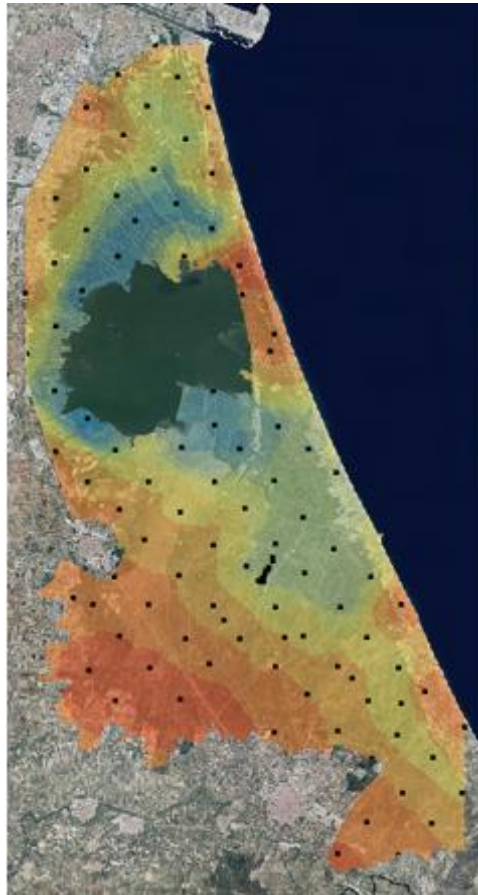


Estudio, análisis y mapa de suelos del Parque Natural de la Albufera de València



GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA

2020/2021

Autora: Laura Merino González

Tutor: Ángel Marqués Mateu

Le doy las gracias a mi tutor,
Ángel Marqués Mateu, por la
confianza de dejarme participar
en este proyecto tan enriquecedor
y por la ayuda dada en todo el trabajo.

A mis padres,
a mi hermano.
Gracias,
por esa paciencia infinita,
por ese apoyo tan incondicional,
por ese amor que siempre me abraza.

Sin vosotros, yo, no sería yo.

"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".

RESUMEN

En el presente documento se tratará de estudiar y cartografiar mediante muestras obtenidas en campo y el posterior análisis de laboratorio, los distintos horizontes y componentes del suelo del Parque Natural de La Albufera de València. Los diferentes conjuntos de datos se integrarán en el entorno de trabajo de un sistema de información geográfica (SIG). El trabajo de campo se estructuró en dos tareas fundamentales.

En primer lugar, se realizó el muestreo de suelos, consistente en recolectar material de distintos horizontes mediante sondeos y calicatas. Estas dos modalidades de muestreo se diferencian en la cantidad de material recolectado, así como en las herramientas necesarias para llevarlos a cabo. El sondeo consiste en perforar el terreno mediante una barrena de manera manual, extrayendo distintos horizontes de suelo que se guardan en contenedores separados para su posterior tratamiento. El segundo tipo de muestreo son las calicatas, las cuales requieren maquinaria pesada para retirar material y crear un espacio donde se pueda alojar una persona que realizará la descripción detallada de los horizontes. En este proyecto se utilizó una retroexcavadora para realizar el movimiento de tierra y una bomba extractora para retirar el agua acumulada al llegar al nivel freático del suelo. En la salida a campo también se tomaron las coordenadas de cada punto de muestreo (sondeos y calicatas) con un receptor GNSS. Esta información es fundamental para enlazar los resultados de laboratorio con su geolocalización y generar posteriormente la cartografía.

En segundo lugar, mediante los muestreos, los análisis y la toma de coordenadas se crearon distintos tipos de mapas de suelo utilizando el software ArcGIS y con información auxiliar disponible públicamente en las páginas oficiales del ICV, Catastro y CNIG.

El proyecto consta por tanto de dos partes bien diferenciadas, la primera parte para la toma de datos en campo y la segunda parte para la creación de los distintos mapas de suelos y variables edáficas.

El trabajo se ha realizado en colaboración con colegas de la ETSIAMN de la UPV, especialmente la primera parte, mientras que la segunda parte (componente principal de este TFG) se ha realizado en la ETSIGCT.

La obtención final de mapas continuos de variables del suelo a partir de los puntos de muestreo requiere la aplicación de métodos de interpolación espacial. Se probaron distintos métodos, tanto deterministas como geoestadísticos, todos ellos disponibles en las cajas de herramientas de ArcMap. Los resultados finales se pondrán a disposición del Institut Cartogràfic Valencià (ICV) puesto que el presente TFG ha contado con financiación de la Cátedra de Geomática Valenciana, vinculada a dicho organismo público y gestionada por el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la UPV.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de estudio con los muestreos.....	5
Figura 2: Unión de dos o más capas Rásters.....	6
Figura 3: Recorte de Ráster con un Shapefile.....	6
Figura 4: Obtención de la delimitación del parque.....	7
Figura 5: Extracción de muestras con barrena.....	8
Figura 6: Almacenamiento muestras extraídas.....	8
Figura 7: Toma de puntos XYZ con un receptor GPS.....	10
Figuras 8 y 9: Preparando las muestras para su posterior análisis.....	11
Figura 10: Cálculo de distancias a costa y lago de cada punto.....	12
Figura 11: Ej. Semivariograma Arena	14
Figura 12: Ej. Semivariograma Texturas.....	14
Figura 13: Activación barra de herramientas geoestadística.....	17
Figura 14: Herramienta geoestadística.....	17
Figura 15: Ej. Método EBK.....	17
Figura 16: Ej. Método EBK por defecto.....	18
Figura 17: Ej. Método Kriging por defecto, variable PH, profundidad 00 – 20.....	19
Figura 18: Ej. Método RBF por defecto, variable PH, profundidad 00 – 20.....	19
Figura 19: Ej. Comparativa de PH con diferentes tipos de semivariogramas.....	20
Figura 20: Ej. Comparativa de PH con diferentes tipos de semivariogramas.....	20
Figura 21, 22, 23 y 24: resultados del método EBK del CE.....	22
Figura 25, 26 27 y 28: resultados del método EBK del MO.....	23 y 24
Figura 29: Semivariograma de CE a profundidad 40-60.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de clasificación profesional.....	26
Tabla 2: Tabla económica 2021.....	26
Tabla 3: Dietas y kilometraje.....	26
Tabla 4: Presupuesto parte ETSIGCT.....	27
Tabla 5: Presupuesto ETSIAMN + ETSIGCT.....	28
Tabla 6: Total teniendo en cuenta las horas totales de equipo ETSIAMN.....	28

ABREVIATURAS

CNIG	Centro Nacional de Información Geográfica.
ETSIAMN	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural
ETSIGCT	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica.
EBK	Empirical Bayesian Kriging.
GNSS	Global Navigation Satellite System.
ICV	Institut Cartogràfic Valencià.
PNOA	Plan Nacional de Ortografía Aérea.
RBF	Radial Basis Functions.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
TFG	Trabajo Fin de Grado.
UPV	Universitat Politècnica de Valencià.
ZEC	Zona Especial de Conservación.
ZEPA	Zona de Especial Protección para las Aves.

ÍNDICE

ÍNDICE	18
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS	12
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1 ZONA DE ESTUDIO.....	13
3.2 DATOS INICIALES	14
3.3 PROCEDIMIENTO CAMPO	16
3.4 PROCEDIMIENTO LABORATORIO	19
3.5 PROCEDIMIENTO GABINETE.....	20
3.5.1 Tratamiento inicial	20
3.5.2 Métodos de interpolación espacial.....	21
3.5.3 Análisis geoestadístico	24
4. RESULTADOS	30
5. PRESUPUESTO.....	35
6. CONCLUSIONES.....	36
7. CONCLUSIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	39
9. CARTOGRAFÍA.....	41

1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace muy poco tiempo se asumía que a largo plazo la actividad humana tenía pocos efectos duraderos en la tierra gracias a que la naturaleza tiene la capacidad de restaurarse a sí misma. Este punto de vista siguió prevaleciendo durante bastante tiempo a pesar de que las prácticas agrícolas hayan estado causando daños irreversibles en determinadas zonas durante siglos. En las últimas décadas, los efectos de ciertos fenómenos han demostrado que debemos cuidar la cobertura del suelo y todos sus diversos fenómenos. Como por ejemplo el secado gradual de humedales, entre otros. Sin embargo, a pesar de la urgencia y la magnitud del problema confirmado por diversos estudios, el progreso en esta área es limitado. Para fines de gestión ambiental, la información de cobertura terrestre deberá ser cartográfica y estadística. (CORINE, Land Cover).

Un estudio de suelos comienza con una inspección general de las áreas del proyecto. De esta manera, se obtiene una apreciación de los patrones amplios del suelo en relación con la ubicación geográfica, los accidentes geográficos y los paisajes característicos del área del proyecto. Después de tener una idea mental se dispone a planificar la ruta y los sitios de inspección. (STEPHENS, 1953).

En los desarrollos de la ciencia del suelo en los últimos 40 años, Mermut y Eswaran (2000) subrayaron que las demandas de la ciencia del suelo aumentaron drásticamente, lo que llevó a la aparición de nuevas áreas de interés como la tierra y la calidad del suelo, reconociendo problemas de la tierra, la degradación, desertificación y contaminación del suelo. (P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz, 2007).

El Parque Natural de la Albufera de València que comprende la Albufera, su entorno húmedo y el cordón litoral, el cual está declarado como espacio natural protegido por la Generalitat Valenciana el 8 de Julio de 1986 por el Decreto 89/1986 (derogado, sustituido y finalmente modificado por el Decreto 259/2004 de 19 de noviembre) siendo así el más antiguo de la Comunitat Valenciana. Además, está en la lista de zonas húmedas de importancia internacional para las aves (RAMSAR,1971).

La Albufera constituye parte del esquema hidrológico del río Júcar y Turia. La Acequia Real del Júcar es el canal de riego que proporciona el agua a la mayor parte de las huertas y los arrozales situados en el entorno de la Albufera (Soria, 1997).

La cuenca hidrográfica de La Albufera se sitúa entre los ríos Turia al norte y Júcar al sur, actuando la laguna litoral como embalse natural de regulación de la cuenca. Ocupa una superficie de 917 Km² y su origen arranca de las últimas estribaciones del Macizo Ibérico. (Soria, J. M. y E. Vicente, 2002).

Por otra parte, la Albufera de València tiene la categoría de Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) que son «zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción» y entra también en la categoría de Zonas Especiales de Conservación (ZEC), ambas integradas en la Red Natura 2000.

La Albufera de Valencia es lo que se entiende por una laguna costera somera que es un cúmulo de agua ligeramente salobre que está separado del mar por una lengua o cordón de arena, aunque a su vez tiene contacto con el mar por diferentes puntos. Esta laguna tiene una profundidad media de 1 m.

La Albufera es una zona sensible por el tipo de cultivo que tiene que además se ve afectada por problemas como la contaminación de las aguas, la urbanización en el sistema dunar, la presión de la industrial cerca del parque, sin olvidarnos del turismo ya que la Albufera es una zona recreativa.

Este humedal tiene 4 tipos de áreas diferentes que constituyen el parque:

1. La restinga con 3300 ha aproximadamente y con cuatro ambientes diferentes:
 - La playa.
 - El cordón de dunas.
 - Las malladas.
 - El sistema dunar.
2. El marjal con 15000 ha aproximadamente es el ambiente predominante y contiene tres ambientes diferentes y muy importantes:
 - El arrozal.
 - La huerta que circunda el arrozal.
 - Las acequias y ullals.
3. El lago con 2800 ha es el que estructura el ecosistema. Tiene 2 ambientes:
 - La lámina de agua.
 - Las matas, pequeñas extensiones de terreno con vegetación.
4. El monte con 6,27 ha, es el área menos extensa del parque. (Moreno, 2013).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal es la realización de un estudio, análisis y cartografiado de suelos en el Parque Natural de La Albufera de València diferenciando dos etapas en el proyecto.

La primera fase es la salida a campo para obtener las muestras de suelo mediante muestreos manuales de diferentes puntos del Parque de La Albufera de València y mediante calicatas con la ayuda de una retroexcavadora para realizar el movimiento de tierra y así analizar los horizontes, a parte de una bomba extractora para poder retirar el agua acumulada al llegar al nivel freático del suelo. Además de la obtención de coordenadas precisas de todos los puntos muestreados, sondeos y calicatas, mediante un receptor GNSS. Esta primera etapa se ha realizado en colaboración con la ETSIAMN de la UPV.

La segunda fase es la creación de los diferentes tipos de mapas de suelo utilizando el software ArcGIS, los datos obtenidos en campo y los datos obtenidos en los análisis de laboratorio. En este proceso se probarán distintos métodos geoestadísticos y deterministas para obtener los mejores resultados ya que, dichos resultados estarán a disposición del Institut Cartogràfic Valencià (ICV).

Por ello, los objetivos específicos de este Trabajo Final de Grado son:

- Crear una base de datos mediante ArcGIS que pueda seguir creciendo con más datos en futuros proyectos.
- Determinar que método es el más adecuado para obtener los mapas de suelos del Parque Natural de La Albufera según los datos obtenidos en campo.
- Generar una serie de mapas de suelo que puedan ayudar a los diferentes organismos públicos y personas físicas, como los agricultores, a tener más información acerca de la condición y propiedades del suelo de un área considerable de todo el Parque Natural de La Albufera de València.

3. METODOLOGÍA

La metodología se divide principalmente en:

- la obtención de los datos iniciales,
- el trabajo de campo y
- el trabajo de gabinete.

En la primera fase se explica de dónde y de qué manera se obtienen los datos base para el inicio del trabajo. La segunda fase, la salida de campo, se detallan las actividades realizadas y la forma de proceder con los datos obtenidos. Por último, la fase de gabinete, donde se explica el tratamiento de los datos obtenidos en campo y los métodos realizados para la obtención final de mapas continuos de variables del suelo de la Albufera de Valencia.

Por otra parte, hay una fase que es el análisis de los datos en laboratorio, la cual no pertenece a mi competencia, pero sí participé brevemente en ella. Aquí se procedió a realizar los análisis de las muestras necesarios para la obtención de los mapas.

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El trabajo de campo se ha desarrollado íntegramente en el Parque Natural de la Albufera de València.

Este parque protegido se ubica a unos 10-15 km al sur de Valencia y consta de 13 municipios teniendo un área total de 21120 ha.

La zona está rodeada mayormente de arrozales, que ocupa aproximadamente un 70% de la superficie del área protegida.

Según (FAO), el topógrafo tiene que localizar sitios adecuados para el estudio detallado y para el muestreo de los puntos. La elección del sitio debe garantizar que el perfil sea característico de una unidad cartográfica en particular y que la unidad cartográfica en cuestión represente la mayor parte posible del área de la prospección, con el fin de aumentar la eficacia de esta.

Para la realización de los muestreos de forma uniforme por todo el parque se realizó una malla de puntos de 2 km entre sondeo y sondeo. Se realizaron un total de 113 sondeos, 18 de los cuales se tomaron en zonas de especial interés para la realización del proyecto.

Aquí se muestra la distribución de los puntos conforme a la malla calculada mediante el software de ArcGIS:



Figura 1: Zona de estudio con los muestreos.

3.2 DATOS INICIALES

Una vez conocida la zona de trabajo se crea la cartografía base para poder realizar los análisis. Esta cartografía fue descargada del CNIG, más concretamente se descargaron las ortofotos PNOA de máxima actualidad:

- PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0722 (parte superior del parque)
- PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0747 (parte inferior del parque)

Como se puede observar por la descarga, el parque está ubicado en dos hojas diferentes, por ello, mediante el uso del software ArcGIS se procedió a la unión de estos dos Ráster para facilitarnos los procedimientos siguientes.

Este proceso se realizó con la ayuda de la caja de herramientas de ArcMap:

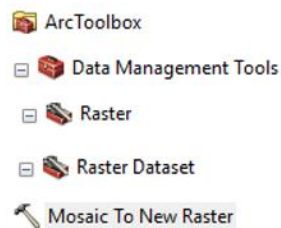


Figura 2: Unión de dos o más capas Rásters.

El paso siguiente es delimitar el polígono exacto del parque de la Albufera. En este caso vamos a definir bien:

- Parte exterior del parque sin el lago
- Parte interior del parque, es decir, el lago
- Rectángulo de 10000 m² aprox sin el parque ni el lago.

Para ello vamos a crear dos máscaras, una con la forma del lago y otra con la forma del parque. A parte de la creación de las máscaras necesitaremos cartografía en la que se representen los límites de las zonas de interés.

Esta cartografía fue descargada del ICV:

- Parques Naturales de la Comunitat Valenciana
- Hidrología CV100

Obtenidos y creados los archivos necesarios se procedió a generar los recortes en las ortofotos mediante la caja de herramientas del ArcMap:

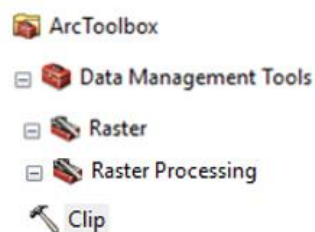


Figura 3: Recorte de Ráster con un Shapefile.

Aquí el resultado anterior:



Figura 4: Obtención de la delimitación del parque.

Por otra parte, como ya he comentado anteriormente, este proyecto consta de dos partes bien diferenciadas. La primera parte pertenece a la ETSIAMN y la segunda a la ETSIGCT, es decir, la mía.

Las muestras tomadas del suelo de la Albufera y su posterior análisis fisicoquímico en el laboratorio de cada una de las propiedades son datos recibidos de la primera parte del proyecto. Con estos datos crearemos los mapas de suelos.

3.3 PROCEDIMIENTO CAMPO

Voy a comentar brevemente por encima el trabajo de campo de mis compañeros de la ETSIAMN ya que también participé tanto en la primera parte realizando algunas salidas a campo para tomar los sondeos como en un par de sesiones en laboratorio.

Primeramente, un buen conocimiento de las características físicas y culturales del área en estudio aumenta la precisión y reduce el tiempo requerido (CHARLES E. KELLOGG) por ello, disponíamos de unas hojas con las rutas marcadas creadas anteriormente para saber cómo acceder a las ubicaciones de las muestras calculadas por la malla de puntos ya que la zona del Parque de la Albufera tiene diversos caminos que dificultan o anulan la posibilidad de acceder a las parcelas.

El objetivo del muestreo para el mapeo de suelos es construir ecuaciones predictivas para los atributos del suelo de interés en términos de las covariables ambientales. (P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz (2007).

Los sondeos se realizaron con una barrena helicoidal de la marca Eijelkamp que se utiliza para este tipo de suelos. Se tomaron muestras de cada sondeo en 4 profundidades diferentes:

- 00 – 20 cm
- 20 – 40 cm
- 40 – 60 cm
- 60 – 80 cm.

No en todos los sondeos se pudieron tomar las muestras a cuatro profundidades porque debido al suelo hídrico que hay en la Albufera algunas veces se llegaba a la capa freática y eso quiere decir, que con la barrena era imposible sustraer material del suelo ya que era mayoritariamente líquido.

El procedimiento de tomar las muestras era realizar una perforación de 00 – 20, depositar con la ayuda de una espátula las muestras en una bandeja y luego clasificarlas en bolsas herméticas, con un id identificativo. Se utilizó el mismo procedimiento para muestrear todos los sondeos en las diferentes profundidades.

A continuación, se muestran unas imágenes de la toma de los sondeos en campo:



Figura 5: Extracción de muestras con barrena.



Figura 6: Almacenamiento muestras extraídas.

La otra fase del trabajo de campo consistía en obtener los puntos GPS de cada uno de los 113 sondeos marcados por el Parque de la Albufera. Esta parte sí que pertenece al área de Geomática. Los instrumentos utilizados fueron prestados por el laboratorio de la ETSIGCT, un receptor GNSS Leica Zeno FLX100 y una Tablet conectada vía bluetooth al GPS. La Tablet tenía instalados dos programas que fueron utilizados para la toma de las coordenadas:

- Zeno connect
- TcpGPS

Primeramente, se encendía el GPS para que fuera conectándose y localizando los satélites para obtener una mejor precisión. Para saber cuándo el GPS estaba conectado a un mínimo de satélites para su correcto funcionamiento se utiliza la aplicación Zeno connect, que te informa de cuando el GPS está listo para su funcionamiento.

Una vez la aplicación te daba el visto bueno se iniciaba la segunda aplicación, TcpGPS, que es una aplicación para el replanteo y la toma de datos con receptor GNSS. Con ella tenías que conectarte al GPS y crear un nuevo proyecto (solo hace falta crearlo una vez y ahí se almacenan todos los datos) donde se guardarían los puntos tomados X Y Z. Una vez iniciada seleccionabas la zona, en este caso ETRS89 – UTM Zona 30 N y ya podías comenzar con el levantamiento topográfico.

La aplicación te da la opción de añadir un identificador a cada punto ya que hay que guardar el nuevo punto cada vez. Una vez acabado el levantamiento hay una opción de exportar los puntos guardados dentro de una carpeta en la Tablet. Finalmente, para obtener los datos del levantamiento, solo había que seleccionar el archivo con los datos y enviarlo por correo electrónico para así poder trabajar con ellos en cualquier dispositivo.



Figura 7: Toma de puntos XYZ con un receptor GPS.

Como se puede observar en la foto superior, estoy tomando las coordenadas GPS de una de las calicatas. Las calicatas se realizan con la ayuda de una retroexcavadora que realiza un agujero lo suficientemente profundo y ancho para que dentro quepan 2 personas tomando muestras de los diferentes horizontes que se pueden observar a simple vista.

3.4 PROCEDIMIENTO LABORATORIO

Una vez recogidas todas las muestras había que sacarlas de su bolsa hermética y dejarlas secar en unas bandejas individuales y clasificadas para así poder tamizarlas con un molino de rodillo electrónico y comenzar con los análisis ya que la mayoría de las muestras tomadas en campo estaban húmedas.

Antes de la tamización se observaban las muestras y se anotaban detalles importantes como si había oxidación, materia orgánica, presencia de conchas, cañas, etc.

Por último, se procedió al análisis fisicoquímico de cada una de las muestras para estudiar las siguientes propiedades en cada una de las profundidades:

- PH
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Carbonatos totales
- Materia Orgánica
- Nitrógeno total
- Hierro Total (Fe)

- Textura:
 - Arcilla
 - Limo
 - Arena

En las fotografías siguientes, aparezco en laboratorio depositando una cucharadita de cada muestra de Hierro en un tubo de ensayo para después añadirles X cantidad de agua destilada y otro tipo de reactivo. Cuando estaban todos bien cerrados y etiquetados se utilizaba un instrumento que generaba una vibración para una correcta mezcla y luego realizar el análisis pertinente.



Figuras 8 y 9: Preparando las muestras para su posterior análisis.

3.5 PROCEDIMIENTO GABINETE

3.5.1 Tratamiento inicial

Previo a realizar el análisis geoestadístico para la creación de los mapas continuos de las variables edáficas, había que limpiar los datos recibidos de agrónomos y adecuarlos para poder utilizarlos en el software ArcGIS ya que había ciertos datos que tuvieron que ser omitidos y valores nulos que fueron eliminados.

A parte, tuve que calcular la distancia de cada punto a la línea de la costa y a la línea del lago. Para poder realizar de una manera mucho más rápida y sencilla este cálculo utilicé la caja de herramientas de ArcMap:

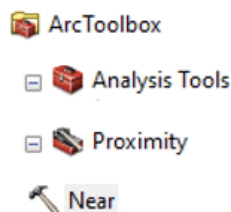


Figura 10: Cálculo de distancias a costa y lago de cada punto.

Con respecto a las coordenadas XYZ obtenidas de las salidas a campo mediante un dispositivo GNSS las añadí a la información facilitada por agrónomos para que después ellos tuvieran la información a mano junto con las distancias calculadas.

El archivo creado con todos los datos conjuntos era un Excel.

3.5.2 Métodos de interpolación espacial

Un sistema de información espacial del suelo incluye dos componentes fundamentales, primero un georreferenciado base de datos de suelos y un análisis de laboratorio, por ello, podemos tomar la definición de cartografía digital del suelo como la creación y población de sistemas de información espacial mediante el uso de salidas a campo y trabajo en laboratorio, métodos de observación junto con sistemas de inferencia de suelos espaciales y no espaciales. (P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz, 2007).

La interpolación es el proceso de obtener un valor para una variable de interés en un lugar donde no se han observado datos, teniendo que utilizar la información desde lugares donde sí se han recopilado. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

Existen dos amplias clases de métodos, los deterministas y los probabilísticos.

El primer método utiliza funciones predefinidas de la distancia entre las ubicaciones de observación y la ubicación para la que se requiere la interpolación, como por ejemplo la Función de Base Radial (RBF), en cambio el segundo método tiene una base en la teoría estadística, como por ejemplo Kriging. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

La inferencia bayesiana es un método de análisis que combina la información recopilada de datos experimentales con el conocimiento que uno tiene antes de realizar el experimento. Los métodos bayesianos y clásicos (frecuentistas) adoptan perspectivas básicamente diferentes hacia la inferencia estadística. (Kandethody M. Ramachandran, Chris P. Tsokos, 2015)

Kriging

Kriging utiliza un método estadístico gaussiano para optimizar la predicción espacial y tiene aplicabilidad en diversos campos como "minería, meteorología, ciencias del suelo, precisión agricultura, control de la contaminación, seguimiento de las poblaciones de peces entre otras disciplinas. (Lisa M. Zoellick, 2016).

El método de Kriging es un predictor probabilístico y, como tal, asume un modelo estadístico para los datos (Lisa M. Zoellick, 2016). Los predictores de Kriging tienen errores estándar que cuantifican la incertidumbre asociada con los valores predichos. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

Predictores de Kriging:

- Tienen menor incertidumbre de predicción que otros modelos de predicción.
- Tienen la capacidad de filtrar errores de medición.
- Utilizar información sobre la correlación entre la variable de interés y las covariables. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

La limitación que tiene este método es que asume que el semivariograma que desarrolla es siempre verdadero, pero esto dependerá de si los datos siguen una distribución gaussiana. (LISA M. ZOELLICK, 2016).

Kriging usa un semivariograma, que es una función de la distancia y dirección que separa dos ubicaciones para cuantificar la dependencia espacial en los datos. Un semivariograma se construye calculando la diferencia cuadrática media de los valores de todos los pares de medidas en ubicaciones separadas por una distancia determinada. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

El objetivo es estimar o predecir en un sentido espacial los valores de z en lugares u "objetivos" a partir de los datos y el variograma resume la distribución espacial de z en ausencia de tendencia. El variograma experimental. Este es el variograma que calcula a partir de los datos. (R. Webster and M. A. Oliver, 2007).

Empirical Bayesian Kriging

Los métodos bayesianos proporcionan un paradigma completo para la inferencia estadística bajo incertidumbre. Estos pueden derivarse de un sistema axiomático y proporcionar una metodología coherente que permita incorporar información inicial relevante y que resuelva muchas de las dificultades a las que se conocen los métodos frecuentistas. (J.M. Bernardo, 2009).

EBK se diferencia de los métodos de kriging clásicos al tener en cuenta el error introducido mediante la estimación del modelo de semivariograma. Esto es hecho por estimar, y luego usar, muchos modelos de semivariograma en lugar de un solo semivariograma. Este proceso comprende los siguientes pasos:

1. Se estima un modelo de semivariograma a partir de los datos.
2. Con este semivariograma, se simula un nuevo valor en cada una de las ubicaciones de datos de entrada.
3. Se estima un nuevo modelo de semivariograma a partir de la simulación de datos.

Luego se calcula un peso para este semivariograma usando la regla de Bayes, que muestra la probabilidad de que los datos observados se puedan generar a partir del semivariograma. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

Esto quiere decir que los pasos 2 y 3 se repiten continuamente para crear nuevos semivariogramas y cada semivariograma es una estimación del variograma inicial.

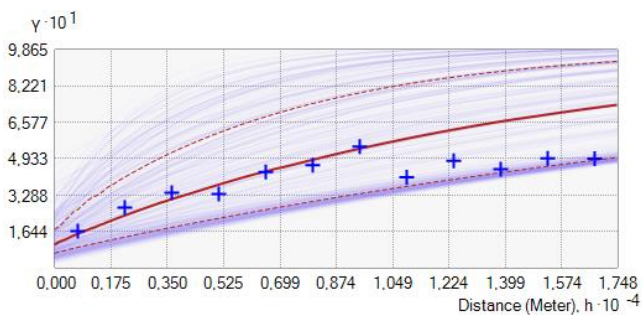


Figura 11: Ej. Semivariograma Arena

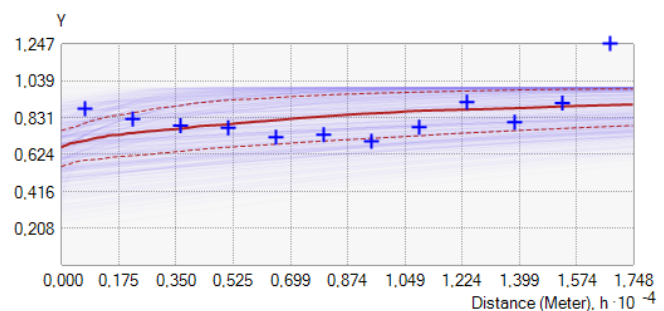


Figura 12: Ej. Semivariograma Texturas.

Usar una distribución de modelos de semivariograma, en lugar de solo un modelo: ofrece una gran ventaja sobre los modelos clásicos de kriging. (Konstantin Krivoruchko, 2012).

Empirical Radial Function

Las funciones de base radial (RBF) se construyen en términos de variable de distancia unidimensional y parece ser tienen ciertas ventajas sobre las tradicionales funciones basadas en coordenadas. A diferencia de los métodos tradicionales basados en mallas, los métodos de colocación RBF son matemáticamente simples, lo que evita la generación de mallas problemáticas para problemas de alta dimensión que involucran algún límite irregular o móvil. (Wen Chen, Zhuo-Jia Fu, C. S. Chen, 2014).

En los métodos RBF todavía se encuentran algunos desafíos notables, como la evaluación lenta de RBF de gran densidad matriz de interpolación. (Wen Chen • Zhuo-Jia Fu • C. S. Chen, 2014).

Las funciones de base radial (RBF) le permiten crear una superficie que captura las tendencias globales y capta la variación local. Funcionan especialmente bien en los casos en los que el ajuste de un plano a los valores de la muestra no representará con precisión la superficie. (ESRI).

El uso de técnicas no supervisadas para arreglar los centros de función básica, sin embargo, generalmente no óptimo ya que el establecimiento de los centros de función de base utilizando la estimación de densidad en la entrada los datos por sí solos no tienen en cuenta los valores objetivo asociados con esos datos. Idealmente, por lo tanto, debemos incluir los valores objetivo en el procedimiento de entrenamiento. (David Barber, Bernhard Schottky, 1997).

3.5.3 Análisis geoestadístico

En esta última fase de la metodología se probaron 3 métodos diferentes para realizar los mapas de variables edáficas. Por una parte, dos de ellos son métodos geoestadísticos, el Kriging y el Kriging Bayesiano Empírico (EBK) y por la otra parte, uno es un método determinista, la Función de Base Radial (RBF).

Como se ha podido leer en el apartado anterior, el método determinista tiene a priori más inconvenientes que los demás, sobre todo si no se tienen unos grandes conocimientos a cerca de este tipo de análisis y sus parámetros. Si que es cierto que los resultados suelen ser más correctos porque el usuario modifica los parámetros con total libertad y conocimiento, sabiendo así qué quiere obtener y cómo lo quiere obtener. También hay que remarcar que este método es mucho más costoso, temporalmente hablando.

El método Kriging y el método EBK son muy similares geoestadísticamente hablando, pero el método EBK tiene en cuenta el error mediante la estimación del modelo de semivariograma, es decir, usa muchos modelos de semivariograma, no solo uno como hace el método Kriging, que lo que hace es calcular el semivariograma mediante la ubicación de los puntos conocidos para luego hacer predicciones de las zonas sin puntos conocidos. Este cálculo conlleva que el mapa geoestadístico salga con más ruido que con el método EBK, que al crear las simulaciones se suaviza el resultado y parece más natural la degradación visual en el mapa.

Ya que, como es común hoy en día, las descripciones del suelo de unidades de mapeo por perfiles representativos y el mapa de coropletas (Burrough, 1993), sean los preferidos por los usuarios de mapas de suelo en aras de la simplicidad, y la percepción visual. (P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz, 2007).

Una vez conocida la teoría queda pasar a la práctica y hacer las comparaciones pertinentes para escoger el método que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Para empezar con la geoestadística primero tenemos que importar el Excel con todos los datos a ArcMap y crear un Shapefile con toda la información que llamaremos Albufera.

Hay que revisar que todo esté correcto y no haya ningún error que luego nos pueda dar problemas a la hora de utilizar la herramienta de geoestadística del ArcGIS.

Luego tenemos que separar los datos por profundidad, de 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 y 60 - 80. Con esto conseguimos que en cada nuevo Shapefile solo tengamos las variables del suelo con una sola profundidad, así podremos realizar los mapas del suelo de forma lógica.

El siguiente paso ya es utilizar los métodos y compararlos. Primero, se van creando los mapas con los parámetros por defecto de cada método con cada variable de suelo. Después se va modificando algún factor, se creaba el mapa y se comparaba analizando el mapa y el semivariograma para saber cuál era el más correcto geoestadísticamente hablando.

La barra de herramientas de geoestadística hay que activarla en el panel superior, clicando con el botón derecho y marcando el módulo que vamos a necesitar:

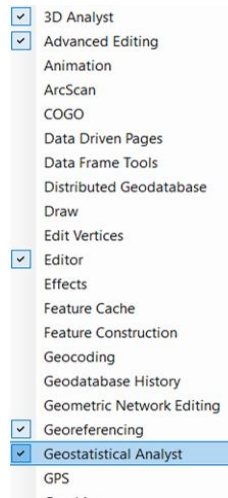


Figura 13: Activación barra de herramientas geoestadística.

Cuando la activemos nos saldrá este apartado con el cual comenzaremos a probar los diferentes métodos:

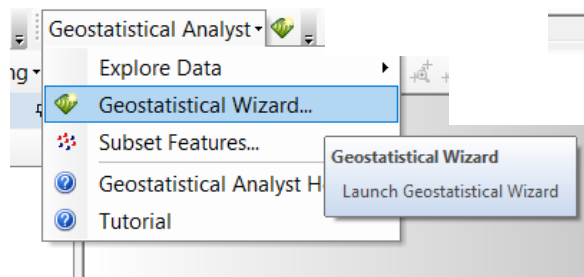


Figura 14: Herramienta geoestadística.

Una vez dentro de Geostatistical Wizard nos muestra los métodos que nos ofrece el módulo, así que elegimos uno de los tres que hemos visto anteriormente:

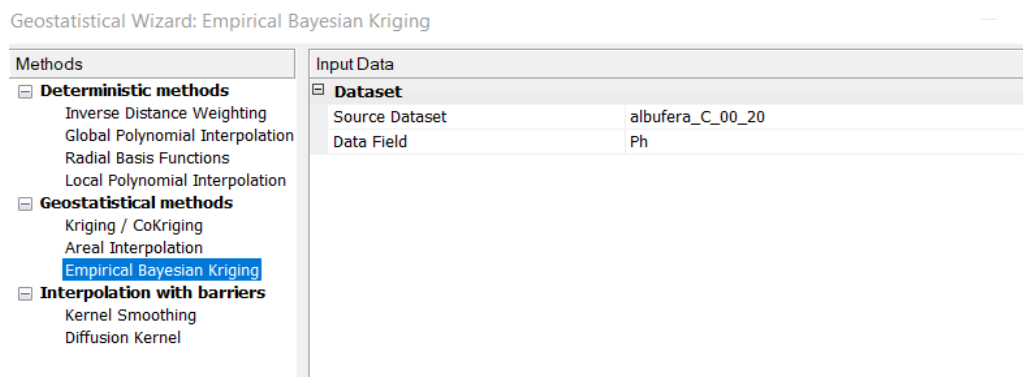


Figura 15: Ej. Método EBK.

En este ejemplo he escogido el método EBK para una profundidad de 00 – 20 para la variable de suelo PH.

Esto es lo que nos muestra el programa por defecto:

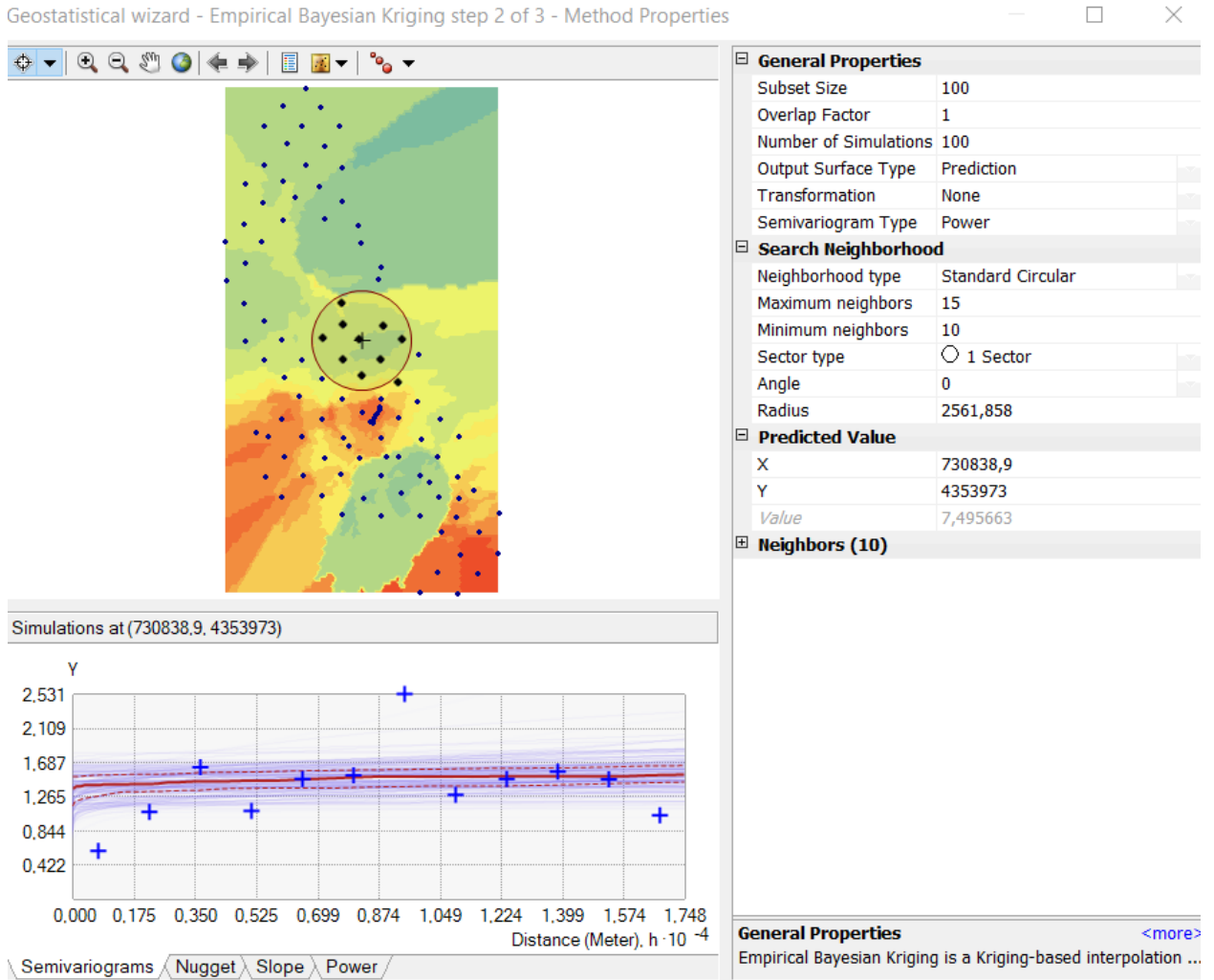


Figura 16: Ej. Método EBK por defecto.

Aquí podemos observar el mapa de PH para profundidad de 00 – 20, el semivariograma con las semivarianzas, la mediana, los percentiles y las líneas azul-moradas que representan los pesos del semivariograma.

En la parte derecha de la imagen tenemos las propiedades que podemos modificar a nuestro entendimiento para poder encontrar el resultado deseado.

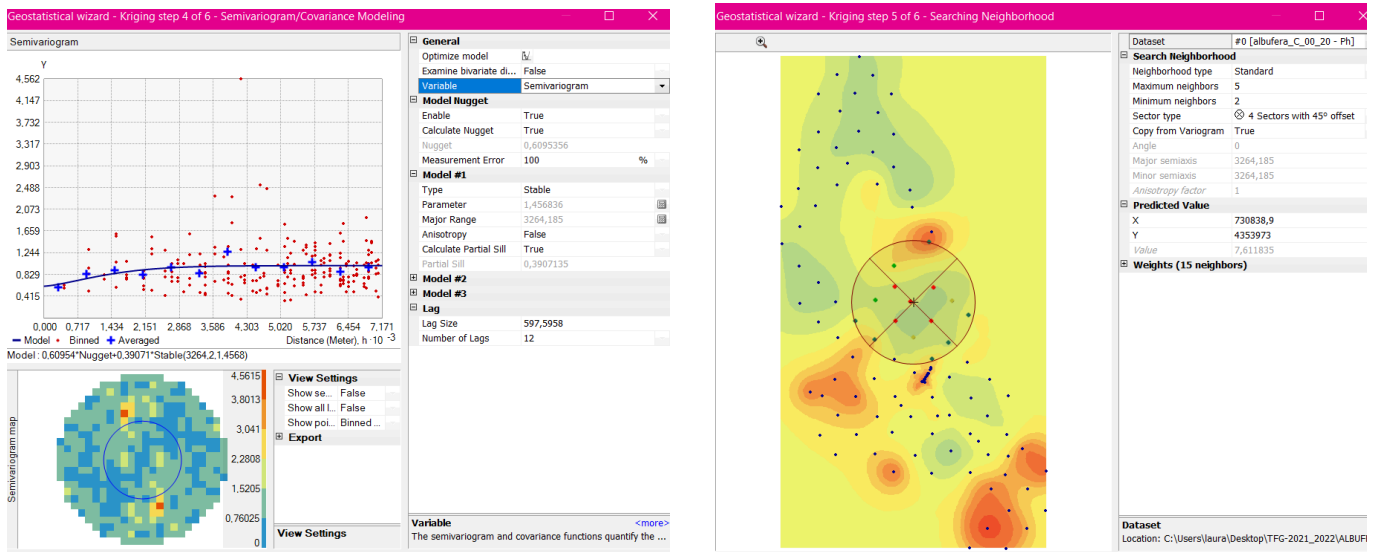


Figura 17: Ej. Método Kriging por defecto, variable PH, profundidad 00 – 20.

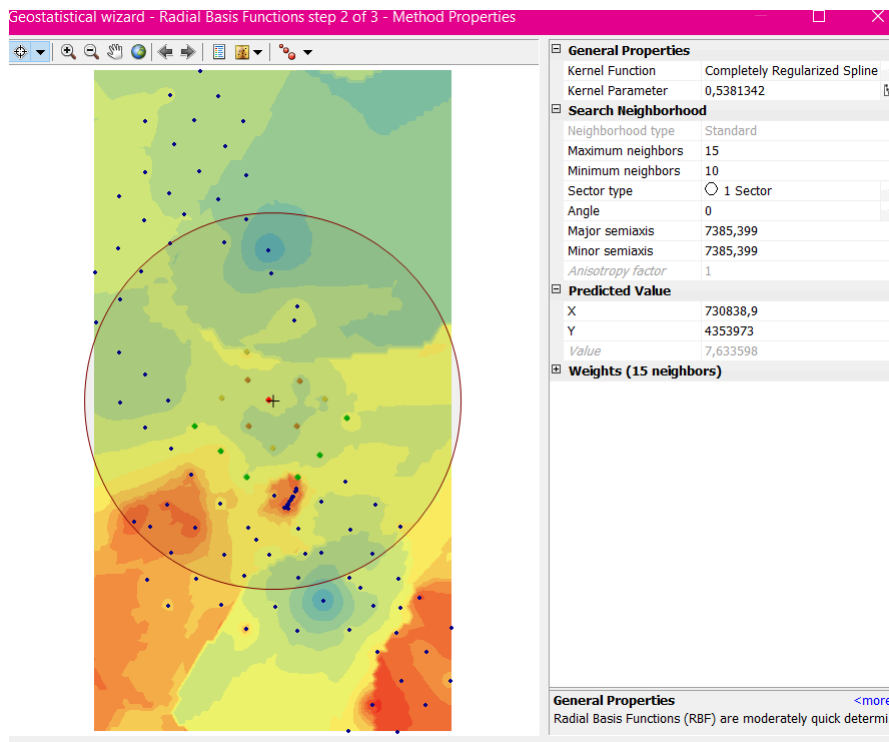


Figura 18: Ej. Método RBF por defecto, variable PH, profundidad 00 – 20.

Como podemos observar, lo que nos muestran los distintos modelos son resultados muy similares y es aquí dónde hay que valorar los pros y contras de cada modelo y cuál es el resultado que queremos obtener.

A continuación, muestro una comparativa de PH con el método EBK utilizando la transformación empírica y con 3 diferentes tipos de semivariogramas:

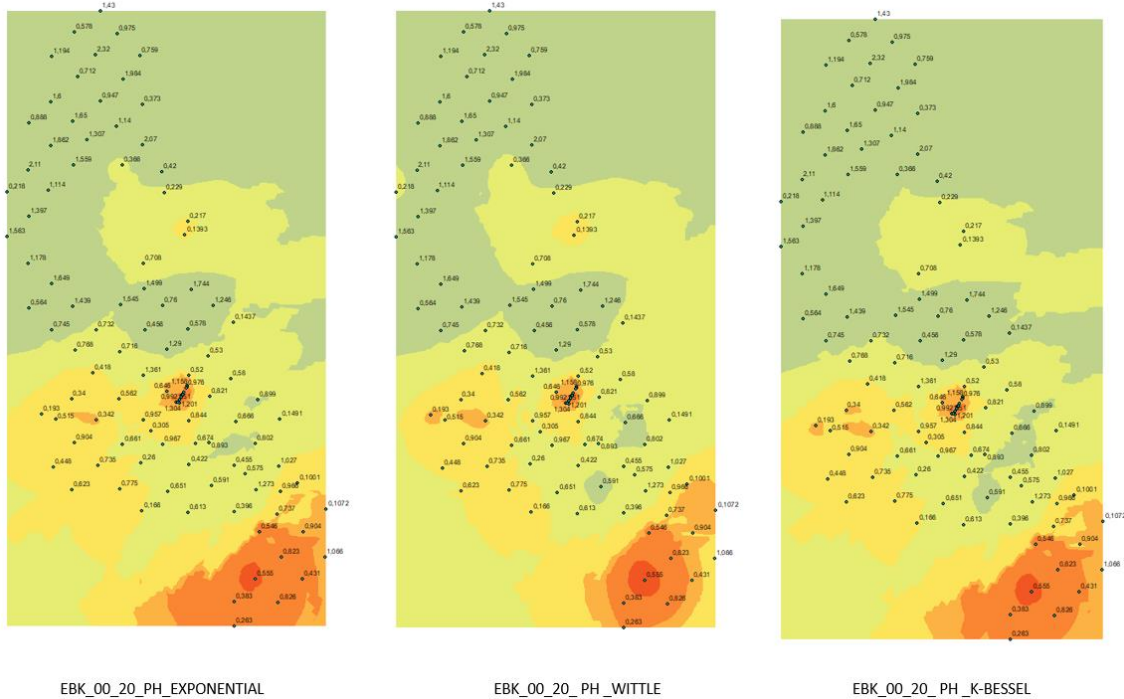


Figura 19: Ej. Comparativa de PH con diferentes tipos de semivariogramas.

Y aquí sus respectivas simulaciones:

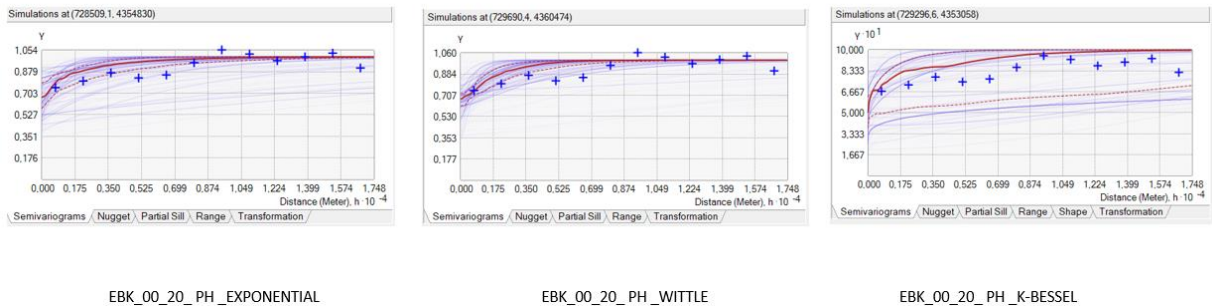


Figura 20: Ej. Comparativa de PH con diferentes tipos de semivariogramas.

Estas 3 comparativas son muy similares, por ello hay que ir analizando punto por punto para comprobar que los valores de las variables corresponden a la leyenda del mapa. Una forma muy sencilla también es ver de forma visual cual tiene menos ruido.

4. RESULTADOS

Los resultados finales de este trabajo han sido un total de 36 mapas continuos de variables del suelo a partir de los puntos de muestreo.

El método elegido para crear todos los mapas ha sido el método Empirical Bayesian Kriging porque es el método más simple pero muy preciso a la vez, ya que crea una simulación del semivariograma, es decir, se crean un número elevado de semivariogramas. Esto ocurre porque los datos de entrada se dividen en subconjuntos y cada subconjunto crea su propia simulación del semivariograma utilizando una predicción de cada ubicación.

El programa por defecto realiza 100 simulaciones, en este caso se han realizado 10000 simulaciones en cada proceso para que la precisión sea más elevada. Cuantas más simulaciones más tarda el programa en ejecutarse, por eso también hay que valorar el tiempo necesario para la creación de los mapas de suelo.

Por otra parte, se ha utilizado una transformación empírica porque se observó que quitaba más el ruido y la superficie quedaba más homogénea, que es una característica fundamental que se busca en este tipo de mapas de suelo.

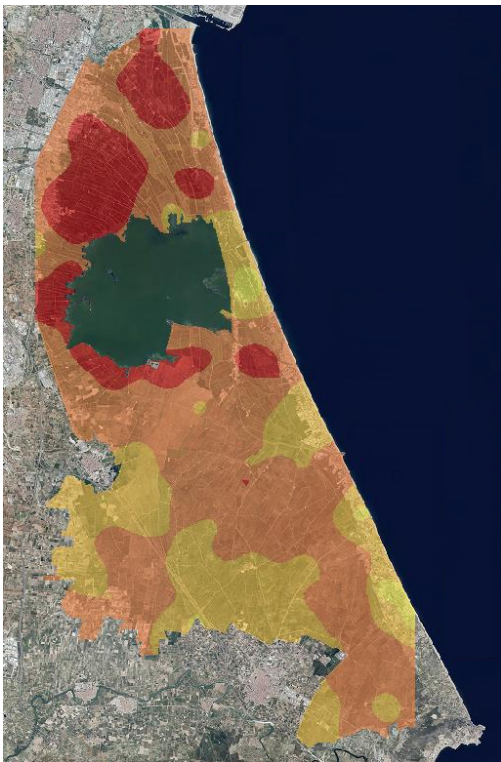
El tipo de semivariograma fue exponencial porque la transformación es más flexible y bastante más rápida que otro tipo de semivariogramas, además, cuando se observa el semivariograma final se puede ver que las semivarianzas cuadran con la mediana.

Ahora voy a comentar dos variables diferentes del suelo, que a mi entender son las más relevantes en este trabajo sobre estudio del suelo de la Albufera.

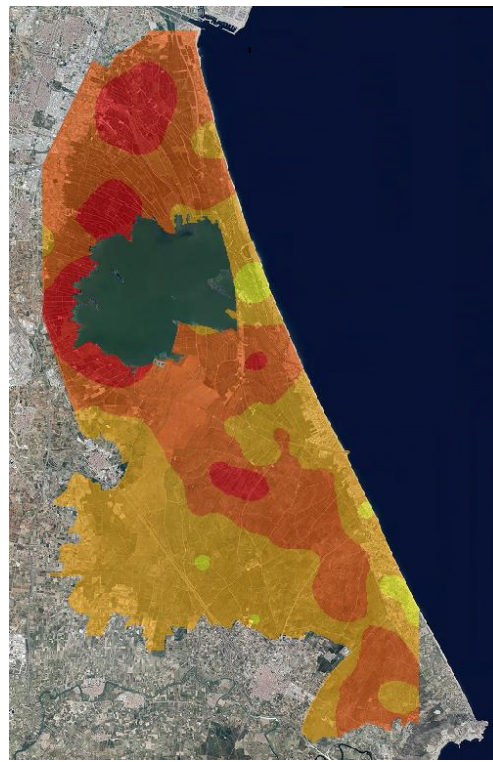
Por un lado, tenemos la Conductividad Eléctrica (CE), es decir, la salinidad del suelo. Podemos tomar como definición de Conductividad Eléctrica de un medio como la capacidad que tienen el medio (que por lo general contiene las sales inorgánicas en solución o electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. (Felipe Calderón, 2005).

La salinidad es una variable del suelo muy importante en el desarrollo del cultivo ya que la sal se disuelve en el agua junto a otros compuestos y estos compuestos son los que las plantas utilizan para alimentarse. Cuanta más sal hay en disolución junto a los demás compuestos más energía tiene que invertir la planta para poder absorber energía del suelo. Otro factor muy importante por el cual hay que conocer el tipo de salinidad en los suelos es que si el estrato tiene mucha disolución de sal aumenta la presión osmótica y normalmente acaba con la vida de la planta.

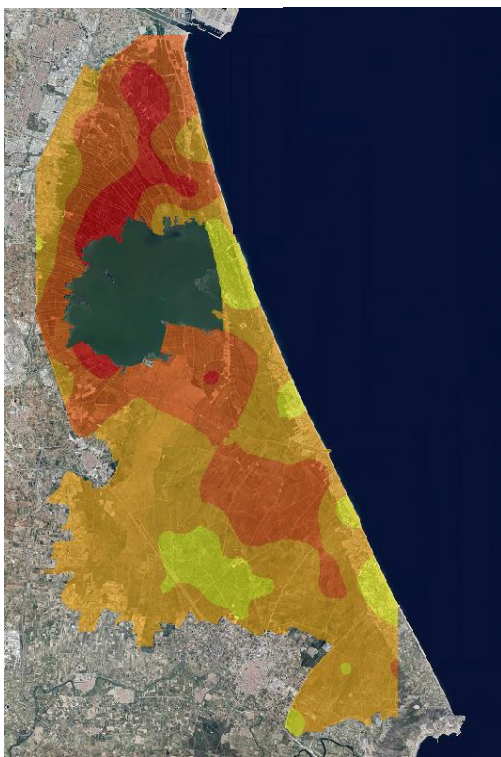
Aquí podemos observar los resultados después del análisis aplicado:



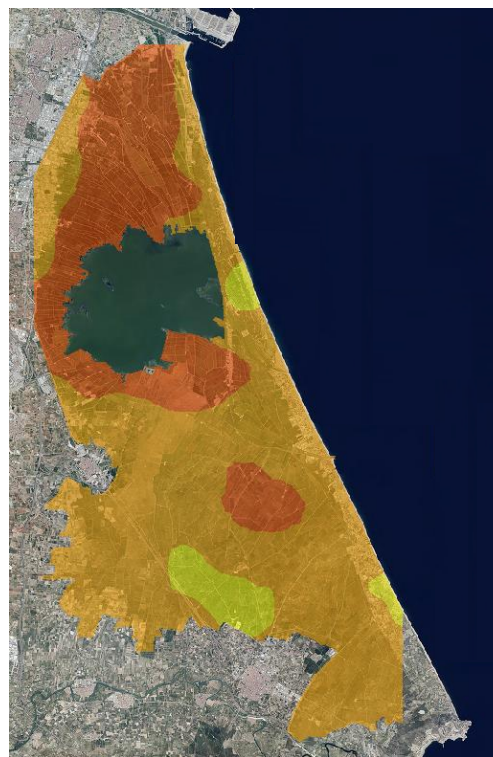
00-20



20-40



40-60

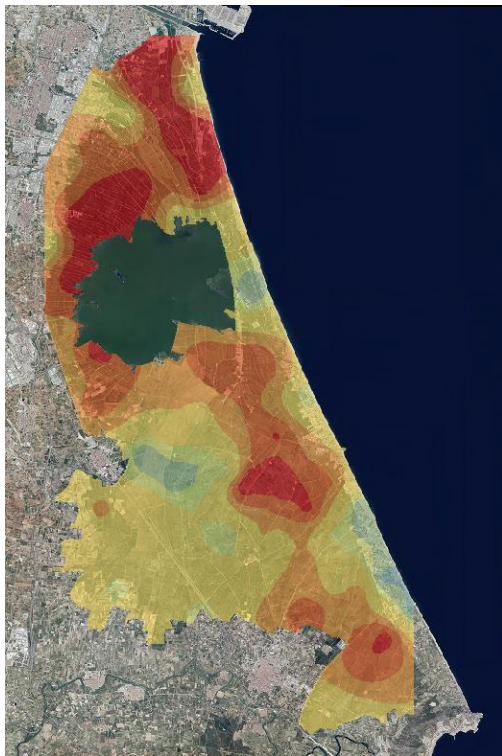


60-80

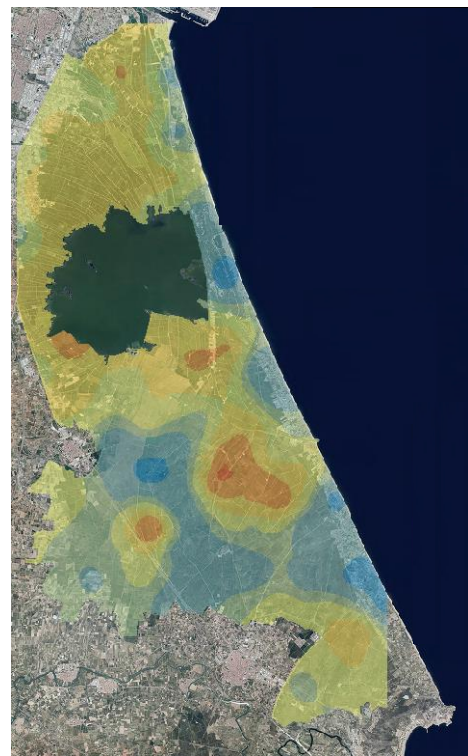
Figura 21, 22, 23 y 24: resultados del método EBK del CE.

En las imágenes anteriores las zonas rojas son Muy salinas y las zonas amarillas No salinas. Se puede observar que las áreas más salinas están en la parte norte del parque y rodeando el lago por la parte interna además que se encuentra en las zonas menos profundas, eso ocurre porque al ser un compuesto cuando la parte líquida se evapora por el calor se cristaliza en la superficie, es por eso que, en la Albufera se pueden encontrar zonas con manchas blancas por la salinidad de la zona.

Por el otro lado tenemos la Materia Orgánica, que es un conjunto de residuos de plantas y animales en estado de descomposición que sirve de alimento para las plantas. Como comenta Moreno (2013), los humedales son sumideros de carbono por la gran cantidad de materia orgánica acumulada. Esta acumulación y su lenta descomposición crea en muchos casos horizontes orgánicos.



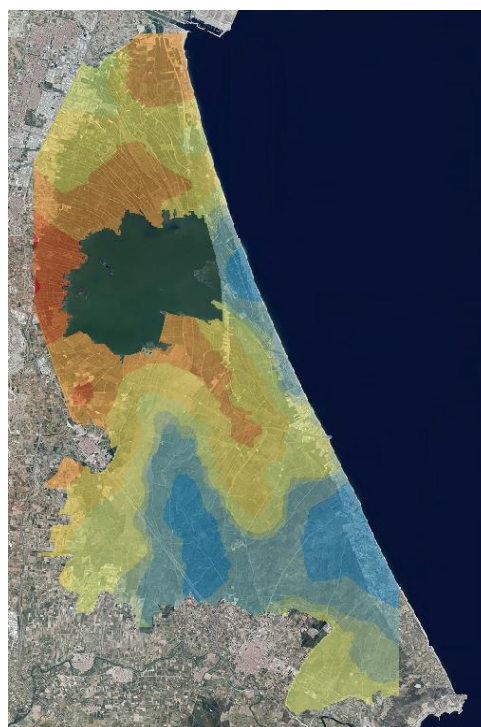
00-20



20-40



40-60



60-80

Figura 25, 26 27 y 28: resultados del método EBK del MO.

Examinando esta variable y teniendo en cuenta que las zonas rojas son las que presentan mayor porcentaje de materia orgánica y las zonas azules las que menos, se vuelve a observar que la zona norte del parque y la zona interior del lago presentan más MO que el resto del parque. También se observa que en el sondeo más profundo hay bastante cantidad de materia orgánica, esto es debido a que anteriormente esa zona estaba en la superficie de la Albufera, pero al echar más materiales de cultivo encima se quedó enterrada y la vegetación como cañas, juncos, materia terrestre y acuática se empezaron a pudrir por no tener oxígeno. En la superficie hay gran cantidad de materia orgánica ya que son cultivos de arrozales.

Hay que añadir que la zona norte es la que tiene una mayor superficie de arrozales.

Por último, vamos a analizar un semivariograma, para conocer que información nos muestra y cómo analizar qué método es más adecuado.

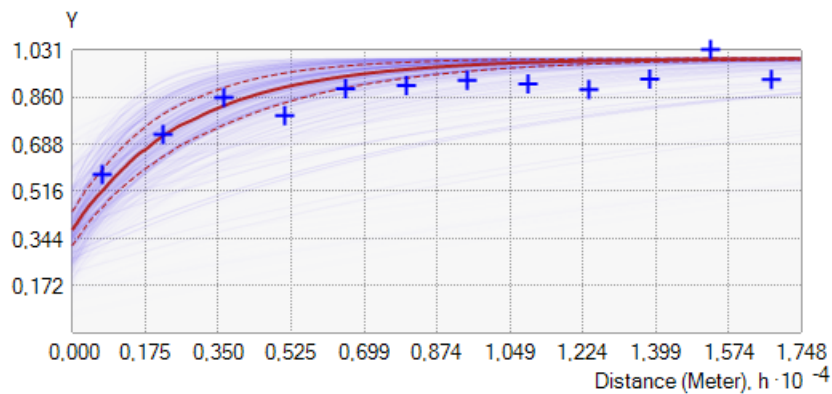


Figura 29: Semivariograma de CE a profundidad 40-60.

Podemos observar una línea continua roja que es la mediana de la distribución. Los percentiles 25 y 75 son las líneas discontinuas y las cruces azules representan las semivarianzas, cuanto más cerca estén de la mediana de la distribución significa que esos puntos están autocorrelacionados entre si espacialmente, cosa que es positiva y nos dice que el método es el correcto.

También podemos percibir la presencia de unas finas líneas azul-moradas, estas líneas representan los pesos del semivariograma, cuanto menos peso tenga más fina será la línea.

El semivariograma también consta de meseta, rango y nugget. El rango es la distancia que se observa desde que la mediana de la distribución aparece por el eje Y hasta que se estabiliza de forma horizontal y la meseta es el punto donde la mediana de la distribución se estabiliza. El efecto nugget hace referencia al valor en el eje Y donde la mediana de la distribución y dicho eje coinciden, en este caso sería 3 el valor de nugget. En teoría el valor nugget debería ser 0 pero como existen algunos tipos de errores tanto en la medición como en el análisis geoestadístico suele estar este efecto.

5. PRESUPUESTO

Para realizar el presupuesto he tomado como referencia el convenio colectivo del sector Oficinas y Despachos para el año 2021, siendo esta la información:

GRUPO	NIVEL	CATEGORIA
I	1	Titulado/a Superior
	2	Titulado/a Medio, Jefe/a Superior
II	3	Jefe/a 1ª, Jefe/a Informática, Analista, Programador/a
	4	Jefe/a 2ª, Jefe/a Delineación, Jefe/a Explotación
III	5	Ofic. 1ª Admtvo., Delineante Proyect., Operador/a 1ª
	6	Ofic. 2ª Admtvo., Delineante, Operador2ª, Encargado/a OV
IV	7	Dibujante, Ofic.1ª OV, Conductor/a
	8	Administrativo/a, Grabador/a Datos, Calcador, Ofic. 2ª OV
V	9	Auxiliar Administrativo, Vigilante/a, Conserje, Ordenanza, Limpiador/a, Mozo, Peón

Tabla 1: Cuadro de clasificación profesional

GRUPOS	NIVELES	EUROS/MES	SALARIO ANUAL (14 Pagas)
I	1	1.349,98	18.899,77
I	2	1.305,40	18.275,58
II	3	1.256,74	17.594,39
II	4	1.208,05	16.912,73
III	5	1.118,89	15.664,50
III	6	1.074,31	15.040,30
IV	7	1.042,08	14.589,09
IV	8	1.030,79	14.431,01
V	9	1.019,09	14.267,26

Tabla 2: Tabla económica 2021.

	Euros
Dieta íntegra	74,95
Cada Kilómetro	0,32

Tabla 3: Dietas y kilometraje.

Para el resto del cálculo he realizado una valoración de cada actividad según las horas desempeñadas, también los gastos de material, transporte y dietas. La mayoría de los valores están estimados acorde a los precios actuales del mercado.

La primera tabla corresponde íntegramente a mi parte del trabajo, pero ya que el proyecto consta de una primera parte que la realizaba ETSIAMN y una segunda que la realizaba ETSIGCT he considerado realizar dos presupuestos.

El presupuesto que corresponde a mi parte está efectuado desde el punto de vista de un autónomo:

ACTIVIDAD	TIEMPO (horas)	RRHH	MEDIOS TÉCNICOS E INSTRUMENTACIÓN	CANTIDAD MATERIAL	GASTOS MATERIALES	TOTAL (€)
TRABAJO CAMPO	58	INGENIERO	LEICA ZENO FLX100+ TABLET	1	-	-
TRABAJO GABINETE	160	INGENIERO	PC	1	-	-
GASTOS VARIOS						
ALQUILER COCHE	8 días	INGENIERO	COCHE	1	-	189 €
ALQUILER GPS	8 días	INGENIERO	GPS	1	96,8 €/día	774 €
LICENCIA ARCGIS	-	INGENIERO	PC	1	-	1.200 €
PC + COMPLEMENTOS	-	-	PC	1	-	791 €
KILOMETRAJE	-	INGENIERO	COCHE	1122 km	0,32 €/km	359 €
DIETAS	-	INGENIERO	BAR/RESTAURANTE	7	74,95 €/día	262 €
GASTOS DE SALARIO						
TÉCNICO	218	INGENIERO	-	1	-	2.110 €

TOTAL SIN IVA		5.686 €
BENEFICIO	20%	1.137 €
IVA	21%	1.194 €
TOTAL		8.017 €

Tabla 4: Presupuesto parte ETSIGCT.

También he tenido en cuenta €/día:

- Horas anuales = días laborales * horas al día.
- Los días laborales: 365 – 129 (días no laborales) = 236.

Para poder hacer el presupuesto de agrónomos le tuve que pedir ayuda a Héctor Moreno, uno de los responsables del proyecto de la Albufera. Yo he simplificado los datos y los he añadido a mi presupuesto.

Faltarían algunos datos por añadir, pero no tenía la información necesaria para poder rellenarlo correctamente.

Este presupuesto está pensado como que un autónomo hace una subcontrata a otro:

ACTIVIDAD	TIEMPO (horas)	RRHH	MEDIOS TÉCNICOS E INSTRUMENTACIÓN	CANTIDAD MATERIAL	GASTOS MATERIALES	TOTAL (€)
PRIMERA PARTE (AGRÓNOMO)						
TRABAJO CAMPO (equipo)	343	INGENIEROS	-	*	1321,135	3.103 €
TRABAJO LABORATORIO (equipo)	2208	INGENIEROS	-	**	30030	30.030 €
SEGUNDA PARTE (GEOMATA)						
TRABAJO CAMPO	58	INGENIERO	LEICA ZENO FLX100 + TABLET	1 + 1	-	-
TRABAJO GABINETE	160	INGENIERO	PC	1	-	-
GASTOS VARIOS						
ALQUILER COCHE	8 días	INGENIERO	COCHE	1	18,92 €/día	189 €
ALQUILER GPS	8 días	INGENIERO	GPS	1	96,8 €/día	774 €
LICENCIA ARCGIS	-	INGENIERO	PC	1	-	1.200 €
PC + COMPLEMENTOS	-	-	PC	1	-	791 €
KILOMETRAJE	-	INGENIERO	COCHE	1122 km	0,32 €/km	359 €
DIETAS	-	INGENIERO	BAR/RESTAURANTE	7	74,95 €/día	262 €
GASTOS DE SALARIO						
TÉCNICO ETSIAMN	192	INGENIEROS	-	1	-	1.859 €
TÉCNICO ETSIGCT	218	INGENIERO	-	1	-	2.110 €

* Información monetaria aproximada

TOTAL SIN IVA		40.678 €
BENEFICIO	20%	8.136 €
IVA	21%	8.542 €
TOTAL		57.356 €

Tabla 5: Presupuesto ETSIAMN + ETSIGCT.

* Trabajo campo (equipo), retroexcavadora, material campo, kilometraje (equipo), alquiler furgoneta, dietas (equipo).

** Trabajo laboratorio (equipo), material químico (reactivos), material laboratorio.

El sueldo del técnico de la ETSIGCT esta calculado para mi compañero de prácticas según sus horas individuales.

TOTAL SIN IVA		63.513 €
BENEFICIO	20%	12.703 €
IVA	21%	13.338 €
TOTAL		89.553 €

Tabla 6: Total teniendo en cuenta las horas totales de equipo ETSIAMN.

7. CONCLUSIONES

Después de realizar todo el proceso de campo y gabinete se han conseguido los objetivos requeridos ya que se ha creado una base de datos con sondeos georreferenciados y 36 mapas continuos de diferentes variables del suelo de la Albufera de Valencia. Estos mapas se podrán utilizar para conocer mejor toda la zona del Parque natural, así que tanto los agricultores como las instituciones públicas podrán darles uso y emplear la información lograda en este proyecto.

El método geoestadístico finalmente seleccionado, Empirical Bayesian Kriging, ha sido una buena opción para poder crear los mapas edáficos, pero habiendo tantos tipos de métodos para realizar análisis espaciales se podría plantear otros tipos de métodos ya que el tiempo disponible para poder probarlos todos no era el suficiente y se tuvieron que descartar sin poder ser probados. También hay que añadir que para utilizar otros tipos de métodos se debe tener unos conocimientos sobre análisis geoestadísticos y deterministas muy extensos ya que hay muchos parámetros a tener en cuenta y además hay que valorar los datos que se están manejando porque no todos los métodos sirven para todos los datos.

También quiero añadir que el hecho de haber podido participar en la primera parte del proyecto junto a la ETSIAMN ha sido muy gratificante y una gran oportunidad para mí, ya que he podido aprender muchísimo sobre la Albufera de Valencia y a cómo realizar sondeos y tomar las muestras aparte de la experiencia vivida.

Gracias a la cartografía creada se puede utilizar para otros tipos de trabajos ubicados en la misma zona, tanto si que quiero ampliar la malla de puntos o como si se quieren conocer otros tipos diferentes de variables del suelo que también resulten de interés.

8. BIBLIOGRAFÍA

CORINE, LAND COVER

DAVID BARBER, BERNHARD SCHOTTKY (1997). Radial Basis Functions: a Bayesian treatment

ESRI DESKTOP

.<<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/visualizing-radial-basis-functions.htm>>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) - Aerial-Photo Interpretation in soil survey.

FELIPE CALDERÓN SÁENZ. (2005). La conductividad eléctrica – CE- y la conductividad eléctrica a granel -CEG- del suelo como base para la medición de la humedad del suelo

GENERALITAT VALENCIANA (GVA). Parques naturales. L'Albufera. Visto el 21/06/2021. <<https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-Albufera/conocenos>>

J.M. BERNARDO, (2009). Bayesian Methodology in Statistics.

KANDETHODY M. RAMACHANDRAN, CHRIS P. TSOKOS (2015) Bayesian Estimation Inference.

KRIVORUCHKO, KONSTANTIN. (2012). "Empirical Bayesian Kriging Implemented in ArcGIS Geostatistical Analyst."

LISA M. ZOELICK (2016). GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF PRODUCTION TRENDS IN THE PERMIAN BASIN

MORENO RAMÓN, H. (2013). *Evaluación espacio-temporal de las aguas y suelos de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 546pp.

P. LAGACHERIE, A.B. McBRATNEY, M. VOLTZ (2007) Digital soil mapping, an introductory perspective.

RAMSAR (1971). Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Paris. UNESCO. 3pp.

R. WEBSTER AND M. A. OLIVER (2007). Geostatistics for Environmental Scientists. Aide-me´moire for Spatial Analysis.

STEPHENS, C. J. (1953). Soil surveys for land development, FAO Agric. Studies No. 20 Rome.

SORIA, J. M. (1997). Estudio limnológico de los ecosistemas acuáticos del Parque Natural de la Albufera de Valencia, Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. 292 pp.

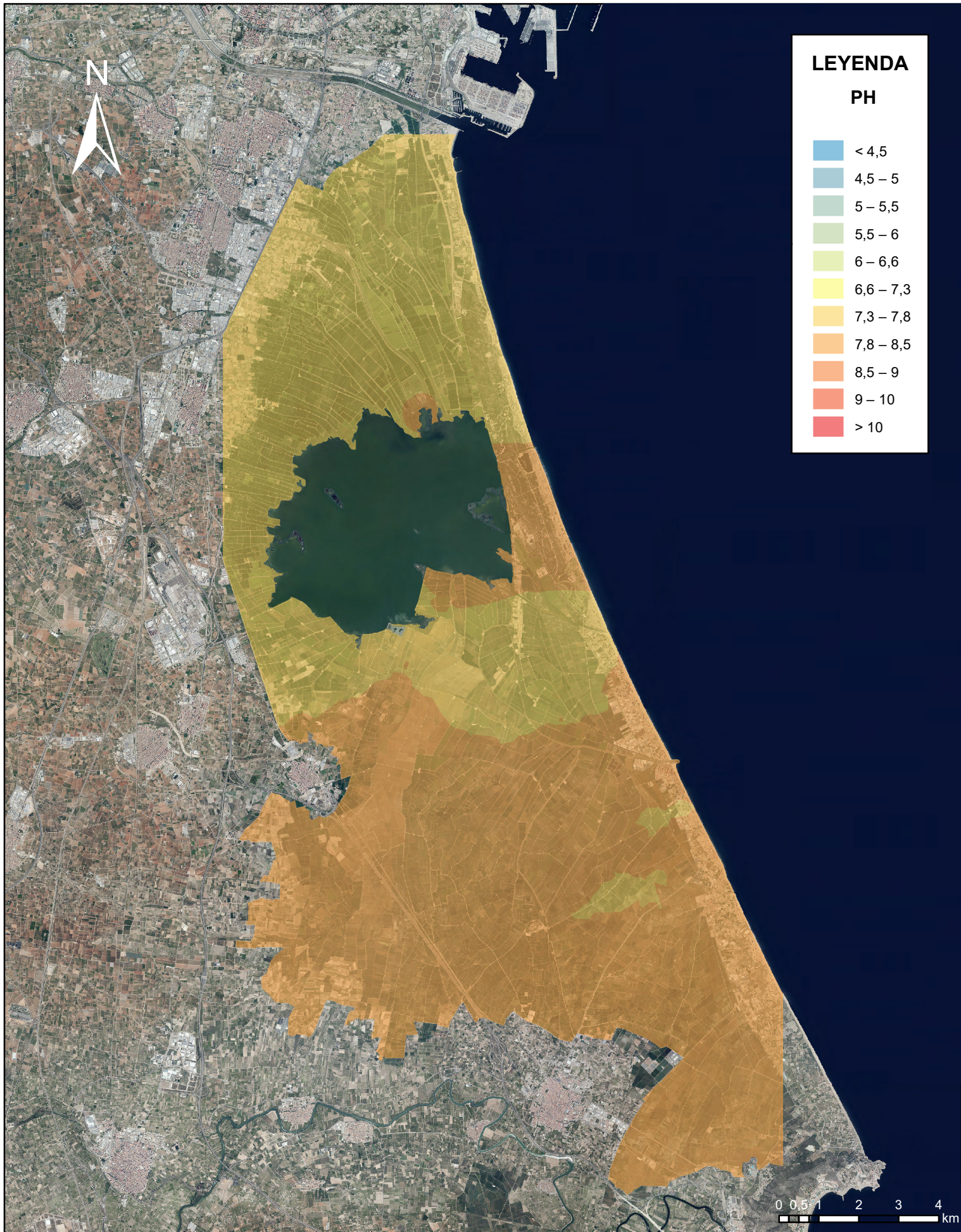
SORIA, J. M. y E. VICENTE. (2002). Estudio de las aportaciones al Parque Natural de la Albufera de Valencia. *Limnetica*, 21: 105-116.

WEN CHEN, ZHUO-JIA FU, C. S. CHEN (2014). Recent Advances in Radial Basis Function Collocation Methods

9. CARTOGRAFÍA

Mapa PH 00-20.....	1
Mapa PH 20-40.....	2
Mapa PH 40-60.....	3
Mapa PH 60-80.....	4
Mapa Conductividad Eléctrica 00-20.....	5
Mapa Conductividad Eléctrica 20-40.....	6
Mapa Conductividad Eléctrica 40-60.....	7
Mapa Conductividad Eléctrica 60-80.....	8
Mapa Carbonatos 00-20.....	9
Mapa Carbonatos 20-40.....	10
Mapa Carbonatos 40-60.....	11
Mapa Carbonatos 60-80.....	12
Mapa Materia Orgánica 00-20.....	13
Mapa Materia Orgánica 20-40.....	14
Mapa Materia Orgánica 40-60.....	15
Mapa Materia Orgánica 60-80.....	16
Mapa Materia Nitrógeno Total 00-20.....	17
Mapa Materia Nitrógeno Total 20-40.....	18
Mapa Materia Nitrógeno Total 40-60.....	19
Mapa Materia Nitrógeno Total 60-80.....	20
Mapa Hierro Total 00-20.....	21
Mapa Hierro Total 20-40.....	22
Mapa Hierro Total 40-60.....	23
Mapa Hierro Total 60-80.....	24

Mapa Textural Arcilla 00-20.....	25
Mapa Textural Arcilla 20-40.....	26
Mapa Textural Arcilla 40-60.....	27
Mapa Textural Arcilla 60-80.....	28
Mapa Textural Limo 00-20.....	29
Mapa Textural Limo 20-40.....	30
Mapa Textural Limo 40-60.....	31
Mapa Textural Limo 60-80.....	32
Mapa Textural Arena 00-20.....	33
Mapa Textural Arena 20-40.....	34
Mapa Textural Arena 40-60.....	35
Mapa Textural Arena 60-80.....	36



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

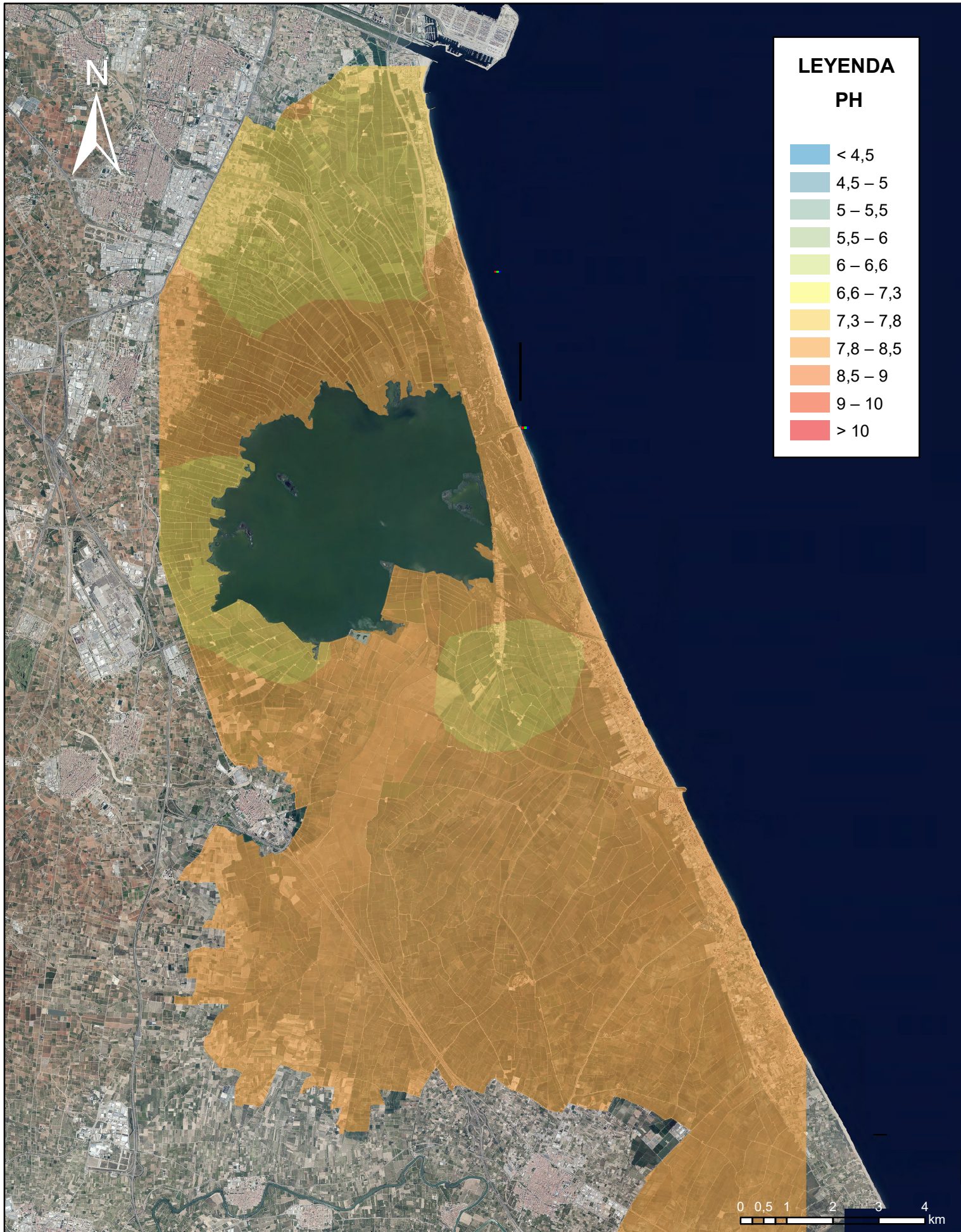


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA PH

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 1



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

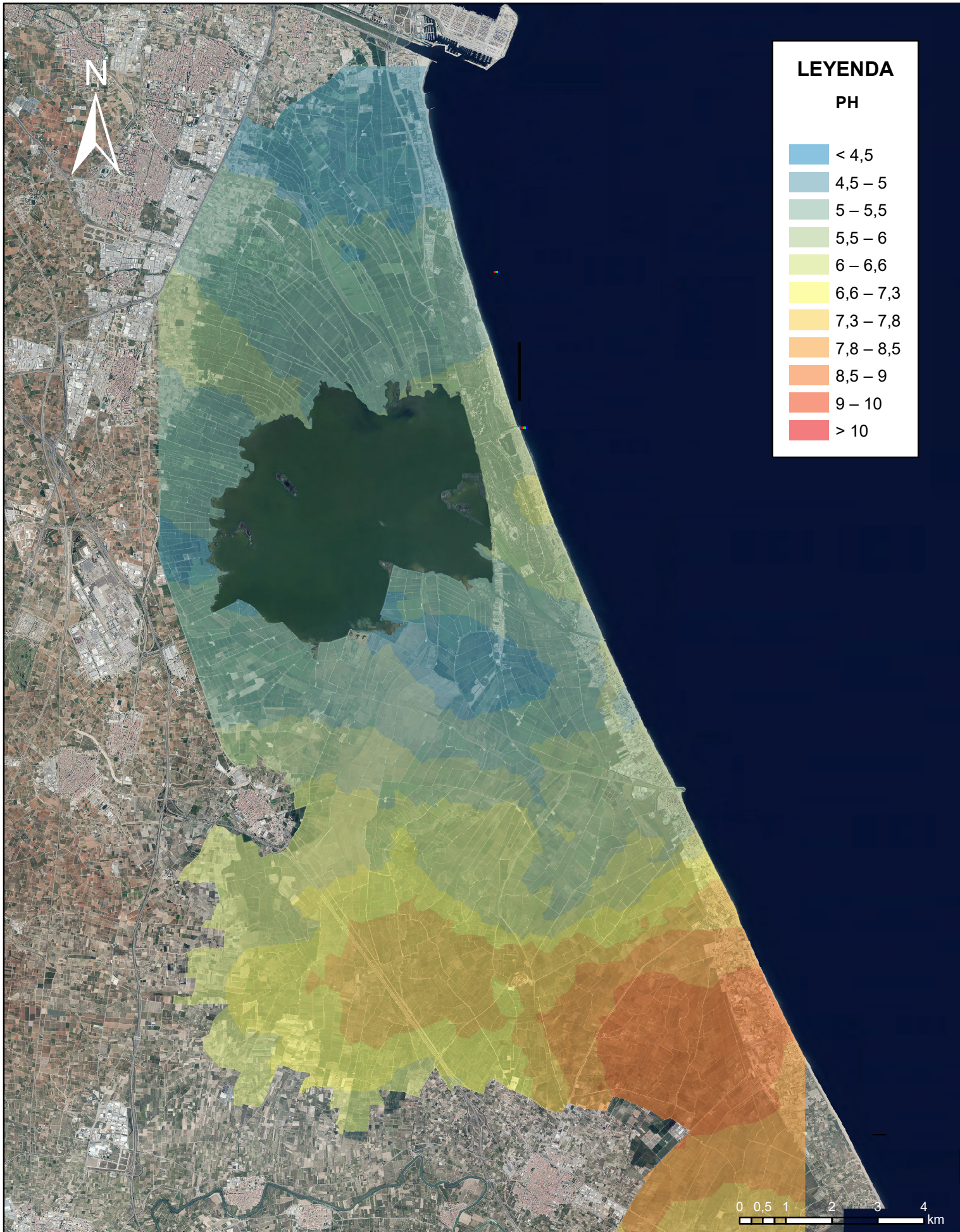


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA PH

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 2

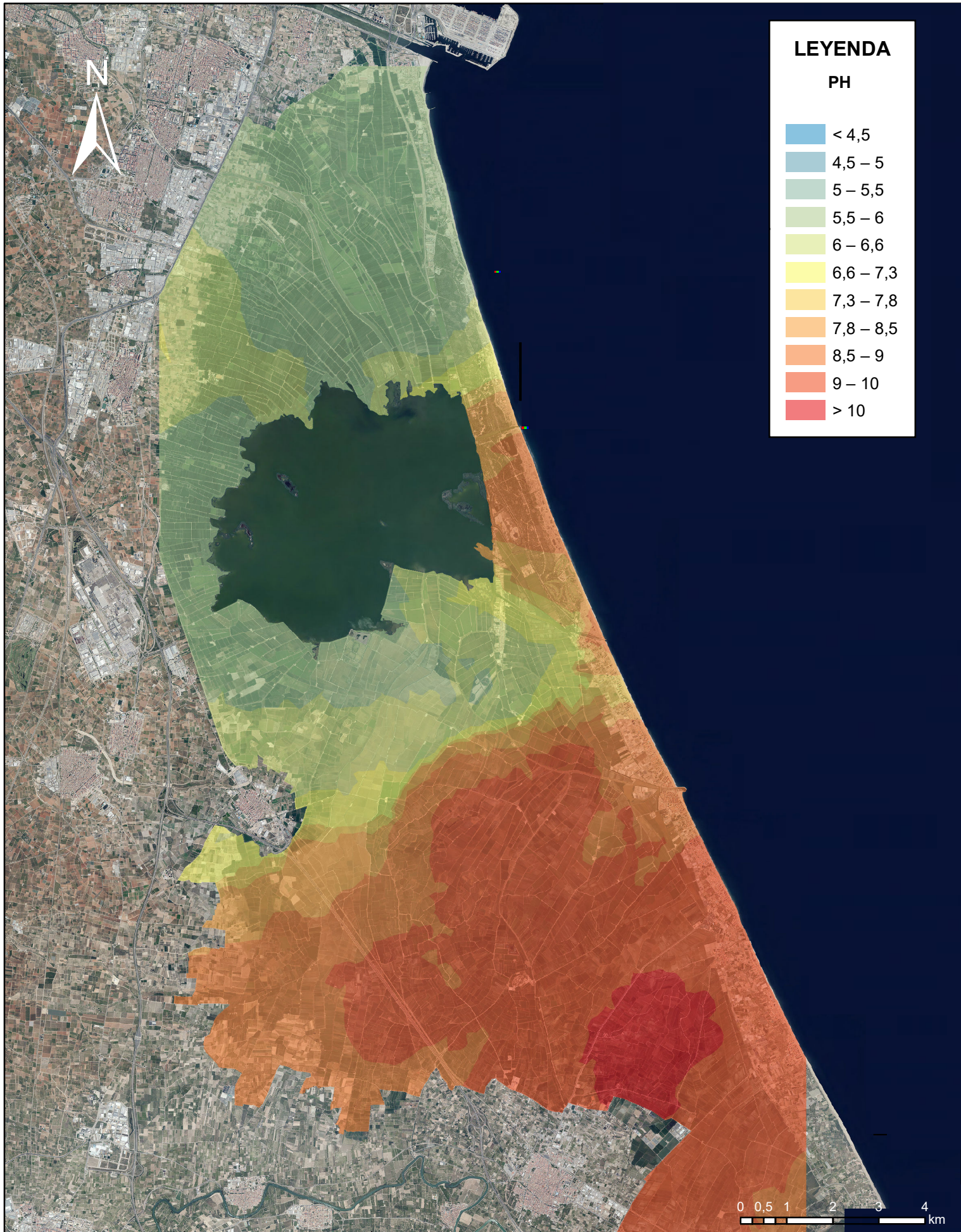


LEYENDA

PH

- <math>< 4,5</math>
- 4,5 – 5
- 5 – 5,5
- 5,5 – 6
- 6 – 6,6
- 6,6 – 7,3
- 7,3 – 7,8
- 7,8 – 8,5
- 8,5 – 9
- 9 – 10
- > 10

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA PH		PROFUNDIDAD 40-60	Nº 3



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

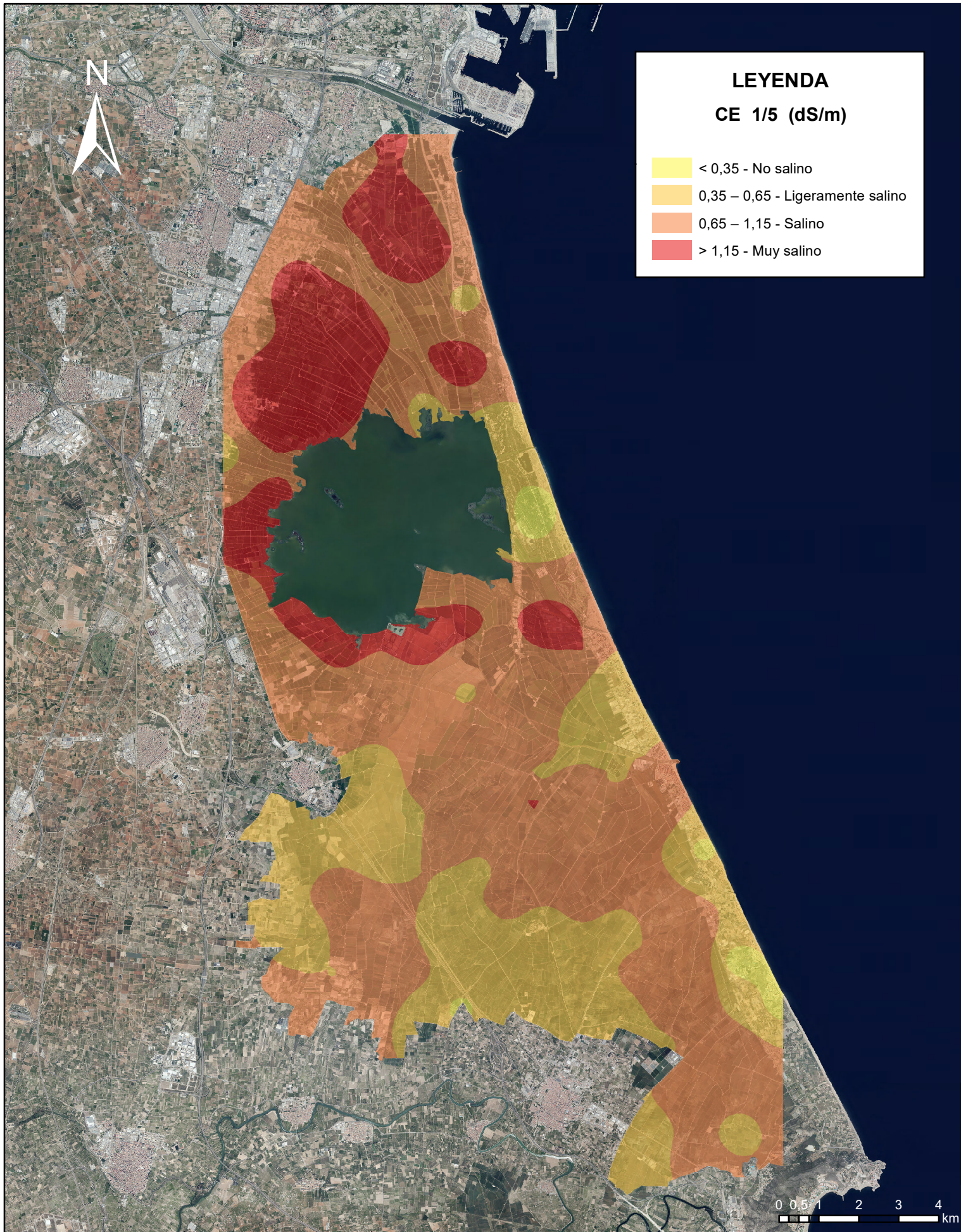


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA PH

PROFUNDIDAD 60-80

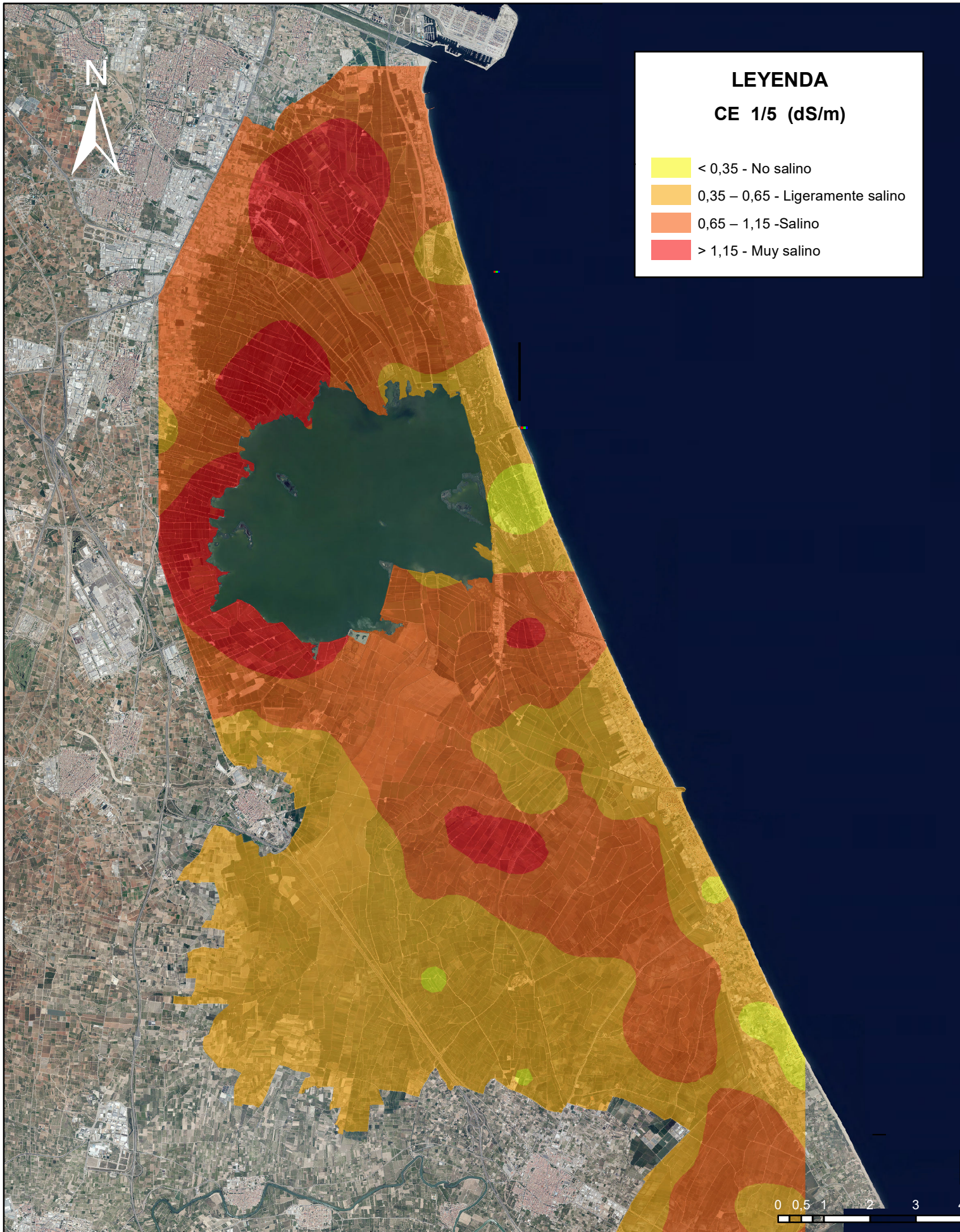
Nº 4



LEYENDA
CE 1/5 (dS/m)

- < 0,35 - No salino
- 0,35 – 0,65 - Ligeramente salino
- 0,65 – 1,15 - Salino
- > 1,15 - Muy salino

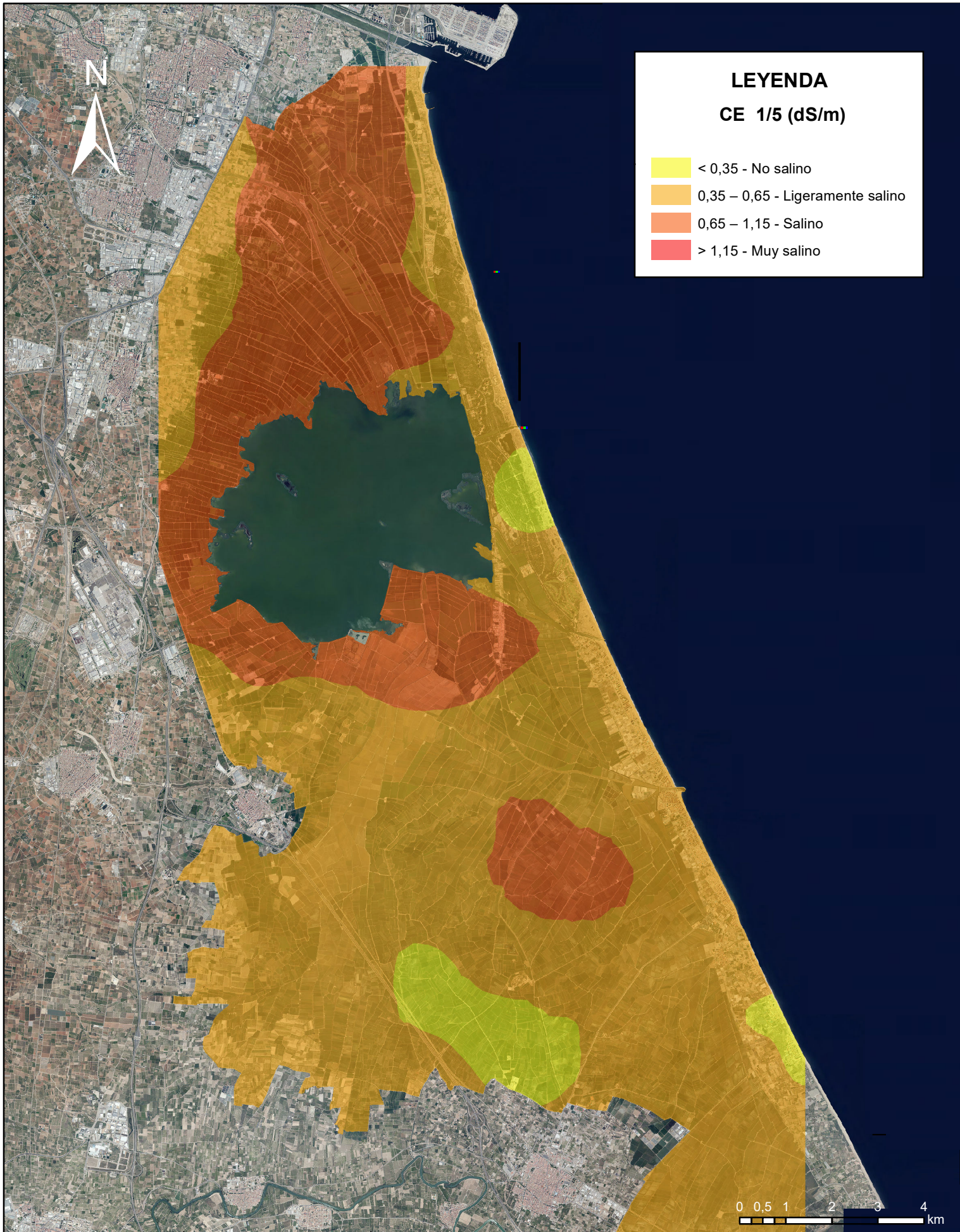
10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		PROFUNDIDAD 00-20	Nº 5



LEYENDA
CE 1/5 (dS/m)

- < 0,35 - No salino
- 0,35 – 0,65 - Ligeramente salino
- 0,65 – 1,15 -Salino
- > 1,15 - Muy salino

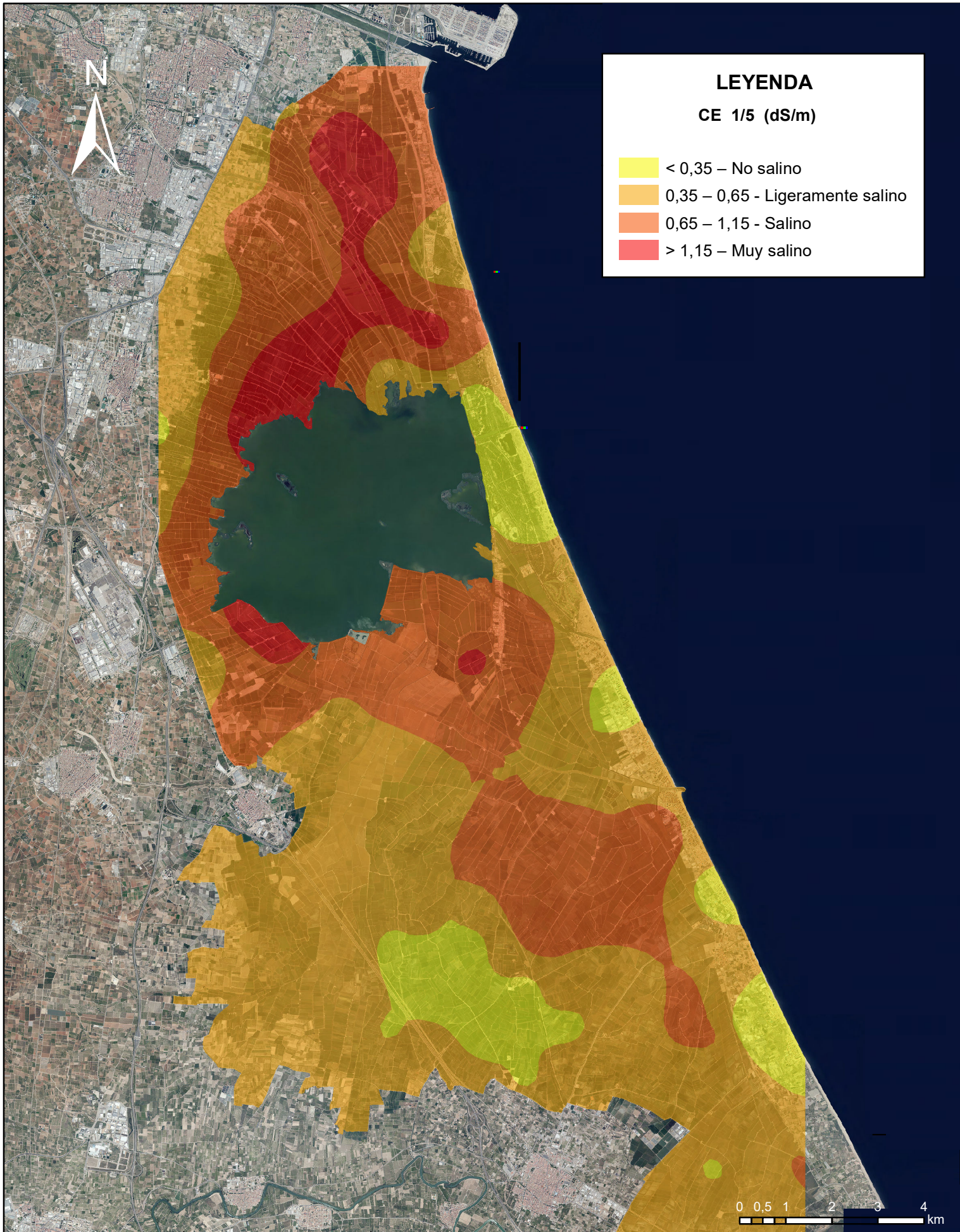
10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		PROFUNDIDAD 20-40	Nº 6



LEYENDA
CE 1/5 (dS/m)

- <math>< 0,35</math> - No salino
- $0,35 - 0,65$ - Ligeramente salino
- $0,65 - 1,15$ - Salino
- $> 1,15$ - Muy salino

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		PROFUNDIDAD 40-60	Nº 7



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

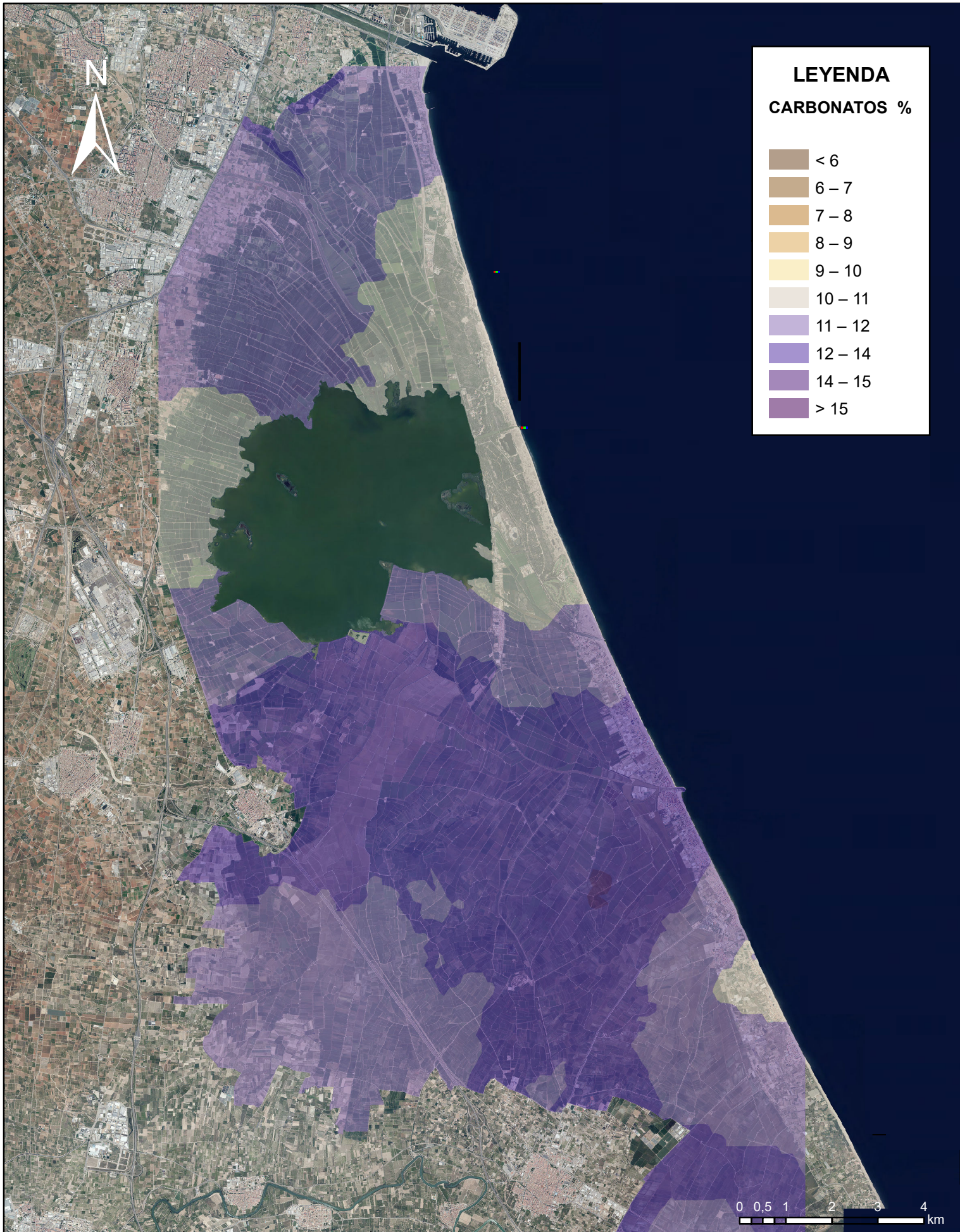


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 8



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

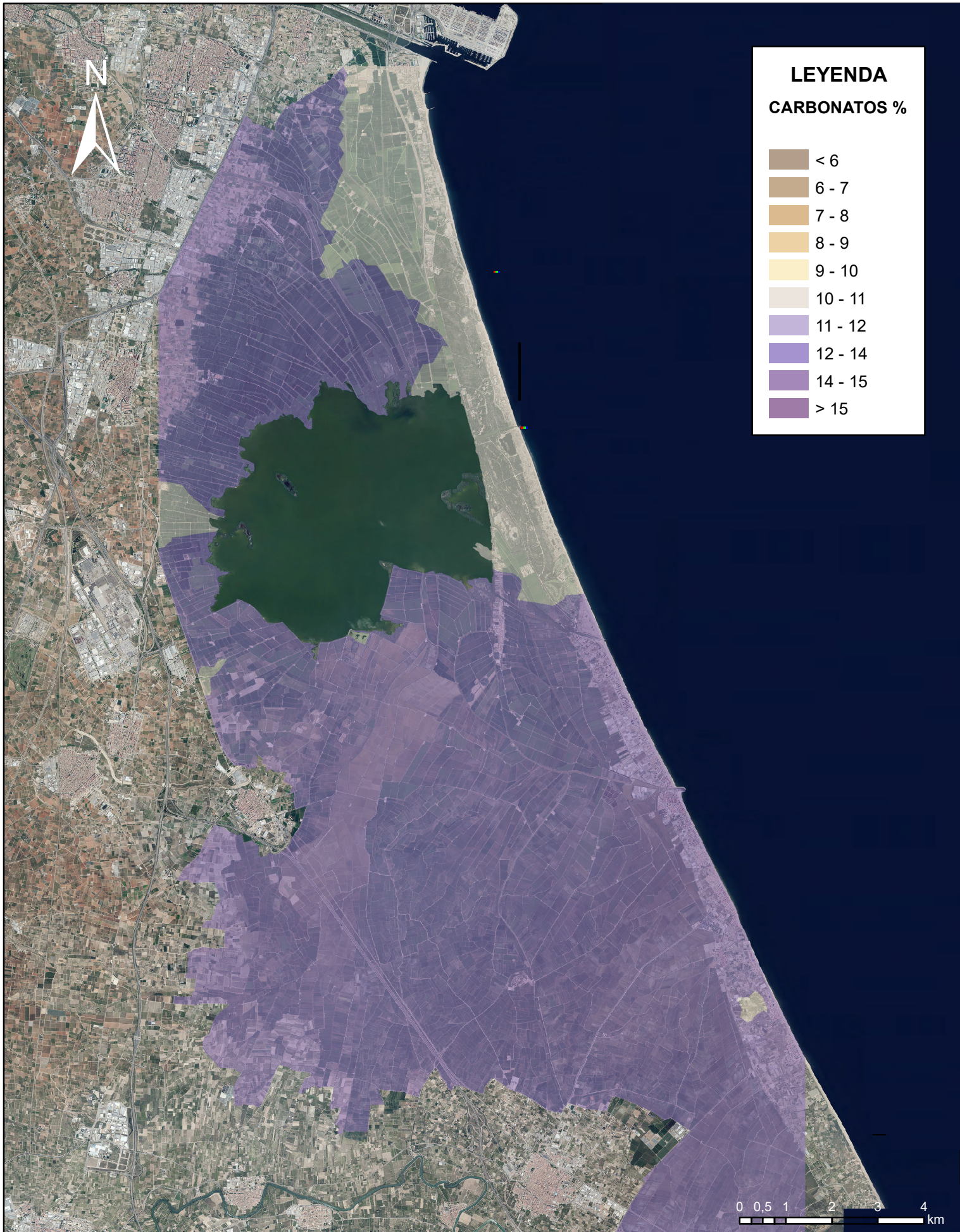


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA CARBONATOS

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 9



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

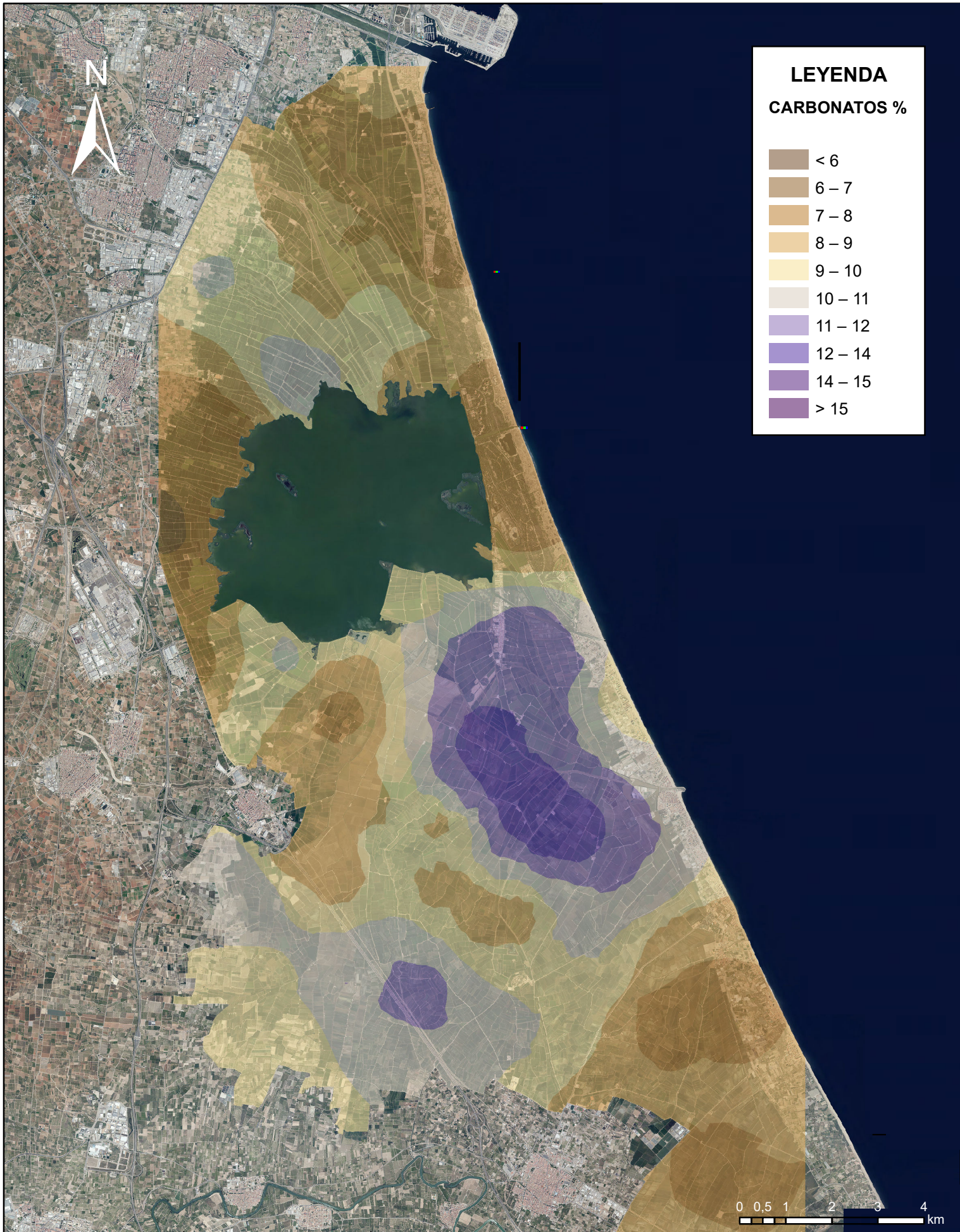


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA CARBONATOS

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 10



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

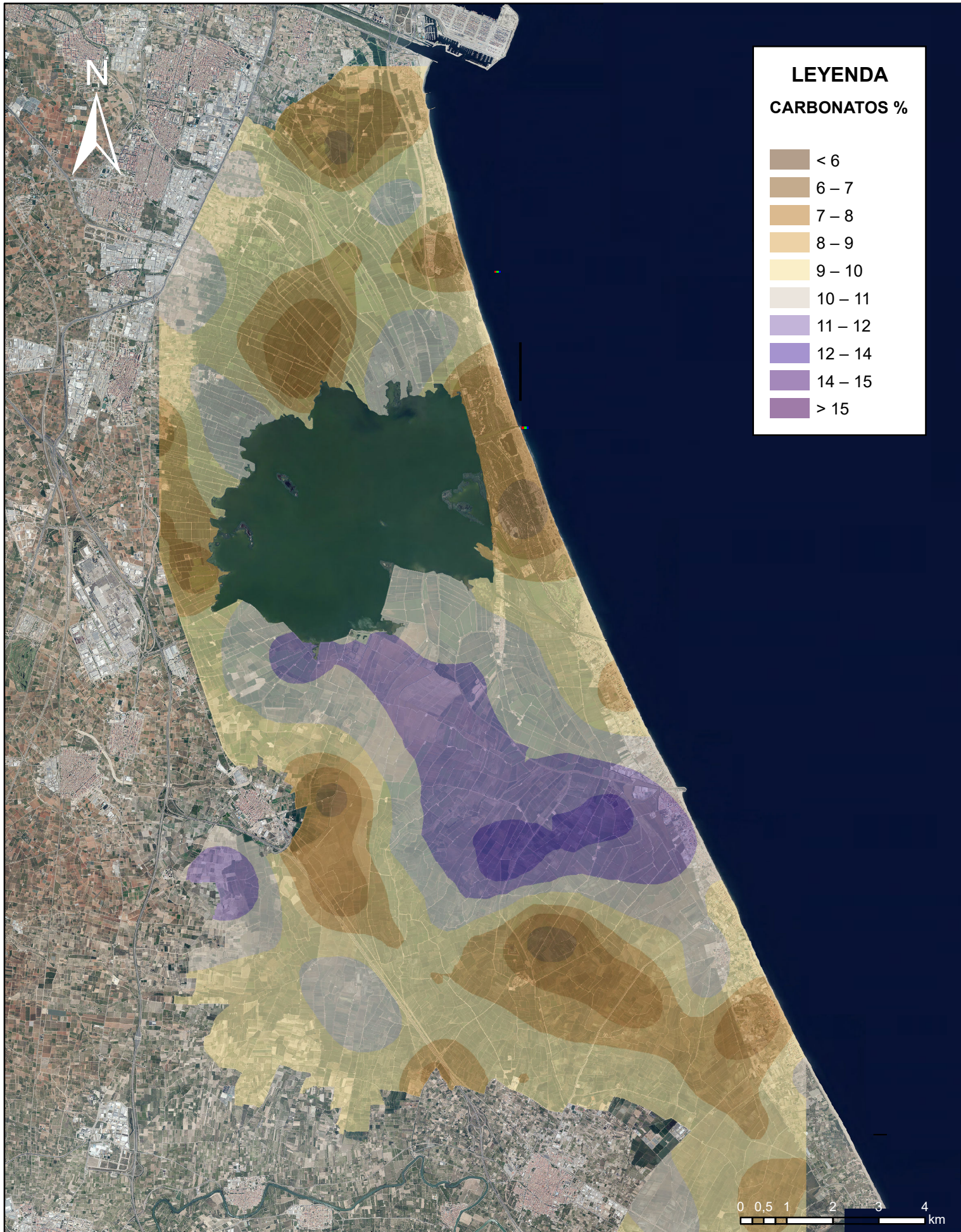


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA CARBONATOS

PROFUNDIDAD 40-60

Nº 11



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

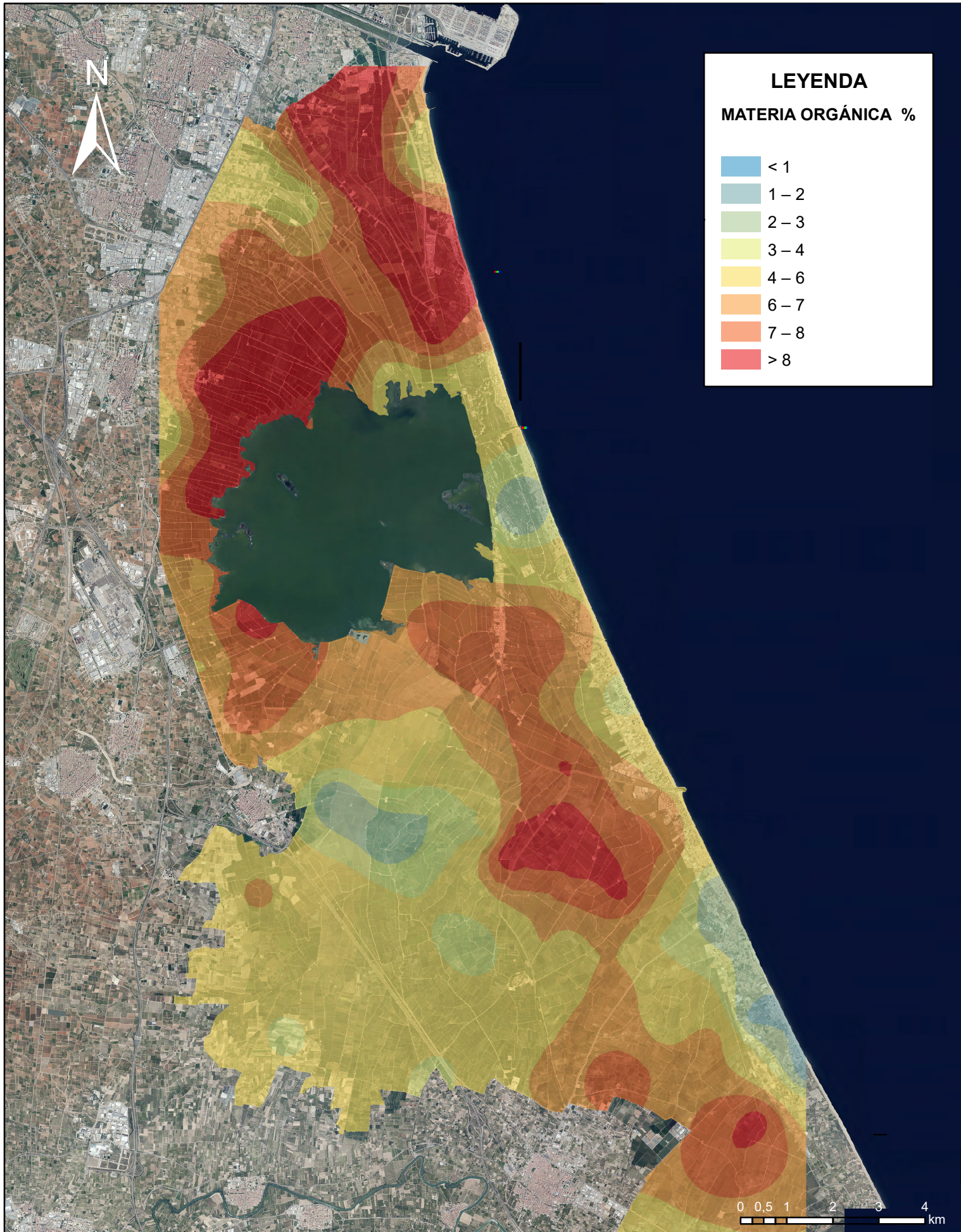


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA CARBONATOS

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 12



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

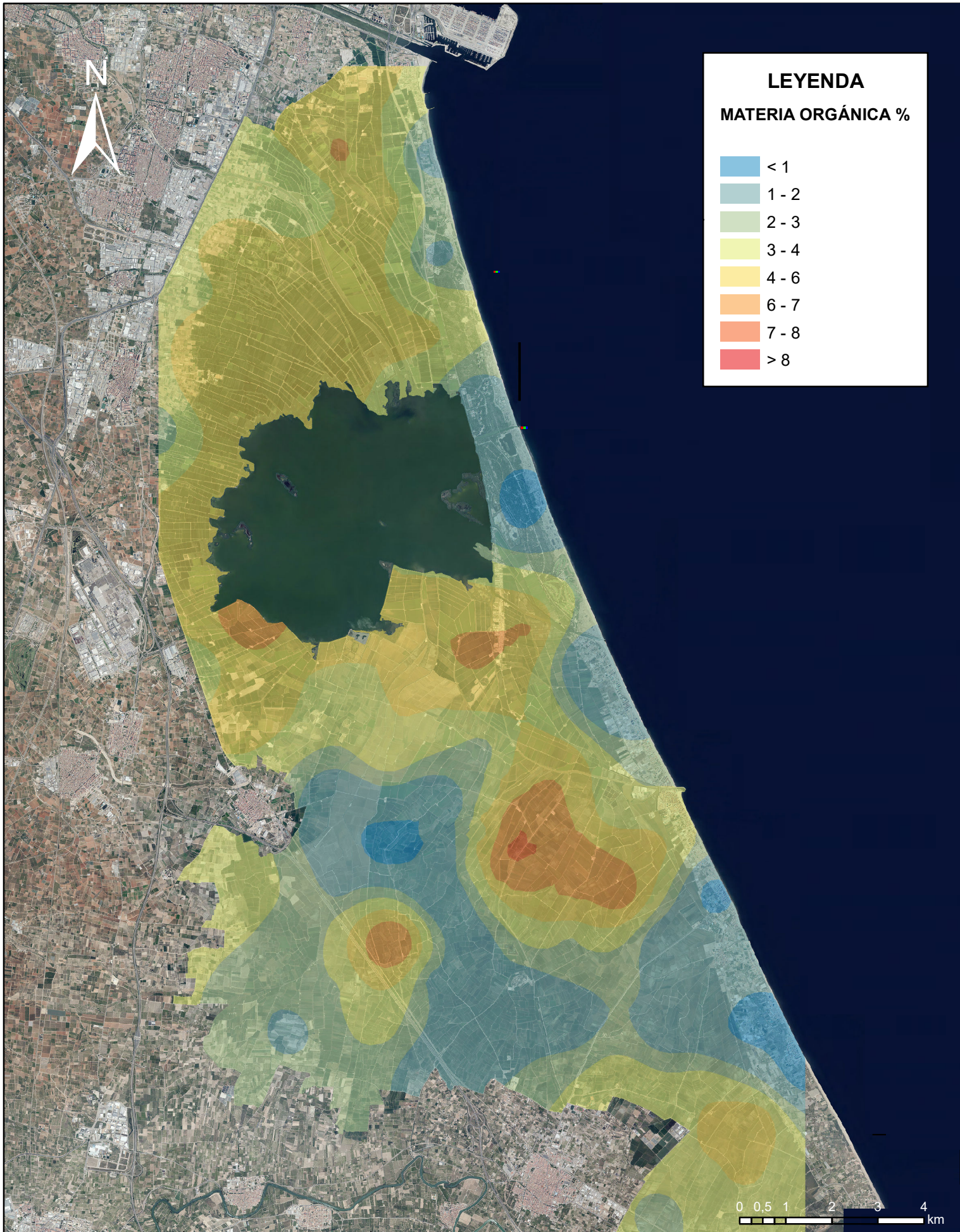


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA MATERIA ORGÁNICA

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 13

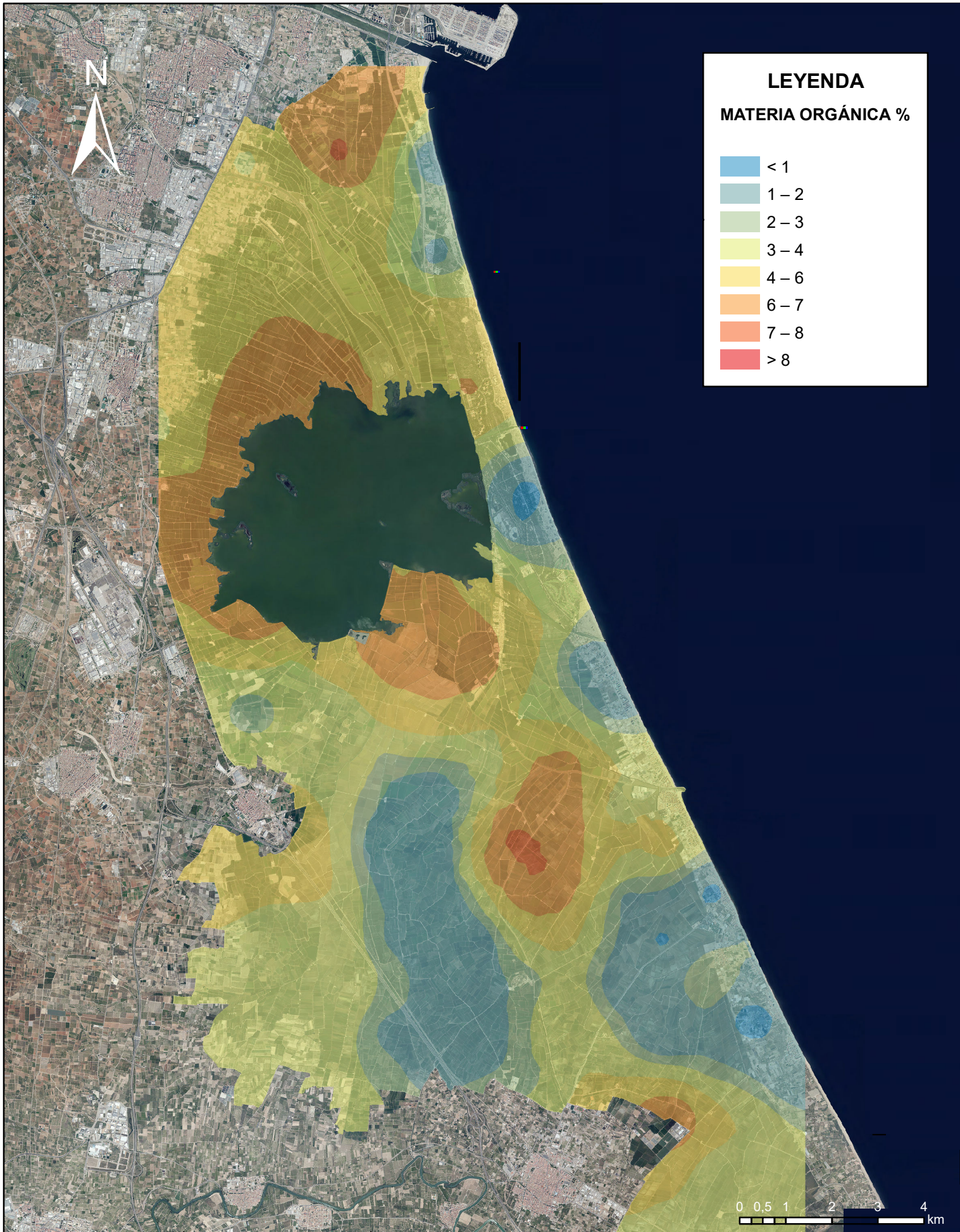


LEYENDA

MATERIA ORGÁNICA %

- < 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- > 8

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA MATERIA ORGÁNICA		PROFUNDIDAD 20-40	Nº 14

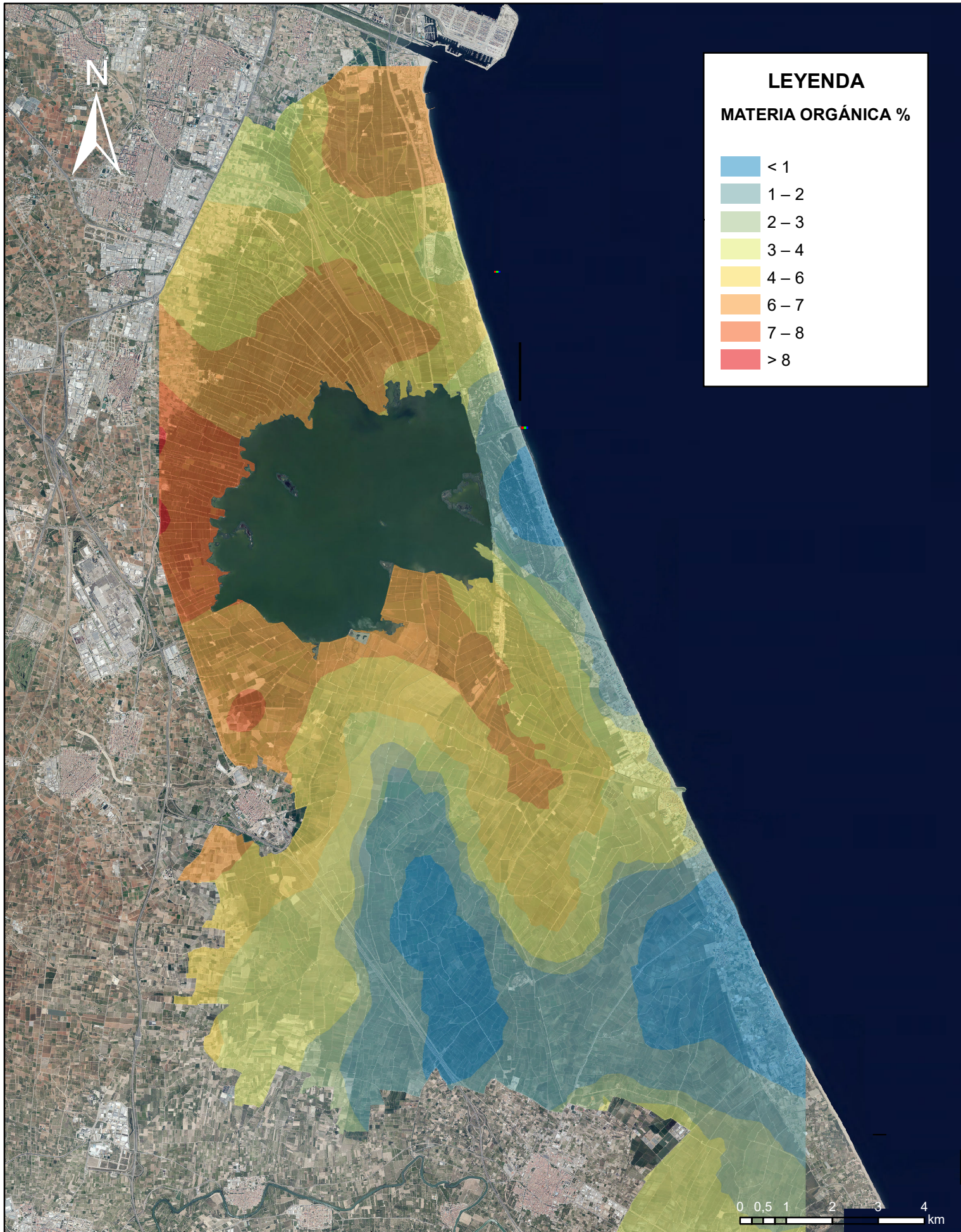


LEYENDA

MATERIA ORGÁNICA %

- < 1
- 1 – 2
- 2 – 3
- 3 – 4
- 4 – 6
- 6 – 7
- 7 – 8
- > 8

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA MATERIA ORGÁNICA		PROFUNDIDAD 40-60	Nº 15

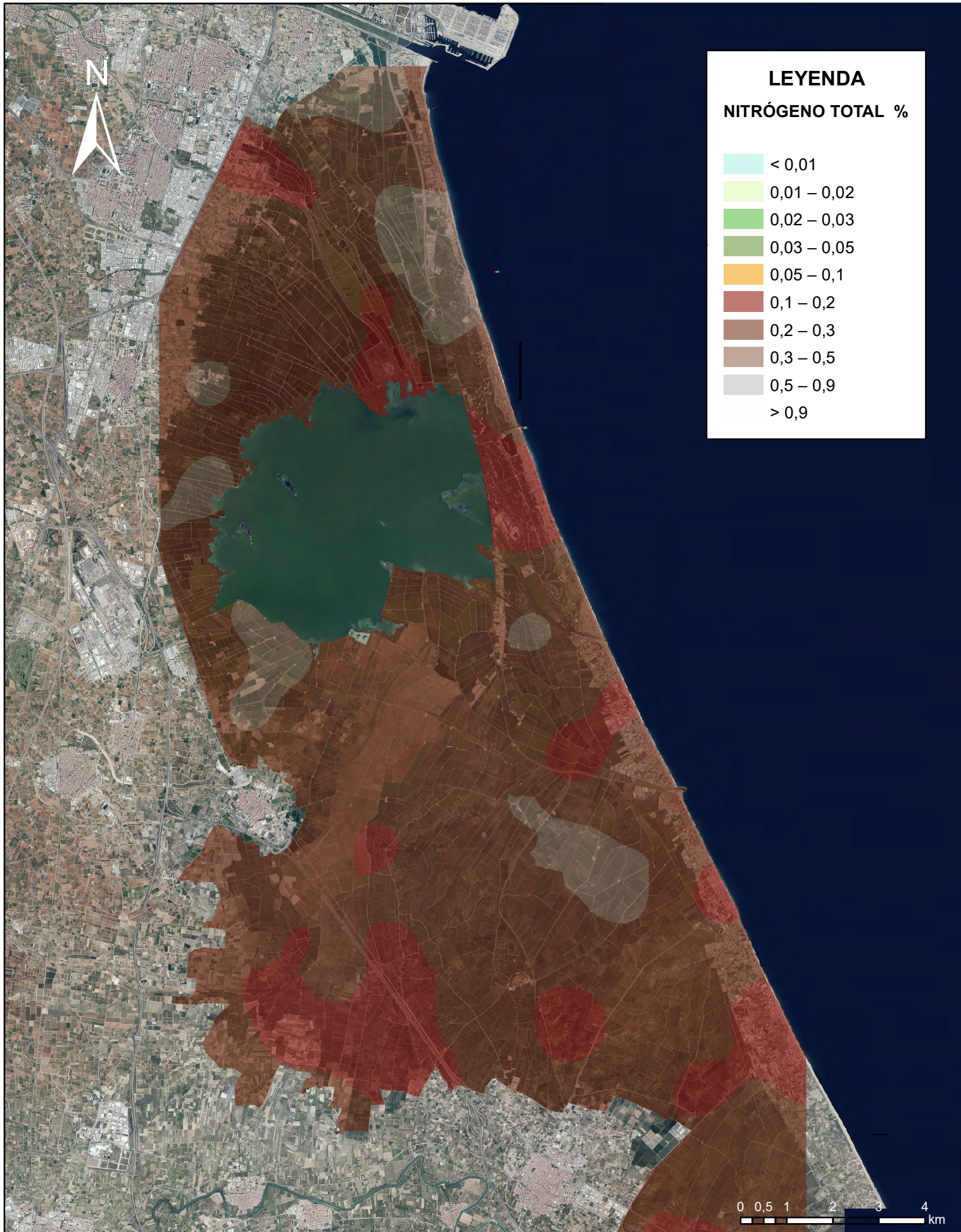


LEYENDA

MATERIA ORGÁNICA %

- < 1
- 1 – 2
- 2 – 3
- 3 – 4
- 4 – 6
- 6 – 7
- 7 – 8
- > 8

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA MATERIA ORGÁNICA		PROFUNDIDAD 60-80	Nº 16



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

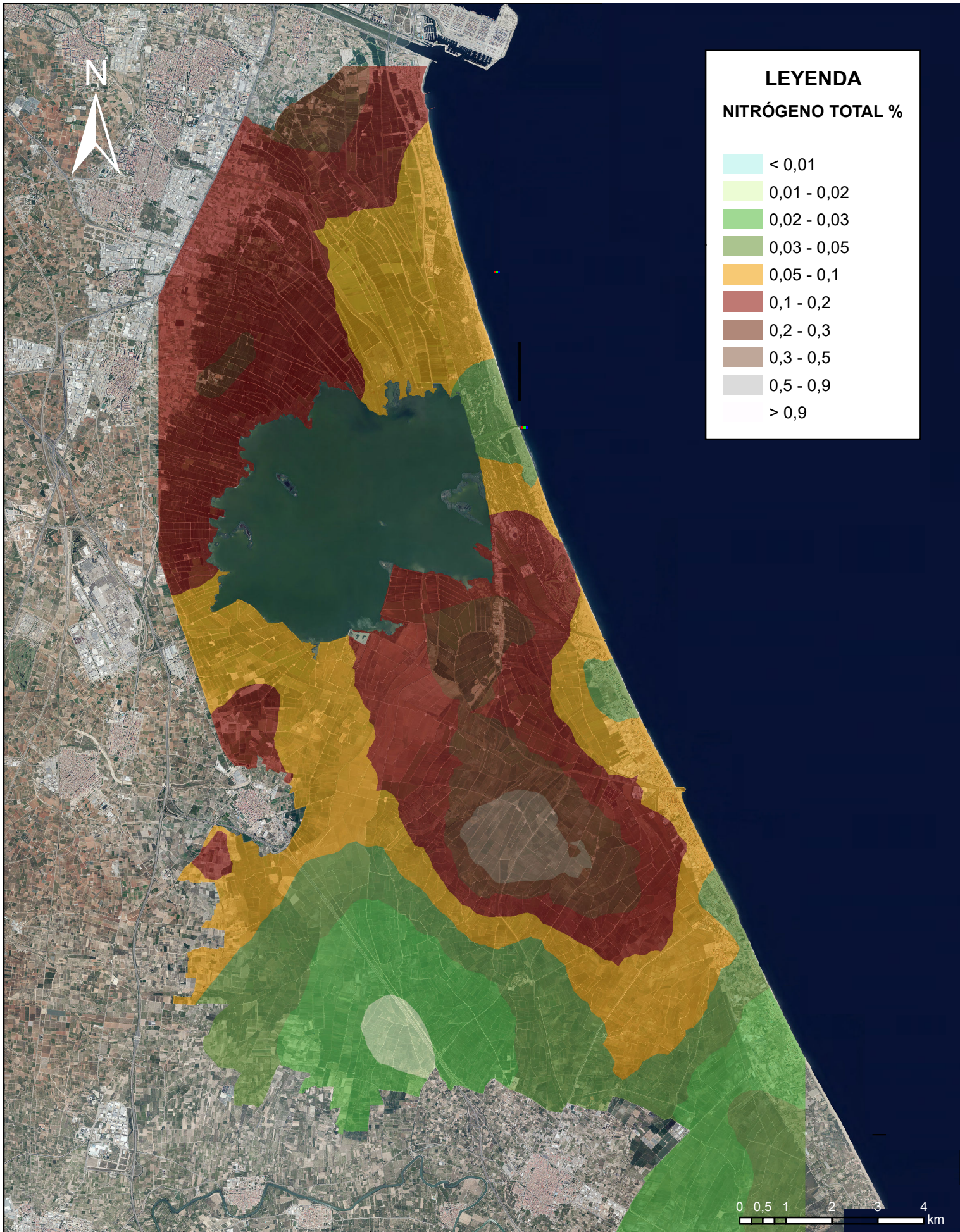


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA NITRÓGENO TOTAL

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 17



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

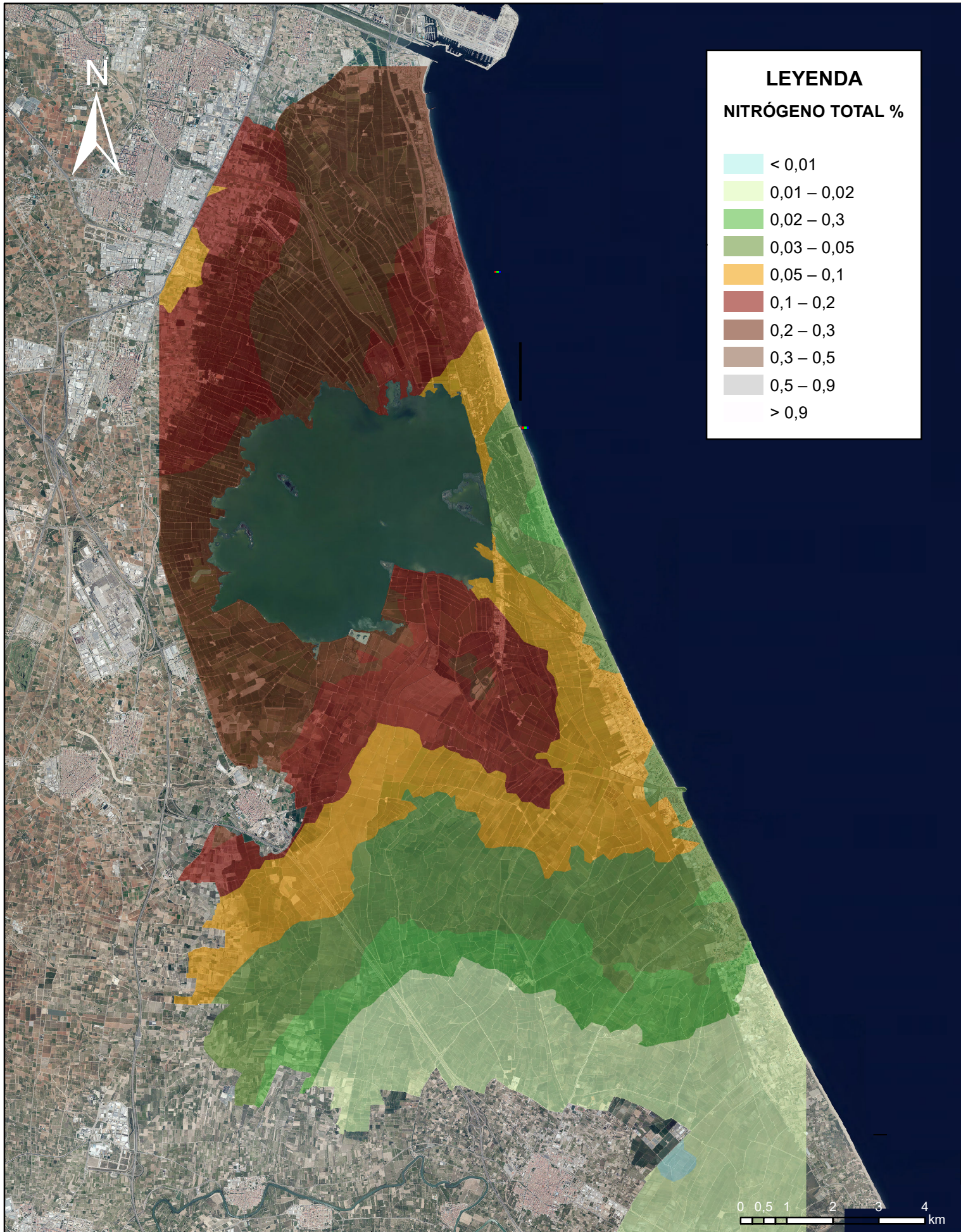


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA NITRÓGENO TOTAL

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 18



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

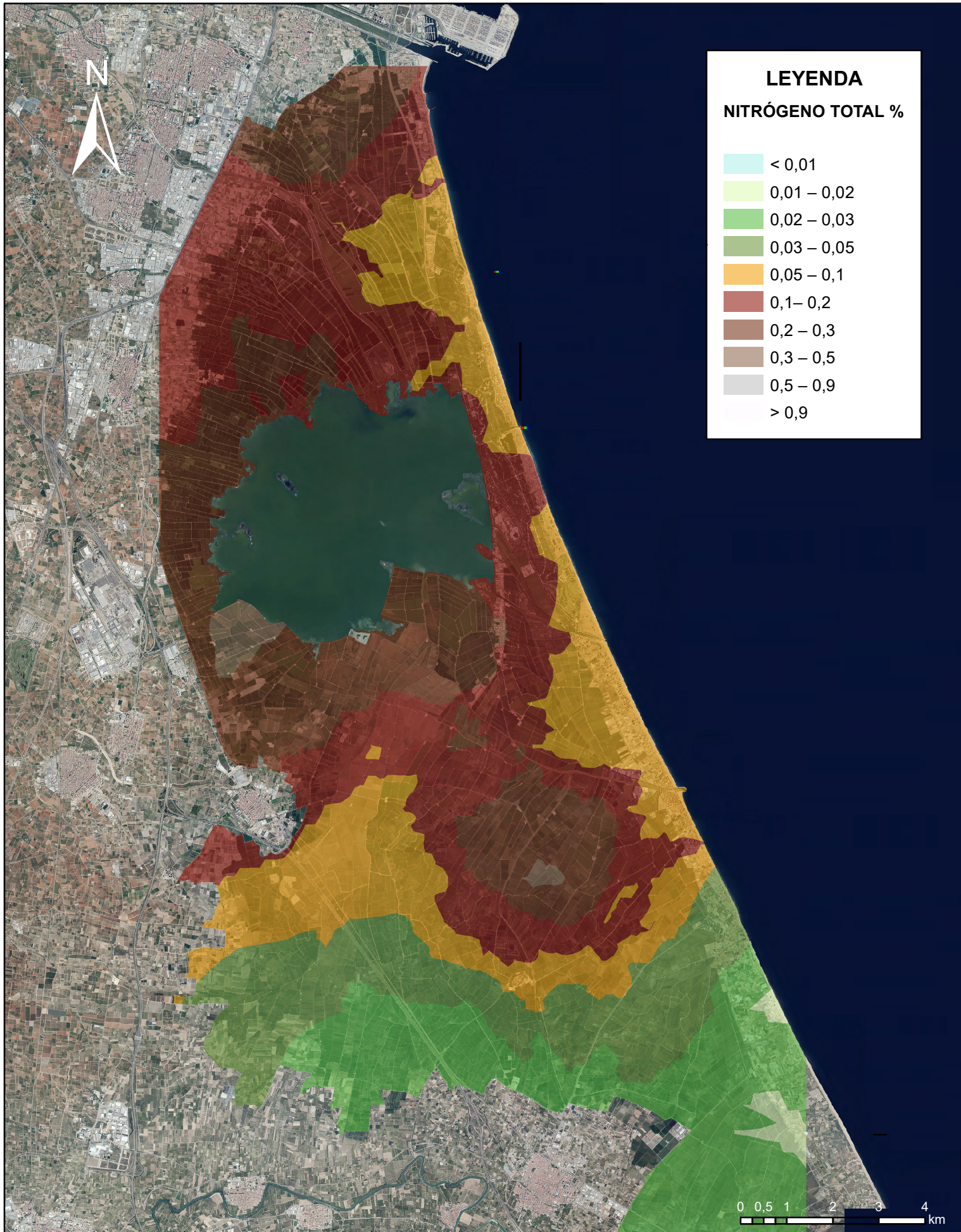


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA NITRÓGENO TOTAL

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 20



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

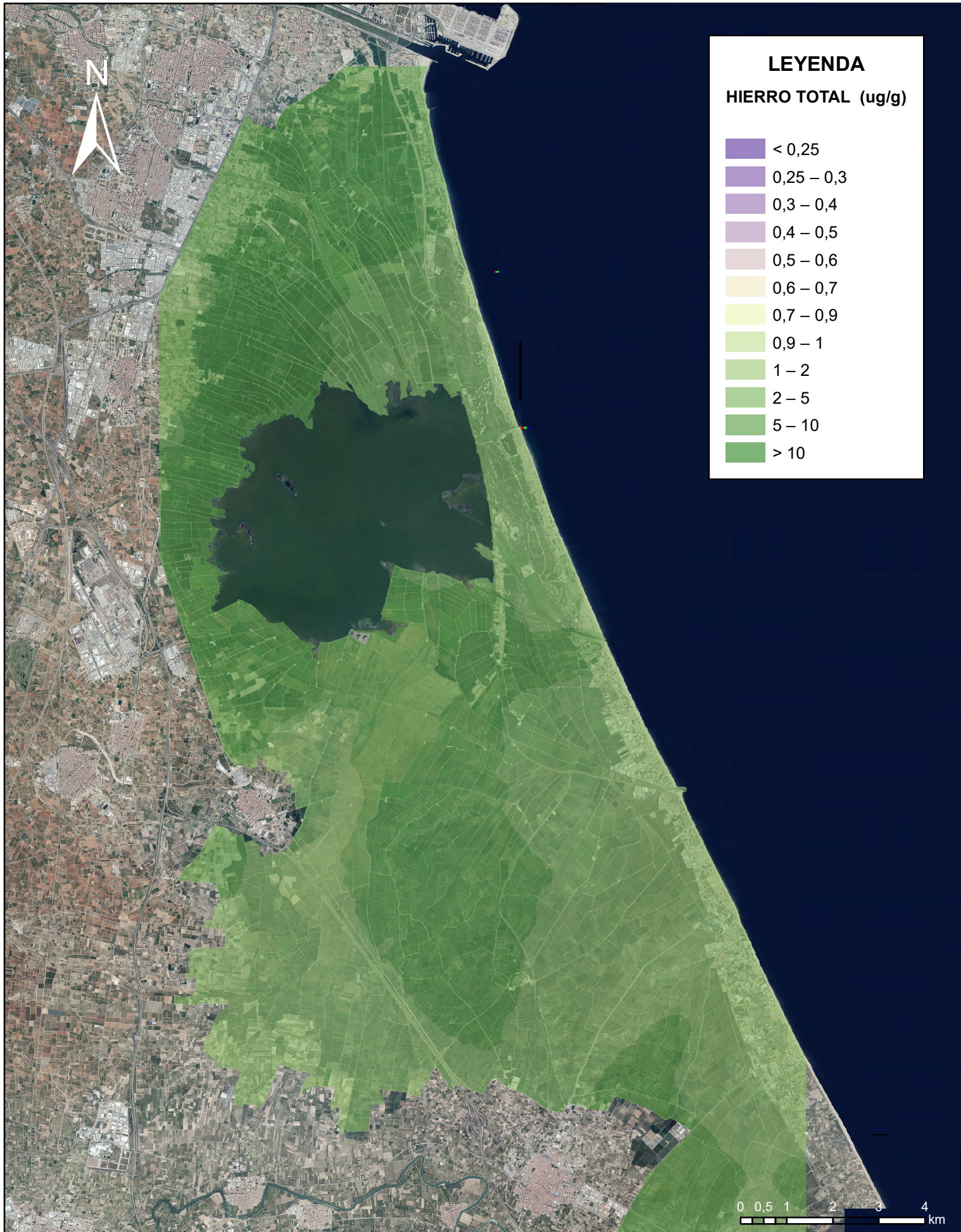


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA NITRÓGENO TOTAL

PROFUNDIDAD 40-60

Nº 19



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

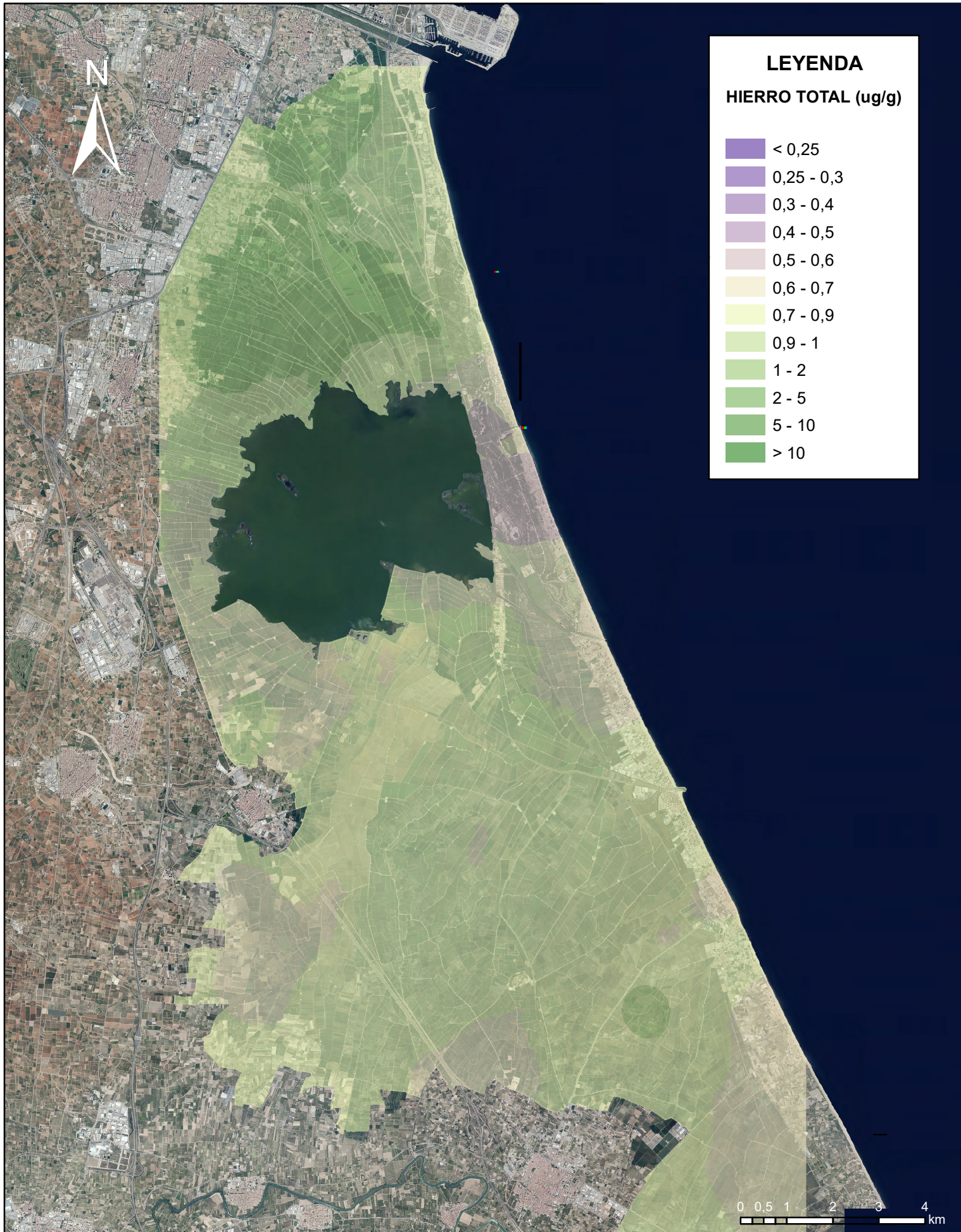


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA HIERRO TOTAL

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 21



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

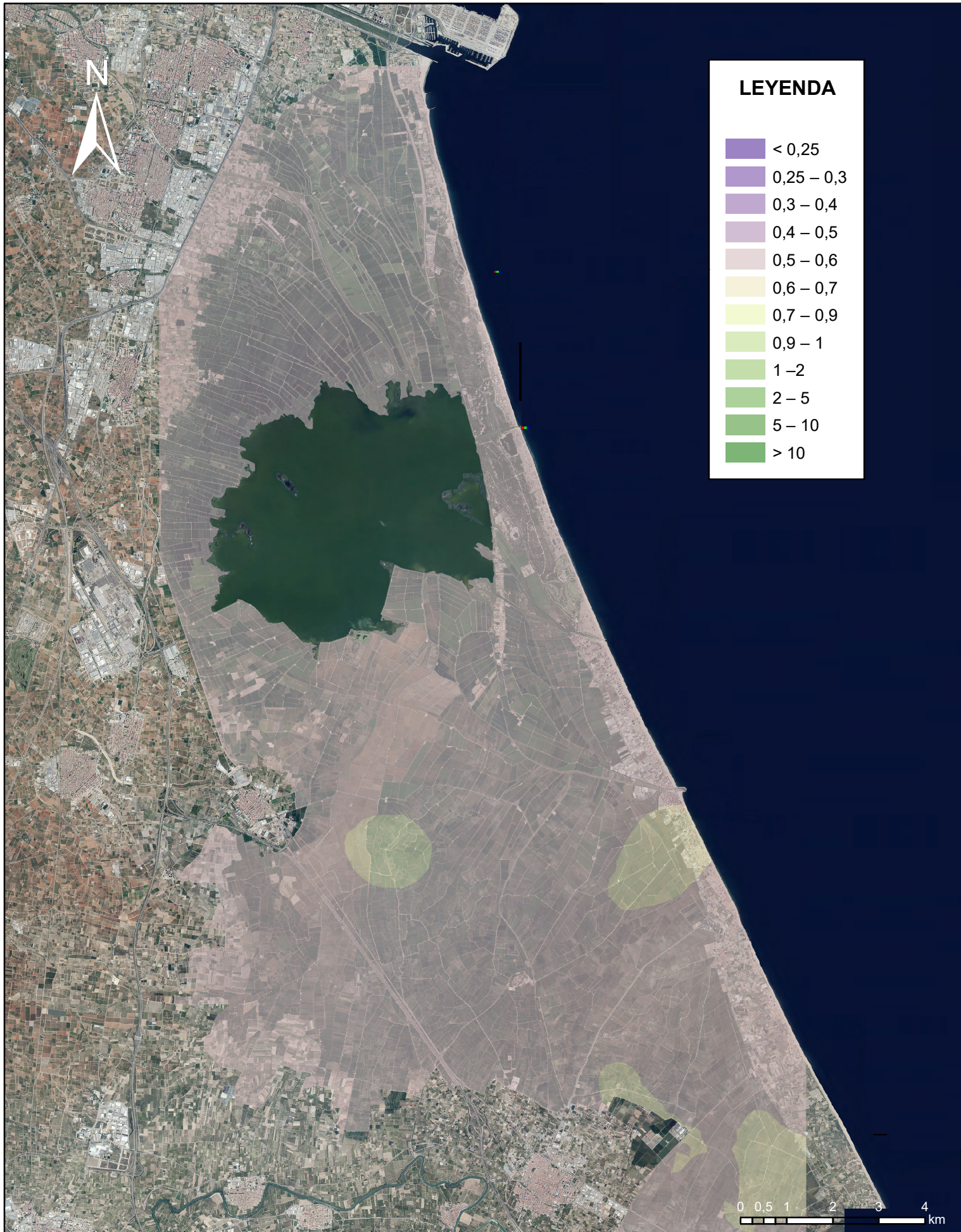


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA HIERRO TOTAL

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 22



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

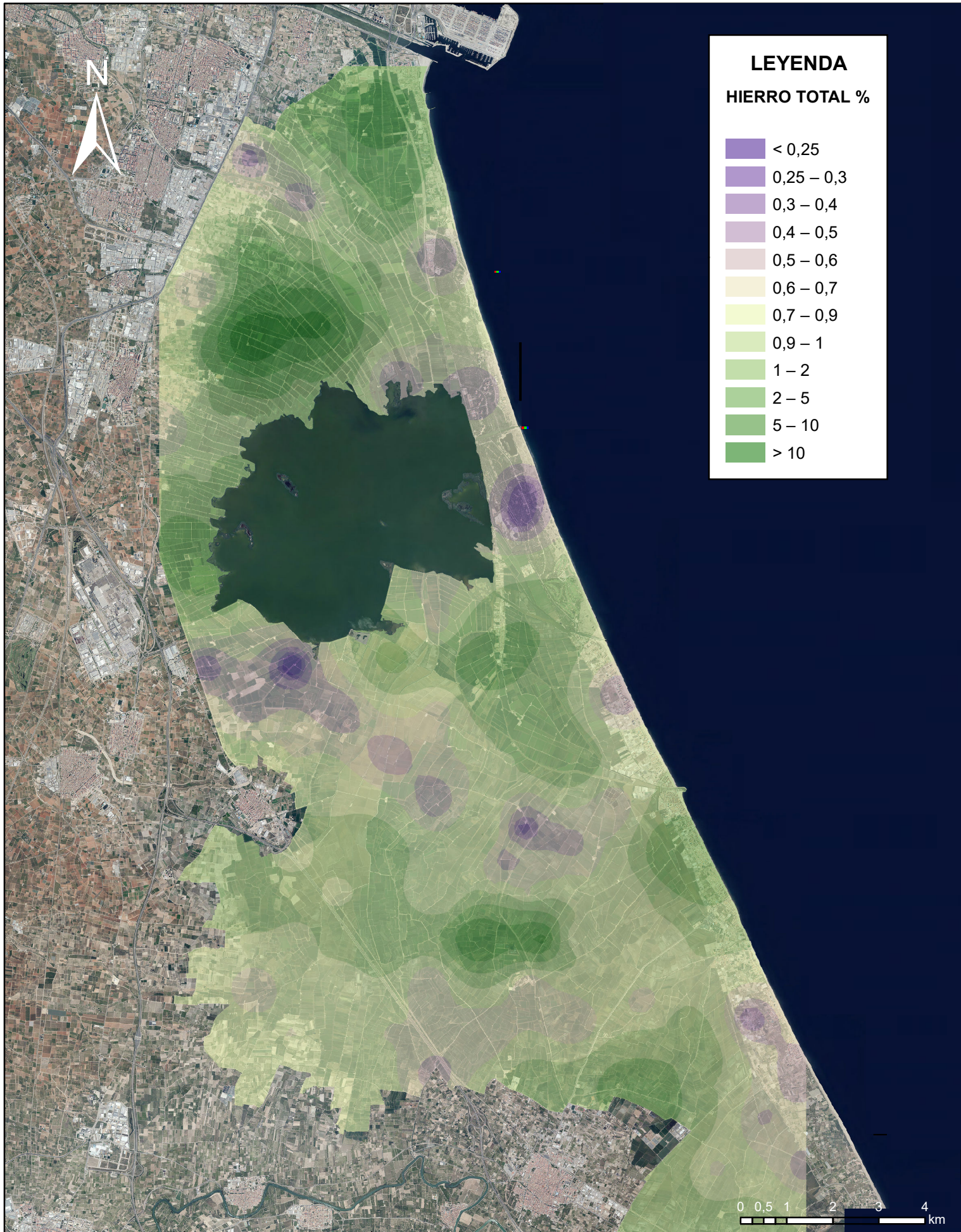


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA HIERRO TOTAL

PROFUNDIDAD 40-60

Nº 23



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

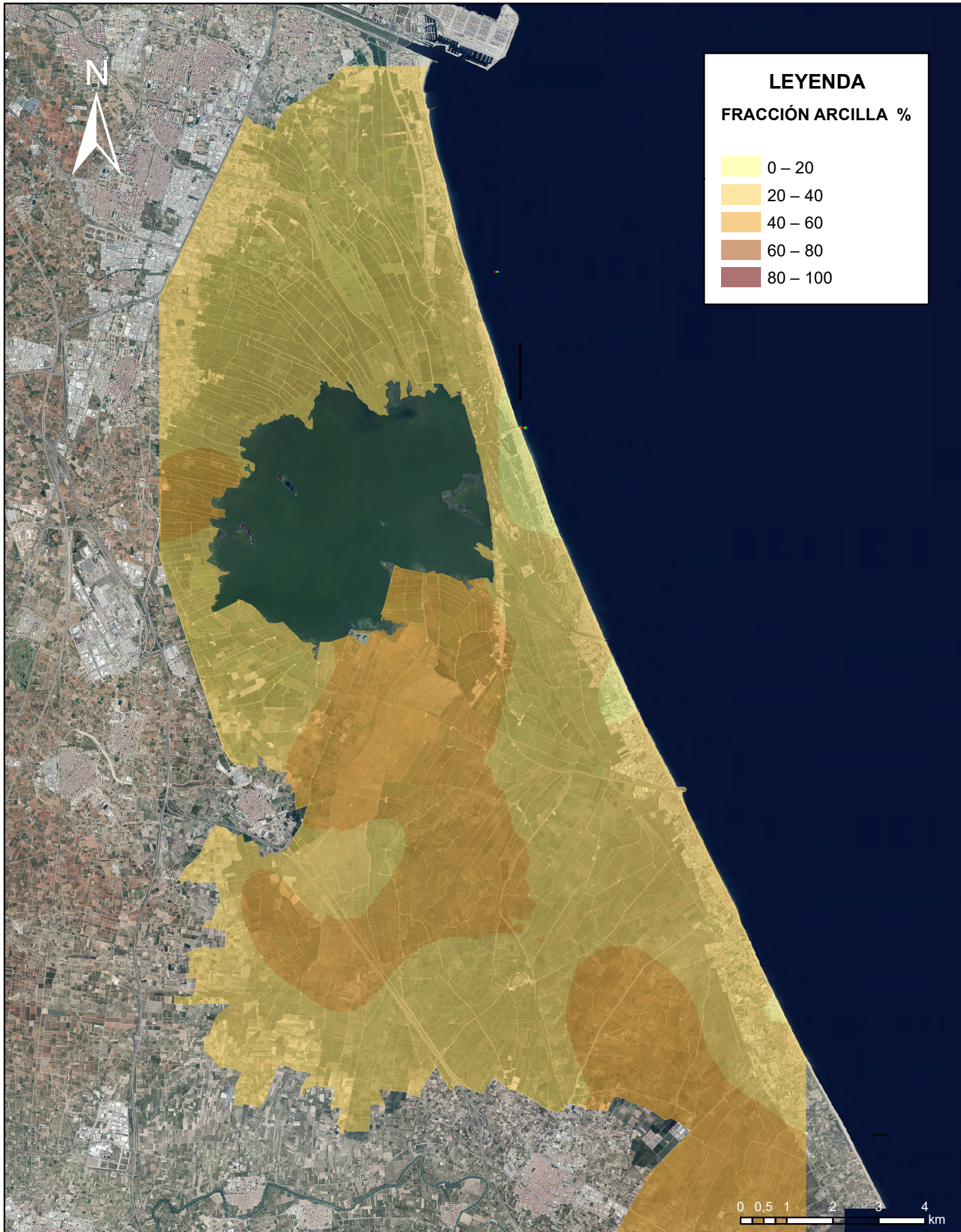


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA HIERRO TOTAL

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 24



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

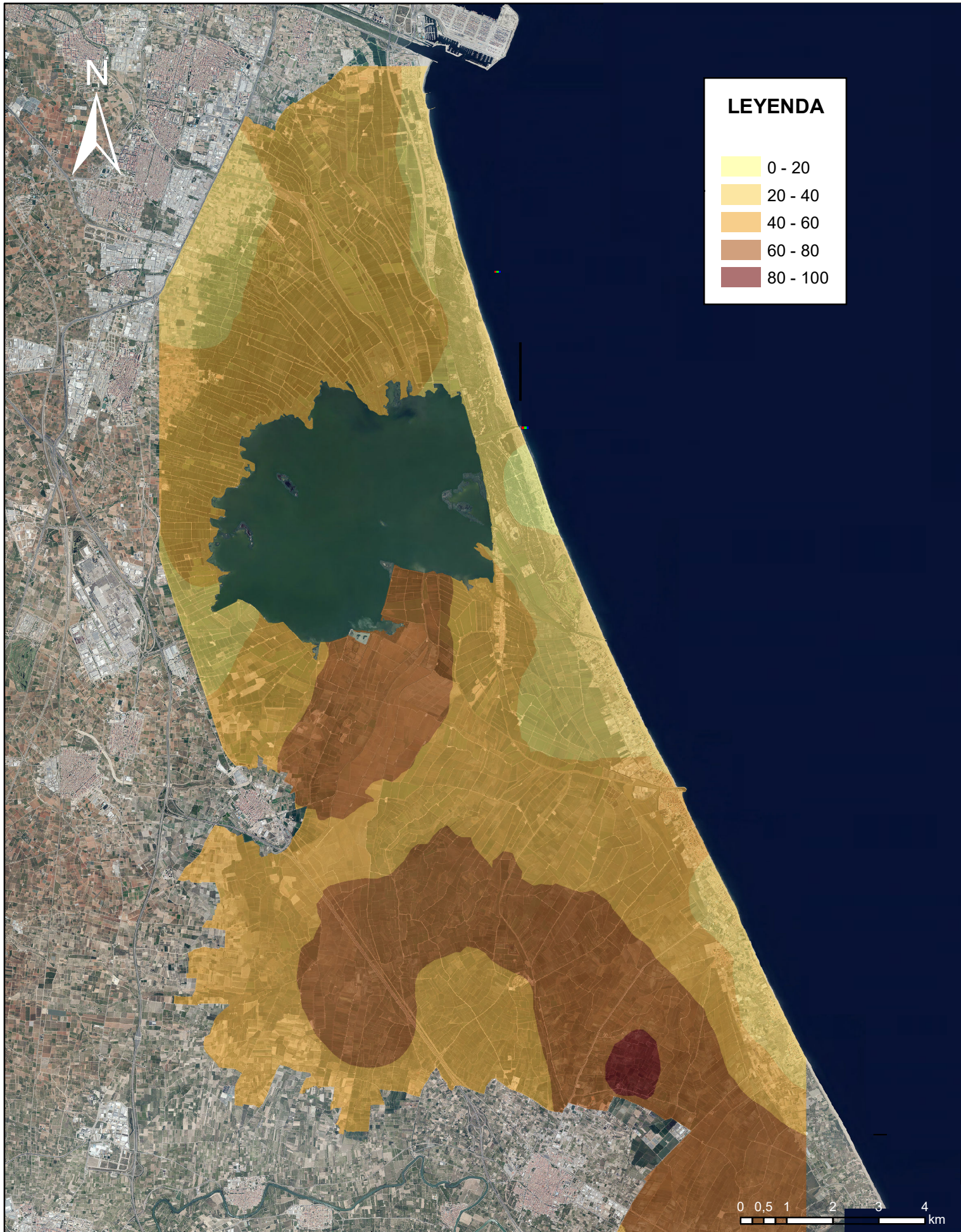


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARCILLA

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 25



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

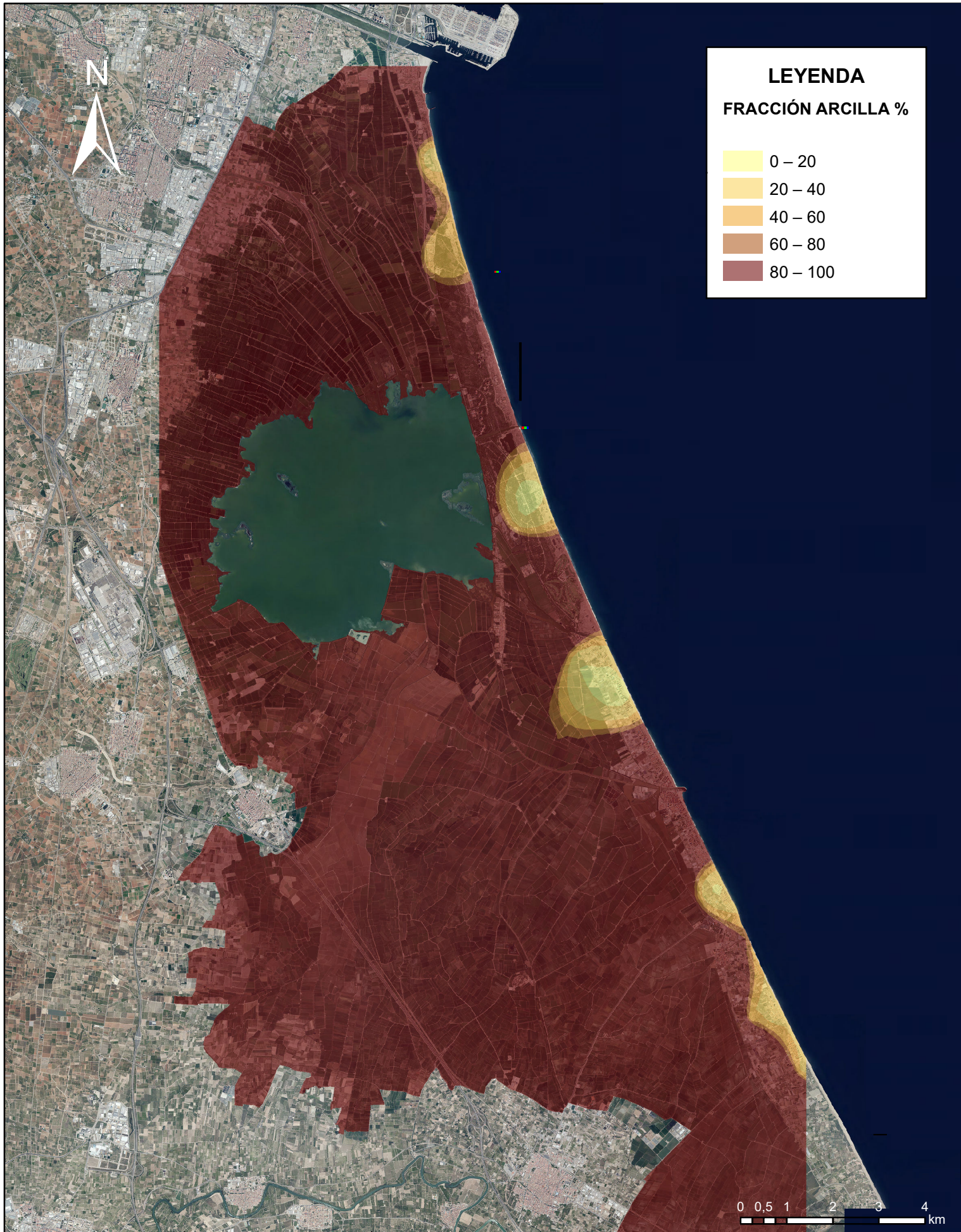


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARCILLA

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 26



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

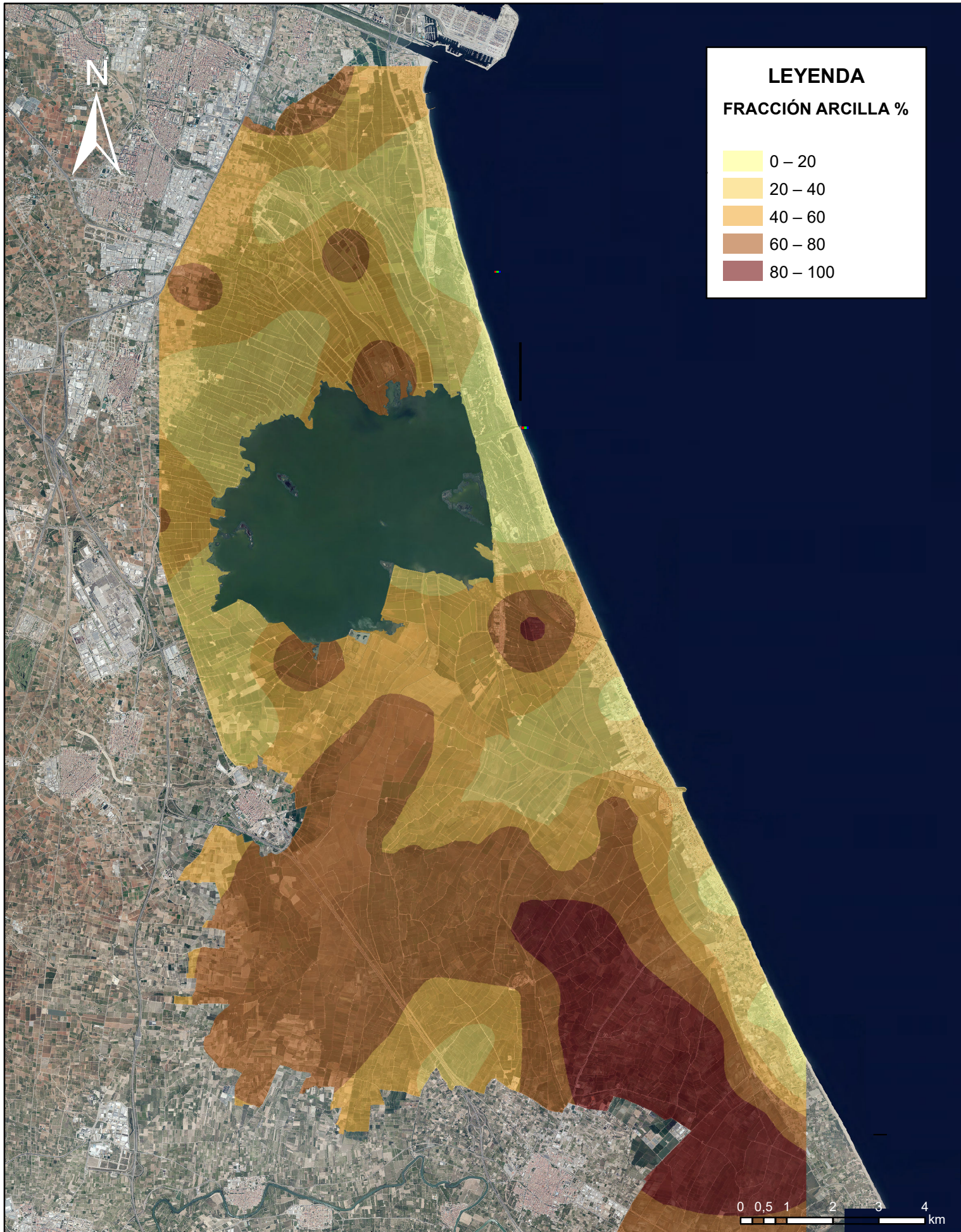


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARCILLA

PROFUNDIDAD 40-60

Nº 27



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

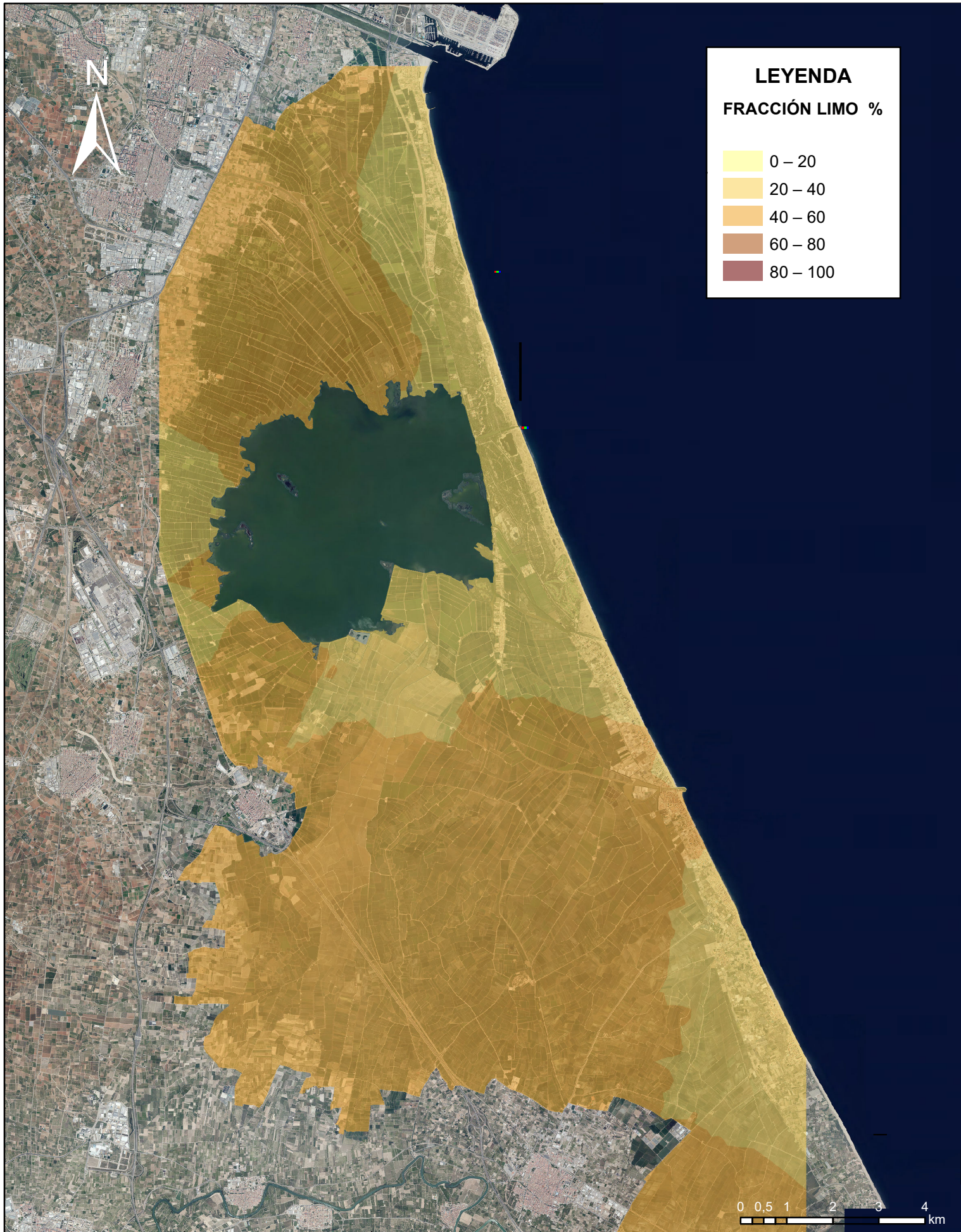


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARCILLA

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 28



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

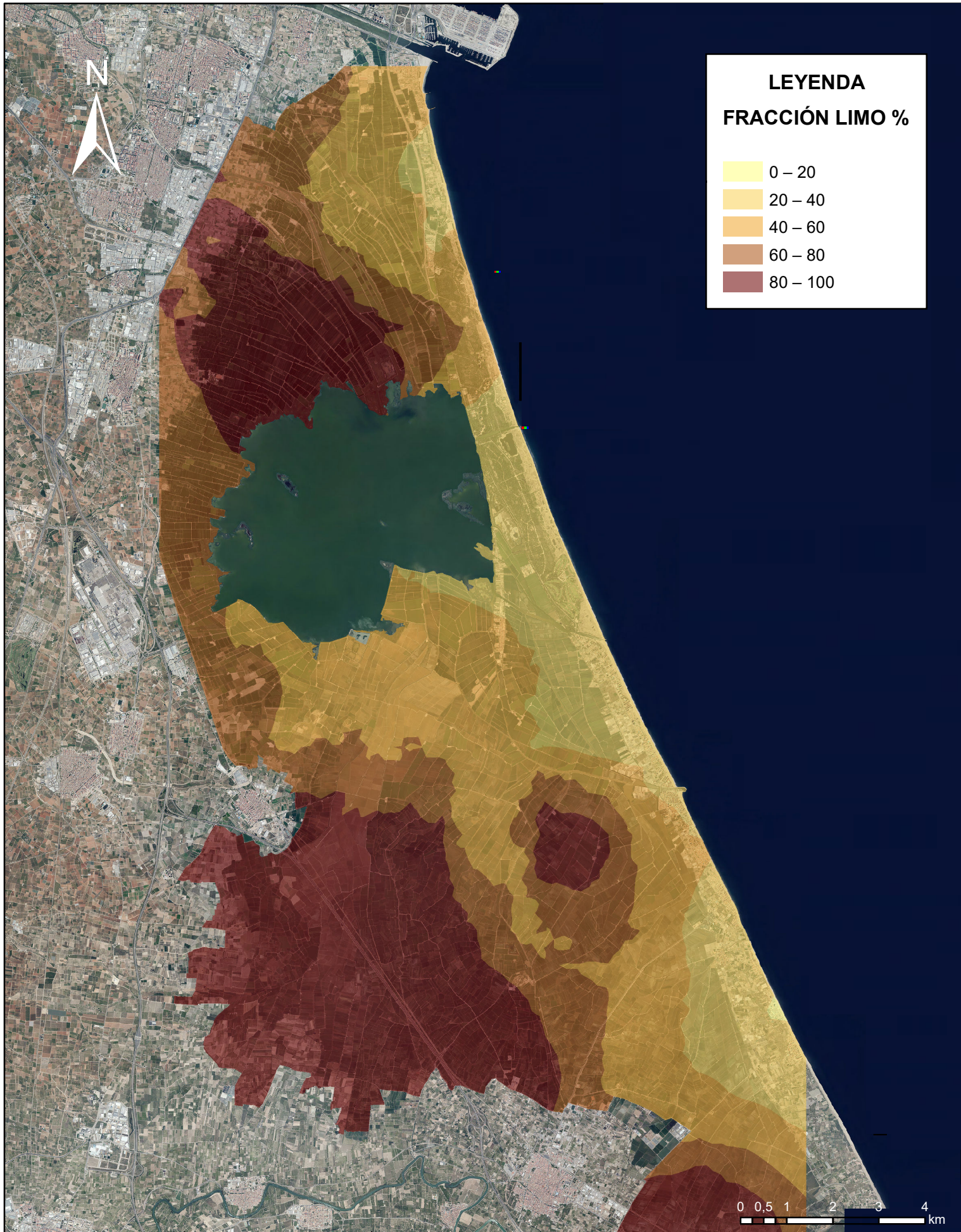


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL LIMO

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 29



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

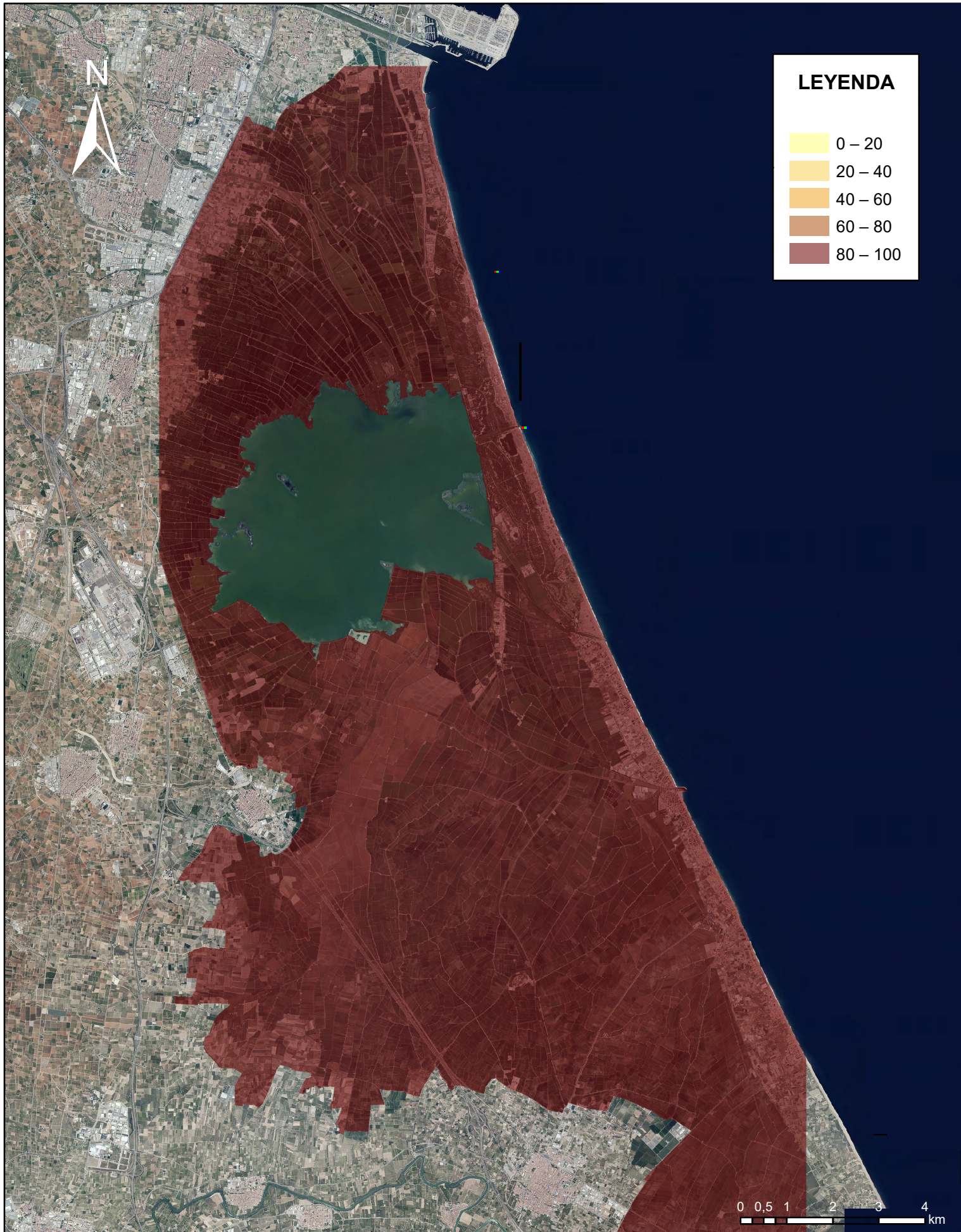


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL LIMO

PROFUNDIDAD 20-40

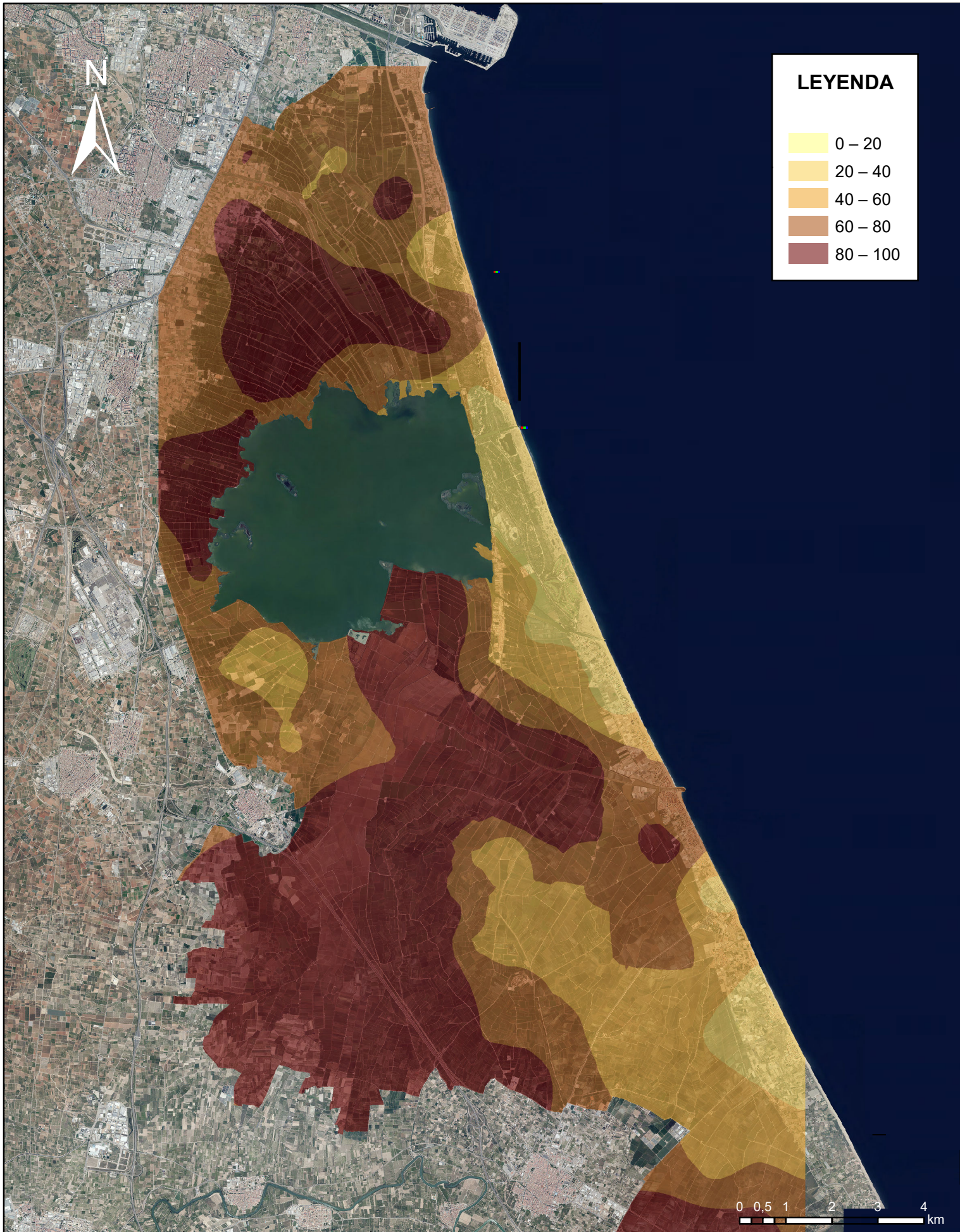
Nº 30



LEYENDA

- 0 – 20
- 20 – 40
- 40 – 60
- 60 – 80
- 80 – 100

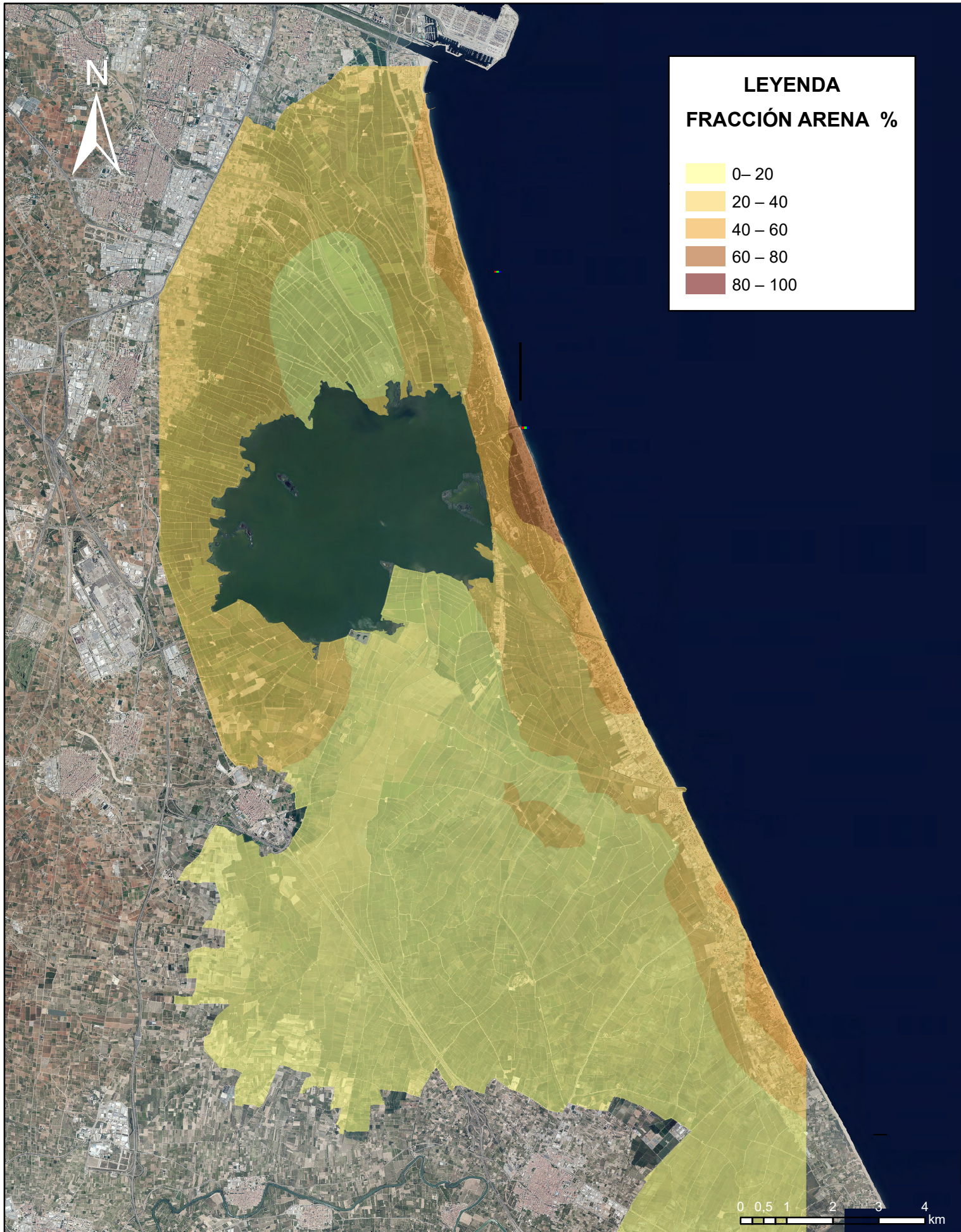
10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA TEXTURAL LIMO		PROFUNDIDAD 40-60	Nº 31



LEYENDA

- 0 – 20
- 20 – 40
- 40 – 60
- 60 – 80
- 80 – 100

10/09/2021	1:120000	 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
LAURA MERINO GONZÁLEZ			
MAPA TEXTURAL LIMO		PROFUNDIDAD 60-80	Nº 32



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

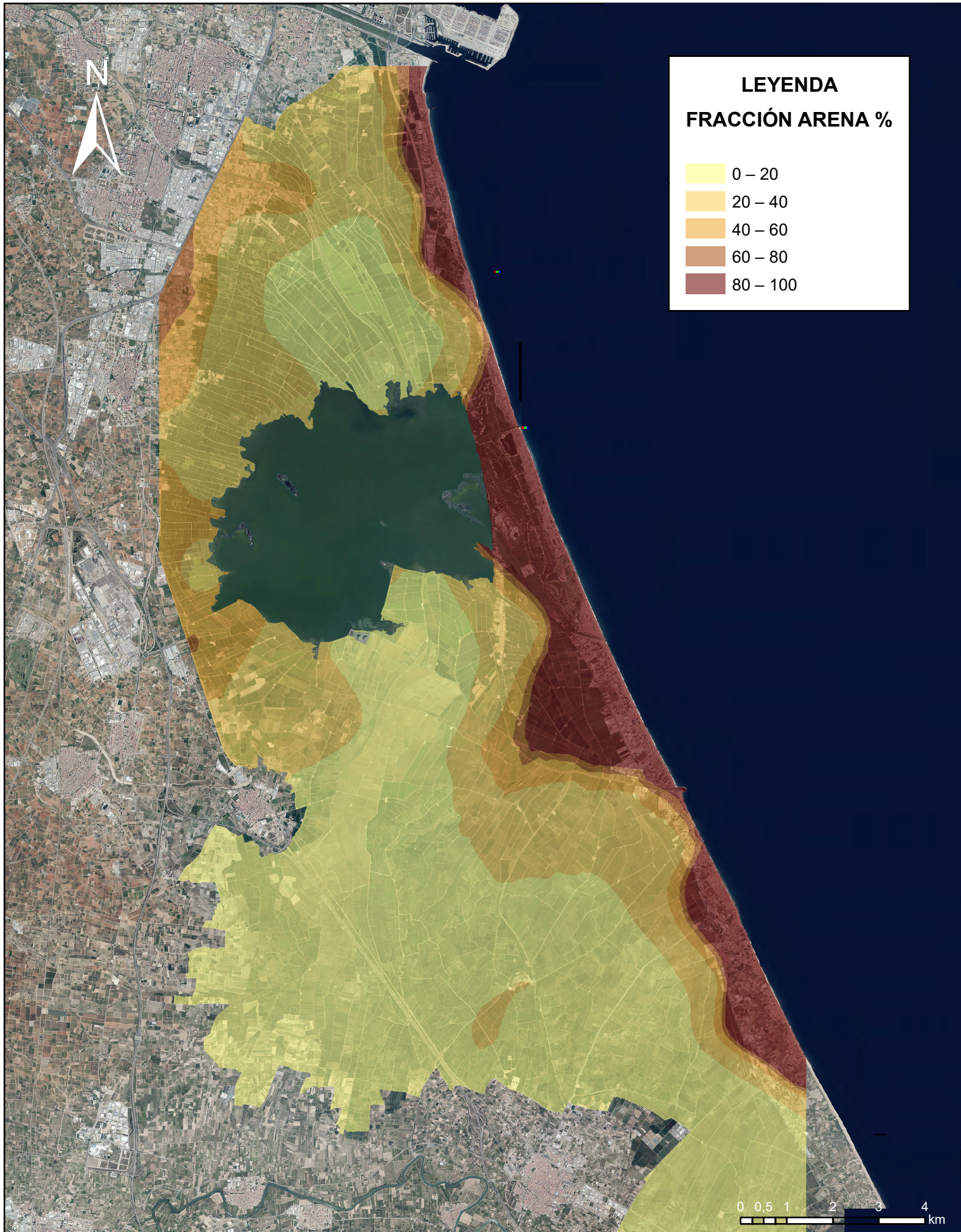


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARENA

PROFUNDIDAD 00-20

Nº 33



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

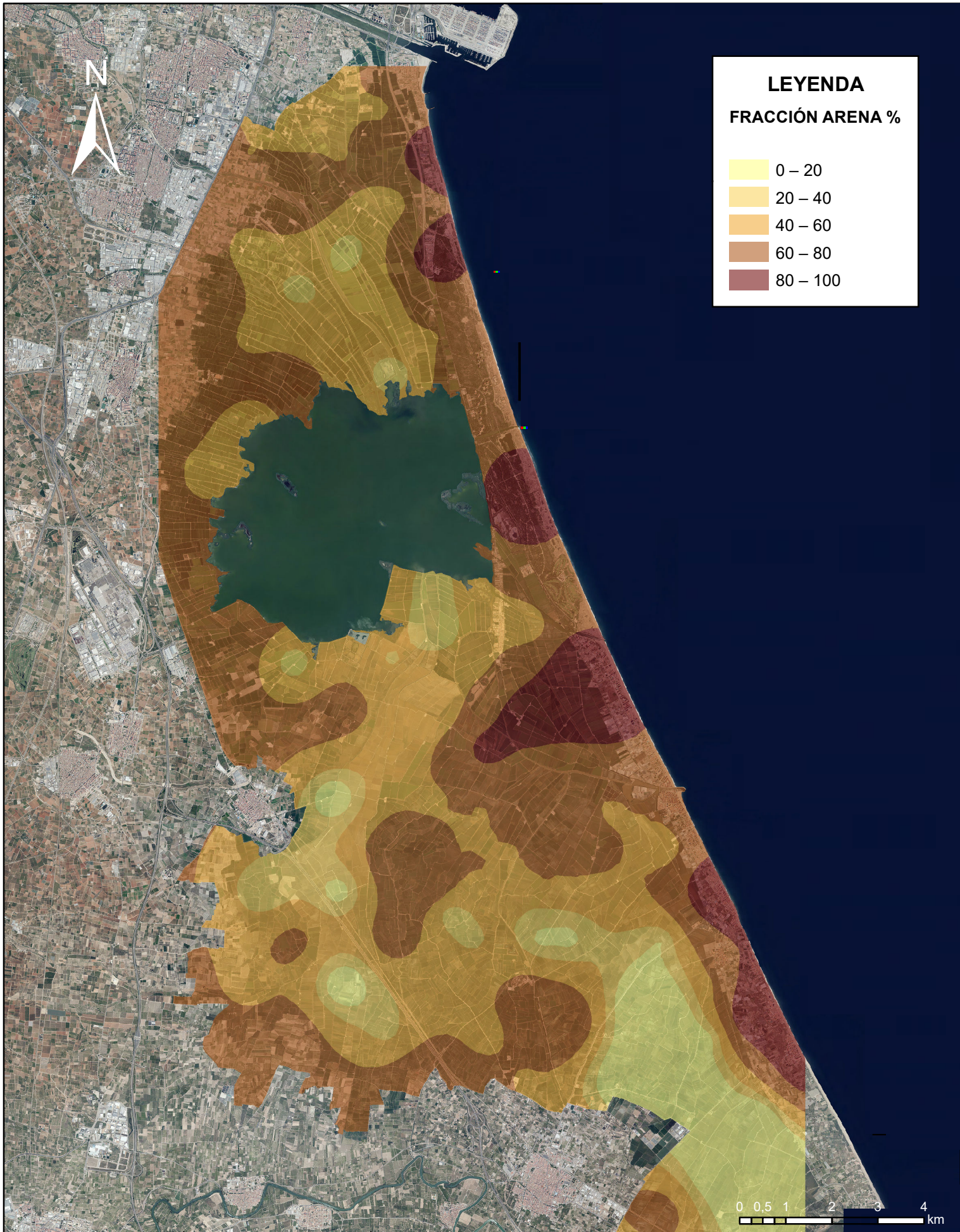


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARENA

PROFUNDIDAD 20-40

Nº 34



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

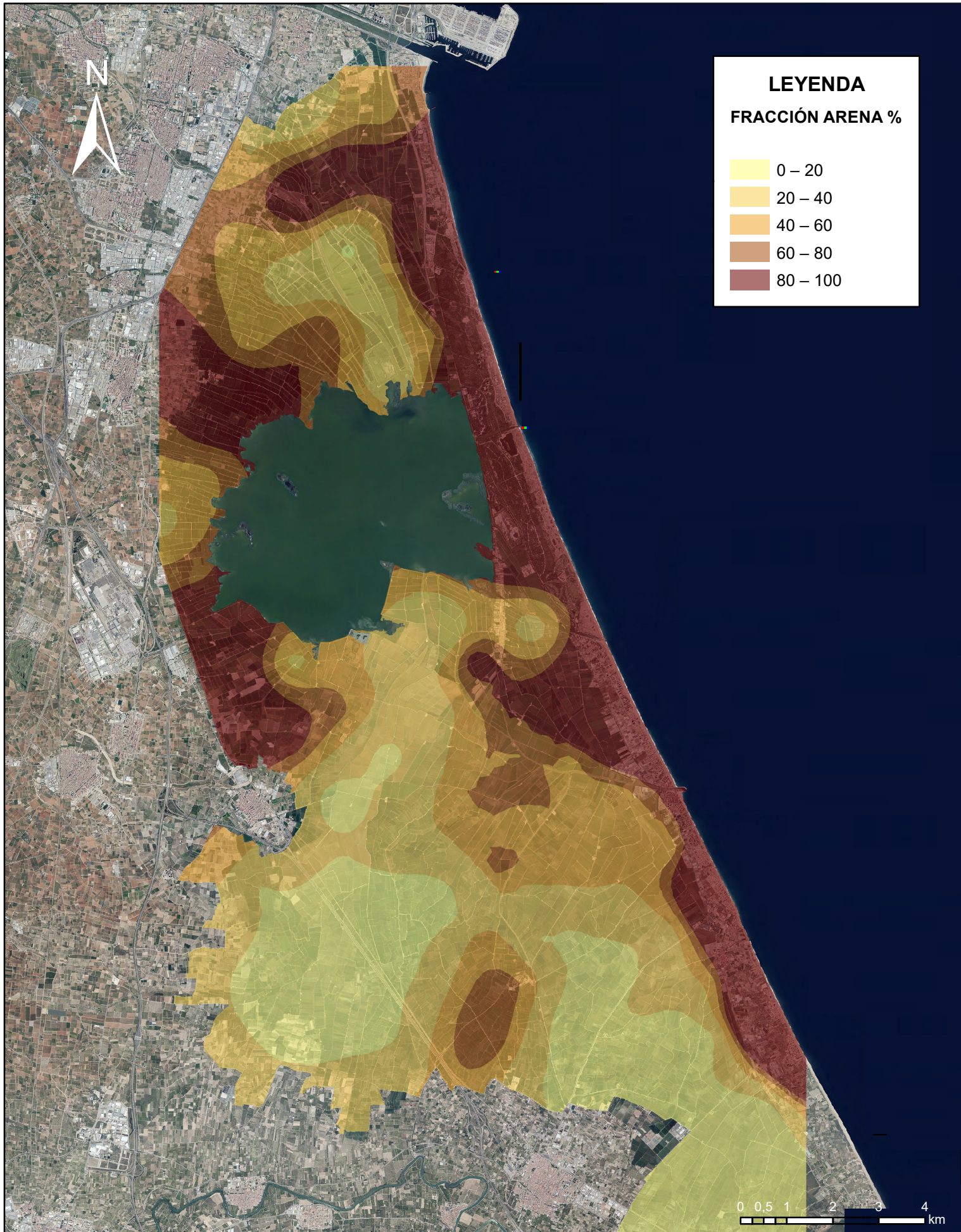


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARENA

PROFUNDIDAD 40-60

Nº 35



10/09/2021

1:120000

LAURA MERINO GONZÁLEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

MAPA TEXTURAL ARENA

PROFUNDIDAD 60-80

Nº 36