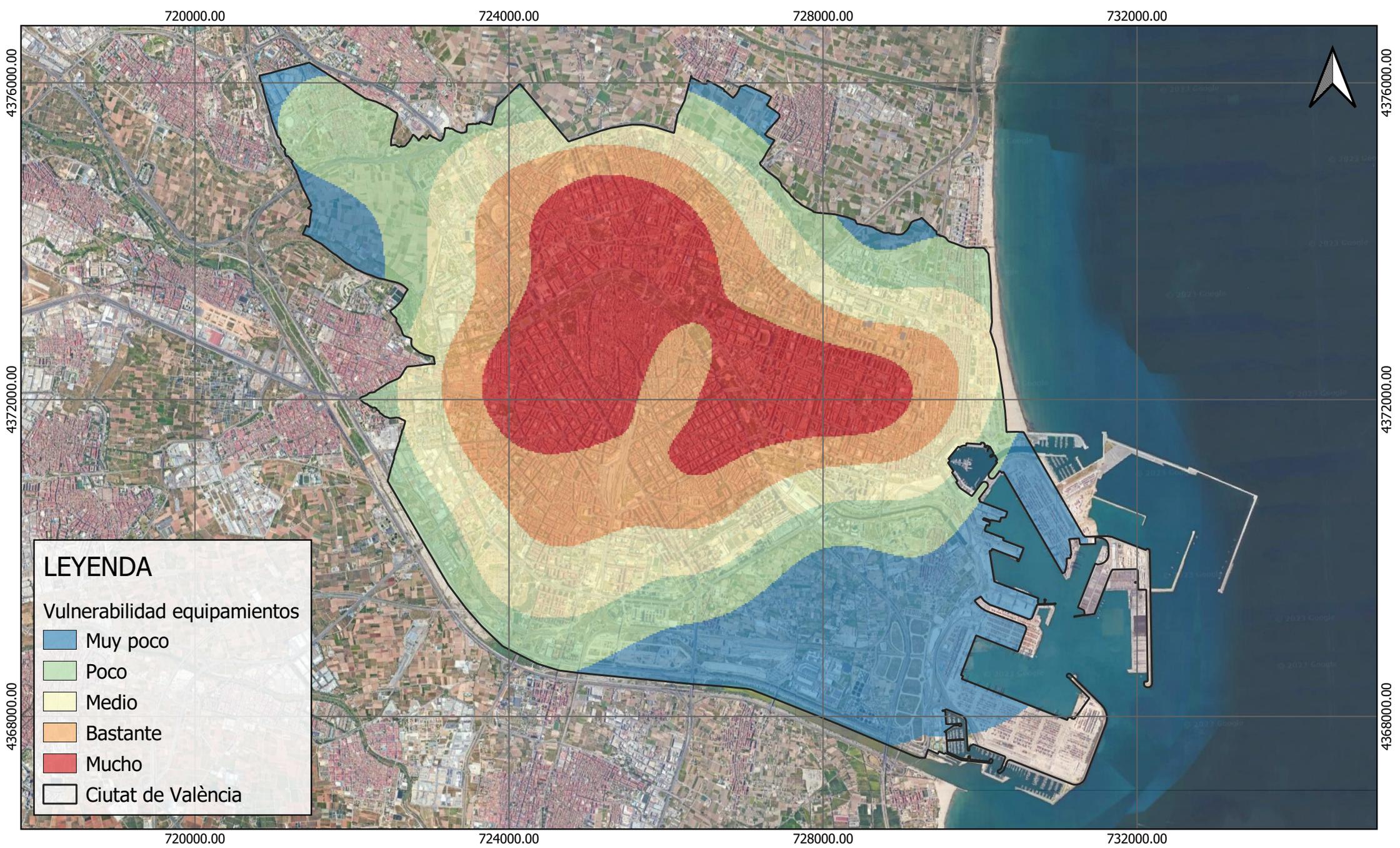


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**



MAPA DE CALOR DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS TOTALES PONDERADOS

0 1 2 km ESCALA 1:60.000

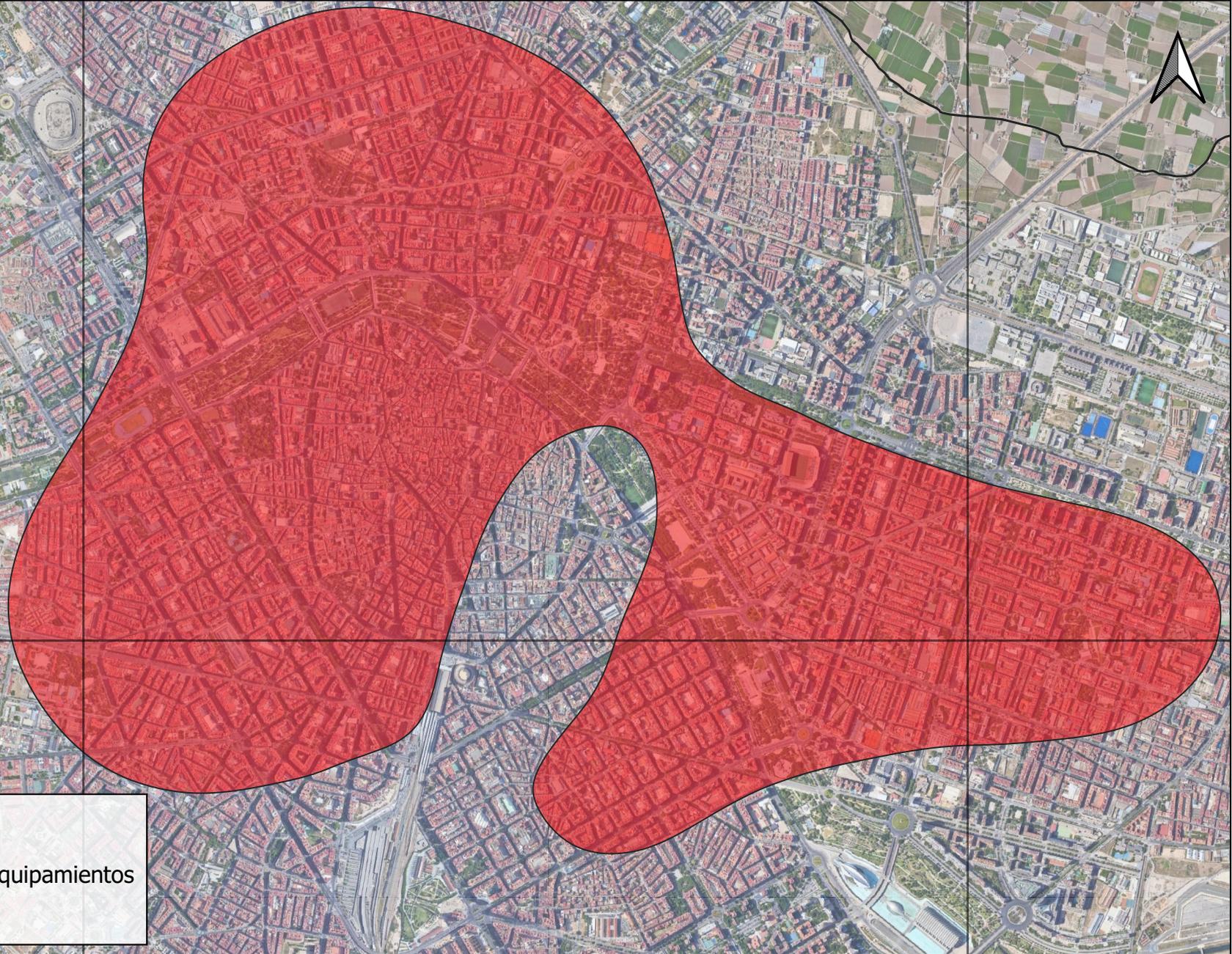
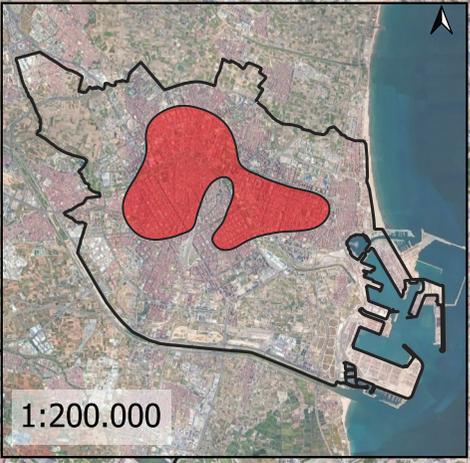
AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

724000.000

728000.000



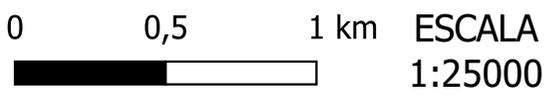
LEYENDA

- Vulnerabilidad máxima en equipamientos
- Ciutat de València

724000.000

728000.000

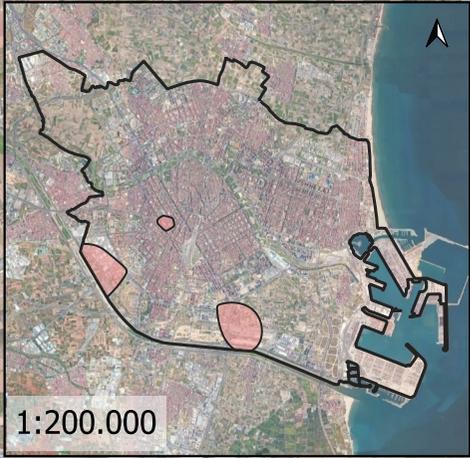
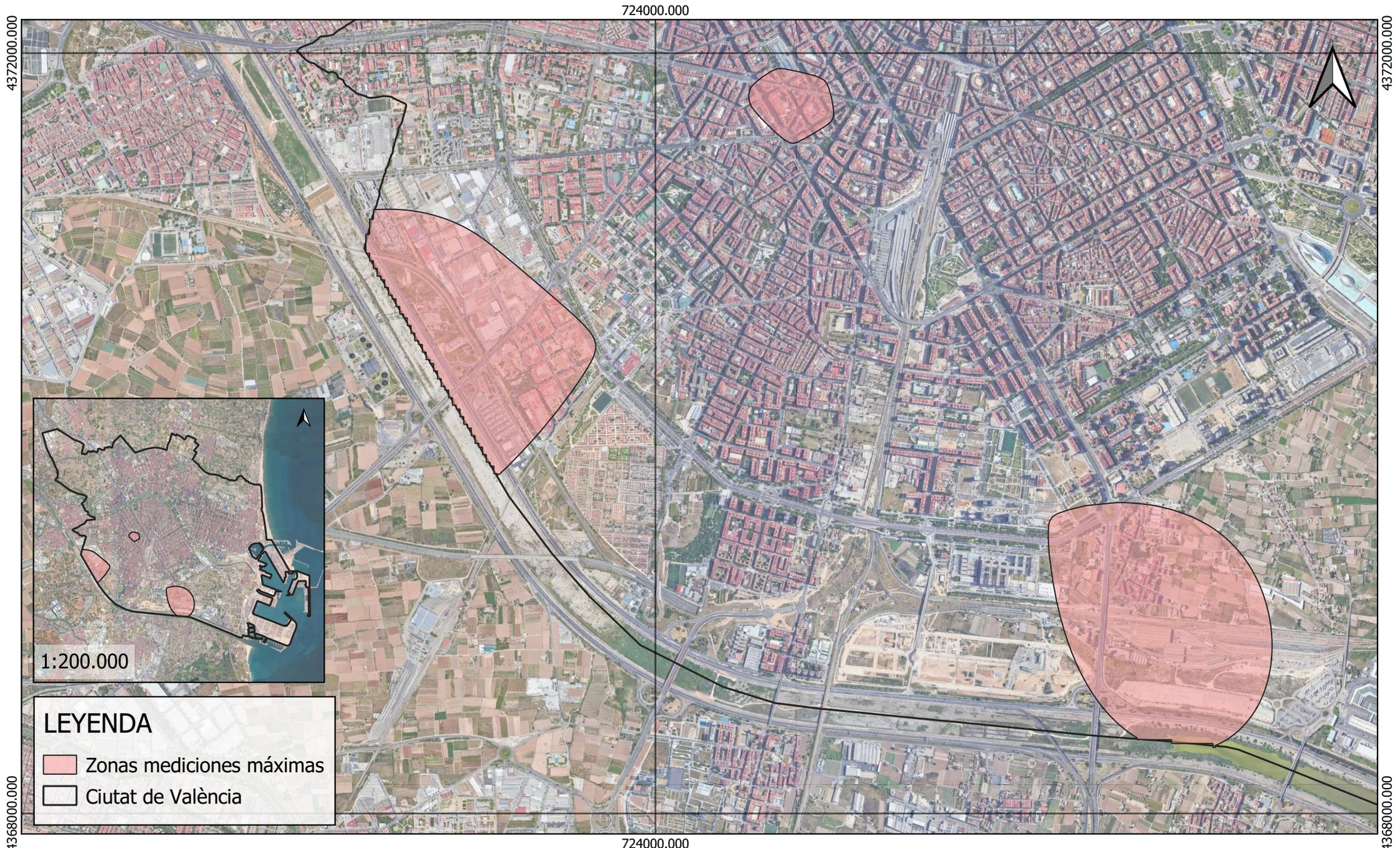
MAPA DE ZONA CON VULNERABILIDAD RESPECTO A EQUIPAMIENTOS PONDERADOS EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA



AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



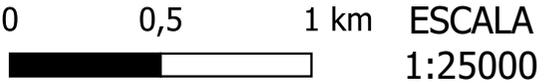
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

-  Zonas mediciones máximas
-  Ciutat de València

MAPA DE ZONAS CON MEDICIONES MÁXIMAS



AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA**

720000.00

724000.00

728000.00

732000.00

4376000.00

4376000.00

4372000.00

4372000.00

4368000.00

4368000.00

720000.00

724000.00

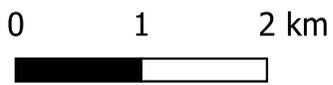
728000.00

732000.00

LEYENDA

-  zonas con mediciones mayores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
-  Ciutat de València

MAPA DE ZONAS CON MEDICIONES SUPERIORES AL VALOR LÍMITE DE $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

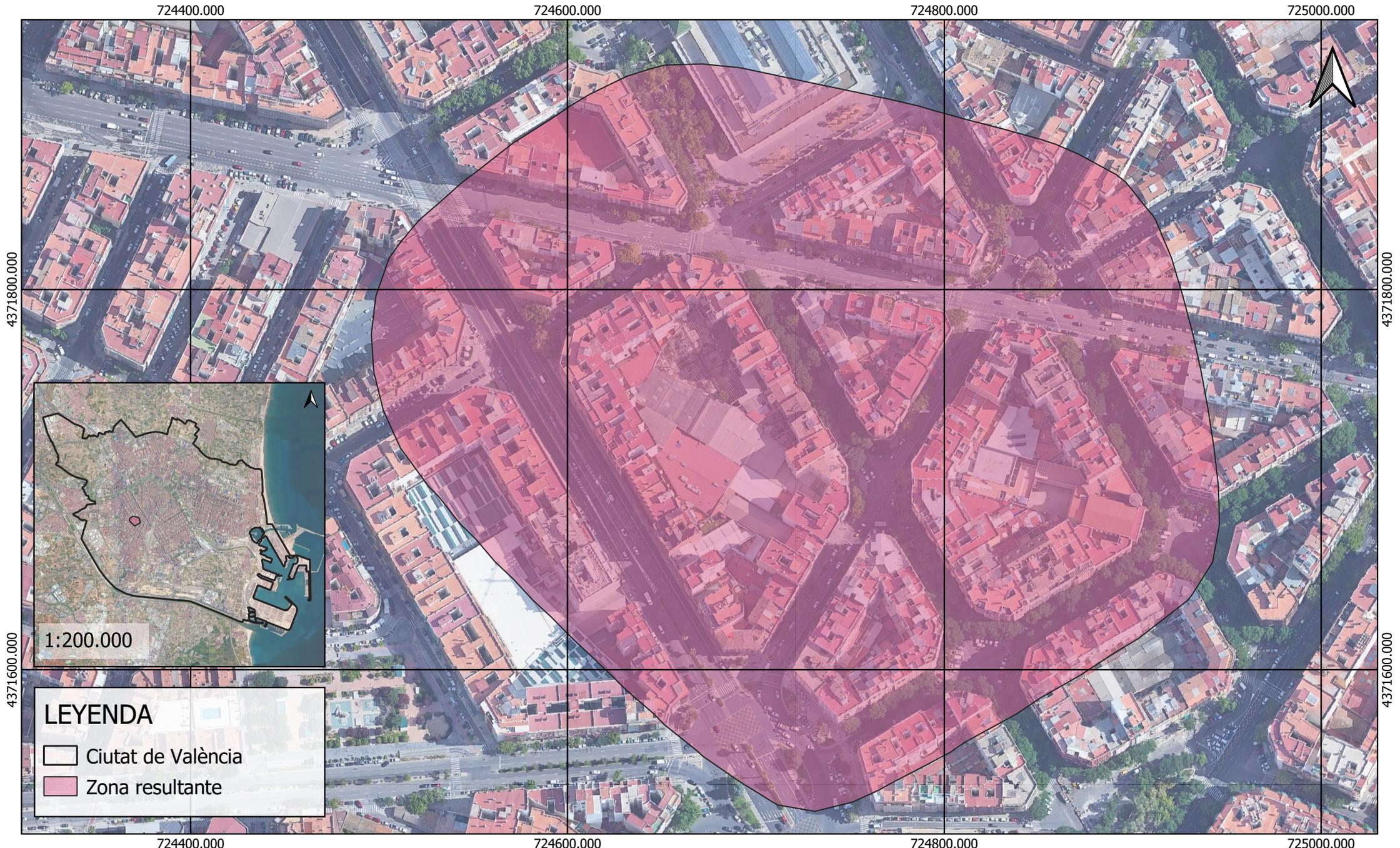


ESCALA
1:60.000

AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



LEYENDA

-  Ciutat de València
-  Zona resultante

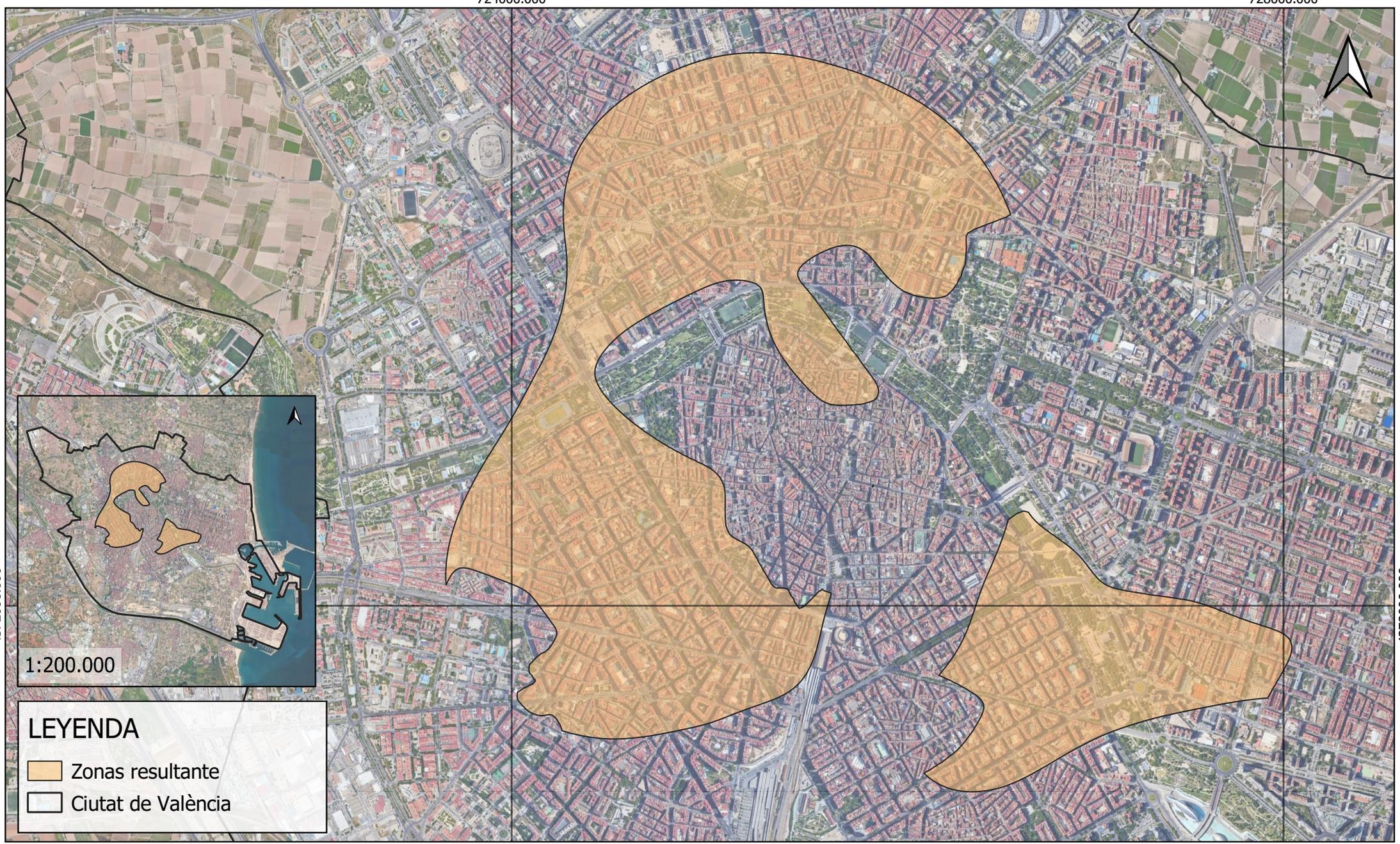
MAPA DE ZONA CON VULNERABILIDAD MÁXIMA EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA

0 50 100 m ESCALA 1:2500

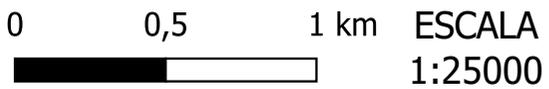
AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



MAPA DE ZONA CON VULNERABILIDAD RESPECTO A EQUIPAMIENTOS Y VALOR CRÍTICO DE NO2 EN LA CIUTAT DE VALÈNCIA



AUTOR: Nuria Guardiola Ibáñez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA