

# **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

## **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EVOLUCIÓN DE LOS ENTORNOS FLUVIALES EN EL LARGO, MEDIO Y CORTO PLAZO**

***Autor: Amaia Ordiales Castrillo***

***Directores: Daniel Ballarín y Alfredo Ollero***

**Máster Universitario en  
Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del te-  
rritorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

**Febrero de 2024**



**Universidad  
Zaragoza**

**Departamento de Geografía  
y Ordenación del Territorio**



## **Agradecimientos**

*Si tuviera que agradecer a cada persona que ha formado parte de este trabajo de alguna u otra manera, me harían falta otras cuarenta páginas; así soy de afortunada de estar rodeada de gente magnífica.*

*En primer lugar, quiero agradecer a Alfredo Ollero y Daniel Ballarín, sin cuya dirección este trabajo no habría sido posible, y a David Granado, por su paciencia y porque ha logrado que las prácticas en empresa sean una experiencia gratificante y enriquecedora. Me gustaría además mostrar mi más sincero agradecimiento a Pablo Pallarés, Marta Michavila y el resto del equipo humano de Tragsatec por sus pacientes explicaciones y por enseñarme mucho más de lo que jamás habría esperado.*

*Quiero agradecer también las oportunas y esclarecedoras recomendaciones de Daniel Merchán, Daniel Monsec, Fernando Pérez Cabello, Juan de la Riva y Pedro Boné Puyo.*

*Tengo que agradecer igualmente el imprescindible apoyo de mis padres y mi hermana por mantenerse siempre a mi lado aún en la distancia; a Dani por sobrevivir conmigo; a los mejores compañeros de máster que se podría pedir; y al mejor equipo de trabajo, el de Tragsa, por haberme acogido y enseñado tanto durante ese par de meses. Ha sido un privilegio.*

*Finalmente quiero agradecer a todas mis amigas y amigos por ser el apoyo moral que no falla en los momentos de flaqueza, gracias (en estricto orden alfabético) a: mi compañera de suicidio, mis Fantásticas, mis Sutas, mis Unicornios, mis Urulokes, y a cada amiga y amigo que se me queda en el tintero, pero que, cada cual a su manera, ha estado ahí para ofrecerme su mano.*

---

## Resumen

*El estudio de los sistemas fluviales ha cobrado una gran importancia en los últimos años, ya sea por motivos académicos como de ordenación del territorio y explotación, y los estudios que se realizan para el control y análisis de los cauces abordan una amplia gama de mediciones, muestreos y tratamientos de datos que a menudo, se ven condicionados por el trabajo de campo. Un estudio preliminar realizado íntegramente a partir de datos de fuentes públicas oficiales y datos satelitales obtenidos de la misión espacial Sentinel 2 mediante la plataforma Google Earth Engine como el que se propone en el presente trabajo puede proporcionar al investigador información adicional que permita una comprensión profunda de los entornos fluviales sin necesidad de acceder físicamente a la zona de estudio, lo que proporciona una gran ventaja tanto de cara a la interpretación de datos como a la planificación de posibles muestreos. El método propuesto ofrece información relevante a cerca de las dinámicas de los principales tipos superficies de los entornos fluviales tanto a largo como a medio y corto plazo.*

**Palabras Clave:** *sistemas fluviales, desarrollo de cubiertas, estudio multitemporal, análisis remoto.*

## Abstract

*The study of fluvial environments has gained great importance in recent years, whether for academic reasons or for territorial planning and exploitation, and the studies carried out for the control and analysis of the channels address a wide range of measurements, sampling and data processing that are often conditioned by field work. A preliminary study carried out entirely with data from official public sources and satellite data obtained by the Sentinel 2 space mission using the Google Earth Engine platform, such as the one proposed in this work, can provide researchers with additional information that allows a deep understanding of the river ecosystems without the need to physically access the study area, which provides a great advantage both in terms of data interpretation and planning of possible sampling campaigns. The proposed method herein offers relevant information about the dynamics of the main surface types of river environments both in the long, medium, and short term.*

**Key Words:** *river systems, surface development, multi-temporal study, remote analysis.*

## Índice

1. Introducción	Pág. 3
1.1. Prácticas en <i>Tragsatec</i>	Pág. 3
1.2. Trabajo de fin de máster	Pág. 6
2. Zonas de estudio	Pág. 7
2.1. Río Guadalentín	Pág. 8
2.2. Río Huecha	Pág. 9
2.3. Río Linares	Pág. 10
2.4. Río Mijares o <i>Millars</i>	Pág. 11
3. Objetivos	Pág. 12
4. Materiales y métodos	Pág. 13
4.1. Materiales	Pág. 13
4.1.1. <i>Software</i>	Pág. 13
4.1.2. Fuentes de información	Pág. 14
4.2. Métodos/procesos	Pág. 14
4.2.1. Fotointerpretación	Pág. 14
4.2.2. Clasificación automática	Pág. 16
4.2.2.1. Clasificación supervisada	Pág. 16
4.2.2.2. Clasificación no supervisada	Pág. 16
4.2.3. Estudio Multitemporal	Pág. 17
4.2.3.1. Estudio multitemporal a largo plazo 1956-2021 a partir de fotointerpretación	Pág. 17
4.2.3.2. Estudio multitemporal medio plazo 1956-2021 a partir de puntos de muestreo selectivo	Pág. 17
4.2.3.3. Estudio multitemporal a corto plazo durante el año 2021 a partir de puntos de muestreo sistemáticos	Pág. 19
5. Resultados y discusión	Pág. 21
5.1. Resultados	Pág. 21
5.1.1. Resultados de la fotointerpretación	Pág. 25
5.1.2. Resultados de la clasificación automática	Pág. 25
5.1.3. Resultados del estudio multitemporal: Propuesta Metodológica	Pág. 26
5.1.3.1. Estudio multitemporal medio plazo 1956-2021 a partir de puntos de muestreo selectivo	Pág. 28
5.1.3.2. Estudio multitemporal a corto plazo durante el año 2021 a partir de puntos de muestreo sistemáticos	Pág. 29
5.2. Discusión	Pág. 35
5.2.1. Sobre el proceso cartográfico	Pág. 35
5.2.2. Sobre la aplicación metodológica en las zonas de estudio	Pág. 35
5.2.3. Sobre la aplicabilidad de la metodología	Pág. 37
6. Conclusiones	Pág. 38
7. Bibliografía	Pág. 40

---



## 1. INTRODUCCIÓN

Desde que en el año 1962 Rachel Carson publicara su “Primavera Silenciosa” la conciencia sobre la importancia de proteger los sistemas fluviales ha ido creciendo a lo largo del tiempo, impulsada por factores como la investigación científica, la legislación ambiental, los eventos internacionales y los fenómenos más o menos catastróficos ambientales observados a nivel mundial. En el año 1968, durante la Cumbre de Biología Humana de la UNESCO se destacaron los problemas ambientales y se subrayó la necesidad de una nueva ética que incorporara la responsabilidad hacia el medio ambiente. Esto dio lugar a que, por primera vez, se establecieran las bases para la legislación ambiental común en varios países. A pesar de que las primeras leyes históricas se remontan a 1948, con la “Clean Water Act” o Ley de Agua Limpia en los Estados Unidos, probablemente existieran mucho antes, considerando el grado de control y explotación que las sociedades romana e islámica en la Europa mediterránea, por ejemplo. Sin embargo, no fue hasta el año 1879, cuando se modifica la Ley de Aguas, también llamada Ley de Desamortización de Riegos y Pantanos, que se tiene un registro oficial de medidas de regulación del agua en España, y se establecen principios importantes para la gestión sostenible de los recursos hídricos. Es mucho más tarde, en 1982 con la adhesión de España al Convenio Ramsar (1971), cuando se adquieren compromisos oficiales apoyados legislativamente centrados en la conservación y el uso sostenible de los sistemas fluviales asociados a humedales.

La conciencia de la importancia de los entornos fluviales, y no solo de la calidad de las aguas y entornos singulares como los humedales, fue cobrando fuerza hasta que en el año 2000, se adopta por las instituciones europeas la denominada Directiva Marco del Agua (en adelante DMA), que incluye entre sus instrumentos legislativos criterios de monitoreo y evaluación de sus objetivos, siendo los principales objetivos: promover la gestión sostenible por cuencas hidrográficas, prevenir y reducir la contaminación del agua, proteger y mejorar hábitats acuáticos, promover la participación pública y la transparencia, alcanzar un buen estado cuantitativo de las aguas subterráneas, y alcanzar un buen estado químico y ecológico de las aguas. Es este último objetivo (buen estado ecológico) el que, de alguna manera, ha impulsado la realización de este trabajo de fin de máster, ya que la monitorización del estado ecológico de las aguas incluye una gran diversidad de parámetros que todavía hoy en día presentan grandes dificultades de ejecución, incluso para los organismos y empresas altamente especializados, ya sea por falta de medios como por las dificultades inherentes a la toma de datos en entornos tan cambiantes como son los ríos.

### 1.1. Prácticas en Tragsa-Tragsatec

El Grupo Tragsa (acrónimo de Empresa de Transformación Agraria, S.A.), de capital social íntegramente público, está integrado por las sociedades mercantiles Tragsa y Tragsatec. La empresa se estructura a partir de la matriz Tragsa, responsable de la ejecución de obras y servicios, y la filial Tragsatec, que constituye el soporte tecnológico del Grupo y está a cargo de la ingeniería, consultoría y asistencia técnica.

Fundado el 21 de enero de 1977, es un grupo empresarial público integrado en el *holding* público Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) que nació bajo la naturaleza de medio propio instrumental del Estado orientado hacia el desarrollo rural y la conservación de la naturaleza, teniendo la condición de poder adjudicador y medio propio personificado de las Administraciones Públicas que participan en su accionariado.

Con una plantilla de más de 16.000, trabajadores durante los 40 años de historia de la compañía, ha ejecutado cerca de 200.000 actuaciones colaborando, además, en 125 proyectos de cooperación española en países del norte de África, África Subsahariana, América Latina y Caribe, Asia, Europa y Oriente Medio.

La sociedad mercantil Tragsatec, en la que se han realizado las prácticas expuestas a continuación, fue constituida en 1989, y es desde sus inicios una empresa pionera en tecnología de vanguardia, con una continua apuesta en I+D+i, especializada en la realización tanto de estudios y proyectos como

en servicios técnicos, en actividades de ingeniería, consultoría y asistencia técnica en materias agrícola, ganadera, forestal, medioambiental, de desarrollo rural o medio marino, sanidad y salud pública.

Para dar respuesta a estos servicios, dispone en la actualidad de un sólido soporte informático y cuenta con la tecnología más innovadora, como Sistemas de Información Geográfica y desarrollos en entornos Web, capaces de dar apoyo a la Administración en tareas de producción, mantenimiento y explotación de bases de datos agrarias y medioambientales a escala nacional.

Tragsatec forma, además, parte de una compañía internacional comprometida con el medio ambiente que contribuye al desarrollo de los territorios donde trabaja, y con este perfil ofrece a estudiantes de diferentes titulaciones prácticas en diversas líneas de actividad: Medio Ambiente; Edificación y Arquitectura; Agua; Explotaciones y Servicios Agropecuarios; Estudios y Apoyo Técnico y Emergencias.

Las prácticas definidas mediante el convenio existente entre Tragsa y la Universidad de Zaragoza, en cuyo marco se ha desarrollado parte de este trabajo, se llevaron a cabo entre el día dos de mayo y el día veintiocho de junio de 2023, comprendieron 360 horas y se realizaron bajo la tutoría de David Granado García (técnico superior de actividades científicas y técnicas) y la supervisión de Marta Michavila (coordinadora de proyectos y responsable técnico).

Durante este periodo de prácticas se han llevado a cabo principalmente dos tipos de tareas:

a) Cartografías e informes para las aplicaciones de metodologías de desarrollo de cartografía básica de ríos proclives a la incisión y/o acreción para diferentes confederaciones hidrográficas y la realización de cartografías *ad hoc* para la elaboración de informes de otras masas de agua.

La realización los informes de aplicación de metodologías de desarrollo de cartografía básica incluyó la creación de diversos mapas mediante fotointerpretación del cauce activo de las masas de agua “Río Mijares: Delta del Mijares – Mar” (código: ES080MSPF10-13) y “Río Guadalentín antes de Lorca desde embalse de Puentes” (código: ES070MSPF001010205) a partir de las imágenes aéreas de 1958 y 2021 (vuelo americano B y PNOA máxima actualidad, respectivamente; CNIG 2023) a partir de cuyos datos y documentación adicional se elaboraron los correspondientes informes de aplicación de metodologías de desarrollo de cartografía básica de ríos proclives a la incisión y/o acreción en los ríos Mijares y Guadalentín para las Confederaciones Hidrográficas del Júcar y del Segura, respectivamente.

b) Cartografías *ad hoc* para la aplicación del Protocolo de caracterización hidromorfológico de masas de agua de la categoría ríos, aplicado a la masa de agua “Río Matarraña desde su nacimiento hasta el río Ulldemó” (código: ES091MSPF383), Ara- Arazas (código: ES091MSPF785), y Ara hasta Fiscal (código: ES091MSPF761), que incluyeron:

- Mapa de localización general de la masa de agua
- Mapa de localización en imagen de 1957/58
- Mapa de localización en el PNOA de máxima actualidad
- Cartografía de la tramificación
- Cartografía de erosión
- Mapa usos de suelo a partir de SIOSE
- Mapa riesgo de incendio

En el siguiente cronograma se detalla la distribución y desarrollo del trabajo realizado a lo largo de las diferentes etapas y correspondientes fechas:

**Tabla 1.** Cronograma de las tareas realizadas durante las prácticas.

<b>Mayo 2023</b>				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	2	3	4	5
Cartografías del río Mijares				
8	9	10	11	12
Cartografías del río Mijares			Informe del Mijares	
15	16	17	18	19
Informe del río Mijares				
22	23	24	25	26
Cartografías del río Guadalentín				
29	30	31		
Informe del río Guadalentín				
<b>Junio 2023</b>				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
			1	2
Informe del río Guadalentín				
5	6	7	8	9
Informe del río Guadalentín				
12	13	14	15	16
Cartografías de la masa de agua Matarraña				
19	20	21	22	23
Cartografías del río Ara-Arazas y Ara hasta Fiscal				
26	27	28	29	30
Cartografías del río Ara-Arazas y Ara hasta Fiscal				

#### Fechas y tareas:

1-10 de mayo:

Cartografías del río Mijares

10-17 de mayo:

Informe del río Mijares

22-26 de mayo:

Cartografías del río Guadalentín

29 de mayo al 9 de junio:

Informe del río Guadalentín

12-19 de junio:

Cartografías de la masa de agua Matarraña (ES091MSPF383)

19-30 de junio:

Cartografías *ad hoc* de las masas de agua del río Ara- Arazas (ES091MSPF785) y Ara hasta Fiscal (ES091MSPF761)

Para la realización de las cartografías de informes de aplicación de metodologías de desarrollo de cartografía básica se utilizó el *software* ArcMap, las herramientas Excel y Word del paquete Microsoft Office y la aplicación Adobe Acrobat Reader.

La fuente de las imágenes aéreas para la realización de las cartografías ha sido el centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (en adelante, CNIG), mientras que para las composiciones de imágenes se han utilizado además ortofotografías obtenidas de la cartoteca digital del Instituto Geográfico de Valencia.

Para la elaboración de los informes, además de los datos adquiridos por el personal técnico de Tragsatec, se ha contado con fuentes de información tales como datos de diversas confederaciones hidrográficas, artículos de revistas especializadas, imágenes de páginas web y blogs particulares y artículos periodísticos (digitales).

Como se ha puesto de manifiesto, el principal eje de trabajo y la mayoría de tiempo y recursos han sido dedicados a la elaboración de las “Guías de aplicación metodológica de desarrollo de cartografía básica de ríos proclives a la incisión o acreción” de los ríos Mijares (Demarcación Hidrográfica del Júcar) y Guadalentín (Demarcación Hidrográfica del Segura), en el marco de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (MITERD, 2023), para los que se realizaron tres de las cuatro cartografías y los correspondientes informes en cada caso, evaluando a partir de la información de diversas fuentes documentales y datos de campo proporcionados por Tragsatec y la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la presencia o ausencia de incisión y/o acreción en los lechos fluviales estudiados.

Las cartografías se componen cada una por dos mapas realizados mediante fotointerpretación manual del cauce y la lámina de agua, uno a partir de ortofotografías del Vuelo Americano B (años 1957 y 1958, según el caso) y otro realizado a partir de las imágenes digitales del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de máxima actualidad (en adelante PNOA-MA), e incluyen además un gráfico que representa la pérdida de superficie de los dos elementos y un tercer mapa con la superposición del cauce activo (entendido como la suma de la lámina de agua y las superficies ocupadas por sedimento móvil) en la foto de 1957-58 y la de máxima actualidad (Anexo I).

Al pertenecer a una colección de mapas realizados por diferentes técnicos y en diferentes condiciones de trabajo, se siguieron directrices generalistas preestablecidas para definir los límites, utilizando como base la guía desarrollada por la Universitat Politècnica de Catalunya: “Metodología general para el desarrollo de una cartografía básica de ríos proclives a la incisión y la acreción” y para la resolución de las áreas que presentaban mayor incertidumbre se contó con el apoyo de diferentes infraestructuras de datos espaciales (Instituto Valencià de Geografia) y visores web (Google Earth, Google Street Maps), cartografías adicionales de servicios como las de Institut Valencià de Geografia, SIGPAC, Imágenes Lidar (Segundo ciclo del proyecto PNOA-LiDAR), etc.

Por su parte las guías recogen, entre otros, obstáculos en el cauce, datos de cuenca y cuenca dominada, datos sobre las superficies cartografiadas, datos hidrológicos procedentes, documentación de campo y bibliográfica tanto histórica como actual y composiciones de imágenes representativas de las observaciones realizadas. Gran parte de la información utilizada procede directamente de las bases de datos del MITERD y de Tragsa-Tragsatec.

Los trabajos desarrollados durante las prácticas en empresa pusieron de manifiesto la utilidad y la importancia de las habilidades adquiridas durante el máster, y fijaron, parcialmente, los objetivos del trabajo de fin de máster desarrollado, que en síntesis plantea las dos preguntas que vertebran el estudio:

- a) ¿Se están realizando estos trabajos cartográficos de la manera más eficiente?
- b) ¿Qué información podría inferirse sobre la evolución de las superficies en entornos fluviales en el corto, medio y largo plazo sin datos de observación directa?

## **1.2. Trabajo de fin de máster: propuesta metodológica para el estudio preliminar de la evolución de los entornos fluviales en el largo, medio y corto plazo.**

Los entornos fluviales y su importancia están reconocidos internacionalmente, y hay varios acuerdos, convenios y organismos internacionales que abordan la conservación y gestión sostenible de los recursos hídricos: La Convención sobre los Humedales o Convenio de Ramsar (1971), el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO (1975), Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1994), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015) o Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000) son algunos de los más importantes e influyentes, pero también lo son aquellas normativas y medidas legales nacionales dirigidas proteger y a preservar los ríos y su entorno, dentro de las cuales se recogen un gran número de informes encargados o realizados por los diferentes organismos estatales o autonómicos del estado ecológico, evaluado a través de elementos de calidad biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos de las masas de agua superficiales dentro de las que se encuentran los entornos fluviales.

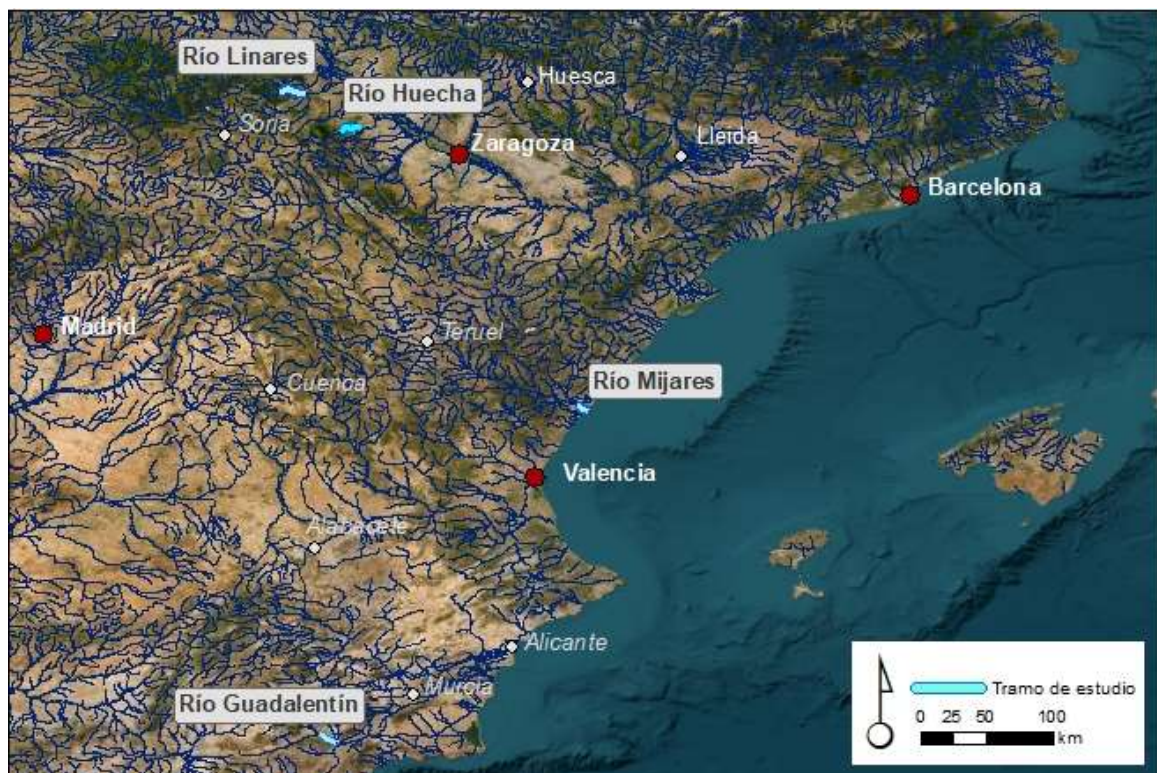
En este contexto existe una importante sinergia entre los estudios fluviales de carácter académico y los estudios técnicos que buscan la mayor precisión en el control y la previsión de la evolución de los procesos fluviales, para los cuales todavía hoy son las observaciones *in situ* y las mediciones realizadas en campo, junto con la consulta de ortoimágenes, las principales fuentes de datos fiables. No obstante el desarrollo tecnológico experimentado en las últimas décadas en los sistemas de información geográfica (en adelante SIG) están empezando a proporcionar métodos complementarios (que no alternativos) cada vez más asequibles tanto económica como temporalmente, creando un cambio de paradigma en el que el estudio de campo pasa de ser una fase de estudio básica con los problemas de desplazamiento, coordinación temporal y la inversión económica que ello implica a ser una fase

de estudio complementaria, que se realiza sobre una información preliminar de alta resolución obtenida mediante satélites/drones previamente.

Este trabajo de fin de máster propone una metodología de análisis íntegramente remota que permite un estudio preliminar de los entornos fluviales tanto para informes técnicos usados en cartografías y estudios de indicadores relacionados con los elementos de calidad hidromorfológicos (evaluación del estado de las masas de agua), como para trabajos de investigación. Dicha metodología de análisis pondrá a disposición del profesional que la lleve a cabo información de gran detalle sobre las condiciones susceptibles de encontrarse durante la realización de los trabajos de campo, así como una evolución histórica, si está disponible, de las condiciones del entorno fluvial a estudiar.

## 2. ZONAS DE ESTUDIO

Las zonas de estudio iniciales se han determinado en tramos de ríos de diferentes características con el fin de evaluar la validez del método para ríos con distintos regímenes hidrológicos, características y zonas climáticas; así el mismo método se ha aplicado en el río Guadalentín (Murcia), el río Mijares (Castellón de la Plana), el Huecha (Aragón) y el Linares (La Rioja y Soria) con los resultados que se exponen en los próximos apartados (figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de los tramos objeto de estudio. Fuente de imagen ESRI Maxar Earthstar Geographics y comunidad de usuarios de GIS, red hidrográfica y localizaciones modificado de BCN 500.

A pesar de que se ha tratado de que las áreas de estudio sean comparables en términos de dimensiones y características propias, se priorizó la representatividad de los diferentes objetos de estudio, así como la presencia de intervenciones de origen antrópico que son, como diversos estudios han determinado, las principales causas de alteraciones y cambios en entornos fluviales (Conesa García y Pérez Cutillas, 2014; Martínez-García, 2021). A continuación, se recoge una síntesis sobre las características generales de los ríos, los tramos estudiados y la información más relevante en cada caso.



## 2.1. Río Guadalentín

El Guadalentín (en árabe *Oued al Iznain*, «segundo río», o *Oued al Lentin*, «río de fango») (figura 2), o río Sangonera en su tramo final, conforma el mayor afluente del río Segura en su margen derecha y atraviesa la Región de Murcia, discurriendo por el del valle del mismo nombre.



**Figura 2.** Ubicación del tramo objeto de estudio en el río Guadalentín. Fuente de imagen ESRI Maxar Earthstar Geographics y comunidad de usuarios de GIS, red hidrográfica y localizaciones modificado de BCN 500.

De acuerdo con los datos de la Confederación Hidrográfica del Segura se comprenden cinco masas de agua superficial dentro de la cuenca hidrográfica del río Guadalentín:

- Río Guadalentín antes de Lorca desde el embalse de Puentes (ES0701010205)
- Río Guadalentín desde el embalse del Romeral hasta el Reguerón (ES0701010209)
- Río Guadalentín desde Lorca hasta surgencia de agua (ES0701010206)
- Río Guadalentín después de la surgencia de agua hasta el embalse del Romeral (ES0701010207)
- Río Guadalentín en embalse del Romeral (ES0701010208)

La clasificación ha sido realizada conforme al sistema B de la DMA, es decir, por tipología, mientras que la tramificación responde a criterios técnicos contenidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica (aprobada por Real Decreto 907/2007) y desarrollados por cada confederación. Así los tramos cuentan con la clasificación “Ríos mediterráneos muy mineralizados” o, como es el caso del tramo objeto de estudio, “Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea”, de un total de 72,77 km el tramo objetivo, Antes de Lorca desde el embalse de Puentes (ES0701010205), presenta una longitud de 13,51 km y un desnivel 62 m.

El río Guadalentín ha sido ampliamente estudiado y su régimen ha sido definido como “extremadamente irregular, casi de rambla” (Gil Olcina, A., 1968), no en vano fue descrito como “el río más salvaje de Europa” por Maurice Pardé en el artículo publicado en la revista especializada *Geographica* (Pardé, M., 1956) “Sobre los coeficientes y déficit de desagüe de las grandes crecidas” tras la gran riada “Santa Teresa” 14 de octubre de 1879, que dejó 777 fallecidos y pérdidas de valor incalculable.

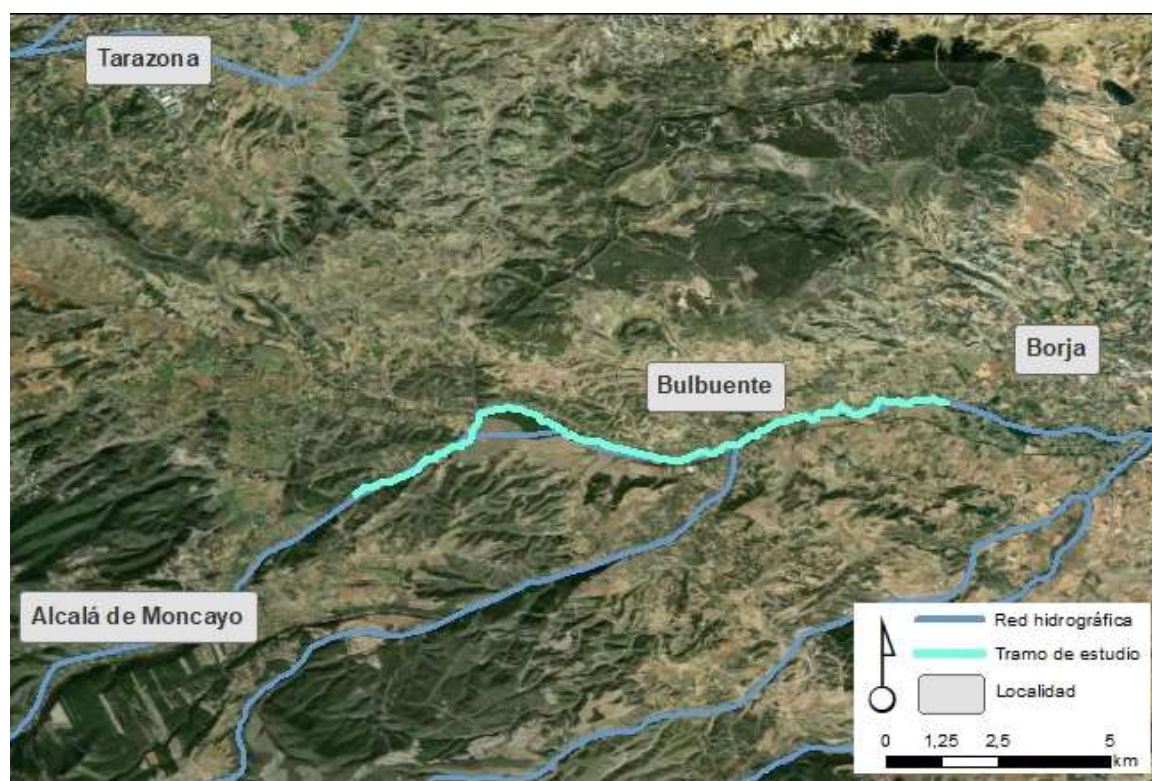
Históricamente han sido constatadas múltiples avenidas y riadas, a menudo repentinas y de resultados catastróficos lo que han propiciado numerosas obras hidráulicas de gran envergadura a lo

largo de la historia que han llevado al río Guadalentín prácticamente a perder sus características y dinámicas naturales, siendo las más notables la construcción de los embalses de Puentes I, Puentes II, Puentes III y Puentes IV, de los cuales sólo este último sigue en pie, así como diversas canalizaciones, sangradores etc.

En cuanto a la explotación, el río Guadalentín es en la actualidad una de las arterias principales para el regadío de la comarca natural “la Huerta de Murcia”, por lo que su cauce se encuentra rodeado de explotaciones agrícolas, principalmente cultivos hortícolas de cebada y de almendro, salvo en las zonas en las que cruza entornos urbanos como la ciudad de Lorca.

## 2.2. Río Huecha

El río Huecha (Figura 3) es un curso fluvial del Noreste español que discurre por las comunidades de Aragón y Navarra. Nace en el Barranco de Morana, en el Moncayo, fruto de la confluencia de varios barrancos que drenan su vertiente noreste y que confluyen en Añón de Moncayo, a 1.000 m de altitud, y desemboca en la margen derecha del río Ebro en la localidad aragonesa de Novillas, a 239 m de altitud, tras haber recorrido 51 km.



**Figura 3.** Ubicación del tramo objeto de estudio en el río Huecha. Fuente de imagen ESRI Maxar Earthstar Geographics y comunidad de usuarios de GIS, red hidrográfica y localizaciones modificado de BCN 500

De acuerdo con los datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, la cuenca hidrográfica del río Huecha comprende tres masas de agua superficial:

- Río Huecha desde su nacimiento hasta la población de Añón (ES091MSPF563)
- Río Huecha desde la población de Añón hasta la de Maleján (ES091MSPF302)
- Río Huecha desde la población de Maleján hasta su desembocadura en el río Ebro (ES091MSPF99)

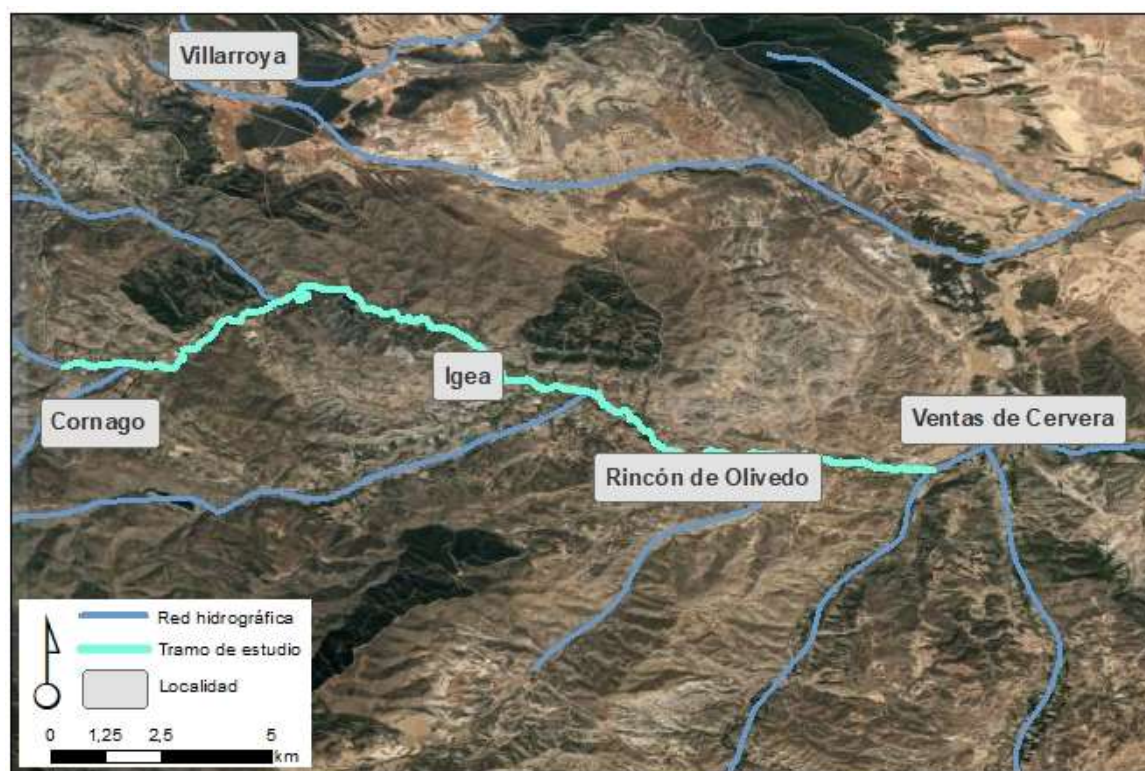
De estas masas de agua que han sido clasificadas dentro de diversas tipologías, el tramo de río



seleccionado para el estudio es el ES091MSPF302, clasificado como “río de montaña mediterránea calcárea”, localizado entre las poblaciones Alacalá de Moncayo y Maleján de una longitud de 16,32 km y presenta un desnivel de 254 m.

El aprovechamiento de los recursos de la cuenca del Huecha se destina al abastecimiento de las poblaciones de su cuenca y fundamentalmente al regadío, actualmente este sistema fluvial carece prácticamente de regulación, cuenta únicamente con algunos pequeños embalses y balsas, para riegos, lo que no lo exime de ser el eje de diversas investigaciones de carácter agronómico, ecológico y arqueológico (Bartolomé *et al.*, 2021; Glick y Teixeiras, 2002-2003).

### 2.3. Río Linares



El río Linares (figura 4), nace en el Puerto Oncala, en la provincia de Soria, a 1.569 m de altitud y tiene un recorrido de 140 km antes de desembocar en el Alhama, que a su vez es afluente del Ebro por la margen derecha. Discurre por tierras de las provincias de Soria, donde nace y recibe nombre de río Mayor, y La Rioja.

**Figura 4.** Ubicación del tramo objeto de estudio en el río Linares. Fuente de imagen ESRI Maxar Earthstar Geographics y comunidad de usuarios de GIS, red hidrográfica y localizaciones modificado de BCN 500

En la actualidad es habitual encontrar el Linares identificado como afluente del Alhama, sin embargo, podría considerarse un afluente directo del Ebro y el Alhama un afluente del Linares, porque las dimensiones del río Linares son muy superiores a las del Alhama, tiene mayor longitud, caudal y mayor cuenca.

De acuerdo con los datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, la cuenca hidrográfica del río Alhama comprende ocho masas de agua superficial, entre las que se incluyen las del río Linares:

- Río Alhama desde su nacimiento hasta el río Linares (ES091MSPF295)
- Río Linares desde la estación de aforos número 43 de San Pedro Manrique hasta su desembocadura en el río Alhama (ES091MSPF296)
- Río Alhama desde el río Linares hasta el río Añamaza (ES091MSPF297)
- Río Ebro desde el río Leza hasta el río Linares (ES091MSPF412)



- Río Ebro desde el río Linares hasta el río Ega I (ES091MSPF413)
- Río Linares desde su nacimiento hasta la estación de aforos número 43 de San Pedro Manrique (ES091MSPF560)

Estos tramos presentan diversidad de clasificaciones tipológicas (Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea, Ríos de montaña mediterránea calcárea y Ríos de montaña húmeda calcárea), siendo el tramo objeto de estudio el ES091MSPF296, clasificado como “río de montaña mediterránea calcárea”, con una longitud de 18,8 km y un desnivel de 181 m.

En la actualidad el entorno lo componen principalmente áreas de vegetación esclerófila y coníferas (según Corine Land Cover 2006), salvo las riberas del río, en las que se pueden encontrar pequeñas explotaciones agrícolas, principalmente de producción de frutales y hortalizas, a pesar de que históricamente el río Linares fue principalmente aprovechado por su fuerza motriz para mover ruedas de molino (Rubio y Vico, 2018).

## 2.4. Río Mijares o *Millars*

El río Mijares (Millars en valenciano) (figura 5) nace en la Sierra de Gúdar, en el término municipal de El Castellar, provincia de Teruel, a unos 1.600 m de altitud, presenta un régimen hidrológico pluvial mediterráneo, estacional, y desemboca en el mar Mediterráneo, entre los términos de Almazora y Burriana (Castellón) tras 159 km de recorrido, a lo largo del cual se sitúan numerosas obras hidráulicas de mediana y gran envergadura, siendo los más reseñables el embalse de Sichear y el de pantano de Arenoso.



**Figura 5.** Ubicación del tramo objeto de estudio en el río Mijares. Fuente de imagen ESRI Maxar Earthstar Geographics y comunidad de usuarios de GIS, red hidrográfica y localizaciones modificado de BCN 500.

De acuerdo con los datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, la cuenca hidrográfica del río Mijares incluye once masas de agua superficiales:

- Río Mijares, cabecera – Barranco del Charco (ES080MSPF10-01)
- Barranco del Charco - Loma de la Ceja (ES080MSPF10-02)

- Loma de la Ceja - Río Mora (ES080MSPF10-03)
- Embalse de Arenós (ES080MSPF10-04)
- Embalse de Arenós - Azud Huertacha (ES080MSPF10-06)
- Azud Huertacha - Embalse de Vallat (ES080MSPF10-07)
- Embalse de Vallat - Embalse de Sichar (ES080MSPF10-08)
- Embalse de Sichar - Canal cota 100 (ES080MSPF10-10)
- Canal cota 100 - Rambla de la Viuda (ES080MSPF10-11)
- Rambla de la Viuda - Delta Mijares (ES080MSPF10-12)
- Delta del Mijares (ES080MSPF10-13)

Las masas presentan tipologías muy distintas. No obstante aguas abajo del embalse de Sichar comparten la clasificación común de “masa de agua muy modificada” En la cabecera se ha establecido la Reserva Natural Fluvial del río Mijares, que se considera representativa de los ríos de montaña mediterránea calcárea según el catálogo nacional de reservas hidrológicas del MITERD.

La limitada alteración antrópica de la cabecera contrasta intensamente con la zona de estudio, ubicada en el último tramo, el delta (ES080MSPF10-13), de 7,74 km de longitud y un desnivel de 31 m.

El Río Mijares ha sido objeto de numerosos y diversos estudios, ya que constituye un excepcional ejemplo para el análisis de los problemas que plantea la planificación y gestión de los recursos hídricos de la vertiente mediterránea (Quereda Sala *et al.*, 2010). Esto unido a las medidas de control y recuperación que se llevan poniendo en marcha en este entorno fluvial debido a su alto valor ecológico ha puesto aún más de manifiesto el grado de antropización que este tramo ha sufrido en último dodecalustro.

En la actualidad el río Mijares es todavía una de las fuentes de agua de riego más importante de la zona, cuya economía depende en gran medida de la industria agrícola, principalmente del cultivo de cítricos.

### 3. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Como ya se ha mencionado, durante la elaboración de las cartografías de las “Guías de aplicación metodológica de desarrollo de cartografía básica de ríos proclives a la incisión o acreción” surgieron entre otras cuestiones diferentes aproximaciones para agilizar el proceso de realización de las cartografías (uno de los más laboriosos), algo que permitiría coordinar el trabajo de campo con mayor precisión en muchos casos, e integrar nuevos métodos de análisis que permitan una visión más global y un cierto grado de previsión para los siguientes estudios. De esta manera los futuros estudios no solo partirían de unos datos más precisos, sino que sería posible además estudiar la evolución de los territorios fluviales.

Mediante el presente trabajo se busca definir:

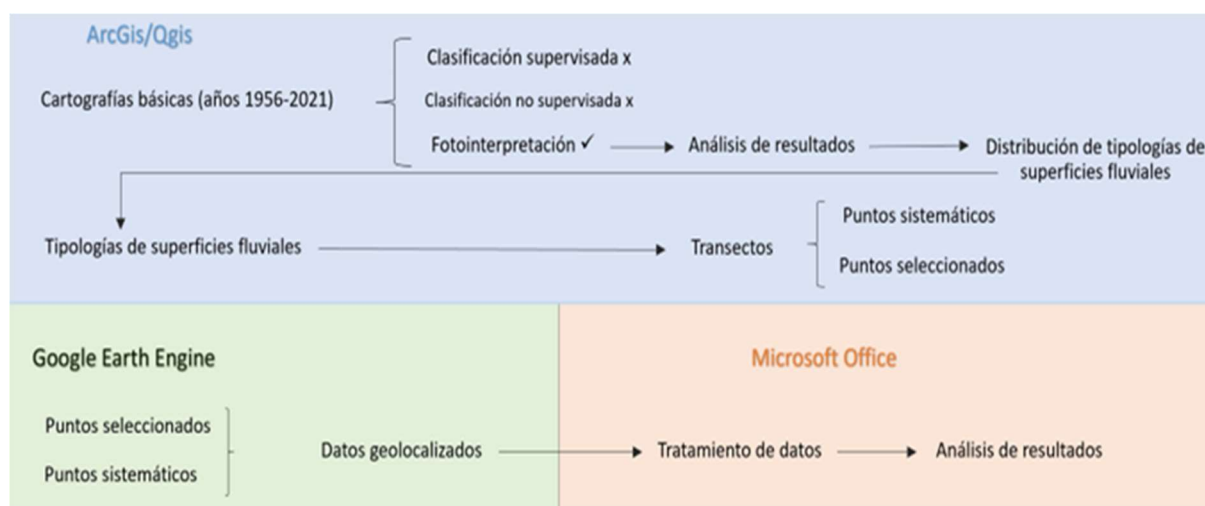
- a) La idoneidad del proceso cartográfico para el desarrollo de cartografías en territorios fluviales.
- b) Una propuesta metodológica que permita optimizar los futuros estudios en entornos fluviales a nivel técnico y registrar los cambios a largo, medio y corto plazo a nivel que permita establecer pautas evolutivas e incluso prever el desarrollo de las diferentes tipologías de superficie fluvial.

Para ello se plantea un proceso similar, aunque más detallado del utilizado para la elaboración de las cartografías básicas de ríos proclives a la incisión o acreción, que proporcionarían principalmente información a largo plazo. Además, a partir de las conclusiones obtenidas se desarrolla una propuesta de análisis en puntos definidos para el estudio a medio plazo y de puntos sistemáticamente definidos para el estudio a corto plazo, alimentado sólo de los datos proporcionados por la plataforma de geomática Google Earth Engine, que facilita los datos satelitales de la misión Sentinel 2, sin la necesidad de labores de campo.

Para evaluar la metodología propuesta se estudiaron tramos de los cuatro ríos seleccionados y descritos en el apartado anterior: Guadalentín (Murcia), Huecha (Aragón), Linares (La Rioja y Soria) y Mijares (Valencia). Como se ha puesto de manifiesto, estos ríos son de diferente naturaleza, y presentan distintos grado de influencia del clima mediterráneo y de intervención antrópica.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo mediante una secuencia de trabajos en los que se ha utilizado información de diversos orígenes para diferentes procesos que se describen en detalle en el siguiente apartado. El esquema que se muestra a continuación (figura 6) recoge sintéticamente los materiales asociados a cada parte del estudio y el *software* principal utilizado en cada caso, resaltando los tres principales bloques de trabajo en función del *software* en el que se realizaron.



**Figura 6.** Diagrama de flujo de los diferentes materiales en las diferentes fases del estudio.

Como se muestra en la figura 6, el estudio se ha llevado a cabo en tres grandes bloques de procesos: el inicial, principalmente ejecutado mediante el *software* ArcGis, fue la realización de cartografías y preparación de los archivos necesarios para ejecutar, en una segunda fase, la obtención de datos mediante Google Earth Engine y, finalmente, el procesamiento, interpretación y exposición de los resultados obtenidos mediante el paquete Microsoft Office, principalmente Excel y Word.

##### 4.1. Materiales

Debido a diversos motivos de naturaleza técnica se han utilizado diferentes *software* de SIG, así como distintas versiones de cada uno de ellos, por lo que este apartado solo recoge aquellos que implican directamente el trabajo desarrollado aquí presentado y no los utilizados para la elaboración de las cartografías realizadas para Tragsatec durante las prácticas ni aquellos que en algún momento han venido a sustituir funciones que en condiciones normales podrían realizarse con alguno de los programas principales que se enumeran a continuación:

###### 4.1.1. Software

Como ya se ha mencionado se han utilizado diferentes equipos y versiones de las siguientes herramientas informáticas:

- ArcMap 10.8.2: Elaboración y maquetación de las cartografías y análisis y procesos SIG.
- QGIS 3.22.0: Visualización y montaje de mosaicos de imágenes.
- Google Earth Engine Code Editor: programación de código para la solicitud de datos satelitales.
- Microsoft Excel (Office *suite*): base de datos para tratamiento de información y graficación.
- Ink Scape: edición gráfica.

#### 4.1.2. Fuentes de información

Las cartografías generales realizadas mediante fotointerpretación se trabajaron a partir de las imágenes del Vuelo Americano B de 1956 y las imágenes aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía aérea de máxima actualidad (2021) tomadas de la página de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica.

Los datos hidrológicos se obtuvieron de la base de datos de MITERD, así como gran parte de la información hidrológica e histórica para la interpretación de las diferentes estructuras, intervenciones y obstáculos en el cauce. En la tabla 2 se recogen las referencias cartográficas exactas utilizadas para cada tramo de río en su correspondiente fecha.

**Tabla 2.** Relación de referencias cartográficas para cada imagen-fuente.

Tramo	Vuelo americano B	PNOA máxima actualidad
Guadalestín	PNOA-H-AMS-1956-57-OF-ETRS89-HU30-H50-0953	08/2022 - PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0953-3
Huecha	PNOA-H-AMS-1956-57-OF-ETRS89-HU30-H50-0352	08/2021 - PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0352-1 y 2
Linares	PNOA-H-AMS-1956-57-OF-ETRS89-HU30-H50-0281	08/2021 - PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0281-4
Mijares	PNOA-H-AMS-1956-57-OF-ETRS89-HU30-H50-0641	07/2021 - PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0641-1 y 4

Cabe comentar que la información accesible sobre el vuelo americano B sugiere que casi todas las imágenes fueron tomas a partir de marzo de 1956 (Sanz Nieto, 2014) y que durante 1957 predominaron las tareas editoriales del trabajo por lo que se asumirá que la mayoría de las imágenes representan, por defecto, el estado del territorio en 1956.

## 4.2. Métodos

El presente trabajo se ha realizado siguiendo una secuencia ordenada de procesos con el fin de que sea fácilmente reproducible en otras localizaciones, por lo que los diferentes procesos se describen a continuación en profundidad.

#### 4.2.1. Fotointerpretación

Las tareas realizadas durante las prácticas en empresa se centraron en el análisis detallado de los cambios de registrados en el lecho fluvial a partir de una serie de criterios comunes y preestablecidos para todos los tramos comprendidos en el estudio general. Sin embargo, para la elaboración de este trabajo de fin de máster se ha obtenido una nueva versión de las cartografías con el fin de dar más peso a los criterios geomorfológicos a la hora de definir las áreas de cauce, de esta manera se identificaron cuatro categorías de superficies dentro del cauce fluvial: lámina de agua, sedimentos, vegetación primicolonizadora y vegetación de ribera.

La selección de las superficies se realizó directamente sobre las imágenes de base en cada caso mediante el *software* ArcGis, utilizando puntualmente otras fuentes documentales (imágenes de in-

ternet, visualizadores locales, documentación antigua, etc.) para establecer la tipología correspondiente cuando las imágenes de base no eran suficiente claras. Se trabajó a una escala mínima de 1:800. Dado que las cartografías cubren un amplio rango de entornos climáticos se establecieron los siguientes criterios para tratar de caracterizar dentro de lo posible con la mayor exactitud, pero sin perder la comparabilidad entre los diferentes entornos (Anexo II).

- a) Cauce activo: son las áreas donde la lámina de agua aflora, en las imágenes del vuelo americano B presentan un color gris intermedio, mientras que en las imágenes del PNOA adquiere tonalidades desde gris oscuro hasta verdeazulado. A la hora de interpretar y caracterizar esta tipología se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: morfología general longitudinal en la dirección del cauce, salvo en casos puntuales de presencia de obstáculos transversales en el cauce (apreciables a simple vista), contorno de la superficie generalmente nítido y brusco, cuando no, presenta una clara gradación de color, en función de la profundidad y/o la presencia de algas.
- b) Barras sin vegetación: esta tipología contempla tanto los sedimentos sueltos acumulados por el río como aquellos lugares susceptibles de acumularlos en el corto plazo (por lo que las áreas de roca desnuda en las zonas en las que los ríos tiene una tendencia incisiva se incluyen en esta categoría).

Los criterios principales para la caracterización de los sedimentos fueron colores generalmente claros (blanco en las imágenes más antiguas) a colores crema o marrón claro en las imágenes de PNOA, sin textura o variaciones de color internas o con variaciones muy leves, morfologías elongadas, con interferencia en obstáculos transversales en el cauce y principalmente asociadas a las áreas de lámina de agua.

- c) Vegetación primicolonizadora: comprende aquellas zonas del cauce donde los sedimentos presentan muestras de colonización vegetal, que pueden ser interpretadas como zonas que forman parte activa del cauce con carácter puntual o estacional pero que permanecen a la intemperie el tiempo suficiente como para permitir una colonización herbácea superficial, e incluso la de algunos arbustos de pequeña entidad o bajo porte.

Debido a la disparidad en los sistemas vegetales y climáticos de los distintos ríos estudiados, se estableció como criterio comparativo en cuanto a “colonización herbácea superficial” las zonas llanas más próximas al cauce que menor intervención humana presentaron en cada caso, por lo que aquellas áreas con una colonización vegetal igual o superior a las zonas de referencia quedaron excluidas de la cartografía, por entender que funcionan en la actualidad como el resto de áreas sin influencia fluvial, sin perjuicio de que puedan hallarse en antiguas terrazas o zonas de cauce abandonadas.

Los criterios visuales responden a un color ligeramente más oscuro al que presentan los sedimentos en cada caso con una textura más o menos punteada producto de la presencia puntual de la vegetación, límites de área difusos y gradación zonal de color en los casos en los que la vegetación ha colonizado la zona definitivamente.

- d) Vegetación de ribera: aúna las zonas dentro del cauce en las que se pueden apreciar árboles, arbustos de gran entidad, grupos de arbustos o de vegetación de gran densidad que no permiten apreciar el sustrato. El principal criterio identificativo es el color, que varía entre el negro en las fotografías antiguas al verde botella en las imágenes más modernas. No se incluyeron en esta tipología arbustos o árboles con dos o menos elementos discernibles indistintamente del tamaño que presentaran, zonas vegetadas sin asociación con árboles o arbustos ni plantaciones de árboles de origen antrópico.

Una vez realizadas las cartografías mediante las herramientas de análisis de superficie del *software* pudieron calcular y exportar los datos correspondientes a las superficies de cada tipología para cada zona de estudio y año.

#### 4.2.2. Clasificación automática

Dado que las imágenes de la década de los 50 son fotografías en blanco y negro escaneadas no tiene sentido tratar de aplicar una clasificación digital, ya que los valores de imagen están severamente influidos por condicionantes físicos tales como el estado de conservación de la fotografía (defectos en el papel, dobleces, etc.), el estado de preservación de las imágenes (pérdidas de tonalidad u oscurecimiento de la fotografía original) y además los tratamientos de digitalización aplicados para informatizar las imágenes (de los cuales no se cuenta con detalles). Las imágenes RGB de PNOA, sin embargo, sí son susceptibles de ser digitalmente clasificadas debido a su carácter digital, la homogeneidad de la toma de imágenes y sobre todo el contraste (en el espectro visible) que presentan las distintas tipologías de superficie a clasificar.

ArcGIS integra una herramienta de clasificación automática para imágenes multibanda, con diversas opciones. No obstante, como la intención de este proceso es comprobar si su uso puede agilizar la realización de las cartografías se seleccionaron los dos métodos más conocidos y simples que el programa ofrece: “Clasificación No Supervisada de Clúster ISO” y “Clasificación Supervisada de Máxima Verosimilitud”.

##### 4.2.2.1. Clasificación No Supervisada de Clúster ISO

La herramienta “Clasificación No Supervisada de Clúster ISO” encuentra automáticamente los clústeres en una imagen y genera una imagen clasificada utilizando un algoritmo agrupación (*clustering*) de datos normalizados (ISO), para determinar las características de los grupos naturales de celdas en un espacio de atributos multidimensional y almacenar los resultados en un archivo de salida.

Para agilizar y optimizar el proceso, antes de ejecutar la clasificación se le aplicó un recorte del límite de las zonas de estudio considerados para limitar los procesos a las superficies interiores al cauce. En este caso se aplicó el mismo límite exterior que resultó de la fotointerpretación previamente realizada y se establecieron el número de tipologías de salida, es decir, cuatro.

##### 4.2.2.2. Clasificación Supervisada de Máxima Verosimilitud

El algoritmo que utiliza la herramienta “Clasificación Supervisada de Máxima Verosimilitud” se basa en dos principios: que las celdas en cada muestra de clases del espacio multidimensional que se distribuyen normalmente y toma de decisiones en base al teorema de Bayes.

La herramienta tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma. El archivo de firma se creó expresamente en cada caso a partir de un muestreo de 15 polígonos de cada tipología de superficie presente mediante la herramienta de creación de signatura del subconjunto “Herramientas de análisis espacial” de ArcGis.

Asumiendo que la distribución de una muestra de clases es normal, una clase puede estar caracterizada por el vector del valor medio y la matriz de covarianza. Dadas estas dos características para cada valor de celda, la herramienta calcula la probabilidad para cada clase a fin de determinar la pertenencia de las celdas a la clase.

Los detalles de los valores asignados a cada tipología de superficie vienen recogidos en el Anexo III.

Para comprobar el nivel de coincidencia en la clasificación no supervisada se reclasificaron los valores de salida de las 4 tipologías obtenidas por defecto, asignándoles en cada caso el mismo valor “Id” obtenido del proceso de reclasificación multiplicado por 100, y se sumó mediante la herramienta “calculadora ráster” con la capa previamente rasterizada de la clasificación manual (fotointerpretación). De este proceso se obtuvo una capa con 16 posibles valores, de los cuales se asignaron 4 a una correspondiente categoría a partir del grado máximo de coincidencia de píxeles y de coincidencia geográfica estimada visualmente a partir de los mapas resultantes (Anexo III.b). Una vez realizada

esta operación se calcularon los valores de superficie asociados y se exportaron los datos para su representación gráfica.

Siguiendo el mismo principio para estimar la coincidencia de clasificación supervisada se asignaron valores por defecto a las 4 tipologías obtenidas en la clasificación no supervisada y se reclasificaron multiplicando por diez el valor original (Anexo III), después se rasterizó la clasificación realizada mediante fotointerpretación de manera que los valores de cada tipología en la clasificación manual coincidiesen con los valores decimales de la clasificación supervisada. Este proceso se realizó con el objetivo de que la categoría del ráster producto de la cartografía manual, presente valores “Id” entre 1 y 4 y en la del ráster clasificado automáticamente, los valores sean decimales, entre el 10 y el 40, siendo asociada la cifra 1 con la cubierta de tipo “cauce activo”, la 2 con “barras sin vegetación”, la 3 con “vegetación primicolonizadora” y la 4 con “vegetación de ribera” en cualquier caso.

De esta manera los píxeles con un valor “Id” capicúa son aquellos cuya valoración en el mapa fotointerpretado coinciden con la valoración del mapa construido mediante clasificación supervisada.

Una vez hecho esto se realizó mediante la herramienta de análisis espacial “calculadora ráster” una suma de rásteres con ambas capas, de manera que las superficies que presentaron los mismos valores decimales y unitarios (los valores capicúas) se asumieron “correctamente clasificada”.

Finalmente se calcularon los valores de superficie asociados y se exportaron los datos para su representación gráfica.

Para agilizar y simplificar los pasos de este subconjunto de procesos se realizó un pequeño modelo de procesos mediante el módulo “*model buider*” de ArcGIS, en el que se recogen todos los pasos necesarios para realizar tanto la clasificación supervisada como la no-supervisada mediante las herramientas disponibles de ArcGIS, y así poder realizar un análisis del grado de coincidencia que presentan tanto la clasificación no supervisada como la supervisada respecto a la cartografía manual. (figura 7).

#### 4.2.3. Estudio multitemporal

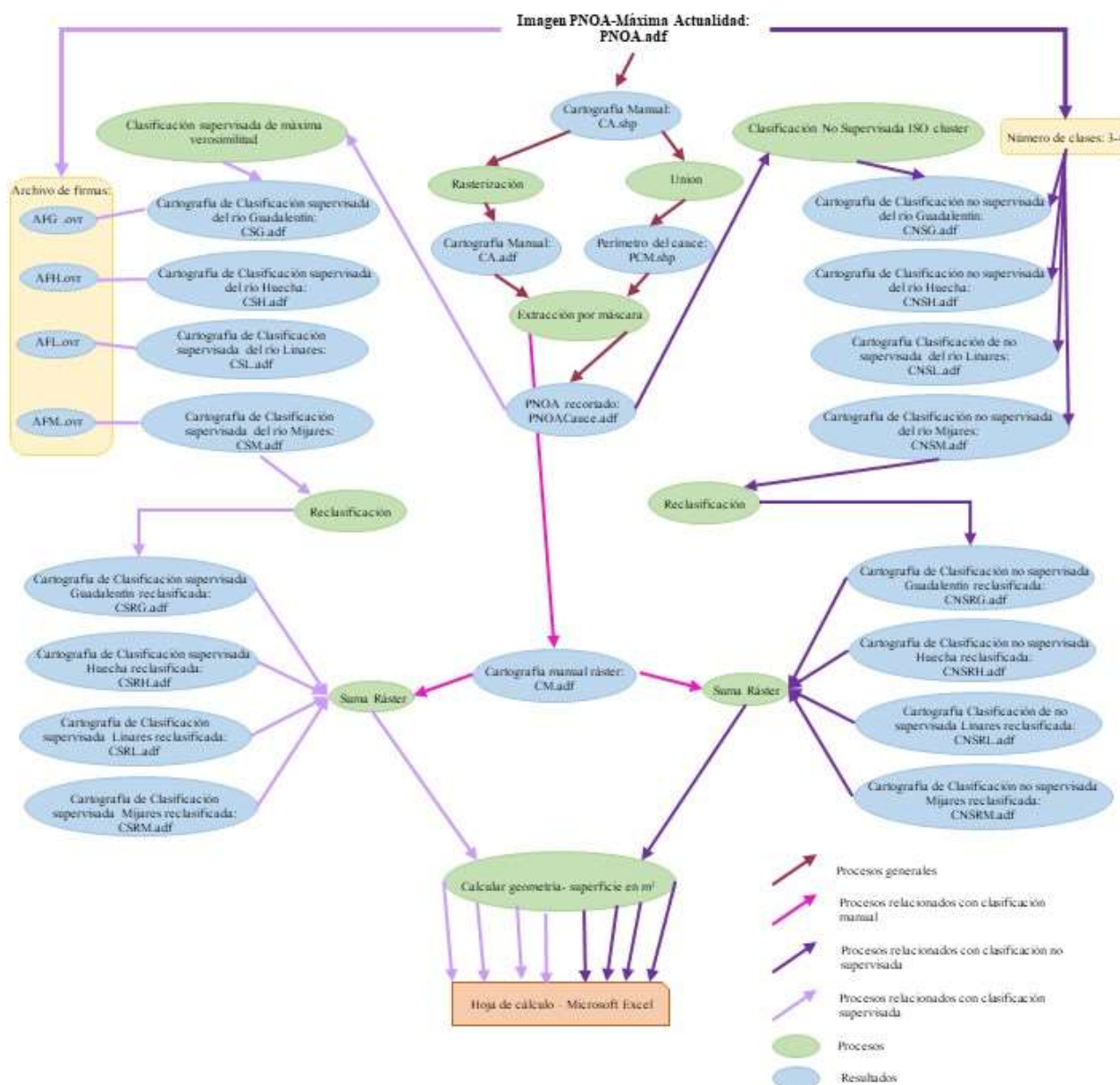
##### 4.2.3.1. Estudio multitemporal a largo plazo (1956-2021) a partir de fotointerpretación

A partir de los mapas realizados en las cuatro zonas de estudio en los años 1956 y 2021 se obtuvieron datos de anchura y superficie total de los cauces, así como las superficies de cada una de las tipologías de cubierta anteriormente detalladas para cada época. Las imágenes se recogen en la colección cartográfica que acompaña este documento, en la que además de los datos numéricos se han realizado composiciones que permiten una comparación visual directa de los cambios producidos en la forma y el tamaño de los diferentes tipos superficies fluviales (Anexo VII) y de cubiertas (Anexo II).

##### 4.2.3.2 Estudio multitemporal medio plazo 1956- 2021 a partir de puntos de muestreo selectivo

Para el estudio a medio plazo se propone el empleo de puntos ubicados en transectos perpendiculares a la línea de trazado fluvial oficiales del MITERD, establecidos en tramos de 3.000 m desde el punto de partida de los cauces de estudio (excepto en el río Mijares que debido a su menor longitud se han establecido cada 2.000 m). A cada uno de los transectos se les ha asignado un código compuesto por la letra del río al que pertenecen y el número de transecto dentro del cauce a estudiar. Este código se aplicará tanto en el estudio a medio plazo como a corto plazo, y permite ubicar en todo momento los puntos dentro de cada transecto, que siguen el mismo sistema de codificación. A continuación, dentro de cada transecto se ubicarán cuatro puntos etiquetados por letras mayúsculas:





**Figura 7.** Diagrama de los procesos de creación y valoración de las clasificaciones automáticas.

- A para un punto en el centro de la lámina de agua de la imagen de 1956 sobre el transecto,
- B para el punto central del cauce no cubierto por lámina de agua más ancho (en el caso de que la lámina de agua dividiera el cauce) en 1956 sobre el transecto,
- C para un punto en el centro de la lámina de agua de la imagen de 2021 y
- D para el punto central del cauce no cubierto por lámina de agua más ancho.

De esta manera en cada transecto habrá como mínimo dos puntos (B y D suponiendo que no haya lámina de agua ninguno de los dos años) y como máximo 4 identificados por su correspondiente código de transecto. Como ejemplo, el valor obtenido para M1A corresponderá al primer transecto del río Mijares y representará la ubicación del centro de la lámina de agua en 1956 y el H3D el punto central del cauce no cubierto por lámina de agua más ancho del tercer transecto del tramo de estudio del río Huecha. Las localizaciones de los puntos de muestreo para cada caso se recogen en la colección cartográfica del Anexo VIII, del cual se extrae la imagen de la figura 8.



Una vez establecidos estos para cada zona de estudio, año y transecto, los puntos adecuadamente etiquetados se guardaron en un archivo de extensión “.shp” al que posteriormente mediante el subconjunto de herramientas de ArcGIS de transformaciones geográficas se le aplicó una proyección esferoide.

Una vez hecho esto, el archivo se subió a la plataforma Google Earth Engine - Code Editor donde mediante un *script* (Anexo V) se solicitaron los datos de NDVI obtenidos mediante los satélites Sentinel 2 para los puntos fijados durante todos los meses de junio entre el año 2018 y el año 2023.

Tras la descarga de los datos se realizó una depuración manual de los mismos, ya que el script genera además de las columnas de datos solicitadas otra serie de información que no es útil para el trabajo llevado a cabo, y una vez hecho esto se calculó la media mensual del NDVI de cada año para cada punto solicitado mediante la aplicación de hoja de cálculo Microsoft Excel.

#### 4.2.3.3 Estudio multitemporal a corto plazo durante el año 2021 a partir de puntos de muestreo sistemáticos

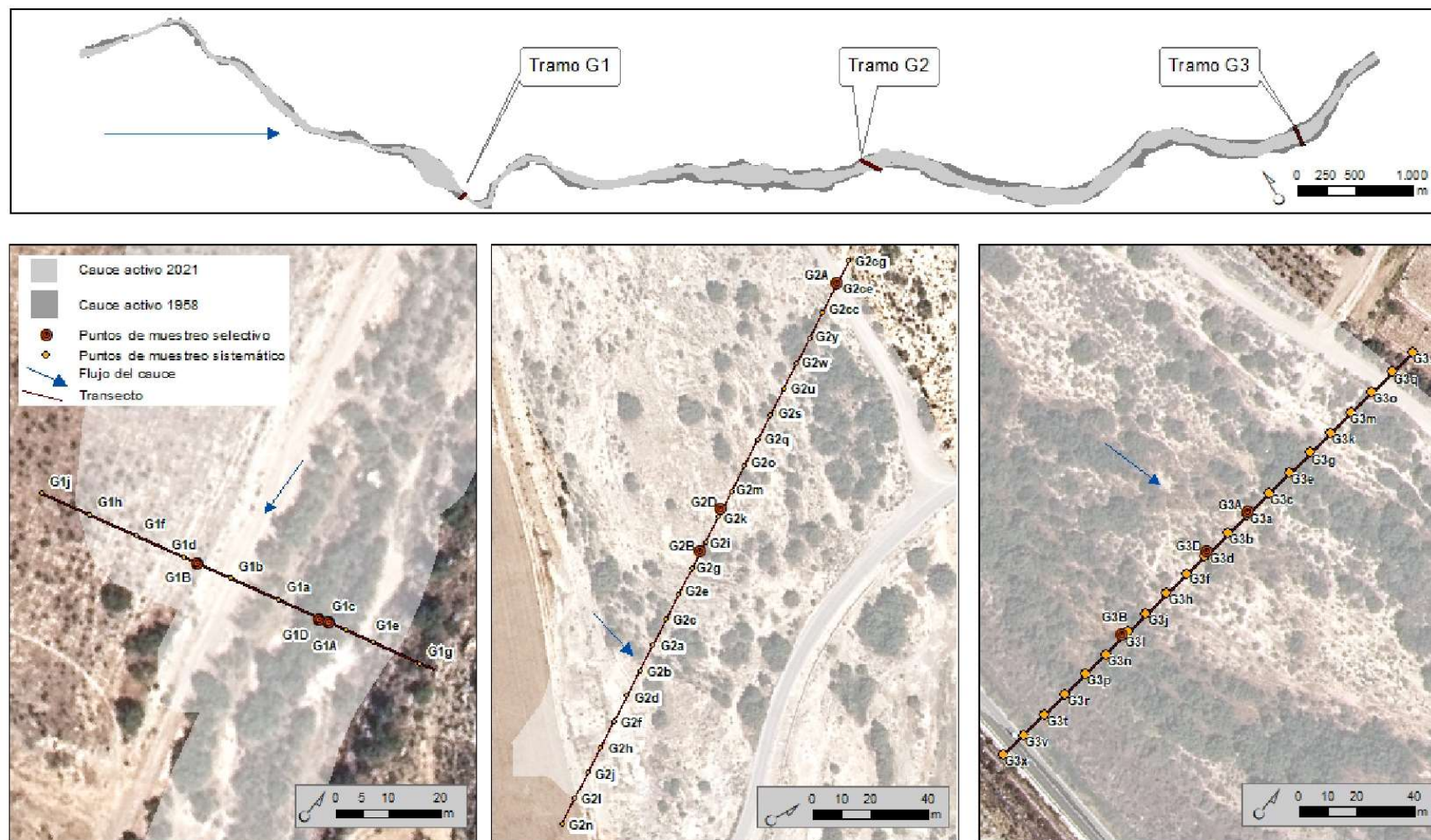
Sobre los transectos anteriormente construidos se establecieron las anchuras máximas registradas en el río en el estudio a largo plazo anteriormente expuesto, ubicando sobre cada uno de ellos puntos sistemáticamente cada 10 m para hacerlo coincidir con la resolución máxima de Sentinel 2. A partir del punto en el que el transecto y la línea de trazado fluvial oficial se cruzan, representado por la letra a, todos los puntos fueron etiquetados con letras minúsculas y precedidos del código de Río-Tramo establecido en el apartado anterior. Se asignaron las letras que alfabéticamente corresponden a números pares (b, d, f, etc.) a los puntos de la margen derecha en orden de distancia creciente a partir del punto y los impares a partir de la c (c, e, g, etc.), a los puntos de la margen izquierda, repitiendo el uso de la letra indicadora tantas veces como fuera necesario en el caso de que el cauce supere los 130 m de anchura. Como ejemplo de esta asignación de códigos, el punto G2g correspondería al punto del segundo tramo del río Guadalentín que se encuentra a 30 m del eje oficial del cauce fluvial izquierdo y el L3ff indicaría que el punto está en el tercer transecto del río Linares a 160 m del centro del cauce oficial en el margen derecho del río, la tabla resumen de esta codificación se recoge en el Anexo V, y los resultados cartográficos en el Anexo VIII.

Aplicando la misma metodología en el estudio a medio plazo, los puntos adecuadamente etiquetados se guardaron en archivos “.shp” en este caso debido al gran volumen de datos que se solicitaron a la plataforma se creó un archivo de puntos para cada río, a los que se aplicó una proyección esferoide.

Una vez hecho esto, los archivos se subieron a la plataforma Google Earth Engine – Code Editor donde mediante un *script* similar al usado en el apartado anterior (Anexo VI), se solicitaron los datos de NDVI obtenidos para cada punto en tramos temporales de tres meses hasta completar el año 2021. Los datos se descargaron y depuraron manualmente mediante el uso de hojas de cálculo Microsoft Excel, seleccionando en cada caso los primeros resultados de cada mes disponibles.

Este proceso permitió también evaluar la validez de los resultados y eliminar datos repetidos. Finalmente los datos se representaron gráficamente para su análisis e interpretación.

## Disposición de los transectos y puntos en el tramo de estudio del río Guadalentín



Fuente de imágenes: PNOA Máxima actualidad 2021-22. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de Proyección ETRS 1989 Z30N. Fecha Año 2023

**Figura 8.** Mapa de la colección cartográfica de ubicación de los puntos de muestreo selectivo y sistemático recogida en el Anexo VIII.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la gran cantidad de procesos aplicados a lo largo de este trabajo y su estrecha relación entre los resultados de los primeros y el tratamiento de los subsiguientes, en el primer apartado de la presente sección se detallan, en el orden de desarrollo, los resultados obtenidos para, posteriormente, exponer una discusión general de la información adquirida.

### 5.1. Resultados

Los resultados de la fotointerpretación representan el eje del trabajo, ya que fueron aplicados en mayor o menor medida al resto de procesos tanto para la evaluación de las clasificaciones automáticas, delimitando los cauces y proporcionando las bases comparativas, como para los estudios multitemporales, cuyas dimensiones y selección de localizaciones de muestreo se establecieron a partir de este primer proceso.

#### 5.1.1. Resultados de la fotointerpretación

A partir de la fotointerpretación se elaboró la serie cartográfica de 15 mapas que se recogen en el Anexo II, de los cuales cuatro corresponden al río Guadalentín, cuatro al Huecha, cinco al Linares y dos al río Mijares. Cada hoja cuenta con dos mapas que representan la distribución de las cuatro cubiertas establecidas para este estudio (lámina de agua, barras sin vegetación, áreas con vegetación primicolonizadora y vegetación de ribera) en el año 1956 y en 2021 y 2022 (en cada caso), así como un mapa auxiliar de localización con una escala comprendida entre 1:180.000 y 1:250.000, como se puede ver en el ejemplo de la figura 9.

Todos los mapas muestran un claro proceso de antropización de los cauces a lo largo de los años, ya sea debido al aumento de estructuras de canalización hidráulica tanto dentro del cauce como en las inmediaciones (azudes, represas, sistemas de acequias, etc.), como por la ocupación de los terrenos fluviales por superficies de explotación e infraestructuras, de manera que, en las zonas de estudio la superficie de cauce activo se ha reducido entre un 25,05 % y un 62,63 %, con una pérdida mínima de 0,37 km<sup>2</sup> en el río Guadalentín, y un máximo de 1,9 km<sup>2</sup> en el río Mijares (resumen en tabla 3, datos completos en Anexo IV).

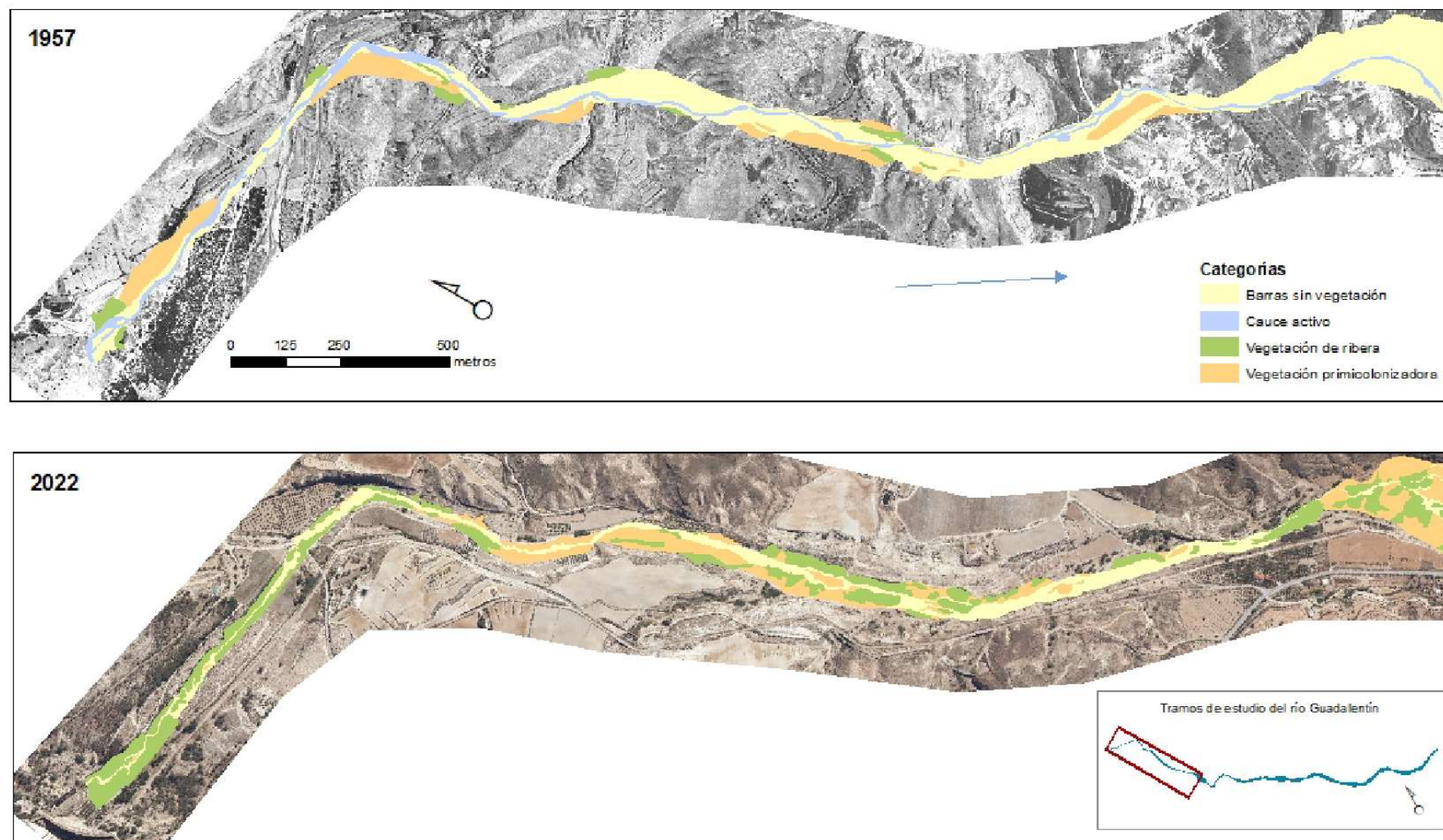
**Tabla 3.** Pérdida de los cauces activos entre los años 1956 y 2021-22 cuadrados y en porcentajes.

Tramo de río	Total sup. 1956 (km <sup>2</sup> )	Total sup. 2021 (km <sup>2</sup> )	% Pérdida de superficie	Pérdida de superficie (km <sup>2</sup> )
Guadalentín	1,47	1,10	25,05	0,37
Huecha	1,00	0,47	53,59	0,54
Linares	1,52	0,98	35,74	0,54
Mijares	3,04	1,13	62,63	1,90

Un análisis detallado de las variaciones de superficie de cada cubierta muestra que en todos los casos se ha podido observar una pérdida de sedimento suelo (barras sin vegetación) y en casi todos, exceptuando el río Mijares, una pérdida de superficie de lámina de agua (ver Anexo VII). Además, en todos los casos la vegetación, tanto la primicolonizadora como la vegetación de ribera, ha aumentado considerablemente su superficie. En la tabla 4 se puede ver que el aumento de vegetación primicolonizadora presenta valores mínimos de un 15,47 % y máximos de 57,26 % de aumento de superficie, mientras que el aumento de la superficie de vegetación de ribera oscila entre un 15,47 % y un 50,50 %.



## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO GUADALENTÍN (MURCIA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2022



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA, Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:12 000, escala mapa localización de tramos 1:180 000. Fecha: año 2023.

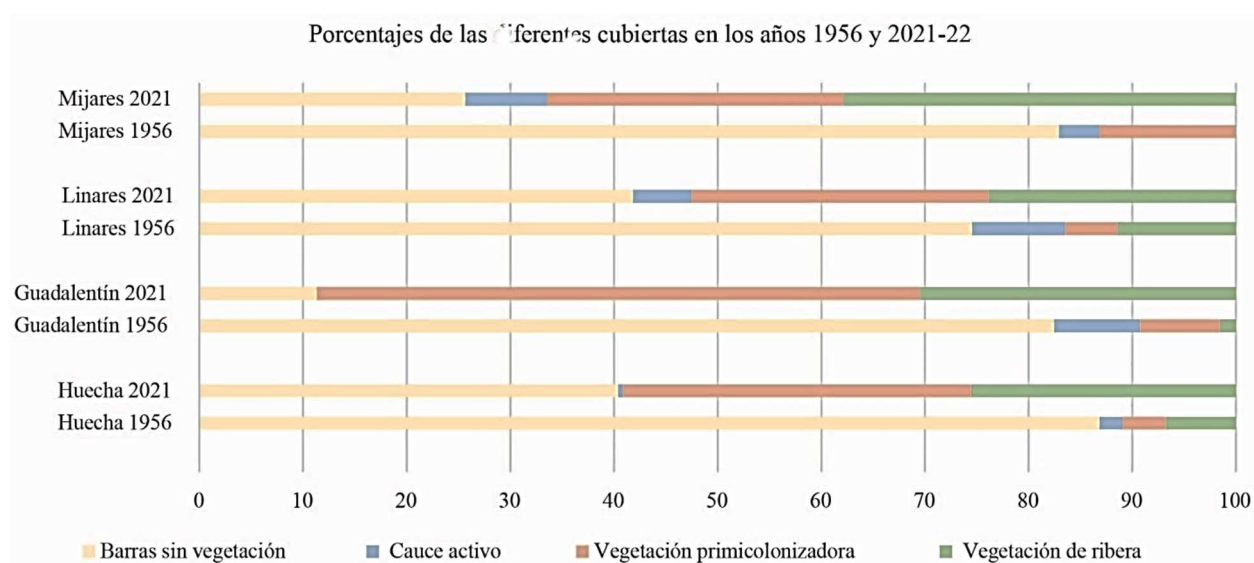
**Figura 9.** Mapa de la colección cartográfica realizada mediante fotointerpretación recogida en Anexo II.

**Tabla 4.** Variación de las superficies de tipos de cubierta entre los años 1956 y 2021-22.

Tipología de cubierta	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares
Cauce activo	-8,26 %	-1,76 %	-3,33 %	3,98 %
Barras sin vegetación	-71,14 %	-46,46 %	-32,71 %	-57,26 %
Vegetación primicolonizadora	50,50 %	29,40 %	23,62 %	15,47 %
Vegetación de ribera	28,90 %	18,82 %	12,43 %	37,81 %

Los mapas de pérdida de superficie recogidos en el Anexo VII.b, de los cuales se puede ver un ejemplo en la figura 10 (página siguiente), muestran además que la pérdida de cauce activo se ha producido de forma relativamente homogénea a lo largo del tramo, exceptuando el caso del río Mijares en el que se ve una clara tendencia de pérdida progresiva en dirección a su desembocadura.

Finalmente, como se puede advertir en la figura 11, la pérdida general de elementos principales de los entornos fluviales, como el cauce activo representado por la lámina de agua y los sedimentos sueltos que forman las barras, en favor de la vegetación más o menos estabilizadora (vegetación primicolonizadora y de ribera) es un patrón común en cada caso de estudio, lo que indica una relación directa (aunque no proporcional, ver tabla de variaciones) de la evolución de estos dos pares de cubiertas fluviales, estableciendo que a partir de una superficie fluvial original, “en régimen natural” (o tan natural como se ha podido registrar históricamente) y mediante datos de vegetación, se pueden inferir también las variaciones de superficies fluviales activas (cauce activo y barras sin vegetación) en estudios multitemporales.



**Figura 11.** Representación gráfica de las proporciones de las diferentes tipologías de las coberturas en 1956 y en 2021-22.



## Pérdida de la superficie fluvial activa en el río Guadalentín entre 1956 y 2021



Fuente de imagen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4 1: 24.000

**Figura 10.** Mapa de la colección cartográfica realizada mediante fotointerpretación recogida en Anexo VII.b

### 5.1.2. Resultados de clasificaciones automáticas

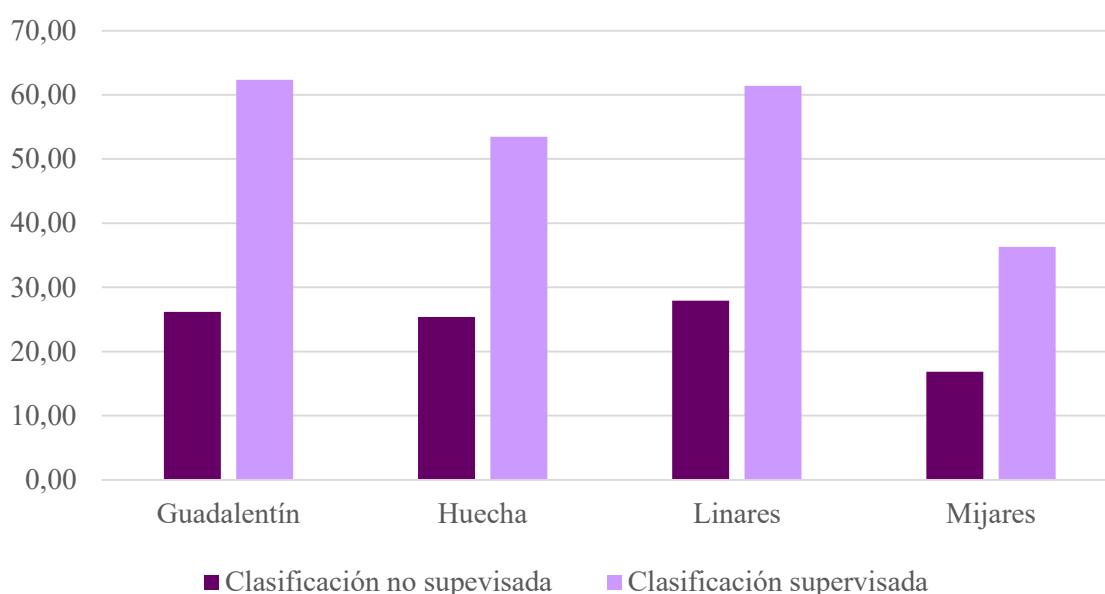
Los dos tipos de clasificaciones han sido realizadas con relativa agilidad. En ambos casos el tiempo total dedicado a cada mapa fue inferior al de una jornada de trabajo, si bien es cierto que la clasificación no supervisada ISO clúster se realizó de manera prácticamente instantánea y la clasificación supervisada tomó algo más de tiempo al tener que entrenar los puntos de muestreo antes de ejecutarla, mientras que las clasificaciones fotointerpretadas tomaron una media de 7 días de trabajo completos cada una. Sin embargo, los grados de coincidencia que se obtuvieron para cada tipo de clasificación y cada zona de estudio varían diametralmente (tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de los resultados de las clasificaciones automáticas

Porcentaje de coincidencia de píxeles		
	Clasificación no supervisada	Clasificación supervisada
Guadalentín	26,14 %	62,33 %
Huecha	25,38 %	53,45 %
Linares	27,90 %	61,38 %
Mijares	16,81 %	36,31 %

La clasificación no supervisada presentó un grado mínimo de coincidencia de píxeles con respecto a la cartografía realizada mediante fotointerpretación de un 16,81% en el tramo del Mijares y un máximo del 27,9 % en el del Linares, mientras que los valores de coincidencia mínimos de la clasificación supervisada se lograron en el río Mijares, con una coincidencia de 36,31 % y los máximos en el Guadalentín, con un 62,33 % (Anexo III y III.b).

Si bien el grado de coincidencia obtenido respecto a la clasificación no supervisada varía en función de la asignación de tipología que se aplique a cada cifra, los bajos porcentajes que reflejaron las asignaciones óptimas de las tipologías con mayor grado de coincidencia sugieren que un análisis más detallado no reportará mayores mejoras en el rendimiento de este método. Sin embargo, el estudio detallado de los grados de coincidencia de la clasificación supervisada por tipología muestra que, como se puede observar en la tabla 6, el río Guadalentín es el que mayor grado de coincidencia ha presentado con un 62,33 % y que los grados más bajos son superiores a los máximos de la clasificación no supervisada (Mijares: 36,31 %), como también se ve en la figura 12.



**Figura 12.** Representación gráfica de los resultados de las clasificaciones automáticas.

Las superficies que con mayor corrección se clasifican son las asignadas a la tipología “barras sin vegetación”, algo que no se cumple solo en el citado caso. De una manera similar, y como se puede ver en el ejemplo de la figura 13, las superficies de cauce activo son las que presentan un promedio más bajo a pesar de que en el tramo de Mijares este resultado no se cumpla, por lo que no se puede establecer una relación clara entre la tipología de superficies y el grado de coincidencia de la clasificación (tabla 6).

**Tabla 6.** Estudio detallado de los grados de coincidencia de la clasificación supervisada por tipología.

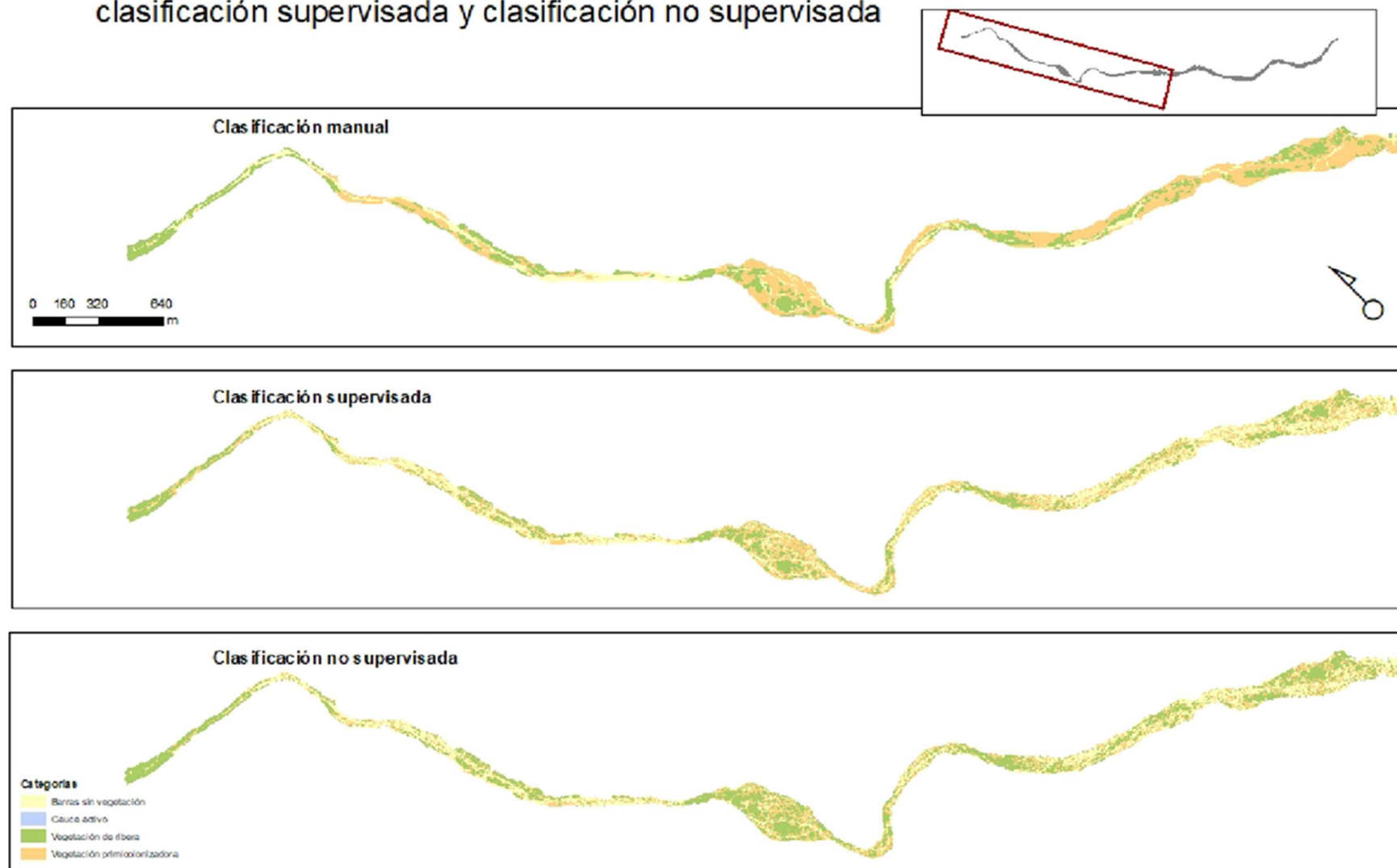
	Cauce activo	Barras sin vegetación	Vegetación primicolonizadora	Vegetación de ribera	Total coincidencia
Guadalentín	x	2,07 %	45,60 %	14,65 %	62,33 %
Huecha	0,01 %	24,42 %	18,63 %	10,39 %	53,45 %
Linares	2,15 %	33,20 %	13,45 %	12,59 %	61,38 %
Mijares	6,26 %	20,07 %	4,81 %	5,16 %	36,31 %

### 5.1.3. Resultados de los estudios multitemporales: propuesta metodológica

Las variables para realizar los estudios multitemporales a medio y corto plazo se definieron a partir la gran correlación que los estudios a largo plazo sobre las cartografías realizadas mediante fotointerpretación mostraron entre las variaciones de las superficies de tipologías no vegetadas de los cauces (cauce activo y barras sin vegetación) respecto a las vegetadas (vegetación primicolonizadora y vegetación de ribera). En ambos estudios (medio y corto plazo) se utilizó la variación temporal de los NDVI en puntos geográficamente localizados establecidos a partir de los datos físicos del río en los años 1956 y 2021 para tratar de obtener pautas de variación interanuales (entre 2019 y 2023 en el mes de junio) e intra-anales (mensuales durante el año 2021). Sin embargo, debido a la variabilidad de las especies vegetales y las diferencias ambientales en las distintas localizaciones de estudio no se han realizado análisis a partir de los valores absolutos, por lo que sólo se estudiaron las relaciones relativas entre datos, con resultados que se exponen a continuación.



Superficies del lecho fluvial del río Guadalentín determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada

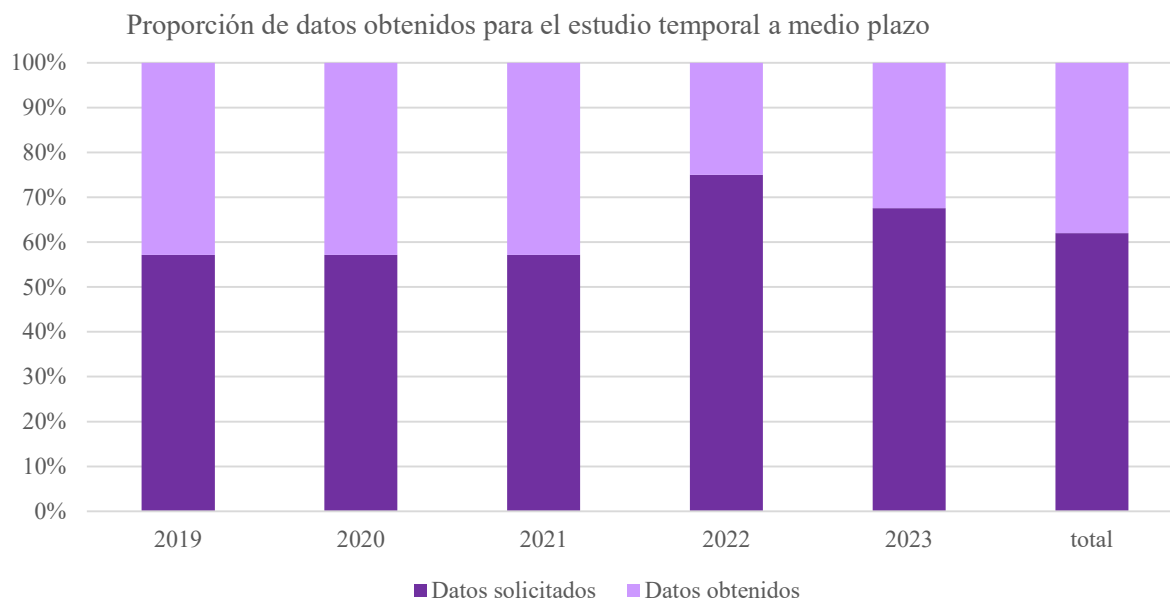


Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

**Figura 13.** Mapa de la colección cartográfica realizada a partir de los resultados de las clasificaciones automáticas recogido en el Anexo III.b

#### 5.1.3.1. Estudio multitemporal medio plazo 1956- 2021 a partir de puntos de muestreo selectivo

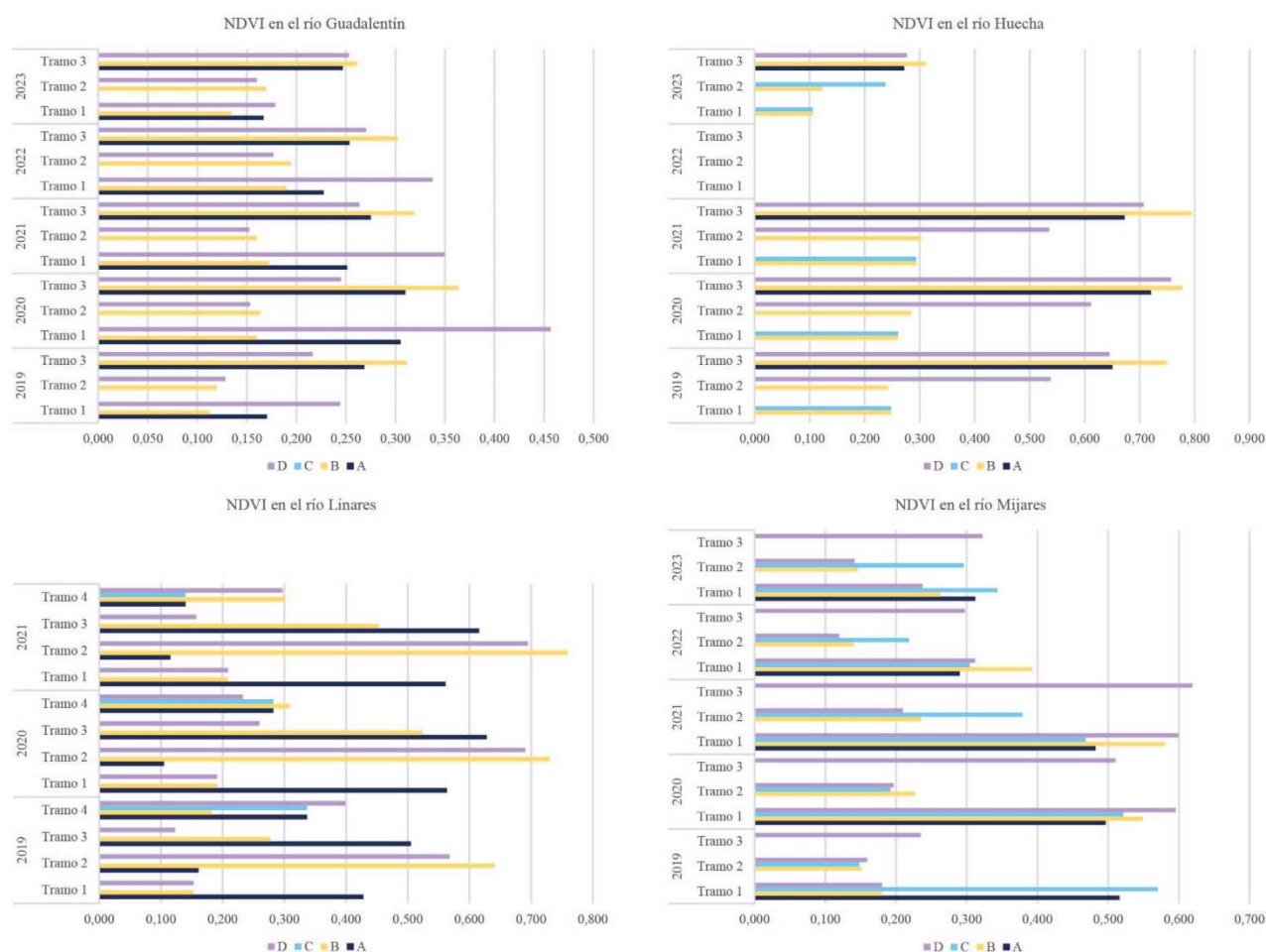
Se solicitaron los datos de NDVI de un total de 48 puntos anualmente, correspondientes al mes de junio y distribuidos entre los 4 tramos de estudio y sus correspondientes transectos. Del total de 240 datos seleccionados se obtuvo el 61,25 % de los datos con la distribución que se muestra en la figura 14. El año 2022 fue especialmente improductivo en datos, mientras que entre 2019 y 2023 la obtención de datos fue del 75 %, siendo que los vacíos de los datos de los tres años en cuestión son los mismos.



**Figura 14.** Representación gráfica de los resultados de solicitudes de datos interanuales.

Debido a estas ausencias de datos no se cuenta con el Índice NDVI promedio de junio de los tramos Huecha y Linares para el año 2022 ni del Linares para el 2023, así como ningún valor para el punto los puntos C del río Guadalentín ningún año. Por otro lado, los datos asociados a las categorías de la zona central de sedimentos B y D se vieron mucho mejor registrados, con un 94,23 % de resultados obtenidos, frente al 59,62 % de las zonas centrales de lámina de agua de 1956 y un 34,62 % de las zonas centrales de lámina de agua en el año 2021 (figura 14 y Anexo IX).

Los datos promedios del mes de junio entre los años 2019 y 2023 recogidos en el Anexo IX sugieren un cierto patrón de disminución de los valores NDVI a lo largo del tiempo, al igual que ocurre en los valores de cada tramo, donde se observa que los valores aguas abajo son generalizadamente superiores a aquellos ubicados aguas arriba. Además, tal y como se pudo apreciar en los gráficos presentan una tendencia a ofrecer valores similares de NDVI en las áreas tipo A y B, lo cual es coherente con valores de cauces abandonados hace años, sin embargo en los ríos Guadalentín y Huecha los valores asociados a las áreas sedimentarias (tipología B) presentan unos valores persistentemente más altos que los asociados a las zonas de cauce (tipología A), mientras que en el Linares y el Huecha se dan los resultados inversos, con valores A inferiores a B (figura 15).



**Figura 15.** Representación gráfica de los resultados de NDVI entre los años 2019 y 2023.

#### 5.1.3.2. Estudio multitemporal a corto plazo durante el año 2021 a partir de puntos de muestreo sistemáticos

Se seleccionó el año hidrológico 2020-2021 puesto que, de los datos disponibles en las bases de datos de Google Earth Engine, además de ser un año hidrológico clasificado como “normal” por los organismos oficiales competentes, también es un año reciente, con poco riesgo de registrar diferencias relacionadas con avances tecnológicos, además de ser el año cuyas imágenes se han utilizado para realizar los procesos y observaciones previas.

En lo que a la cantidad de datos obtenidos se refiere, de los 3.672 datos solicitados la consulta ha proporcionado el 76,17 % (2797), siendo los meses de octubre, marzo, junio y agosto los únicos con un registro completo en los cuatro tramos de estudio y el Guadalestín, el río que presentó el registro más completo, mientras que los meses de febrero y en menor medida mayo los que menor proporción de datos aportaron, y el río Huecha el que menor cantidad de meses registró, con datos de sólo 7 meses (Anexo X).

Finalmente cabe subrayar que el río Guadalestín fue el único que presentó registros incompletos, sin embargo, se pudieron obtener el 86,69% de los datos totales, quedando los registros mensuales completados como se detalla en la tabla 7 y la información recogida en el Anexo X.

Mes	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares
octubre	completo	completo	completo	completo
noviembre	completo	completo	sin registro	completo
diciembre	completo	sin registro	sin registro	completo
enero	completo	sin registro	sin registro	completo
febrero	incompleto (61,29%)	sin registro	sin registro	sin registro
marzo	completo	completo	completo	completo
abril	incompleto (19,35%)	completo	completo	completo
mayo	completo	sin registro	sin registro	sin registro
junio	completo	completo	completo	completo
julio	incompleto (59,68 %)	completo	completo	completo
agosto	completo	completo	completo	completo
septiembre	completo	sin registro	completo	completo

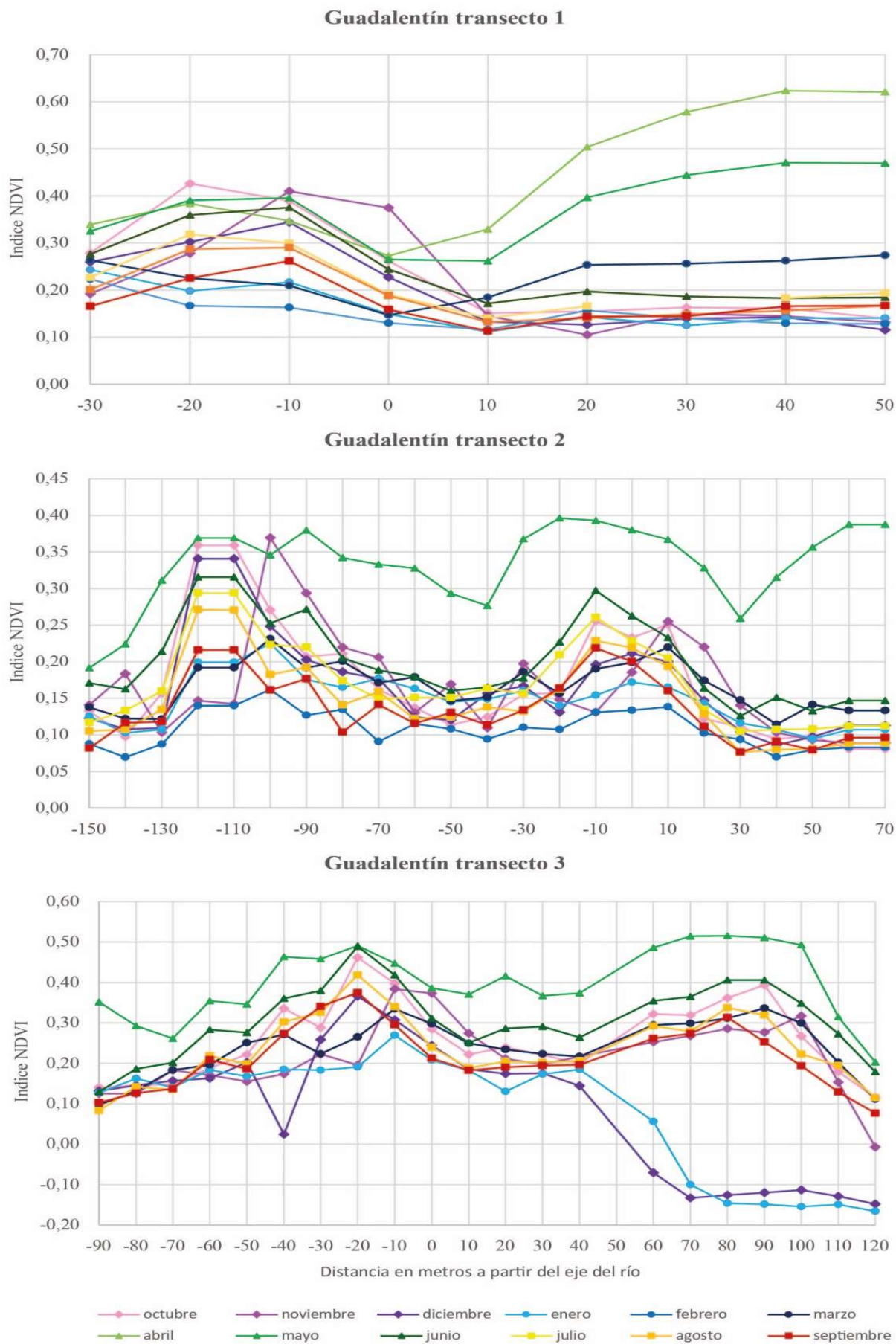
**Tabla 7.** Estudio detallado de los grados de coincidencia de la clasificación supervisada por tipología.

En lo que al análisis de la evolución mensual del NDVI a partir de sus localizaciones geográficas se refiere, el patrón general más evidente es la tendencia descendente de los valores NDVI a lo largo de los cauces, presentando los tramos superiores valores ligeramente superiores que en los subsiguientes. Se puede además apreciar que existe una cierta correlación entre los tramos con menor anchura y mayor dispersión en los valores mensuales.

Los datos de NDVI convenientemente filtrados se representaron en los gráficos recogidos en las figuras 16, 17, 18 y 19, que se exponen a continuación, en los que en el eje horizontal se representó la distancia a ambos lados del eje oficial (que no la lámina de agua en el momento del muestreo) y en la vertical el valor NDVI, de forma que cada gráfico represente la distribución de los valores a lo largo de cada transecto y a lo largo de cada tramo de cada río estudiado.

Los resultados para cada zona de estudio se resumen brevemente a continuación:

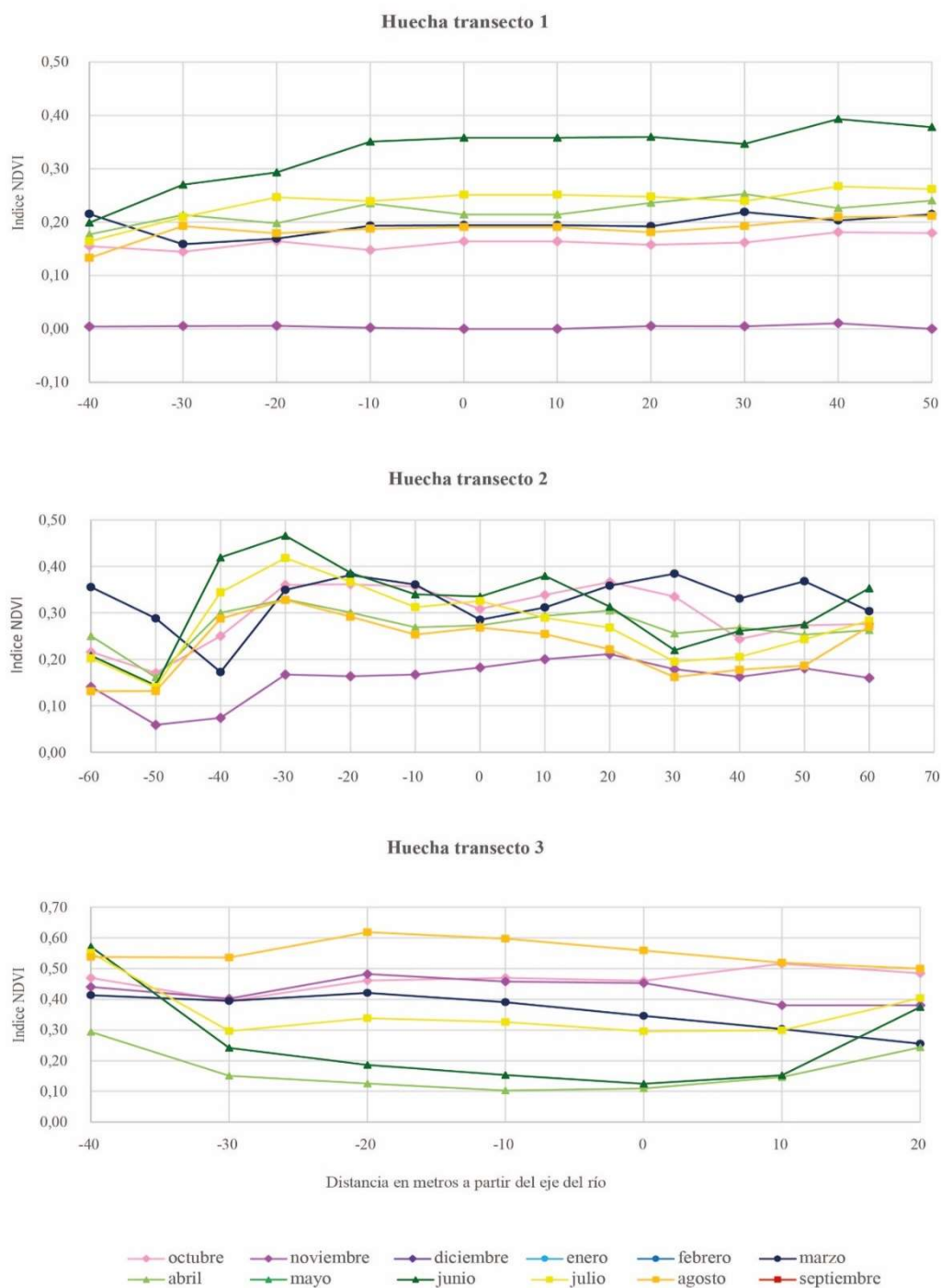
El registro de datos del Guadalentín (figura 16) sugiere que los momentos de mayor vigor vegetal se producen en los meses de primavera (abril, mayo y junio), mientras que los de menor índice están estrechamente relacionados con los meses invernales. No obstante, mientras que el tramo alto (tramo 1) presenta los valores máximos entre abril y mayo y los más bajos entre enero y febrero, en el bajo (tramos 3) los valores altos se registran entre mayo y junio y los bajos entre diciembre y enero, y en el tramo intermedio los datos reflejan un término medio en las fechas de los NDVI extremos.



**Figura 16.** Representación gráfica de los resultados de NDVI durante el año hidrológico 2020/21 en el tramo de estudio del río Guadalentín.

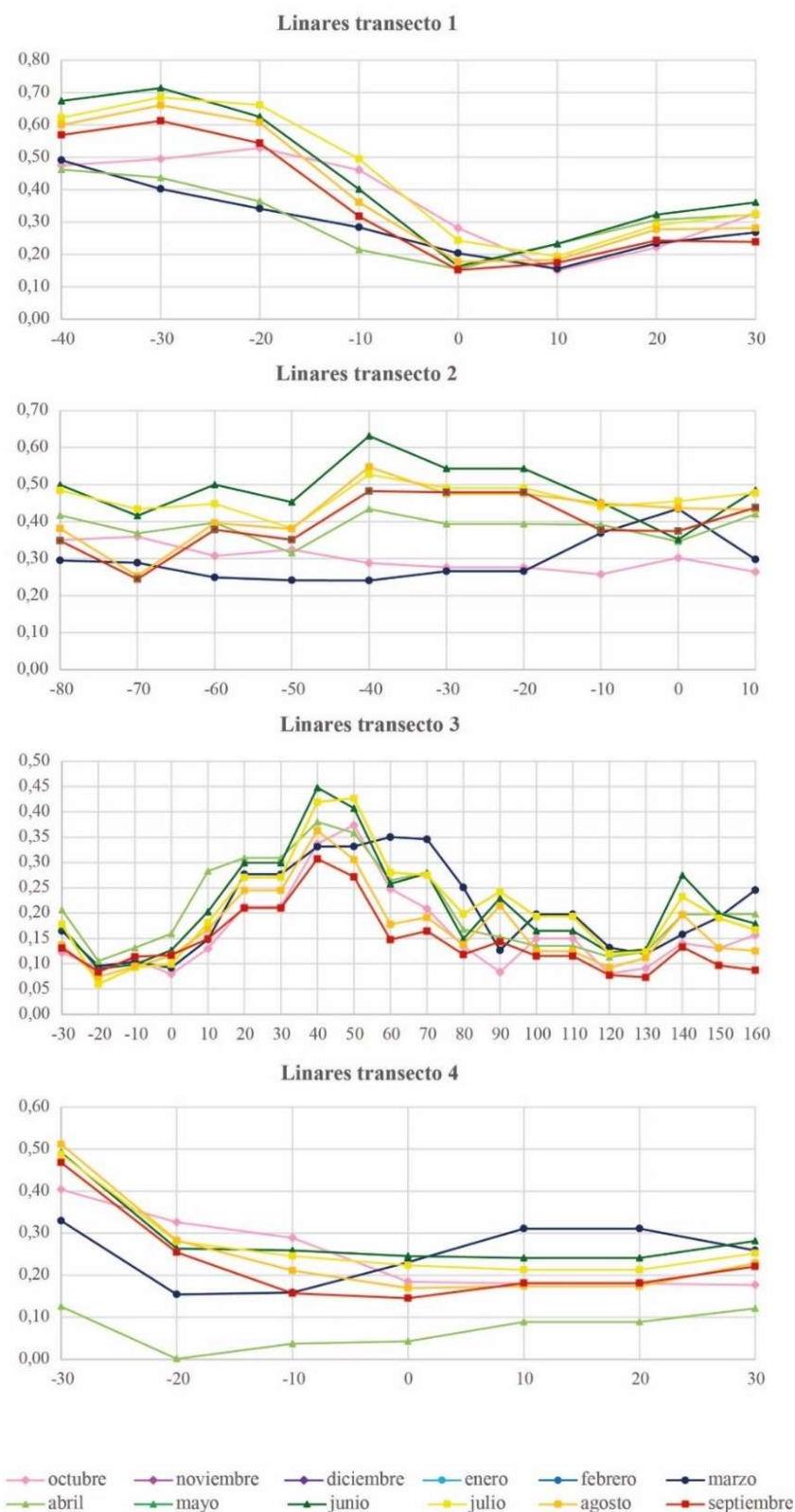


Los valores NDVI de tramo del río Huecha estudiados (figura 17) presentan una inversión espacial, adquiriendo los valores más altos de vigor vegetal durante los meses de junio y julio en los tramos más altos (tramos 1 y 2) y sin embargo los índices más bajos durante los meses primaverales en el tramo más bajo, fenómeno que también se puede observar en los valores de agosto, septiembre y octubre, que son los valores mínimos en los tramos altos mientras que en los bajos presentan los valores más altos.



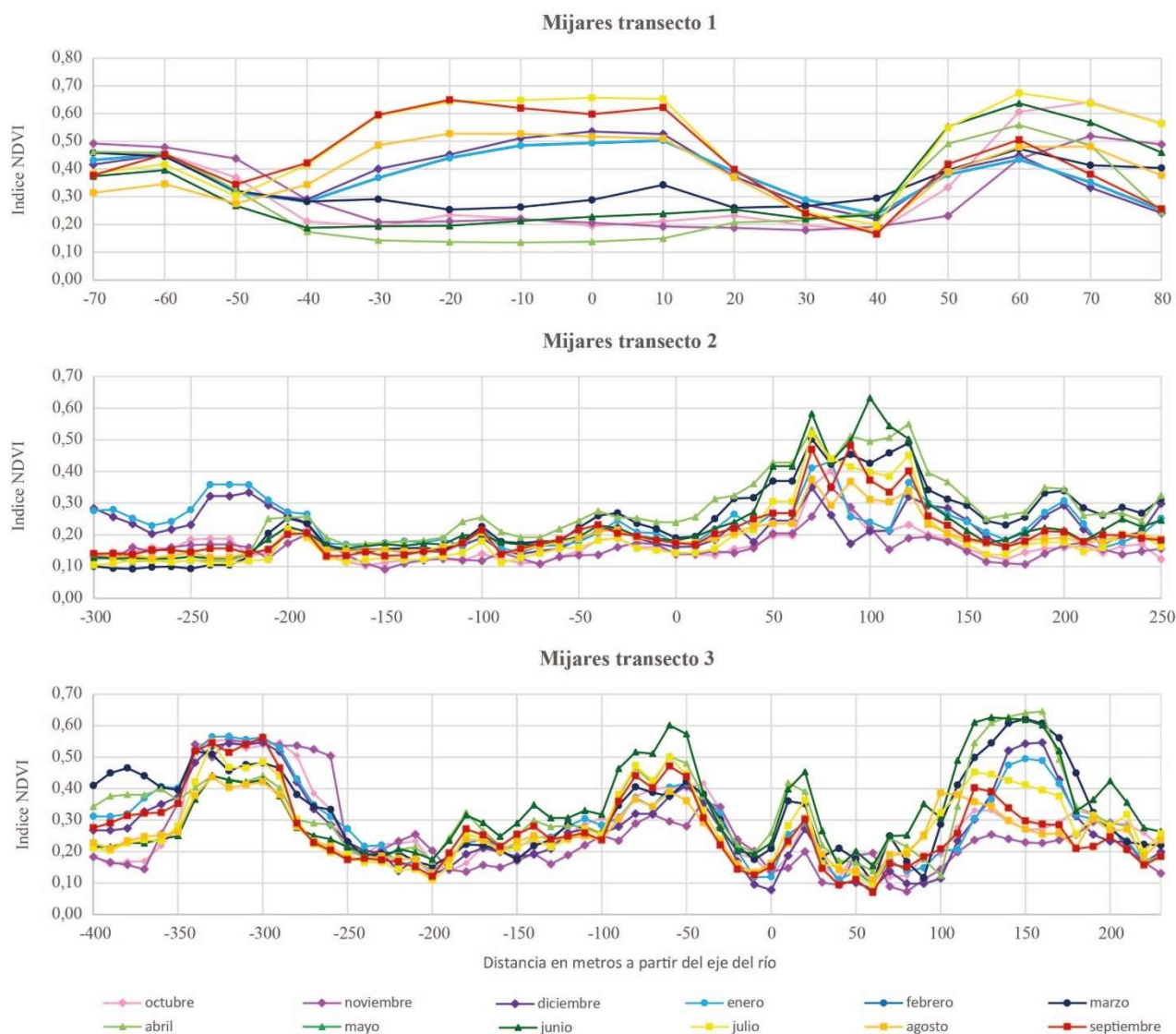
**Figura 17.** Representación gráfica de los resultados de NDVI durante el año hidrológico 2020/21 en el tramo de estudio del río Huecha.

El río Linares presenta una evolución NDVI generalizadamente coherente (figura 18), fuertemente condicionada por la distribución espacial con unos valores máximos consistentemente registrados entre junio y julio en todos los tramos. Sin embargo los valores mínimos de los tramos superiores que septiembre y octubre en los tramos aguas arriba se reflejan aguas abajo en el transecto 4 durante el mes de abril. Además, el registro correspondiente al mes de marzo presenta una llamativa falta de coherencia con las variaciones del resto de los meses estudiados.



**Figura 18.** Representación gráfica de los resultados de NDVI durante el año hidrológico 2020/21 en el tramo de estudio del río Linares.

El tramo de estudio del río Mijares (figura 19), por su parte, presenta los valores más altos de su transecto superior durante los meses de julio y septiembre y los más bajos durante los meses primaverales. No obstante, las representaciones gráficas sugieren que la fenología responde a dos tramos temporales bien diferenciados: el de valores más altos concentrados entre julio y enero, especialmente en las zonas centrales del cauce y otra entre junio y diciembre en los que los valores NDVI del cauce caen por debajo de los registrados en las zonas más exteriores del cauce.



**Figura 19.** Representación gráfica de los resultados de NDVI durante el año hidrológico 2020/21 en el tramo de estudio del río Mijares.

Esta pauta no se ha podido apreciar en los otros dos transectos del río Mijares, que presentan valores NDVI con variaciones paralelas, lo que sugiere una profunda influencia de la distribución espacial de los puntos de muestreo en la vegetación del entorno, es decir, la presencia y el vigor de vegetación responden en mayor medida a la ubicación espacial del punto de muestreo que a las variaciones temporales. Los valores más altos se concentran en los meses de abril, mayo y junio en los dos transectos inferiores, mientras que los valores mínimos corresponden a los meses otoñales octubre y noviembre en el transecto central y noviembre y diciembre en el último. En ambos tramos cabe destacar que la dispersión de los valores es especialmente baja en aquellos tramos en los que se registran índices NDVI promedios más bajos, es decir, que cuanto mayor valor NDVI promedio se registra en un punto más dispersión anual presentan los valores.



## 5.2. Discusión

El presente trabajo aborda diferentes cuestiones ya que, aunque su finalidad es plantear una propuesta metodológica, las áreas de estudio que en las que se ha aplicado durante su desarrollo han dado lugar a un gran volumen de información que es necesario analizar para respaldar su utilidad. Además de la propuesta y las áreas de estudio también se han planteado diferentes aproximaciones al trabajo, por lo que los resultados se desarrollarán a continuación de forma independiente.

### 5.2.1. Sobre el proceso cartográfico

Las clasificaciones automáticas realizadas dieron resultados de coincidencia variables respecto a la clasificación manual, si bien la clasificación supervisada de máxima verosimilitud ofreció en general porcentajes más elevados de coincidencia. Los resultados sugieren que la influencia de la variabilidad de color en la imagen de partida no es determinante ya que los ríos situados en entornos eminente verdes (Huecha y Linares) no muestran una diferencia sustancial de coincidencia respecto a las zonas de estudio del sur, de coloraciones pardas. En lo referente a la eficiencia, el proceso de clasificación supervisada se completó en cuestión de minutos y la clasificación no supervisada es un proceso prácticamente instantáneo. El proceso de comprobación fue la fase del análisis que más tiempo requirió con gran diferencia (menos de una semana de trabajo para los cuatro casos de estudio), mientras que las cartografías manuales realizadas mediante fotointerpretación se realizaron a lo largo de varias semanas. Clasificaciones supervisadas de mayor detalle podrían arrojar mejores resultados, no obstante, estarían sujetas a un entrenamiento más elaborado y a una corrección manual posterior. Con todo, y aunque en algunas áreas el nivel de coincidencia es acertado, la baja proporción general en ambos métodos sugieren que, si bien es una herramienta que podría aplicarse localmente para acelerar el proceso manual, ArcGis no ofrece, al menos en la actualidad, una alternativa al técnico humano para la realización de cartografías de superficies fluviales.

Los resultados de las clasificaciones automáticas realizadas mediante el software de ArcGis ofrecen todavía un alto grado de incoherencia respecto a las clasificaciones realizadas manualmente mediante fotointerpretación, lo que implica que, en la actualidad, el trabajo del técnico humano es insustituible en términos de eficiencia, sin embargo, el uso controlado y consciente de las clasificaciones automáticas, especialmente las supervisadas, ejecutadas por un especialista en sistemas fluviales, podrían facilitar o acelerar en parte el proceso actual de cartografiado.

### 5.2.2. Sobre los resultados de la aplicación metodológica en las zonas de estudio

El estudio multitemporal a largo plazo a partir de fotointerpretación entre los años 1956 y 2021 ha confirmado un claro decrecimiento de las superficies fluviales en las últimas décadas que ya ha sido abundantemente estudiada y documentada (Conesa García, 1985; García Marín, 2008; López Bermúdez *et al.*, 1979; Sepúlveda *et al.*, 2018). En el caso del río Guadalentín y Mijares existen grandes presas aguas arriba de los tramos de estudio, el embalse de Sichar y el embalse de Puentes IV que juegan un importante papel en la regulación fluvial no sólo del cauce sino de toda la cuenca en la que se sitúan las dos zonas analizadas. Además de la regulación del caudal estas estructuras hidráulicas actúan como trampas para el sedimento, detrayéndolo de su ciclo natural a lo largo del cauce fluvial. Los ríos Huecha y Linares por su parte, a pesar de no contar con grandes estructuras de regulación han presentado valores intermedios de pérdida de superficie, por lo que se puede inferir que existen otros factores además del impacto de la presencia de grandes presas que juegan un papel importante en la pérdida de superficies fluviales.

La principal área de pérdida del río Mijares tal como se puede observar en los mapas de superficies fluviales (Anexo VII.b) se concentra en el delta, del que de los tres brazos previamente existentes sólo se conserva el más meridional, por lo que la masiva pérdida de superficie (de claro origen antrópico) en este caso podría estar influida por la dinámica deltaica dominante en este tramo. Los ríos Huecha y Linares no sólo son los más similares entre ellos por no presentar grandes obras hidráulicas, sino que además son los que mayores similitudes comparten por situación geográfica, clima y tipología fluvial,

además de ser ambos afluentes del Ebro. Todas estas características comunes, sin embargo, no se ven reflejadas en los datos de pérdida de superficie, más similares entre el Mijares y el Huecha y el Linares y el Guadalentín en cuanto a proporción de pérdida de superficie se refiere que entre los dos tramos más septentrionales.

Las principales diferencias entre estos dos tramos radican en la diferencia de longitud y por extensión de superficie fluvial, pero sobre todo por la gran diferencia de desnivel dentro de los tramos estudiados (254 m en Huecha frente a 181 m en Linares). Este parámetro, que juega un papel fundamental en los procesos de incisión natural de los ríos (Conesa García y Pérez Cutillas, 2014; Moral Martos y Balanyá Roure, 2019), podría ser, junto con la ocupación de las áreas externas de los cauces que se pueden apreciar en las imágenes utilizadas para realizar las cartografías, el factor determinante para la importante pérdida de superficie fluvial registrada en el río Huecha entre 1956 y 2021, especialmente en comparación con el río Linares.

Como se puede ver en la tabla 8, el río Guadalentín es el que menor pérdidas a registrado, no solo en superficie proporcional, sino también en superficie neta. Sin embargo, este río también es el que cuenta con un mayor registro histórico de obras e intervenciones con fines de regulación y aprovechamiento, hasta tal punto que, no sólo no cuenta con la presencia de lámina de agua en el mapa del año 2022, sino que además la presencia de sedimento suelto que se puede asociar a la zona más dinámica del cauce es prácticamente inexistente en algunas áreas del tramo de estudio, dejando zonas dentro del cauce que no presentan ningún signo característico de los entornos fluviales.

**Tabla 8.** Porcentajes las diferentes superficies fluviales en las zonas de estudio en los años 1956 y 2021.

Categoría	Huecha 1956	Huecha 2021	Guadalentín 1956	Guadalentín 2021	Linares 1956	Linares 2021	Mijares 1956	Mijares 2021
Barras sin vegetación	86,85	40,39	82,48	11,34	74,54	41,83	82,92	25,66
Cauce activo	2,23	0,46	8,26	0,00	8,98	5,65	3,89	7,87
Vegetación primicolonizadora	4,22	33,63	7,75	58,25	5,07	28,69	13,14	28,61
Vegetación de ribera	6,70	25,52	1,51	30,41	11,40	23,83	0,06	37,86

En lo que respecta a las variaciones de proporción dentro de las distintas tipologías de cubiertas para cada río se ha podido observar una pérdida generalizada de cubiertas asociadas a las zonas más dinámicas de los ríos, es decir, el cauce activo y zonas de acumulación de sedimentos, sin embargo los datos de lámina de agua deben interpretarse con precaución ya que responden a condiciones extremadamente variables y representan condiciones muy puntuales, como queda demostrado en el aumento de superficie de agua registrada en el río Mijares en el año 2021 pese a su importante pérdida de superficie fluvial global respecto a 1957. Este fenómeno podría responder al radical cambio morfológico que ha registrado el tramo de estudio desde la década de los 50, en cuyas imágenes aéreas se aprecia un delta con un fondo arenoso a gravoso de gran envergadura, que en la actualidad se encuentra canalizado y socavado, fomentando que el flujo originalmente subsuperficial discurra por la superficie en coberturas donde la presencia de abundante vegetación sugiere suelos de material más fino e impermeable.

Por su parte, las superficies de acumulación de sedimentos sueltos sí que han registrado una pérdida generalizada de superficie en favor de las superficies vegetadas. Este fenómeno implica una tendencia a la estabilización de cauces natural ante los cambios (principalmente decrecientes) de los cauces fluviales y sus dinámicas. En términos generales ha sido la vegetación primicolonizadora la que mayor crecimiento ha registrado, salvo en el caso del río Mijares, que una vez más presenta una mayor de aumento de la vegetación de ribera que supera el doble de la registrada por la vegetación primicolonizadora. Esta situación podría responder a la naturaleza deltaica del cauce que podría conservar parte de la dinámica de drenaje subsuperficial por debajo del nivel de profundidad de las raíces de los vegetales de pequeño porte, o bien a la influencia humana, cuya presencia e intervención constante en

el cauce, tanto involuntaria (el paso de vehículos, personas y ganado) como intencionada, podría perjudicar el crecimiento de las plantas más frágiles favoreciendo el desarrollo de aquellas con una constitución más robusta.

A diferencia del caso del Mijares, Los ríos Guadalentín, Huecha y Linares si han presentado un aumento coherente de las superficies vegetadas, que además presentan una relación de entre 1,5 y 1,9 de crecimiento de superficies con vegetación primicolonizadora respecto a vegetación de ribera.

### 5.2.3. Sobre la aplicabilidad metodológica

Todos estos datos señalan a que, en lo referente a los cambios de la dinámica fluvial a largo plazo, el desarrollo de las superficies vegetadas ofrece un buen indicador del grado de pérdida de superficie activa. Este fenómeno acrecienta la importancia de disponer cartografías fluviales de gran detalle, realizadas por técnicos especializados que sirviéndose de las más novedosas herramientas digitales puedan integrar de forma consciente y controlada todos los datos que ofrecen los instrumentos de última generación, pero también los datos contenidos en formatos obsoletos, alternativos o sencillamente puedan realizar una toma de decisiones basadas en la experiencia profesional y/o el sentido común. Si bien las clasificaciones automáticas realizadas durante este estudio pueden ser utilizadas como base o guía para la realización de mapas fluviales precisos, presentan todavía una gran diferencia de resultados respecto a las cartografías manuales, y aunque existen otros métodos de clasificación automática más precisos, especialmente de clasificación supervisada, la gran cantidad de variables presentes en los sistemas fluviales todavía implican a día de hoy un esfuerzo de calibración de cada uno de los modelos, al menos similar a la realizada para crear cartografías manuales, que además hay que someter a supervisión y corrección manual en cualquier caso.

Dado que los estudios a largo plazo de los cambios en los entornos fluviales ofrecieron resultados que en cualquier caso están directamente relacionados con la presencia y características de la vegetación presente en el cauce, fueron precisamente esos datos los seleccionados para analizar las variaciones registradas en el medio plazo, mediante los valores de índice NDVI obtenidos gracias a la plataforma Google Earth Engine para el mes de junio de los años entre 2019 y 2023 y mediante el sistema de codificación anteriormente expuesto. El índice NDVI es una herramienta sencilla de análisis de diferentes entornos naturales que ha demostrado ser muy útil para establecer las variaciones de las comunidades vegetales (Wang *et al.*, 2020; Ponce Casañas *et al.*, 2023).

Como ya se ha comentado anteriormente, el mes de junio se seleccionó por ser un mes de estiaje con una probabilidad nubosa relativamente baja (considerando el rango climático de las cuatro zonas de estudio), en el que la interferencia de una sequía veraniega especialmente intensa se consideró menos probable. La modesta cantidad de datos obtenidos y la distribución de los vacíos de información apuntan a que el criterio de selección temporal debería ceñirse más a las características hidroclimáticas específicas y a la disponibilidad de los datos, no obstante, los datos obtenidos han permitido establecer que existe una pauta en la distribución longitudinal de valores NDVI de los ríos, presentando los valores más bajos en las cotas más altas indistintamente de la localización geográfica, climática y características fluviales generales. Además, se han podido apreciar tendencias generales de descenso en los valores NDVI en los últimos años, que podría confirmarse mediante estudios de mayor detalle, como por ejemplo con un alcance temporal más amplio y utilizando tramos fluviales adicionales. Las áreas tipo A y B, presentaron valores muy similares en todos los casos, como cabía esperar de cauces abandonados hace años, sin embargo en los ríos Guadalentín y Huecha los valores asociados a las áreas sedimentarias (tipología B) presentan unos valores persistentemente más altos que los asociados a las zonas de cauce (tipología A), mientras que en el Linares y el Huecha se dan los resultados inversos, con valores A inferiores a B, lo que sugiere una influencia de la tipología fluvial en el desarrollo de la vegetación a lo largo del tiempo. En cualquier caso, la falta de datos no permite una observación fiable de los posibles patrones de variación.

Los estudios a corto plazo durante el año 2021 mediante muestreo sistemático, que son una réplica de mayor frecuencia del método aplicados para realizar los estudios intra-anales, resultaron más eficientes que los inter-anales en cuanto a obtención de datos. Sin embargo, el procesamiento de los

misimos requiere un proceso exhaustivo que exige un etiquetado detallado. En este sentido el sistema propuesto en el apartado de metodología ha demostrado ser muy efectivo, permitiendo detectar errores con gran sencillez en estadios muy tempranos del procesamiento. La principal desventaja que presenta es la inversión de tiempo necesaria para la depuración de datos, que podría resolverse mediante la mejora del script de solicitud o el filtrado mediante una base de datos relacional como Oracle o PostgreSQL.

El análisis de las variaciones mensuales de NDVI demostró que es posible establecer pautas fenológicas espacio-temporales a partir de datos satelitales, y que estos patrones presentan variaciones específicas dependiendo de la localización y la tipología del río que se trate en cada caso. Aunque el estudio a medio plazo sugiere que las variaciones interanuales de NDVI pueden tener un fuerte impacto en los valores absolutos, tanto el estudio a corto como a medio plazo muestran que las relaciones entre los puntos geográficos próximos son la variable dominante, por lo que cabe esperar que más estudios de la evolución mensual del NDVI en las mismas localizaciones para diferentes años ofrezcan tendencias más concretas y datos más precisos que permitan una estimación del tipo y el estado de la vegetación de los cauces de los ríos tanto temporal como espacialmente.

Con todo, un estudio preliminar como el realizado en este trabajo, especialmente los estudios multitemporales a medio y corto plazo a partir de los índices NDVI para los cuatro tramos fluviales estudiados, ha permitido establecer una serie de tendencias generales del desarrollo fluvial global de cuatro ríos de diferente tipología, dinámica y localización geográfica y climática a lo largo del tiempo a partir del tratamiento digital de datos de acceso público. Este método que ofrece resultados de diferentes escalas temporales se ha basado en los datos más antiguos de los que se ha dispuesto, sin embargo, este hecho no ha sido crucial para la comprensión y ejecución del método, que podría replicarse estimando las dimensiones de los ríos en régimen natural a partir de la observación o documentación. El análisis de las variaciones NDVI interanuales y mensuales por su parte han ofrecido información sobre la dinámica de la vegetación en los cauces de los tramos de los ríos estudiados, e indirectamente de la evolución del resto de las superficies fluviales, sin embargo, la utilidad de este trabajo sería mucho mayor si se estableciesen relaciones directas de los datos y tendencias obtenidos mediante observaciones de campo en cada caso, que permitieran asociar los datos de NDVI numéricos absolutos a tipos de vegetación precisos.

En cualquier caso este método es una herramienta flexible que permite obtener información orientativa de los entornos fluviales y su dinámica a partir de información de acceso sencillo y rápido, y sus resultados permiten una comparabilidad física y temporal prácticamente inmediata, que podrían ofrecer información relevante para la comprensión no solo del tramo estudiado sino, a medida que se implementen los resultados en otras áreas, para el estudio de la cuenca y de los sistemas fluviales globales.

## 6. CONCLUSIONES

Como ya se mencionó en el apartado tres, los objetivos del presente trabajo eran, por una parte, definir la idoneidad del proceso cartográfico para el desarrollo de cartografías en territorios fluviales y, por otra, presentar una propuesta metodológica para optimizar los futuros estudios en entornos fluviales. El desarrollo del trabajo ha permitido cumplir ambos objetivos, si bien con algunas matizaciones.

Los resultados de las clasificaciones automáticas realizadas mediante el software de ArcGis ofrecen todavía un alto grado de incoherencia respecto a las clasificaciones realizadas manualmente mediante fotointerpretación, lo que implica que, en la actualidad, el trabajo del técnico humano es insustituible en términos de eficiencia, sin embargo el uso controlado y consciente de las clasificaciones automáticas, especialmente las supervisadas, ejecutado por un especialista en sistemas fluviales, podrían facilitar o acelerar en parte el proceso actual de cartografiado.



El estudio multitemporal en cuatro tramos fluviales diferentes ha permitido establecer que en las últimas décadas se ha producido una pérdida generalizada de las superficies fluviales, y que este fenómeno está estrechamente relacionado con el aumento proporcional de las superficies vegetadas en los cauces. El método propuesto en el presente trabajo se basa en este fenómeno para analizar, a través de los cambios de la vegetación de los entornos fluviales a lo largo del tiempo las variaciones de las superficies de los cauces mediante los índices NDVI calculados a partir de los datos recopilados por la misión Sentinel 2, sin necesidad de datos de campo lo que hace que este método sea altamente eficiente, rápido y replicable.

El método propuesto ha demostrado ser una herramienta que proporciona datos generales sobre la dinámica y desarrollo de los entornos fluviales en el largo, medio y corto plazo. La cantidad de información que se infiere en cada caso depende en gran medida de la información externa, sin embargo, el método presenta una estructura sencilla que lo vuelve flexible a la hora de establecer parámetros adaptados a cada caso, como se ha podido apreciar al aplicar la misma metodología para el estudio a medio y a corto plazo, o al estudiar cuatro tramos que presentan una diferencia morfológica patente

La implementación de este sistema en otras áreas de estudio ofrecería datos adicionales que podrían ofrecer valiosa información sobre las dinámicas de los ríos estudiados, pero también del funcionamiento de las cuencas de los entornos fluviales en general y ampliar a su vez la utilidad de esta metodología.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Bartolomé, M., Benito, G., Luetscher, M., Badules Iglesias, J., Pérez-Villar, G.; Edwards, R.L.; Moreno, A. (2021). "The potential of Ojo de Valjunquera cave (NE of Iberia) sediments for paleoflood reconstructions". *Cuaternario y Geomorfología* nº35, pp. 11-28.
- CIREF (2022). Estrategia Nacional de Restauración de Ríos: actualización de conclusiones de las mesas de trabajo. Informe elaborado para la Dirección General del Agua, Ministerio de Transición Ecológica.
- Conesa García, C. (1985): "Inundaciones en Lorca (Murcia): riesgo y expectación". *Papeles de Geografía*, no. 10, pp. 33-47.
- Conesa García C. y Pérez Cutillas P. (2014): "Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. Síntomas y problemas de incisión en los cauces". *Revista de geografía Norte Grande*. Santiago, nº.59, pp. 25-44.
- García Marín, R. (2008): "Riesgo de sequía y vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del Guadalentín". Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- García-Martínez, B. (2021): "Alteración hidromorfológica de y estado ecológico del tramo bajo del río Bambézar. Cuenca del Guadalquivir, España". *Estudios Geográficos*, 82 (291), e071.
- Gil Olcina, A. (1968): "El regimen del río guadalentín". *Cuadernos de Geografía*, nº5, pp. 1-19.
- Glick, T.F y Teixeira S. (2002-2003). "Azaira, alhetma: two medieval arabisms reflecting the allocation of irrigation water". *Suhayl: journal for the history or the exact and natural sciences in Islamic Civilisation*, nº3, pp. 213-220.
- López Bermúdez, F., Navarro Hervás, F., Montaner Salas, M.E., Blázquez Calvo, F, Cebrián Egea A, Cerezuela Martínez, J, Fernández Pérez, C, Gómez López, L, Olmos Alcaraz, T, Pellicer Fernández, J, Valcárcel Alcázar, M. (1979): "Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión en la provincia de Murcia". *Papeles del Departamento de Geografía*, no. 8, pp. 49-91.
- Martínez Romero, R. (2015): "Estudio del estado de la vegetación de ribera en la España peninsular. Implicaciones de la alteración hidrológica y herramientas para su manejo y gestión" Tesis Doctoral E.T.S.I. Montes (UPM) Dpto. Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), 2023. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/enrr-2022-2030\\_tcm30-559747.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/enrr-2022-2030_tcm30-559747.pdf) (consultado en febrero de 2024).
- Moral Martos F. y Balanyá Roure J.C. (2019): "Alta actividad de la incisión fluvial y de los procesos de ladera en el valle del río Guadalentín (Pozo Alcón, Jaén)" *GEOGACETA*, 66, pp. 3-6.
- Pardé, M. (1956): "Sobre los coeficientes y déficit de desagüe de las grandes crecidas". *Geographica*, n. 9 a 12, pp. 3-29.
- Ponce Casañas, J., Valderrábano Gómez, J.M., Cruz Flores, G., López López, A.B. (2023): "Comparación entre índices espectrales y factores edáficos en ambientes de ribera en una subcuenca del alto Balsas" *Sociedad mexicana de la ciencia del suelo*. Texcoco, Estado de México. Vol 1, pp. 31-36.
- Quereda Sala, J., Montón Chiva, E. y. Escrig Barberá, J. (2010). "Los recursos hídricos en el sistema hidrográfico del río Mijares-La Plana". *Investigaciones Geográficas*, nº51, pp. 185-201.
- Rubio, A. y Vico, A. (2018). "Ruta de los Bandoleros del Alhama-Linares en La Rioja: Una perspectiva socioeconómica al servicio del turismo cultural". *Berceo* nº174, pp. 217-242.
- Sepúlveda, E., Segura-Beltrán C. y Sanchis-Ibor F. (2018): "Cambios morfológicos en el cauce del riu Millars (1945-2012)" Conferencia: XVIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. 20-22 de junio de 2018, Universidad de Valencia.

Wang M., Fu J., Wu Z., Pang Z. (2020). "Spatiotemporal Variation of NDVI in the Vegetation Growing Season in the Source Region of the Yellow River, China" *SPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), 282.

### Referencias Web

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp><https://developers.google.com/earth-engine/guides/playground>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Guadalent%C3%ADn>

<https://mymurcia.com/lorca/info/1496-rio-guadalentin>

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/main/welcome-to-the-arcgis-pro-app-help.htm>

<https://www.asajacyl.com/vida-rural/el-vuelo-americano-el-primer-registro-completo-y-preciso-de-lo-que-fueron-nuestros-pueblos>.

[https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/docplan2127/A12\\_caracterizacion/Anexos/Anexo\\_I\\_caracterizacion\\_adicional\\_Masub/070.050\\_Bajo\\_Guadalentin.pdf](https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/docplan2127/A12_caracterizacion/Anexos/Anexo_I_caracterizacion_adicional_Masub/070.050_Bajo_Guadalentin.pdf)

<https://www.gisandbeers.com/>

[https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/3-actualizacion-conclusiones-mesas-enrr\\_tcm30-547784.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/3-actualizacion-conclusiones-mesas-enrr_tcm30-547784.pdf)

[https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/rnf\\_es050rnf100\\_rioguadalentin\\_tcm30-504319.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/rnf_es050rnf100_rioguadalentin_tcm30-504319.pdf)

<https://www.um.es/arqueologia/wp-content/uploads/2016/01/La-evoluci%C3%B3n-hist%C3%B3rica-del-curso-del-r%C3%ADo-Guadalent%C3%ADn-Fernando-Guil-Cid.pdf>

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO  
PRELIMINAR DE LA EVOLUCIÓN DE LOS ENTORNOS  
FLUVIALES EN EL LARGO, MEDIO Y CORTO PLAZO**

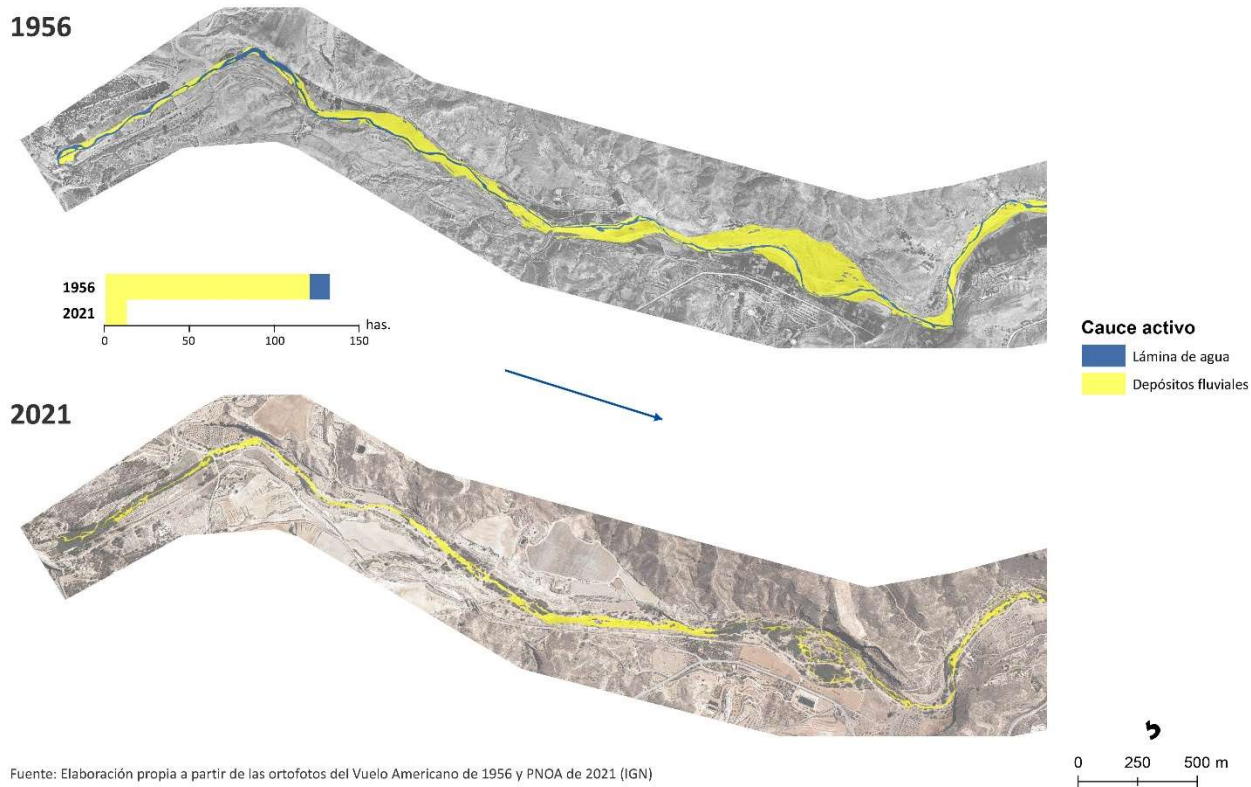
**Anexos**



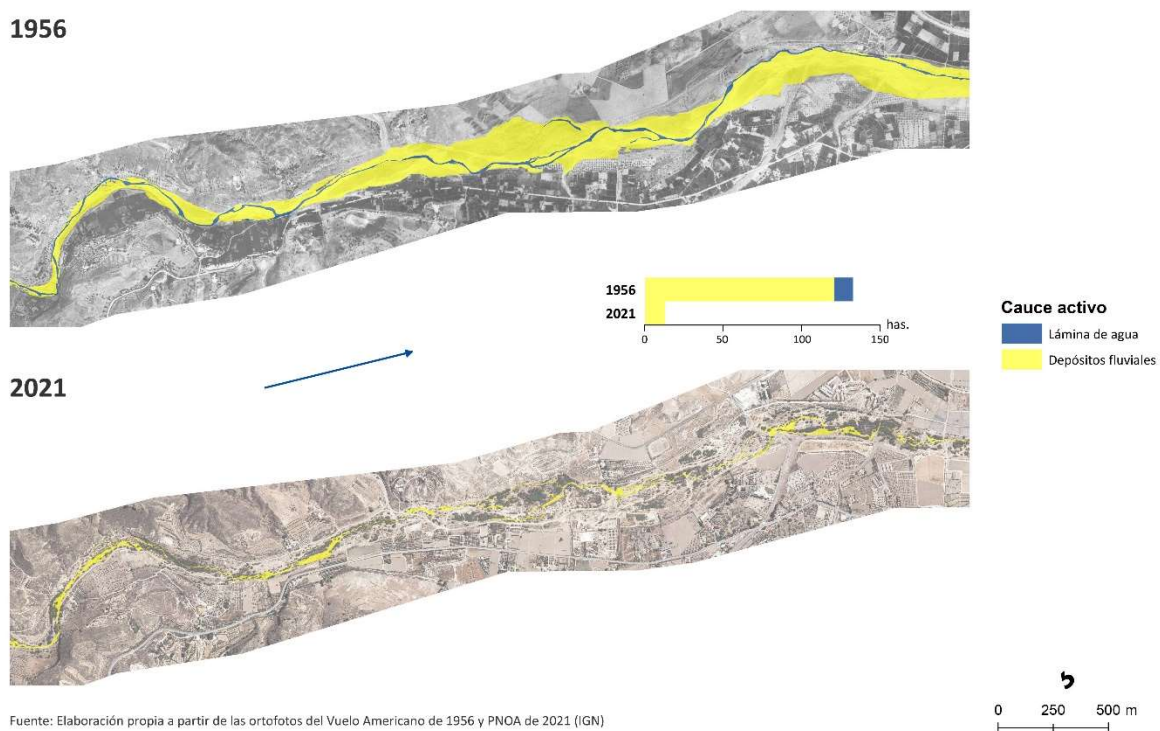
## Anexo I

Colección cartográfica de las “Guías de aplicación metodológica de desarrollo de cartografía básica de ríos proclives a la incisión o acreción” de los ríos Guadalestín y Mijares.

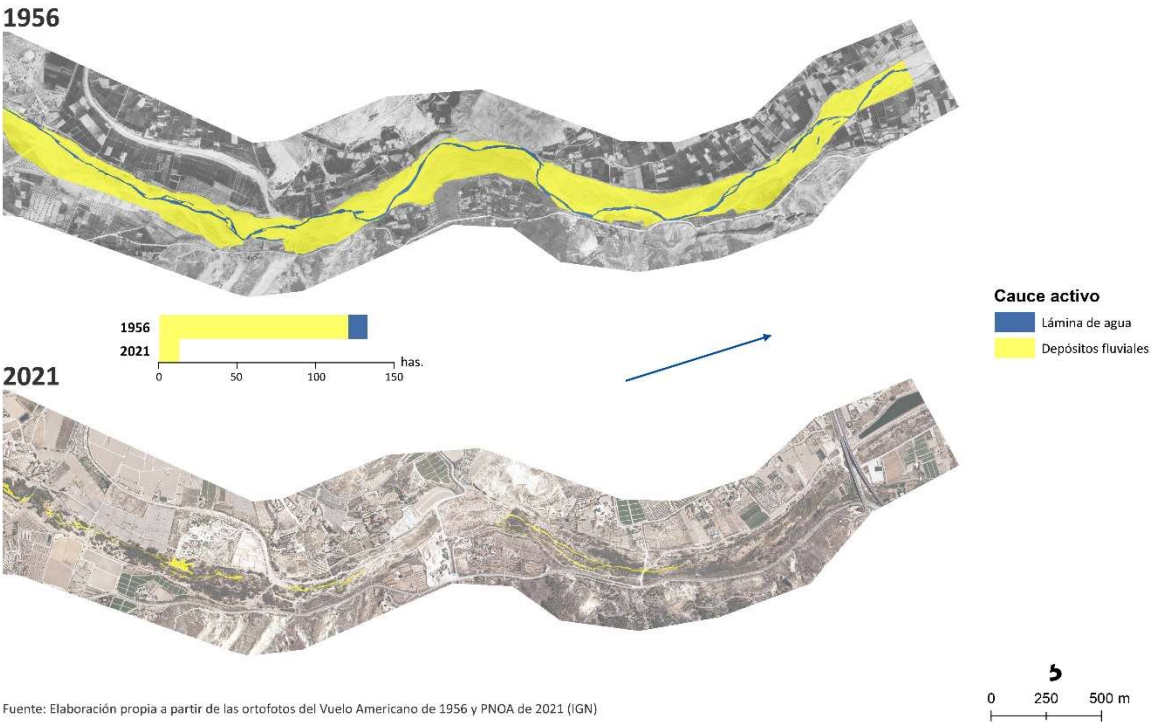
### EVOLUCIÓN DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALESTÍN : RÍO GUADALESTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (1)



### EVOLUCIÓN DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALESTÍN : RÍO GUADALESTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (2)



EVOLUCIÓN DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALENTÍN : RÍO GUADALENTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (3)



Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)

EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALENTÍN : RÍO GUADALENTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (1)

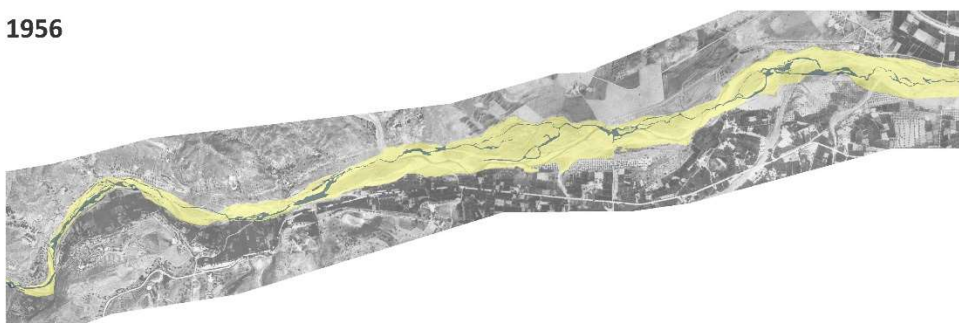


Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)



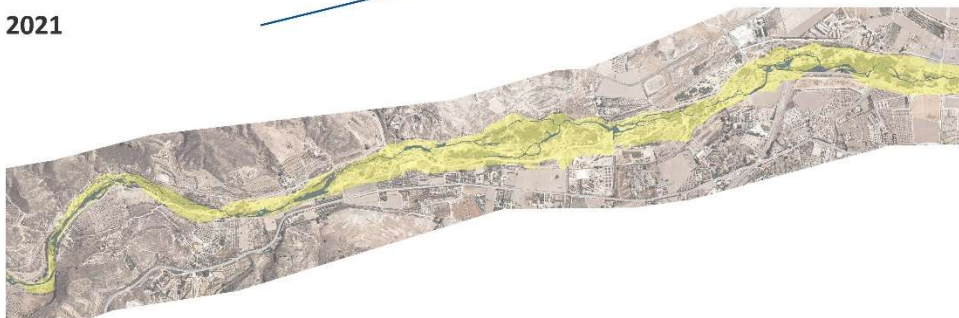
EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALENTÍN : RÍO GUADALENTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (2)

1956



Anchura media  
de cauce activo:  
170,8 m.

2021



Anchura media  
de cauce activo:  
16,2 m.

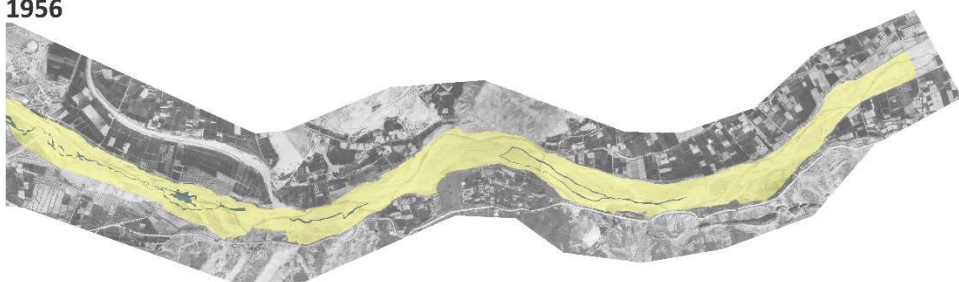
Cauce activo 1956  
Cauce activo 2021

Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)



EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO GUADALENTÍN : RÍO GUADALENTÍN ANTES DE LORCA DESDE EMBALSE DE PUENTES (ES070MSPF001010205) ENTRE 1956 Y 2021 (3)

1956



Anchura media  
de cauce activo:  
170,8 m.

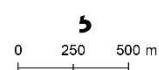
2021



Anchura media  
de cauce activo:  
16,2 m.

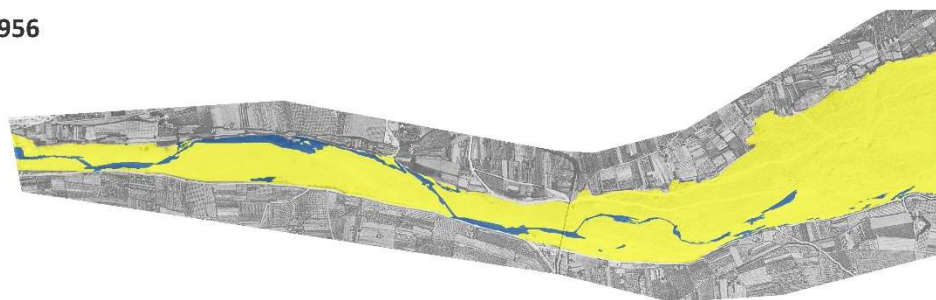
Cauce activo 1956  
Cauce activo 2021

Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)

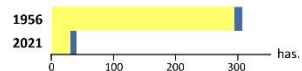
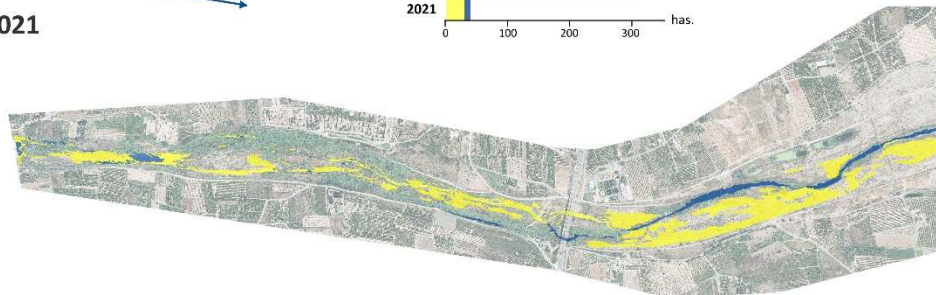


# EVOLUCIÓN DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO MIJARES : DELTA DEL MIJARES - MAR (ES080MSPF 10-13A) ENTRE 1956 Y 2021 (1)

1956

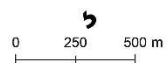


2021



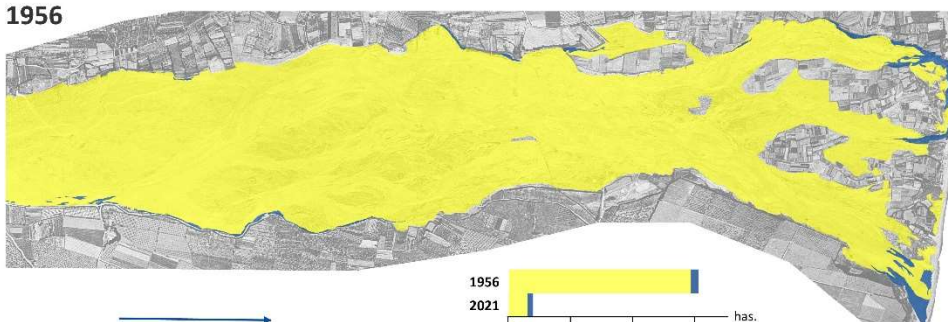
**Cauce activo**  
Lámina de agua  
Depósitos fluviales

Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)

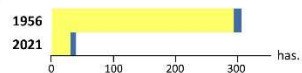


# EVOLUCIÓN DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO MIJARES : DELTA DEL MIJARES - MAR (ES080MSPF 10-13A) ENTRE 1956 Y 2021 (2)

1956

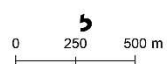


2021



**Cauce activo**  
Lámina de agua  
Depósitos fluviales

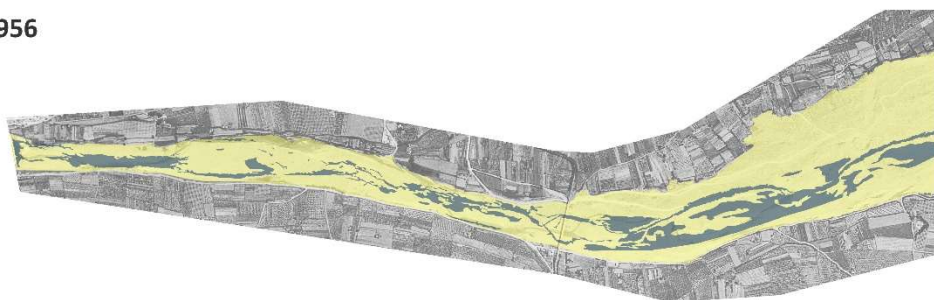
Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)





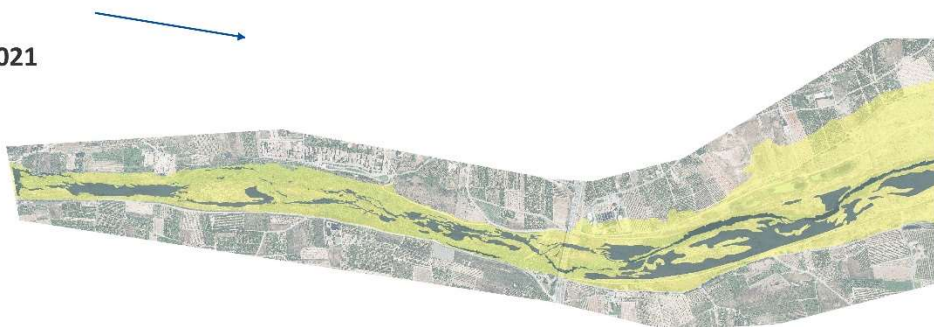
**EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO MIJARES : DELTA DEL MIJARES - MAR  
(ES080MSPF 10-13A) ENTRE 1956 Y 2021 (1)**

**1956**



Anchura media  
de cauce activo:  
390,1 m.

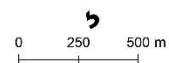
**2021**



Cauce activo 1956  
Cauce activo 2021

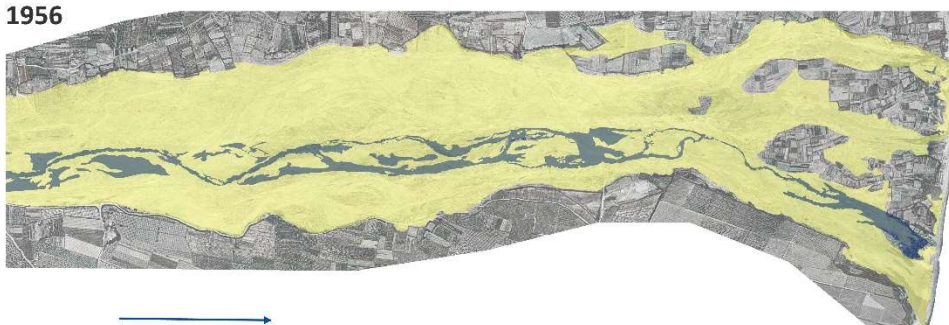
Anchura media  
de cauce activo:  
49,1 m.

Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)



**EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DEL CAUCE ACTIVO EN EL RÍO MIJARES : DELTA DEL MIJARES - MAR  
(ES080MSPF 10-13A) ENTRE 1956 Y 2021 (2)**

**1956**



Anchura media  
de cauce activo:  
390,1 m.

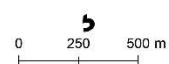
**2021**



Cauce activo 1956  
Cauce activo 2021

Anchura media  
de cauce activo:  
49,1 m.

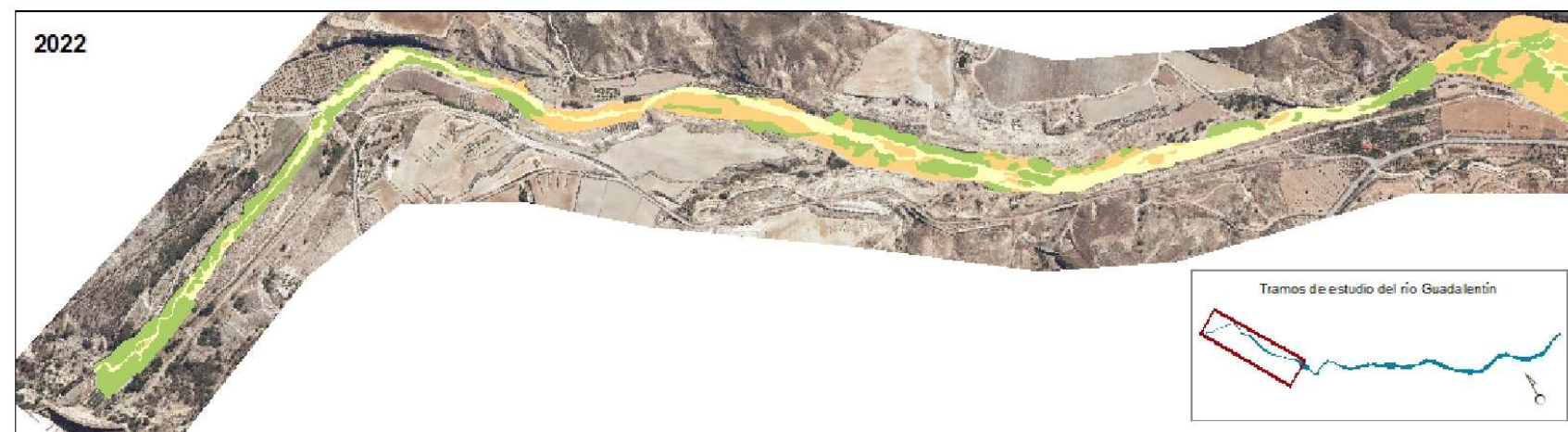
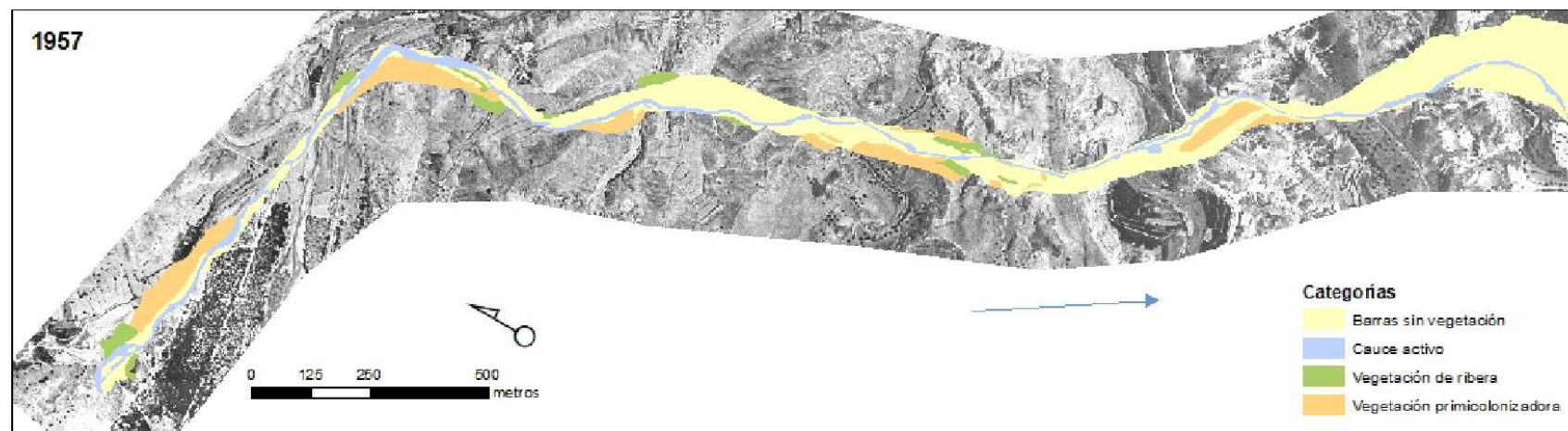
Fuente: Elaboración propia a partir de las ortofotos del Vuelo Americano de 1956 y PNOA de 2021 (IGN)





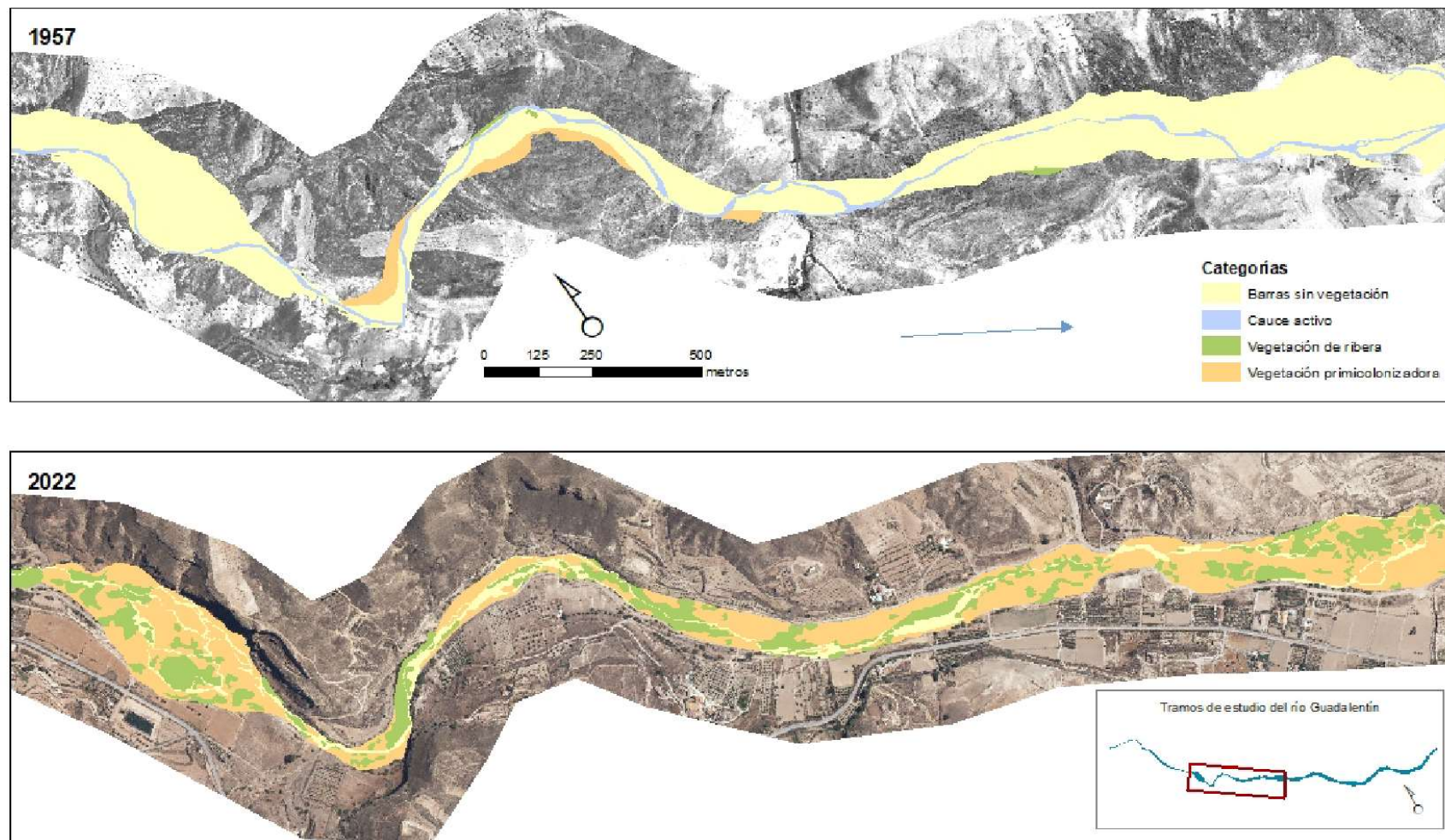
## Anexo II

### CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO GUADALENTÍN (MURCIA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2022



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1958-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:12 000, escala mapa localización de tramos 1:180 000. Fecha: año 2023.

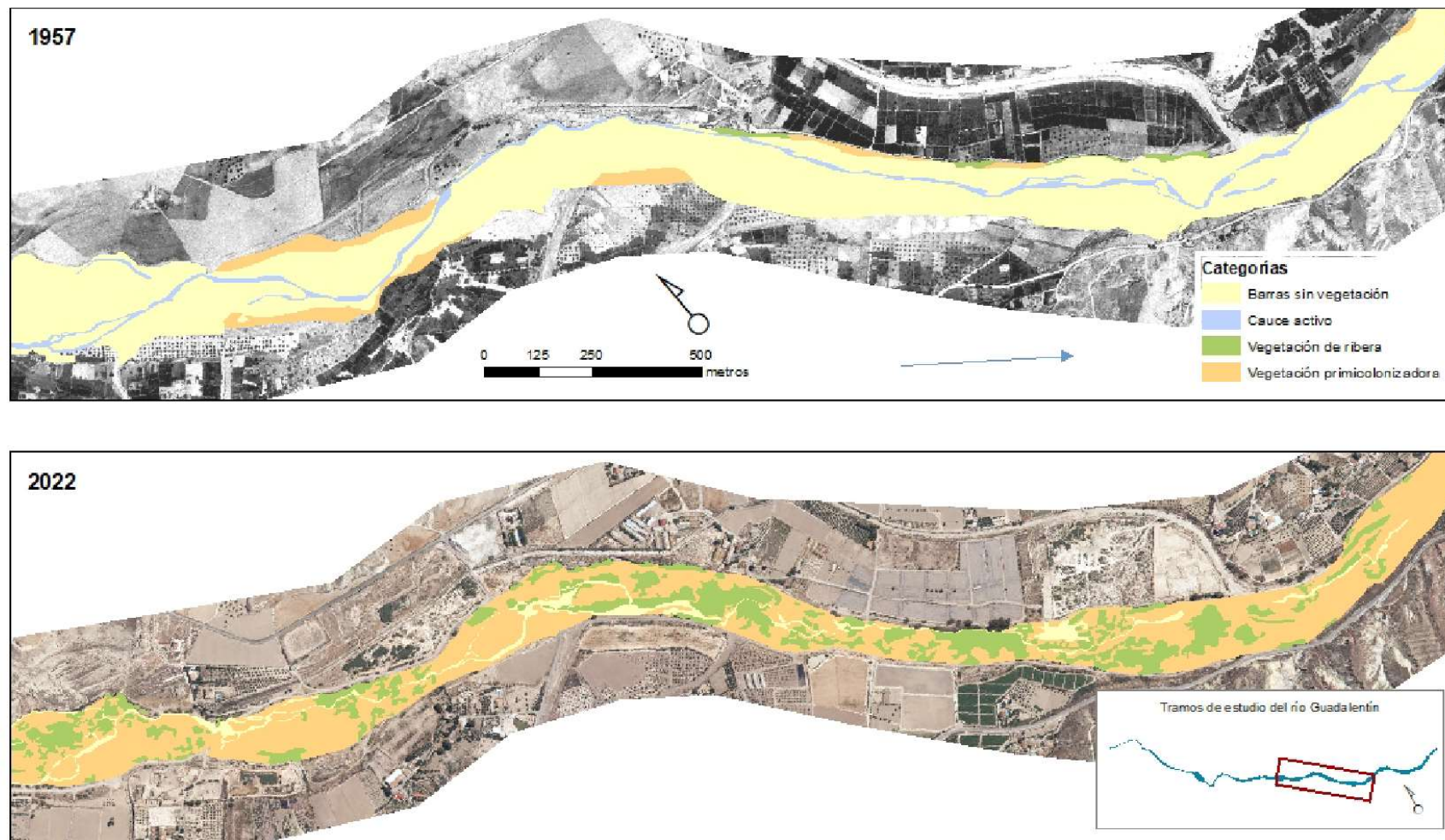
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO GUADALENTÍN (MURCIA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2022



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:12 000, escala mapa localización de tramos 1:180 000. Fecha: año 2023.

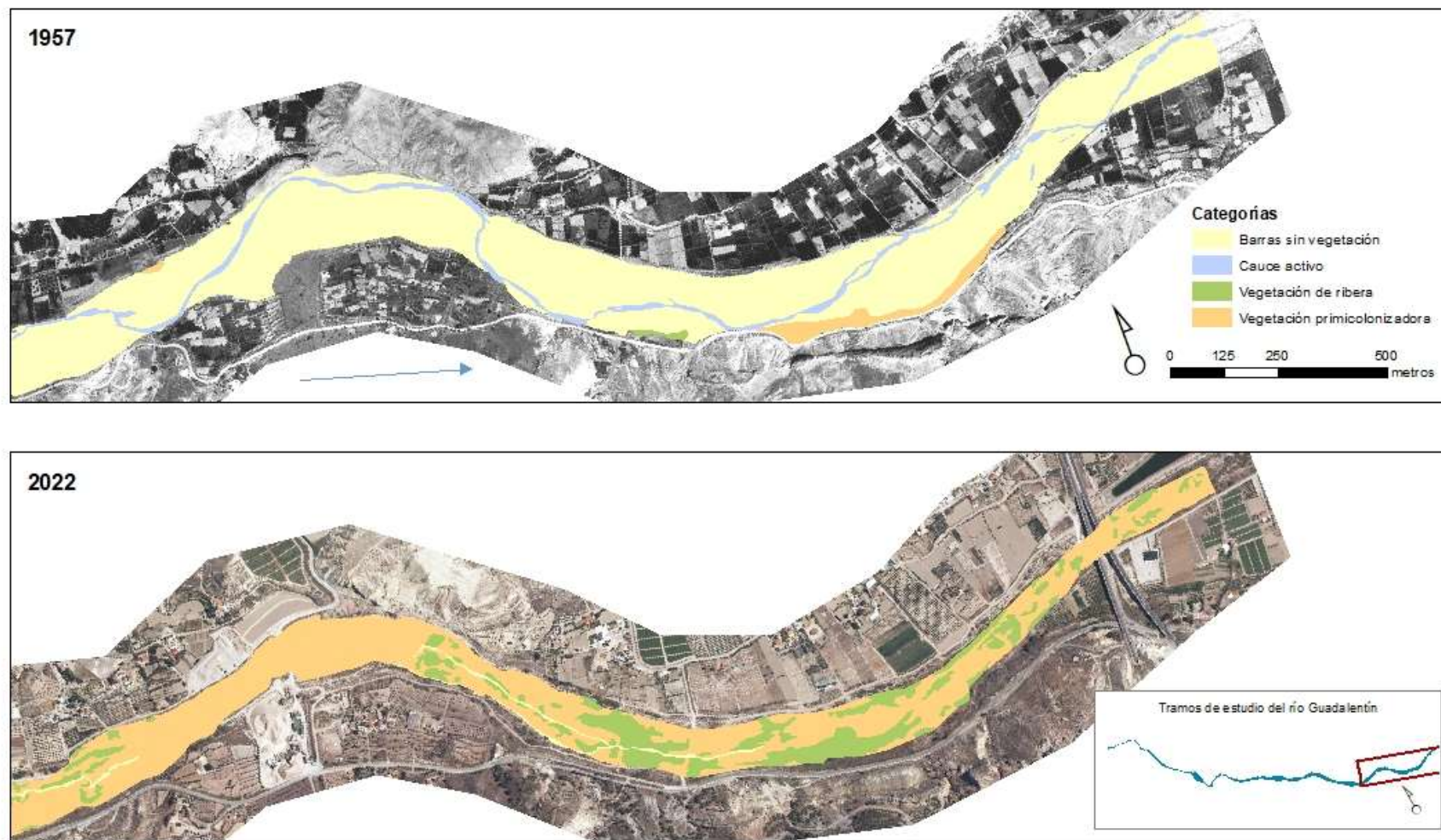


## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO GUADALENTÍN (MURCIA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2022



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:12 000, escala mapa localización de tramos 1:180 000. Fecha: año 2023.

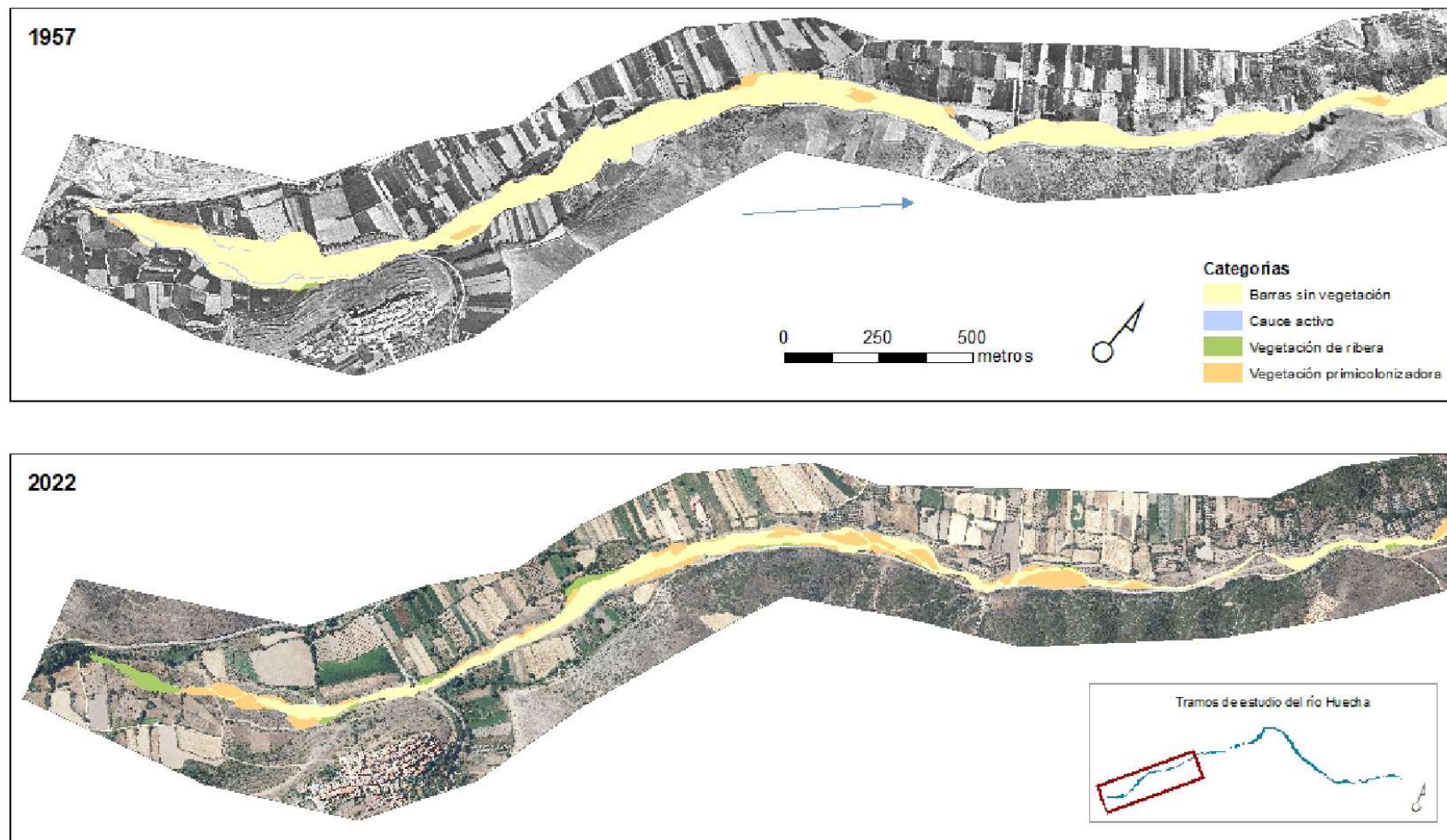
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO GUADALENTÍN (MURCIA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2022



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala mapas 1:12 000, escala mapa localización de tramos 1:180 000. Fecha: año 2023.



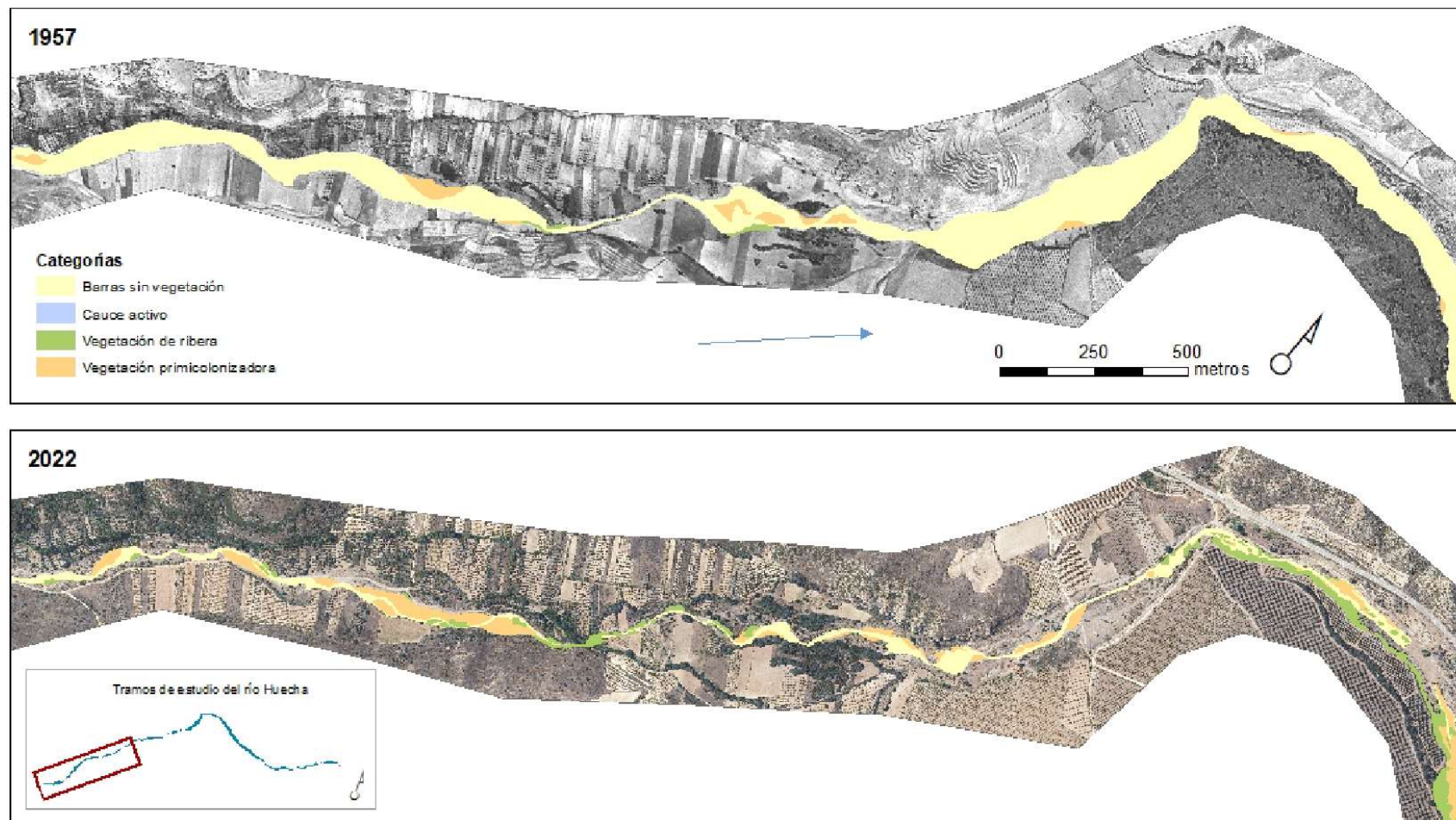
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO HUECHA (ARAGÓN) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:200 000. Fecha: año 2023.

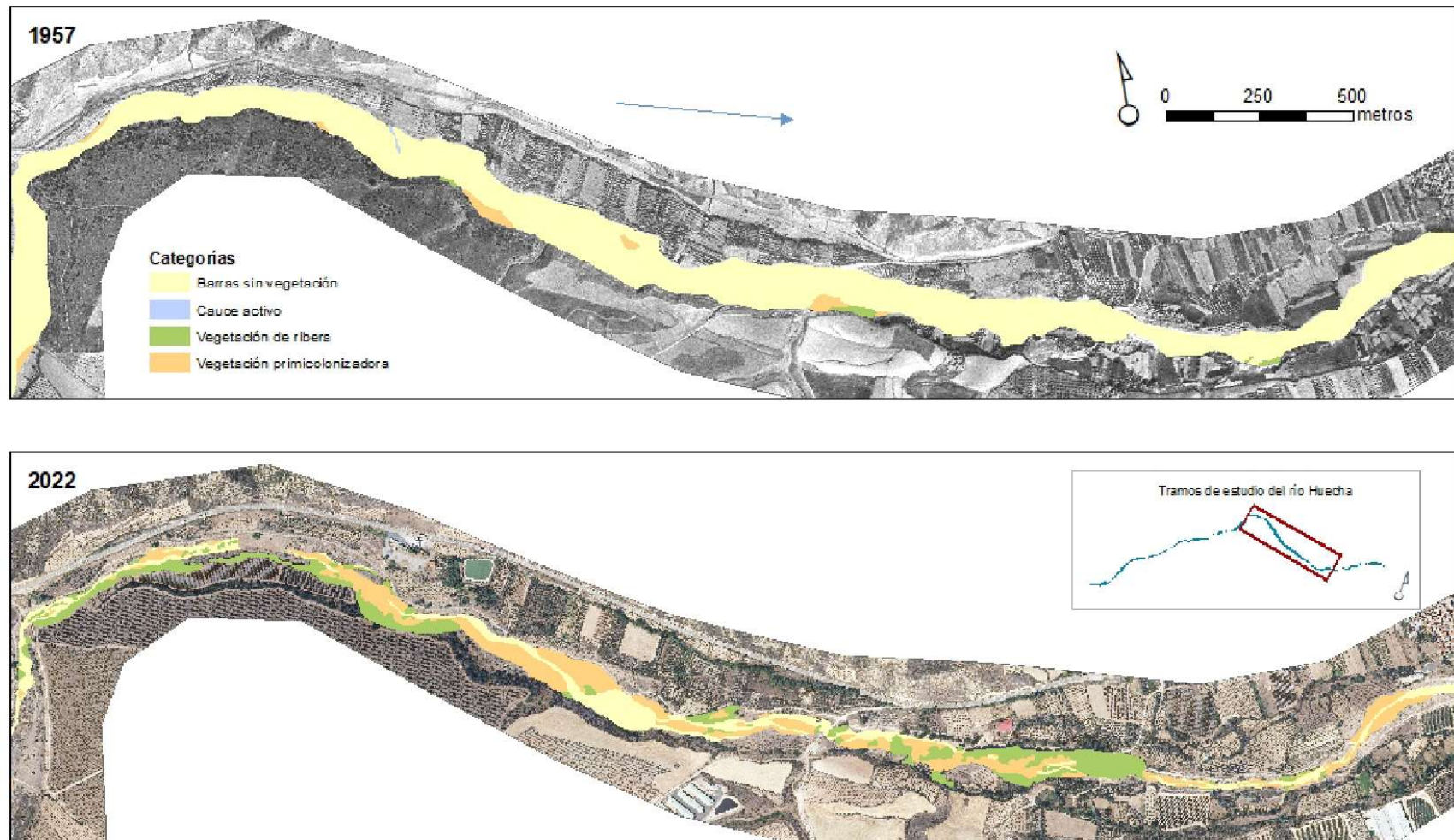


## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO HUECHA (ARAGÓN) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:200 000. Fecha: año 2023.

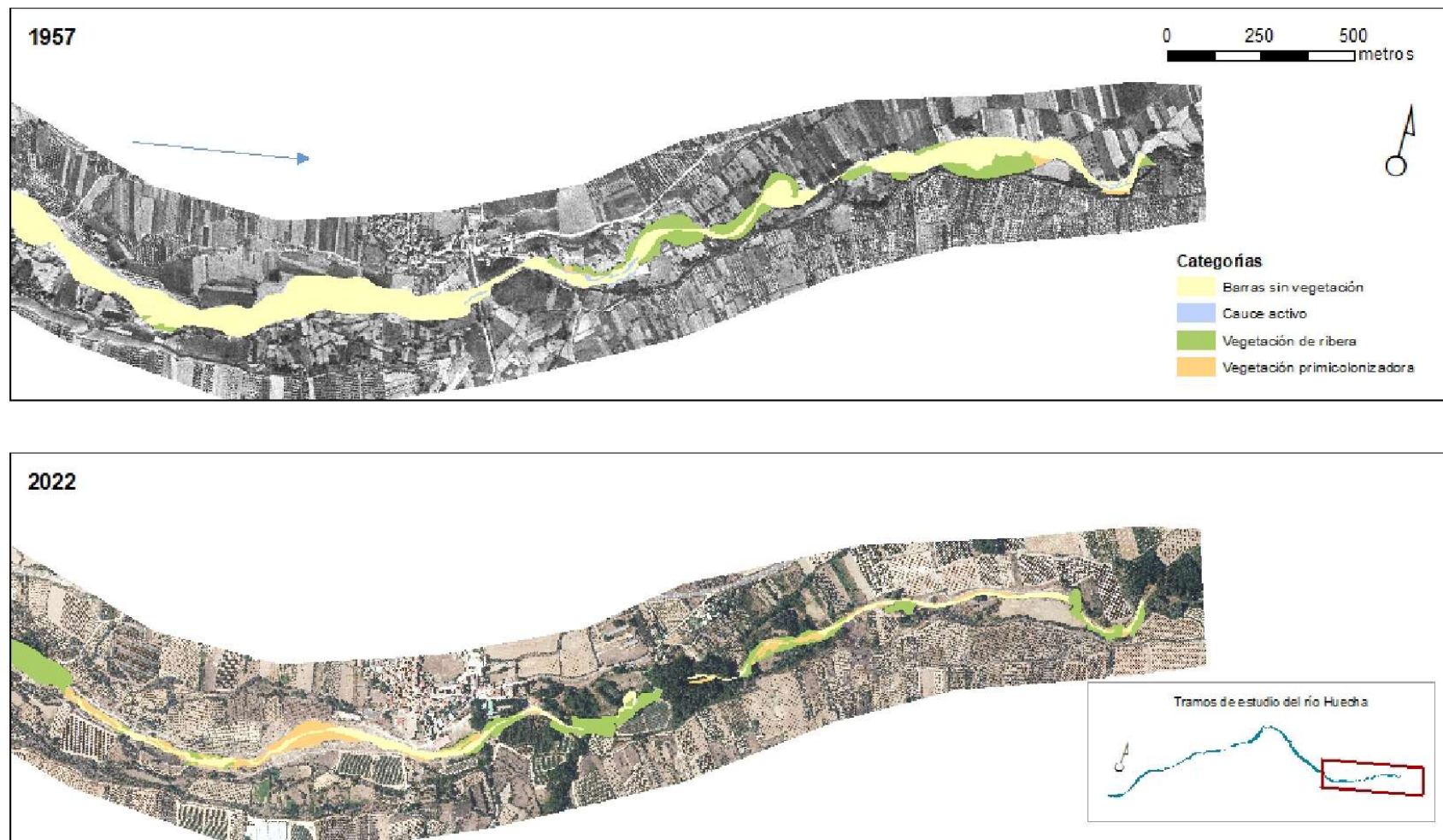
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO HUECHA (ARAGÓN) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección:ETSR1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:200 000. Fecha: año 2023.

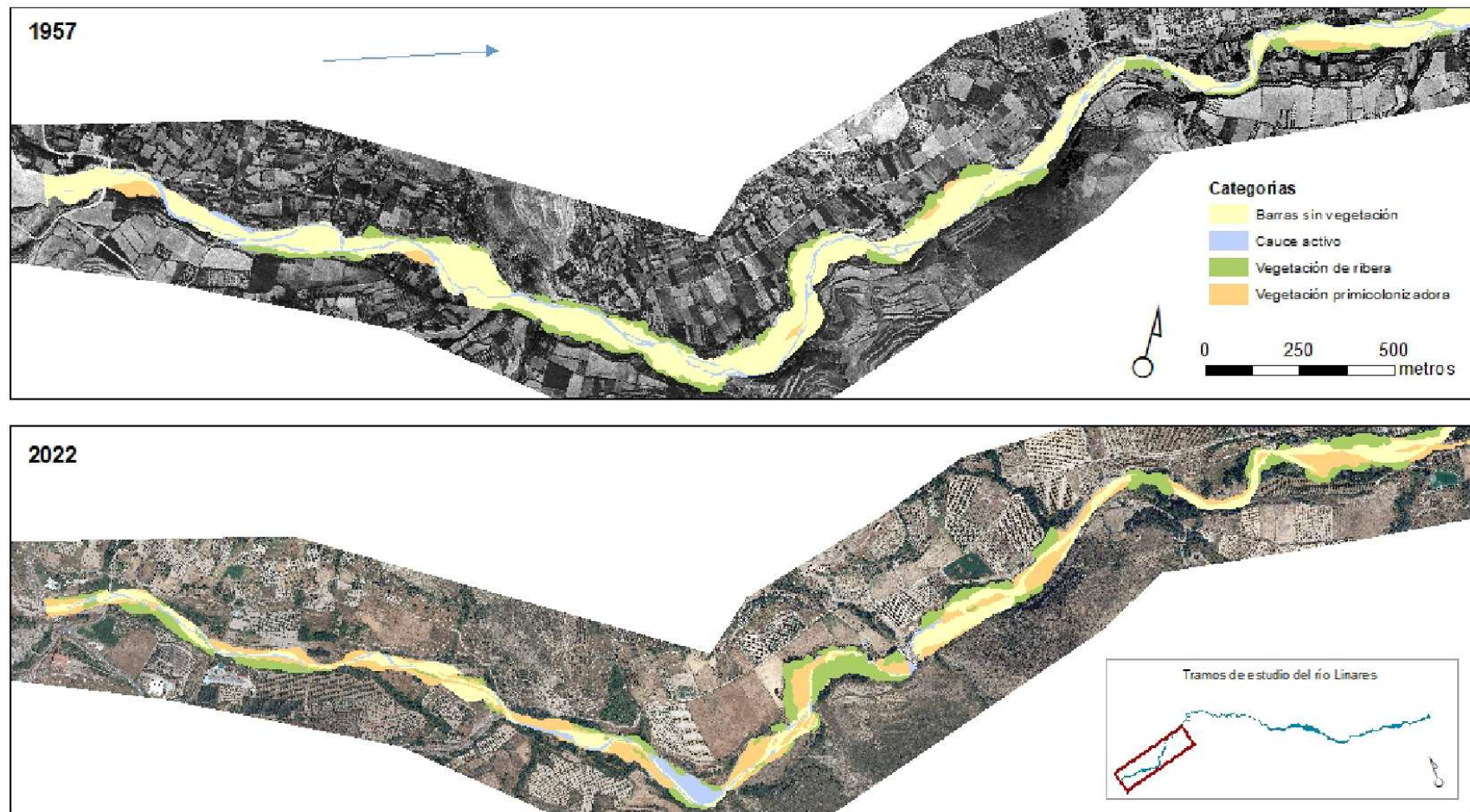


## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO HUECHA (ARAGÓN) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:200 000. Fecha: año 2023.

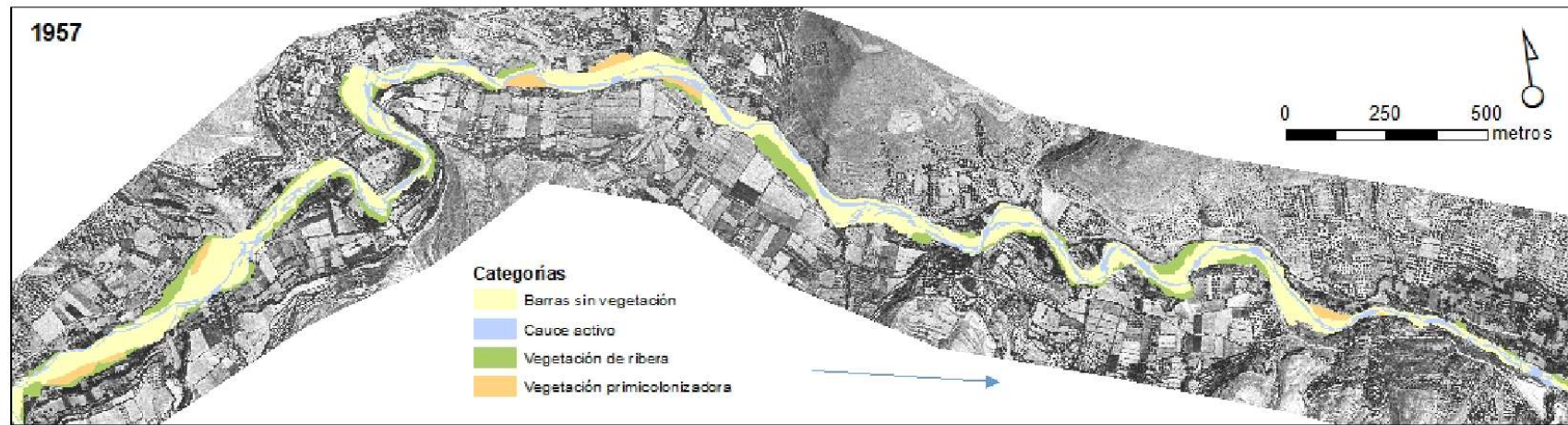
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO LINARES (LA RIOJA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:250 000. Fecha: año 2023.



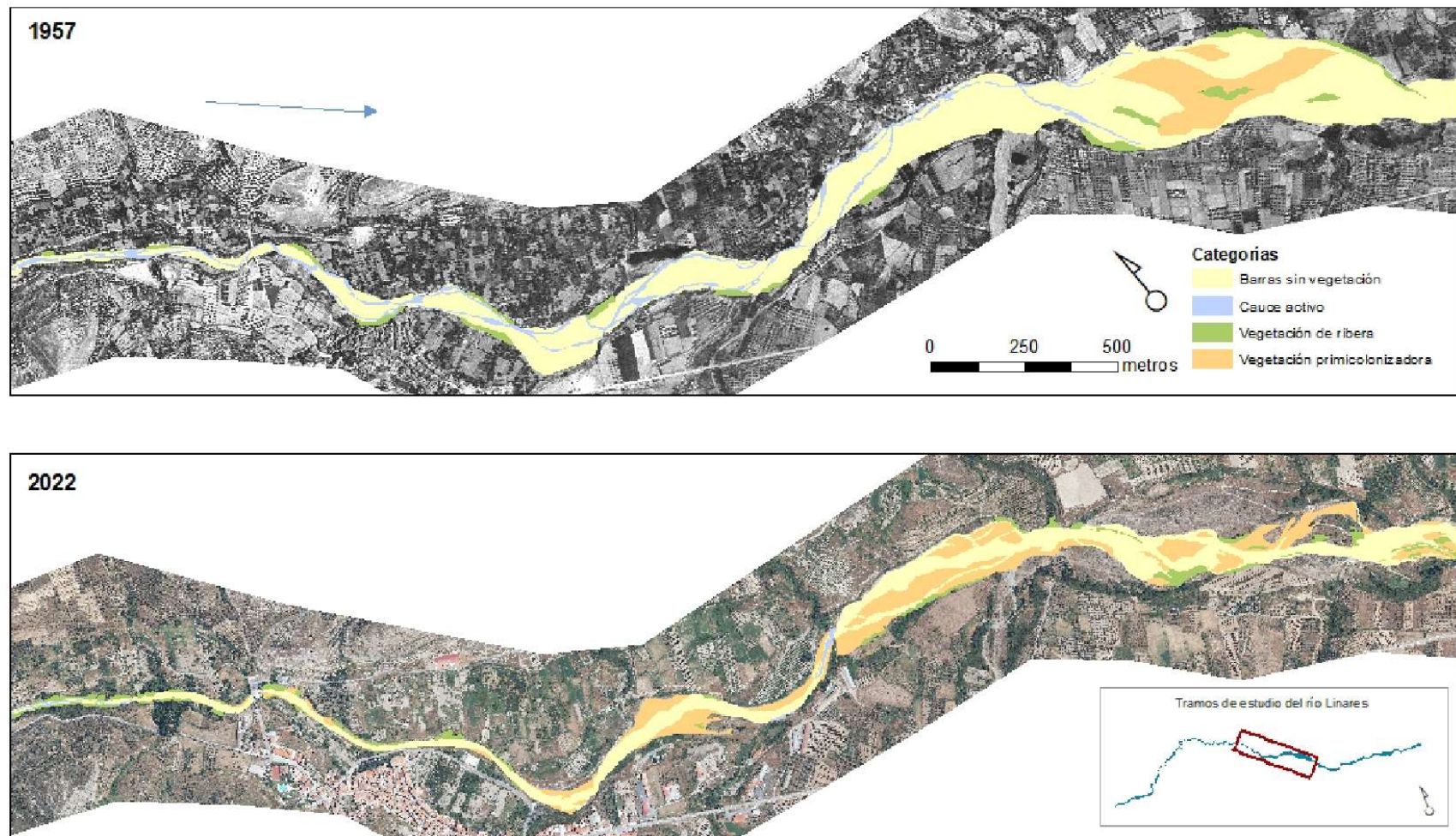
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO LINARES (LA RIOJA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:250 000. Fecha: año 2023.



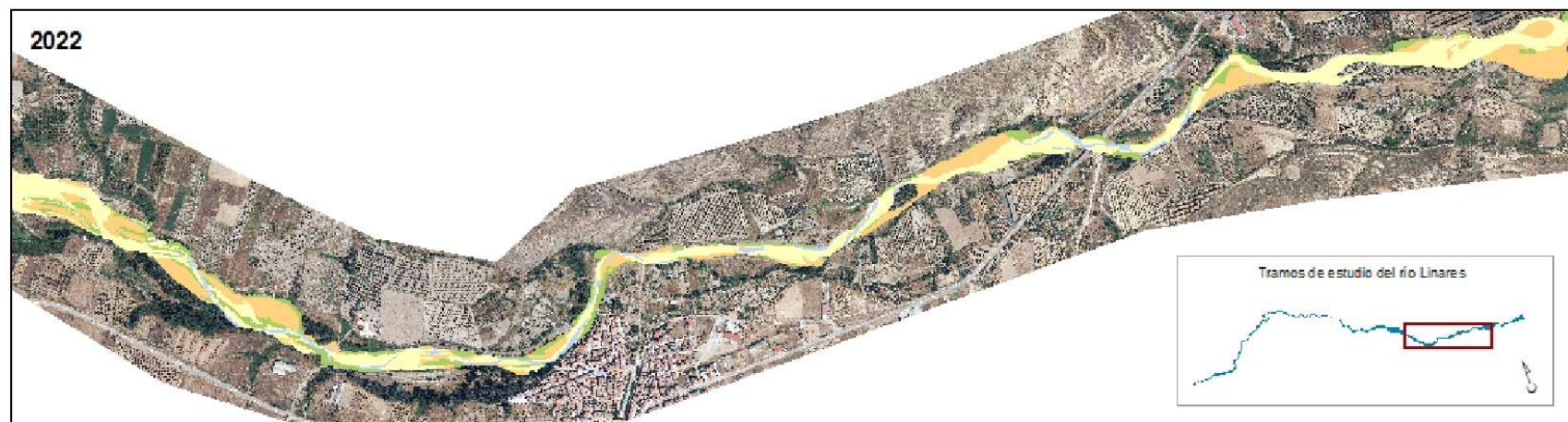
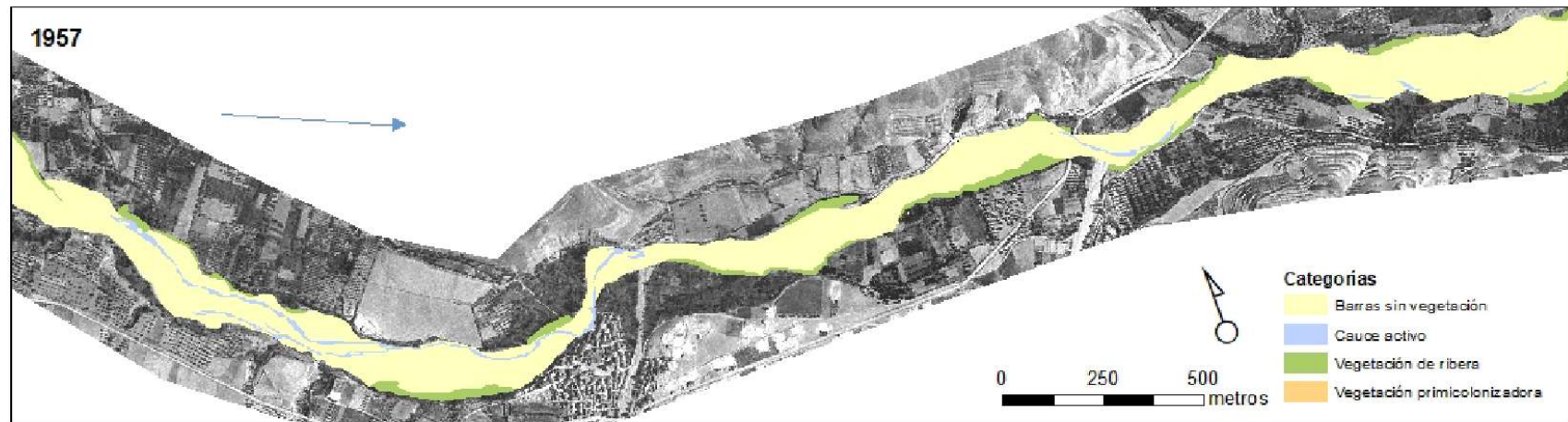
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO LINARES (LA RIOJA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:250 000. Fecha: año 2023.

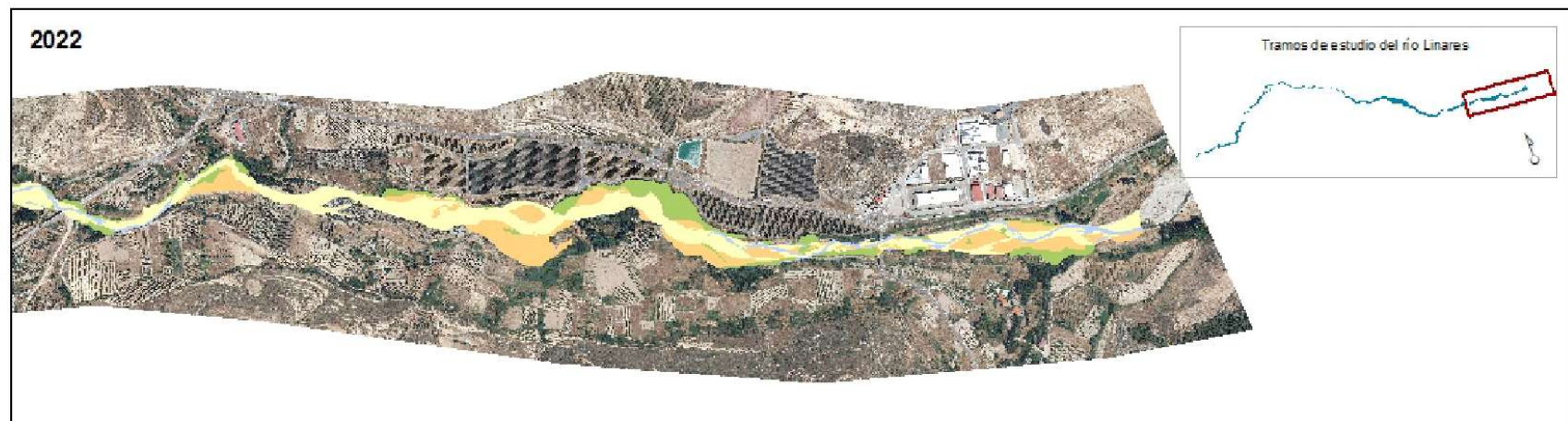
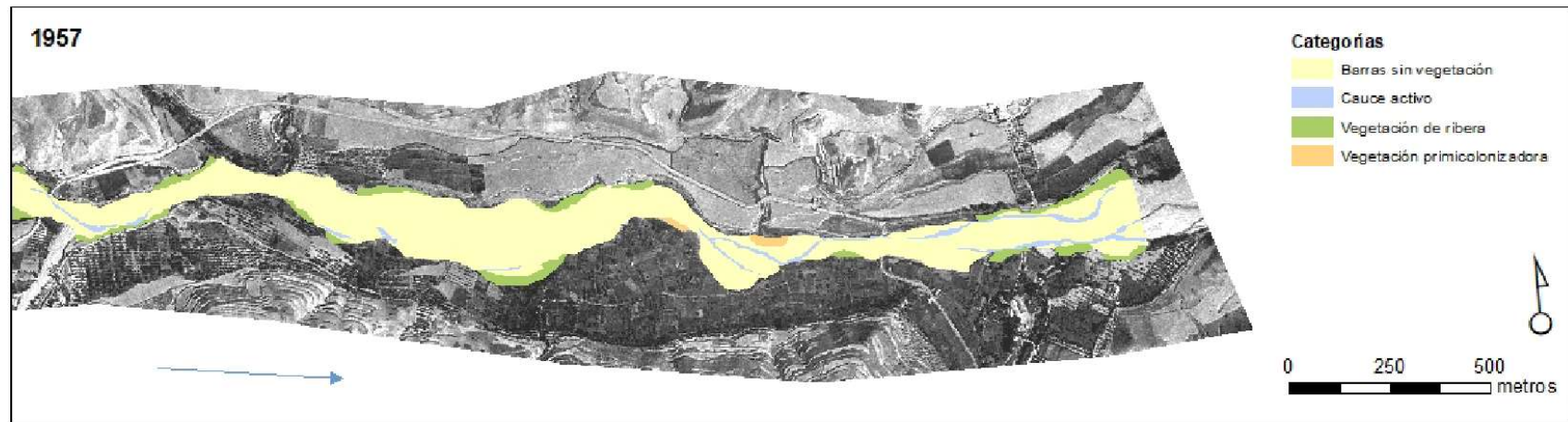


## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO LINARES (LA RIOJA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:250 000. Fecha: año 2023.

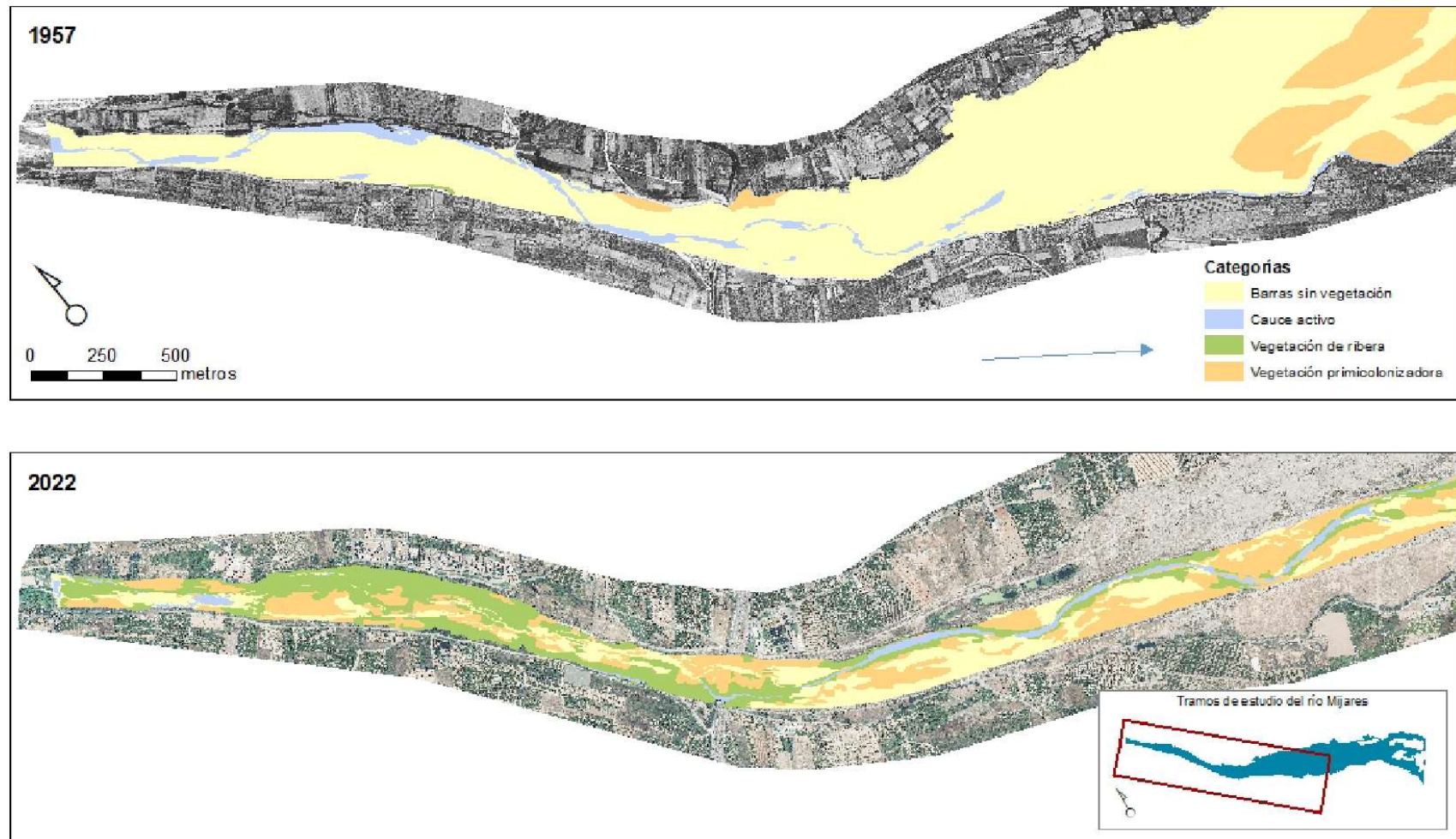
## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO LINARES (LA RIOJA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:14 000, escala mapa localización de tramos 1:250 000. Fecha: año 2023.

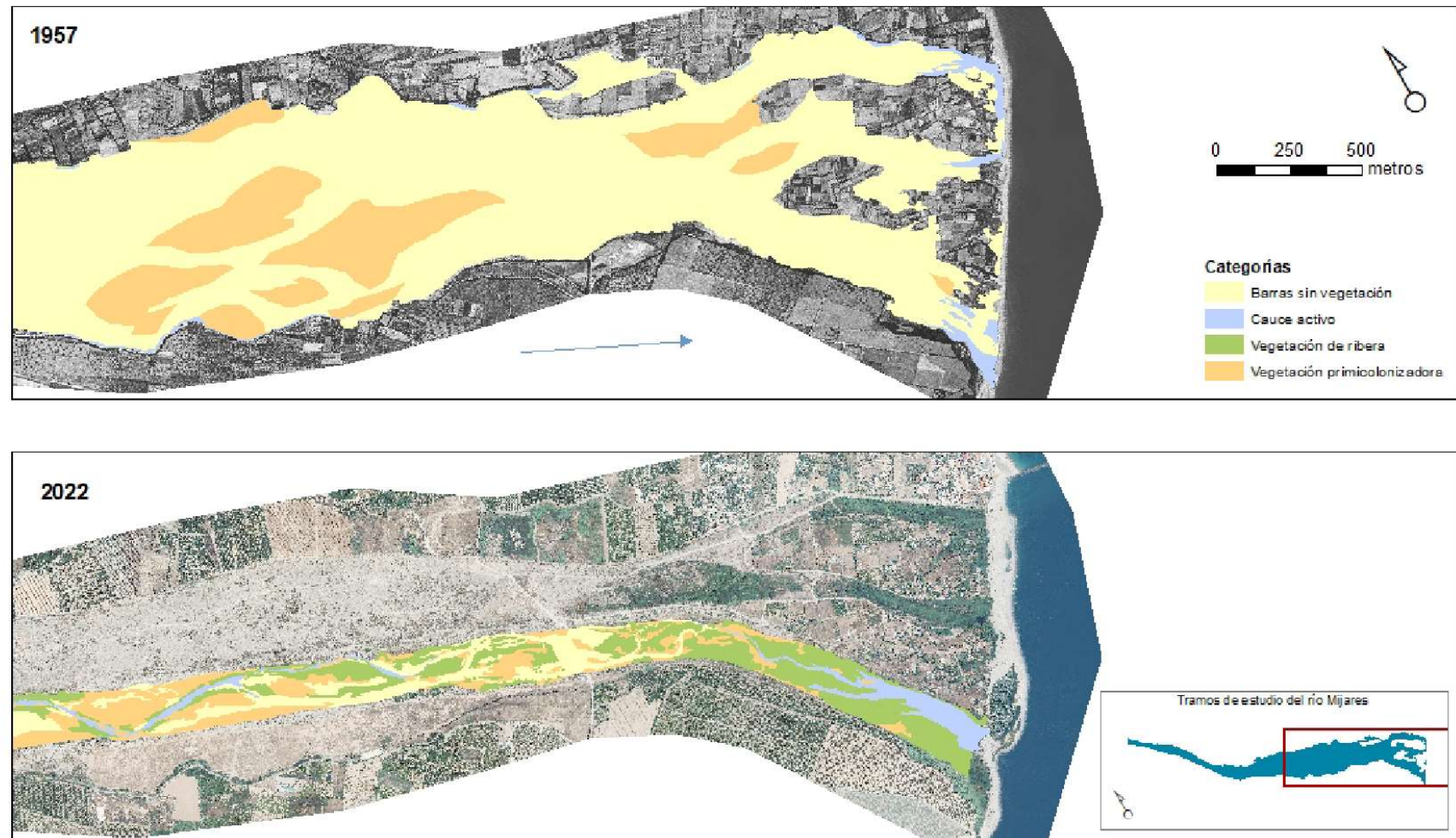


## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO MIJARES (COMUNIDAD VALENCIANA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:18 000, escala mapa localización de tramos 1:125 000. Fecha: año 2023.

## CARTOGRAFÍA DEL LECHO FLUVIAL DEL RÍO MIJARES (COMUNIDAD VALENCIANA) EN LOS AÑOS 1956 Y 2021



Fuente de imágenes: Ortofotos AMS (B) 1956-1957 y Ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-2022. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de proyección: ETRS1989 Z30N. Escala de mapas a tamaño DIN A4: 1:18 000, escala mapa localización de tramos 1:125 000. Fecha: año 2023.



### Anexo III

Equivalencia de valores utilizadas para la realización de las clasificaciones y resultados.

	Clasificación manual	Clasificación Supervisada de Máxima Verosimilitud	Clasificación No Supervisada de Clúster ISO
Cauce activo	1	10	100
Barras sin vegetación	2	20	200
Vegetación primicolonizadora	3	30	300
Vegetación de ribera	4	40	400

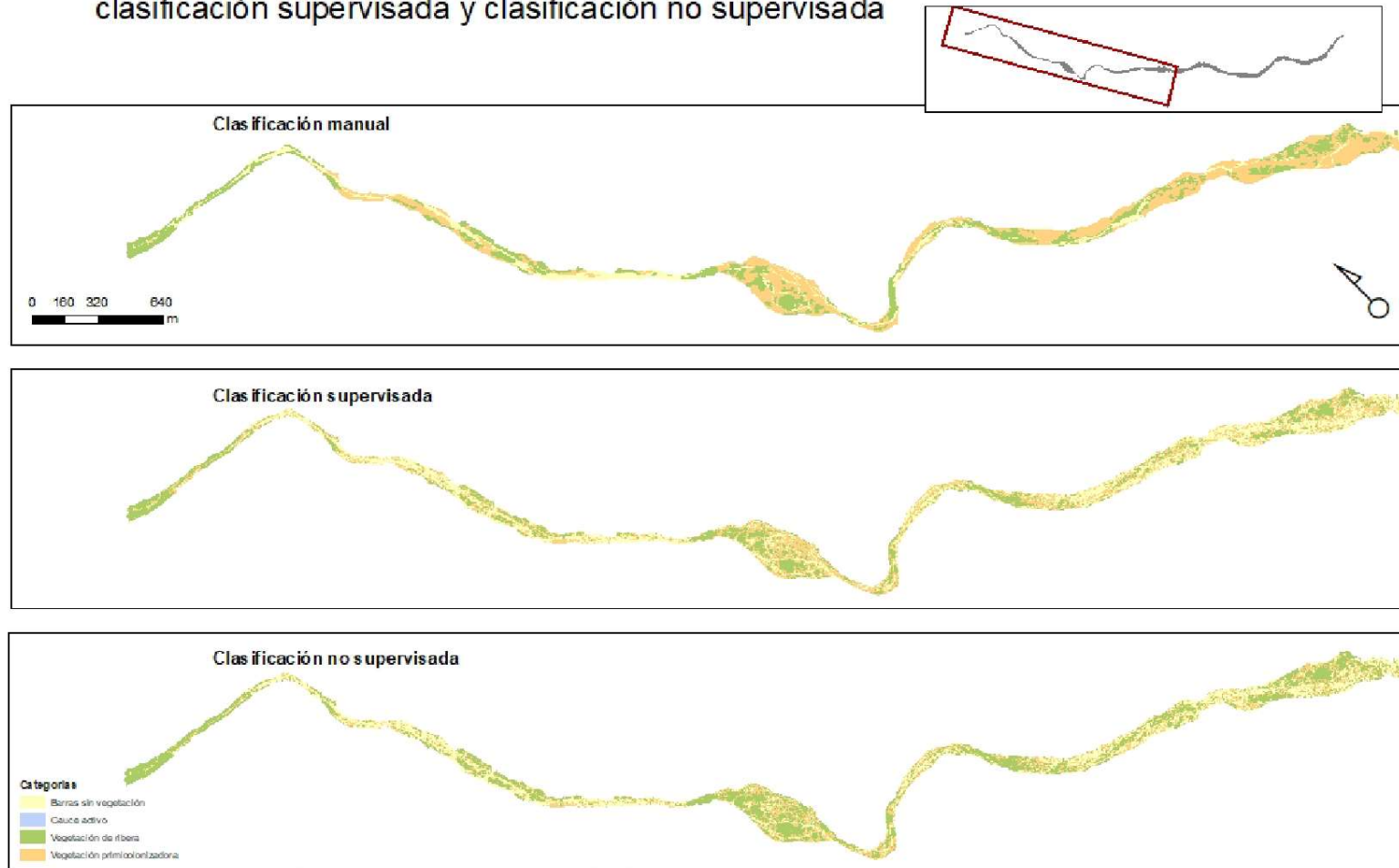
		Clasificación Supervisada de Máxima Verosimilitud							
		Resultado píxeles coincidentes con clasificación manual				Resultado porcentaje coincidentes con clasificación manual			
	Id	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares
Cauce activo	11		2141	352019	1031115		0,01%	2,15%	6,26%
Barras sin vegetación	22	281081	286818	397124	462341	2,07%	24,42%	33,20%	20,07%
Vegetación primicolonizadora	33	3654231	1154651	2094543	1282853	45,60%	18,63%	13,45%	4,81%
Vegetación de ribera	44	191171	24930	48203	1344559	14,65%	10,39%	12,59%	5,16%

Clasificación No Supervisada de Clúster ISO								
Resultado píxeles coincidentes con clasificación manual					Resultado porcentajes coincidentes con clasificación manual			
Id	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares
101		2141	352019	1031115		0,03%	2,26%	5,68%
102		152824	234580	161411		2,05%	1,50%	0,89%
103		234897	315966	2379806		3,15%	2,03%	13,11%
104		1413183	2750632	618225		18,97%	17,64%	3,40%
201		2053	318902	153300		0,03%	2,04%	0,84%
202	281081	286818	397124	462341	1,59%	3,85%	2,55%	2,55%
203	2708750	460445	1098492	3052665	15,34%	6,18%	7,04%	16,81%
204	4617542	402452	781649	1624474	26,14%	5,40%	5,01%	8,95%
301		182	151559	155678		0,00%	0,97%	0,86%
302	577204	677377	1543324	1095667	3,27%	9,09%	9,90%	6,03%
303	3654231	1154651	2094543	1282853	20,69%	15,50%	13,43%	7,07%
304	562692	60000	132079	1607696	3,19%	0,81%	0,85%	8,85%
401		40	58952	88162		0,00%	0,38%	0,49%
402	1144621	1890231	4351080	2940863	6,48%	25,38%	27,90%	16,20%
403	3924925	686195	966438	158702	22,22%	9,21%	6,20%	0,87%
404	191171	24930	48203	1344559	1,08%	0,33%	0,31%	7,40%

## Anexo III.b

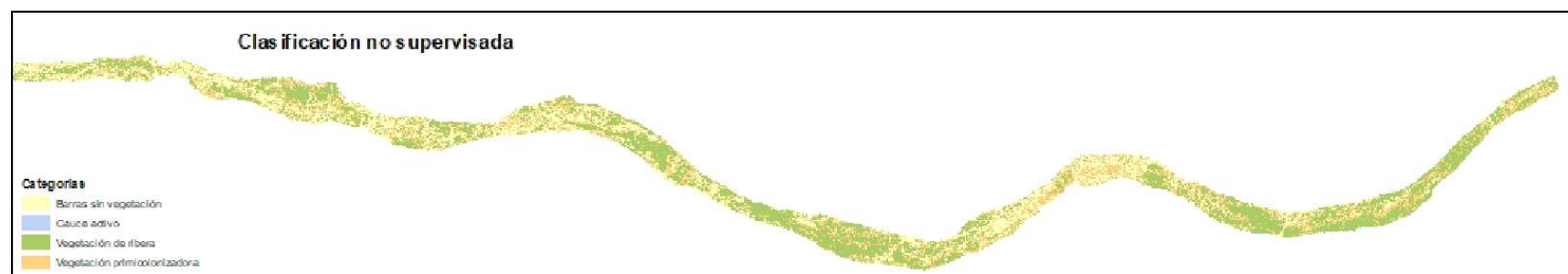
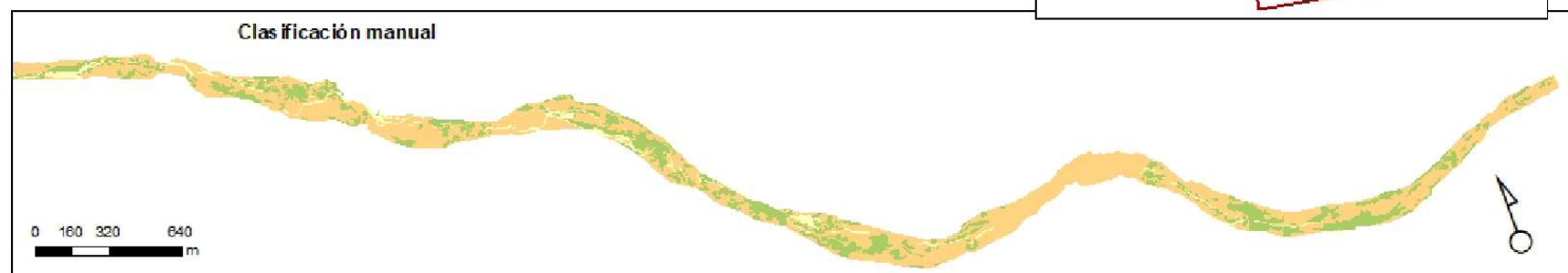
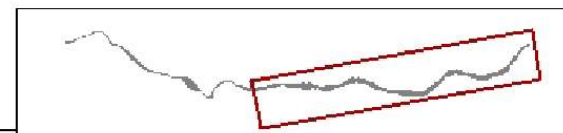
Resultados de clasificación manual mediante, clasificación no supervisada de clúster ISO y Clasificación supervisada de máxima Verosimilitud.

Superficies del lecho fluvial del río Guadalentín determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



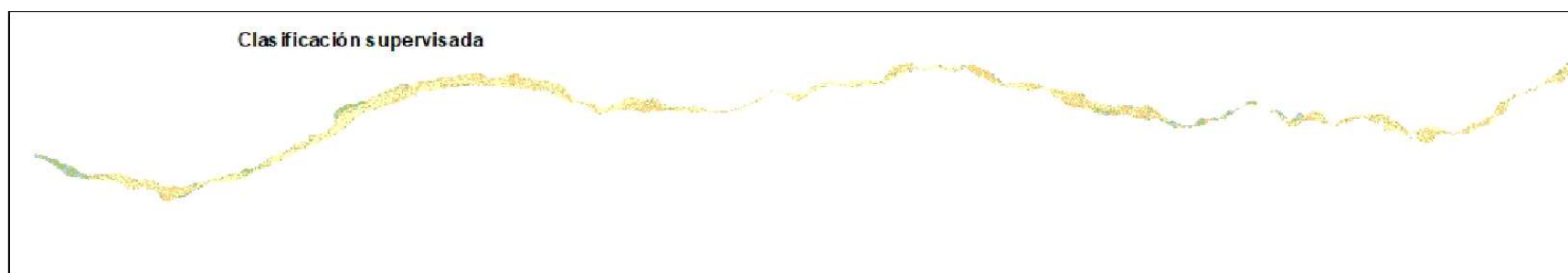
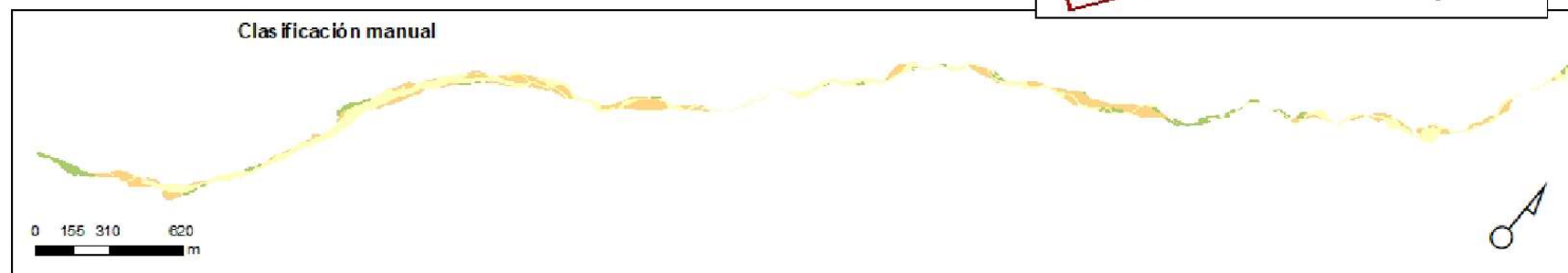
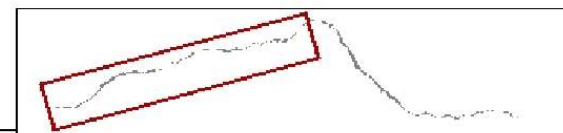
Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

## Superficies del lecho fluvial del río Guadalentín determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

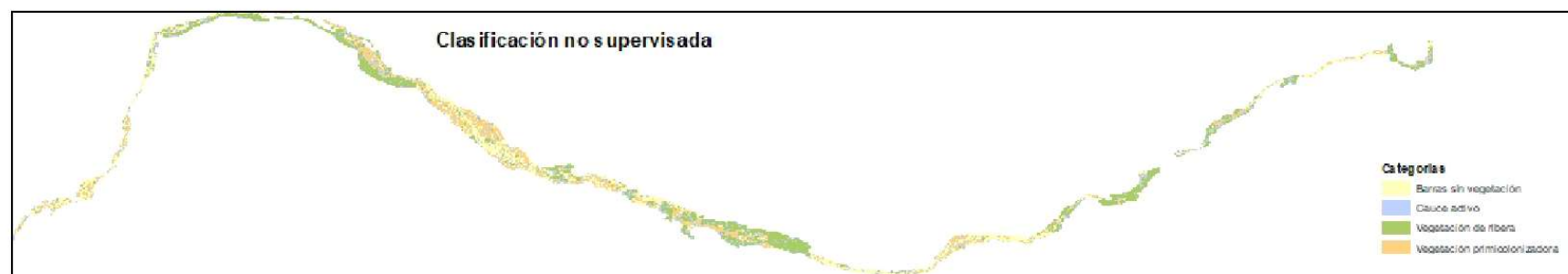
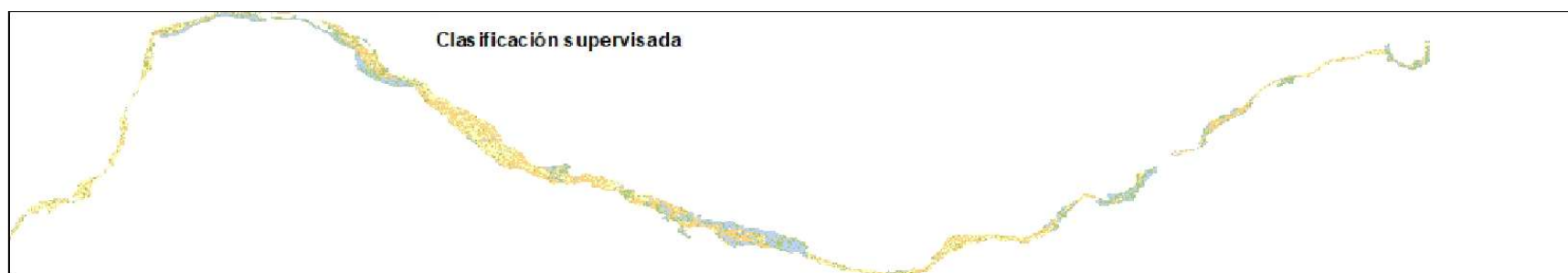
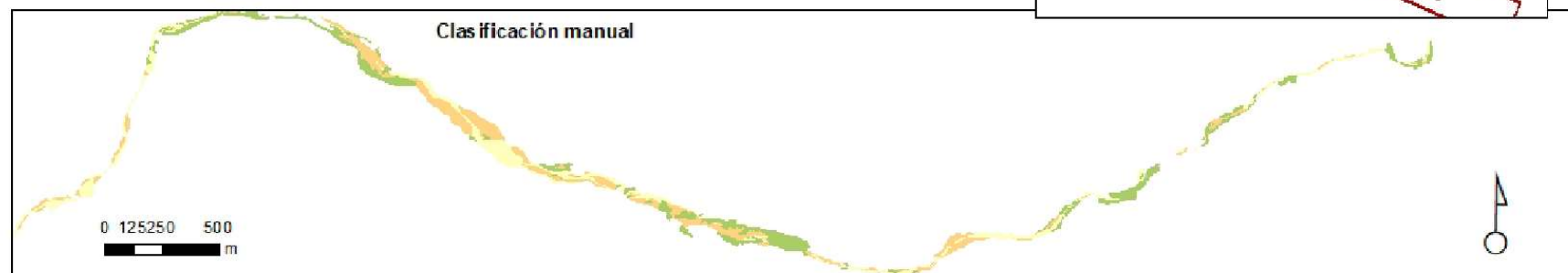
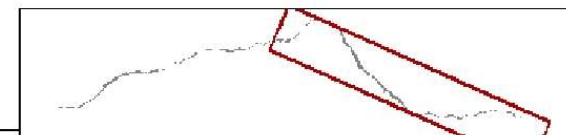
## Superficies del lecho fluvial del río Huecha determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

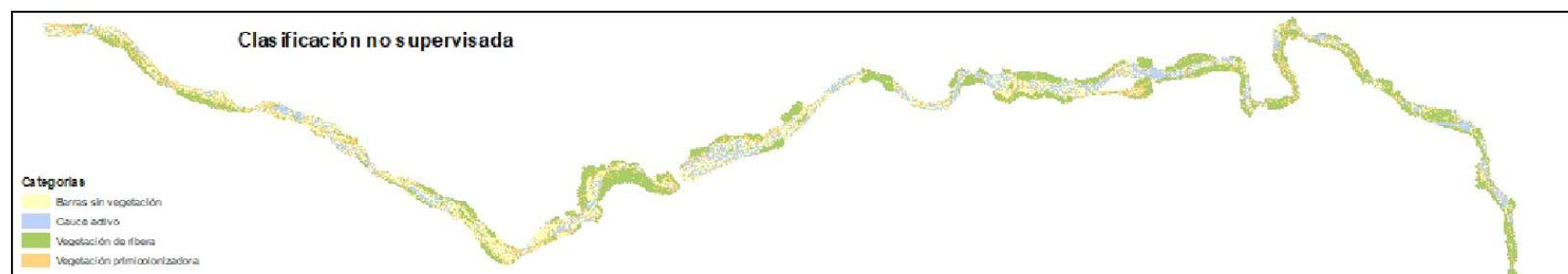
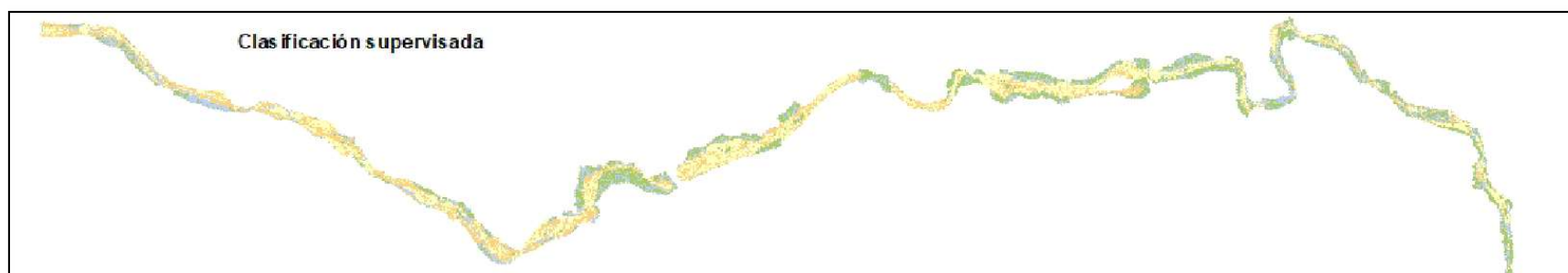
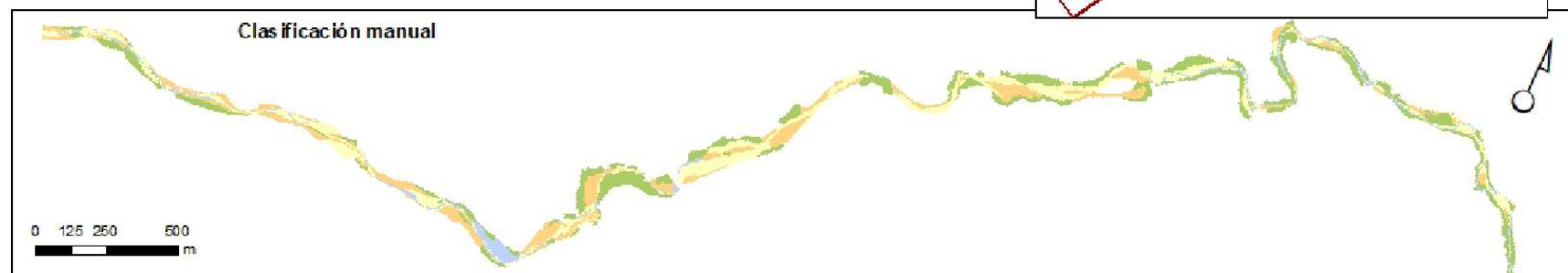
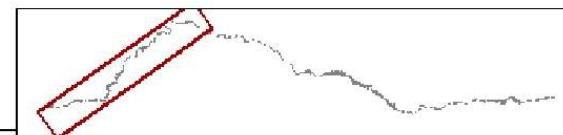


## Superficies del lecho fluvial del río Huecha determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



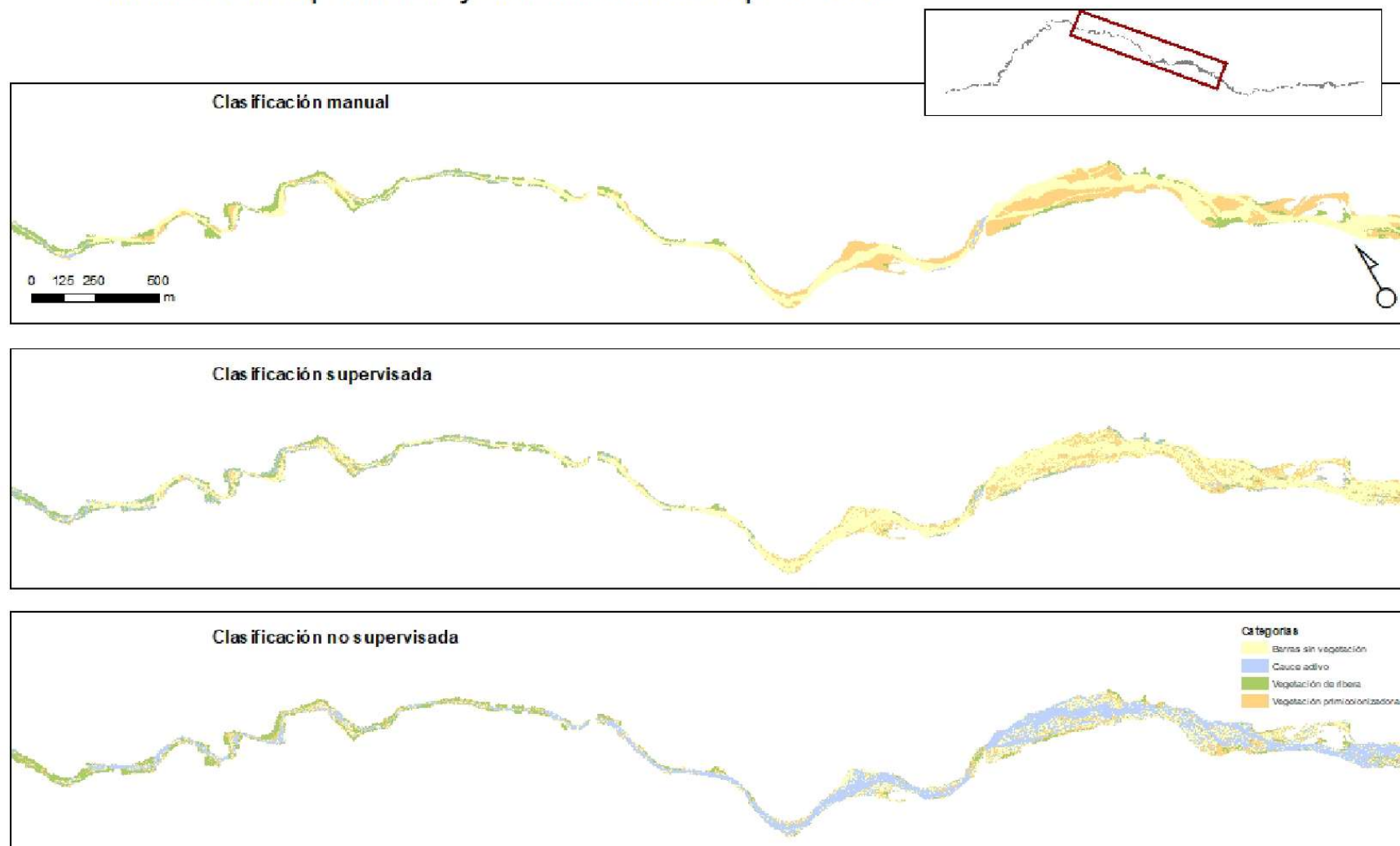
Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

## Superficies del lecho fluvial del río Linares determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imágen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

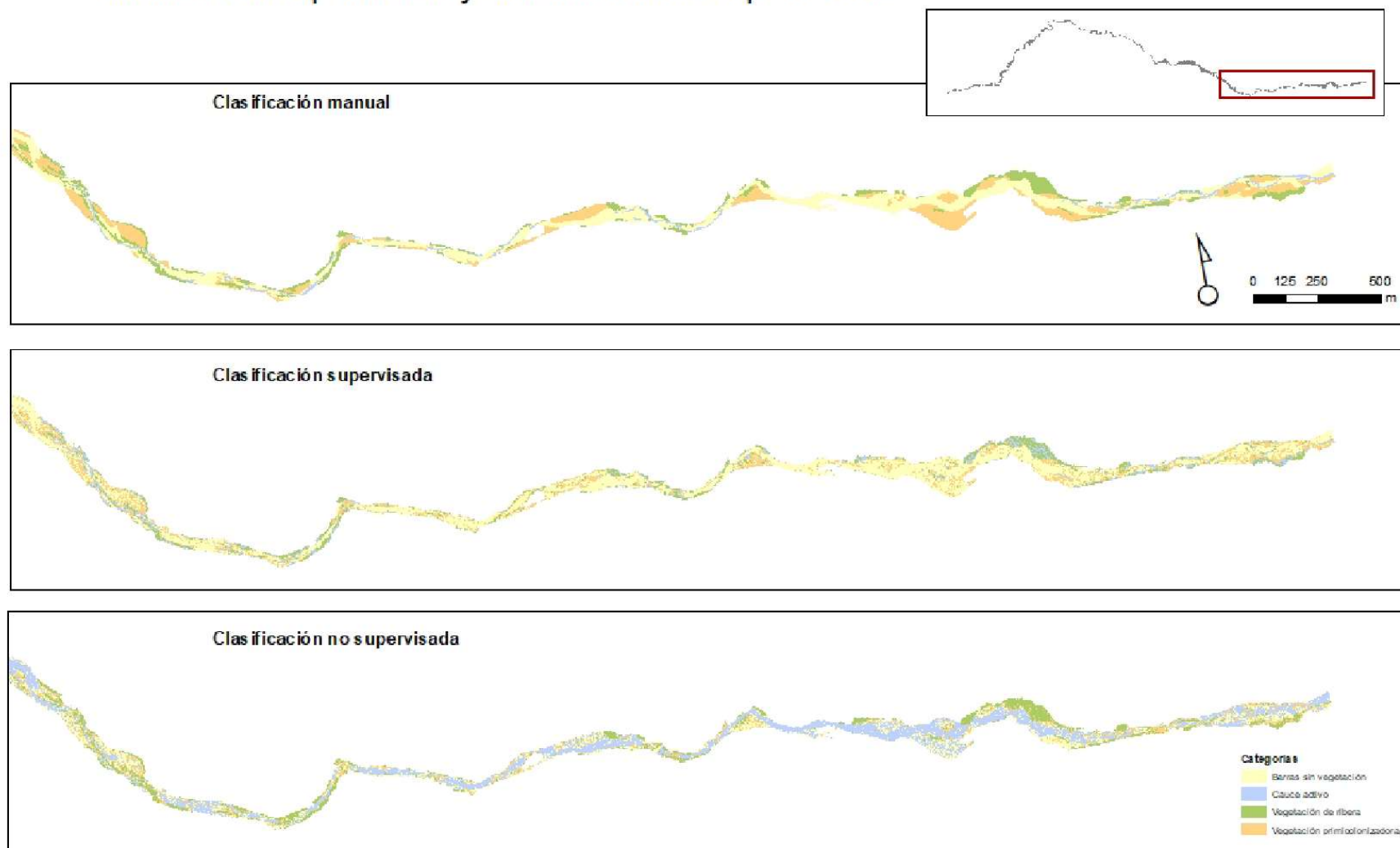
## Superficies del lecho fluvial del río Linares determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imágen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

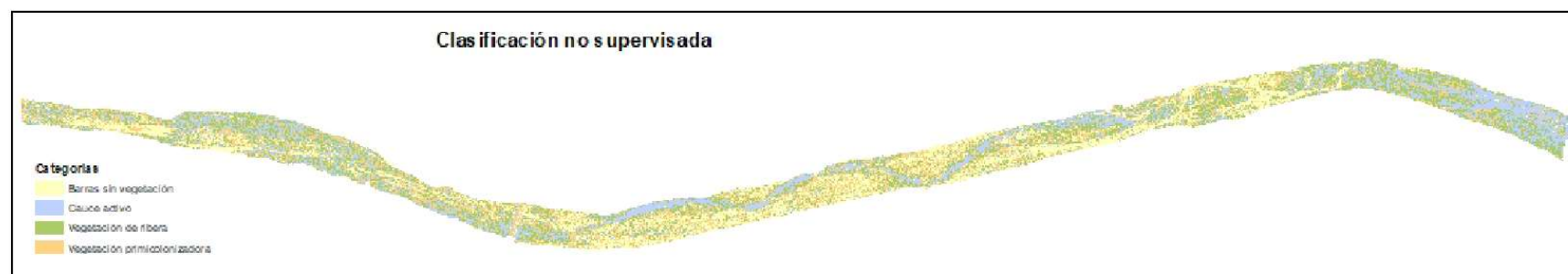
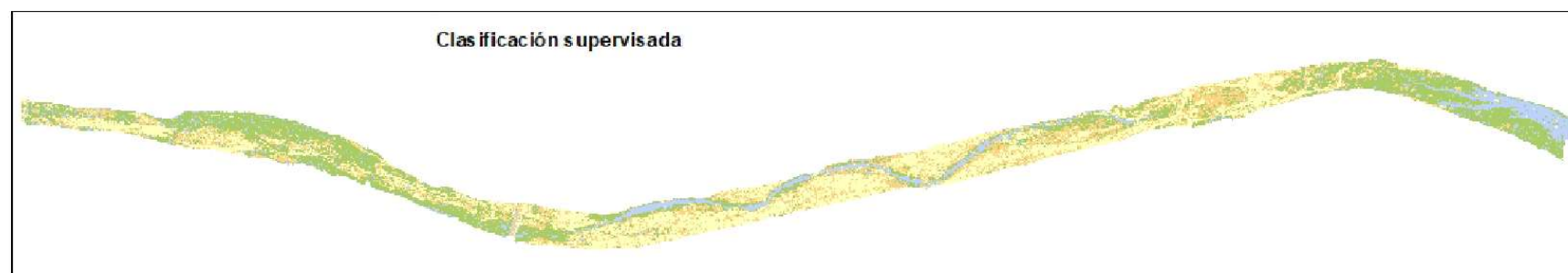
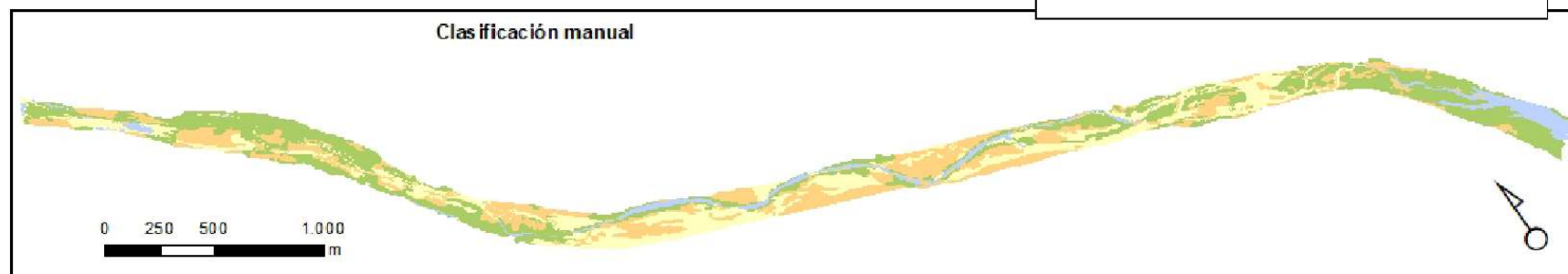
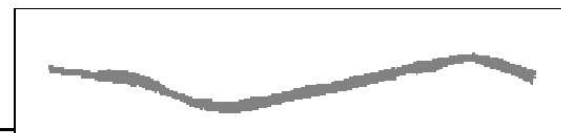


## Superficies del lecho fluvial del río Linares determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

## Superficies del lecho fluvial del río Huecha determinadas mediante fotointerpretación, clasificación supervisada y clasificación no supervisada



Cartografía de elaboración propia. Imagen de origen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4: 1:20.000

## Anexo IV

Cálculos de superficies por tipología en estudio multitemporal a largo plazo (1956-2021) a partir de fotointerpretación.

Superficie (m²)	Barras sin vegetación		Cauce activo		Vegetación primicolonizadora		Vegetación de ribera	
Año	Barras sin vegetación 1956	Barras sin vegetación 2021	Cauce activo 1956	Cauce activo 2021	Vegetación primicolonizadora 1956	Vegetación primicolonizadora 2021	Vegetación de ribera 1956	Vegetación de ribera 2021
Huecha	872407,51	188311,85	22380,10	2163,74	42422,95	156784,04	67337,75	118989,08
Guadalentín	1215916,21	125278,53	121781,72	0,00	114243,36	643603,99	22319,31	336039,68
Linares	1132010,73	408197,85	136413,63	55144,22	77008,90	279965,54	173163,21	232542,75
Mijares	2518119,40	291268,06	118063,72	89273,44	398894,52	324704,85	1672,79	429702,50
Superficie (%)								
Huecha	86,85	40,39	2,23	0,46	4,22	33,63	6,70	25,52
Guadalentín	82,48	11,34	8,26	0,00	7,75	58,25	1,51	30,41
Linares	74,54	41,83	8,98	5,65	5,07	28,69	11,40	23,83
Mijares	82,92	25,66	3,89	7,87	13,14	28,61	0,06	37,86

Superficie (m²)	Cauce activo		Barras sin vegetación		Vegetación primicolonizadora		Vegetación de ribera	
Año	1956	1956	2021	2021	1956	2021	1956	2021
Huecha	22380,10	872407,51	188311,85	2163,74	42422,95	156784,04	67337,75	118989,08
Guadalentín	121781,72	1215916,21	125278,53	0,00	114243,36	643603,99	22319,31	336039,68
Linares	136413,63	1132010,73	408197,85	55144,22	77008,90	279965,54	173163,21	232542,75
Mijares	118063,72	2518119,40	291268,06	89273,44	398894,52	324704,85	1672,79	429702,50



## Anexo V

Clave para codificación estudio multitemporal a corto y medio plazo.

Nomenclatura de los dos primeros caracteres: Río y transecto

	Ríos			
Transectos	Guadalentín	Huecha	Linares	Mijares
Primero	G1	H1	L1	M1
Segundo	G2	H2	L2	M2
Tercero	G3	H3	L3	M3
Cuarto	-	-	L4	-
Distancia entre transectos	3000 m	3000 m	3000 m	2000 m

### Mayúsculas: estudio a medio plazo

Letra	Localización
A	Centro de la lámina de agua en la imagen de 1956
B	Centro del cauce no cubierto por lámina de agua más ancho en la imagen de 1956
C	Centro de la lámina de agua en la imagen de 1956
D	Centro del cauce no cubierto por lámina de agua más ancho en la imagen de 1956

### Minúsculas: estudio a corto plazo

Metros desde el eje	Derecha (+)	Izquierda (-)	Metros desde el eje	Derecha (+)	Izquierda (-)
0	a				
10	b	c	210	pp	ss
20	d	e	220	rr	uu
30	f	g	230	tt	ww
40	h	i	240	vv	yy
50	j	k	250	xx	ccc
60	l	m	260		eee
70	n	o	270		ggg
80	p	q	280		iii
90	r	s	290		kkk
100	t	u	300		mmm
110	v	w	310		ooo
120	x	y	320		qqq
130	z	cc	330		sss
140	bb	ee	340		uuu
150	dd	gg	350		www
160	ff	ii	360		yyy
170	hh	kk	370		cccc
180	jj	mm	380		eeee
190	ll	oo	390		gggg
200	nn	qq	400		iiii

## Anexo VI

Script para la solicitud de NDVI en Google Earth Engine- Code Editor.

```
/* Definir la región de interés */
var region = geometry; // Reemplaza con tu geometría de interés

// Definir el rango de fechas
var startDate = '2021-05-01';
var endDate = '2021-09-30';

// Filtrar las imágenes Sentinel-2 para rango de fechas y región de interés
var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(region)
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 5); // Filtrar por
cobertura de nubes

/* Definir la región de interés para el Huso 30 */
var regionHuso30 = ee.Geometry.Rectangle([-180, -90, 180, 0]); // Reemplaza
con las coordenadas adecuadas del Huso 30

// Filtrar las imágenes Sentinel-2 para rango de fechas y región de interés
(Huso 30)
var collectionFiltered = collection.filterBounds(regionHuso30);

// Función para calcular el NDVI
var calculateNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
};

// Aplicar la función para calcular NDVI a todas las imágenes en la colección
var ndviCollection = collection.map(calculateNDVI);

// Función para reducir la colección de imágenes a una tabla de valores de
NDVI en los puntos
var reduceToTable = function(image) {
  var ndviTable = image.reduceRegions({
    collection: 'projects/ee-893366tfm/assets/Puntos_GEE_GCS_Mij', //
Reemplaza con el nombre de tu capa de puntos G1
    reducer: ee.Reducer.mean(),
    scale: 10, // Escala de resolución en metros para Sentinel-2
  }).filter(ee.Filter.neq('NDVI', null)); // Filtrar valores nulos de NDVI
  return ndviTable;
};

// Aplicar la función de reducción a la colección de imágenes
var ndviTable = ndviCollection.map(reduceToTable).flatten();

// Imprimir la tabla de valores de NDVI en la consola
print(ndviTable);

// Exportar la tabla de valores de NDVI a Google Drive
Export.table.toDrive({
  collection: ndviTable,
  description: 'NDVI_Points_M_2020_3', // Cambia el nombre según preferencia
  fileFormat: 'CSV',
});
```

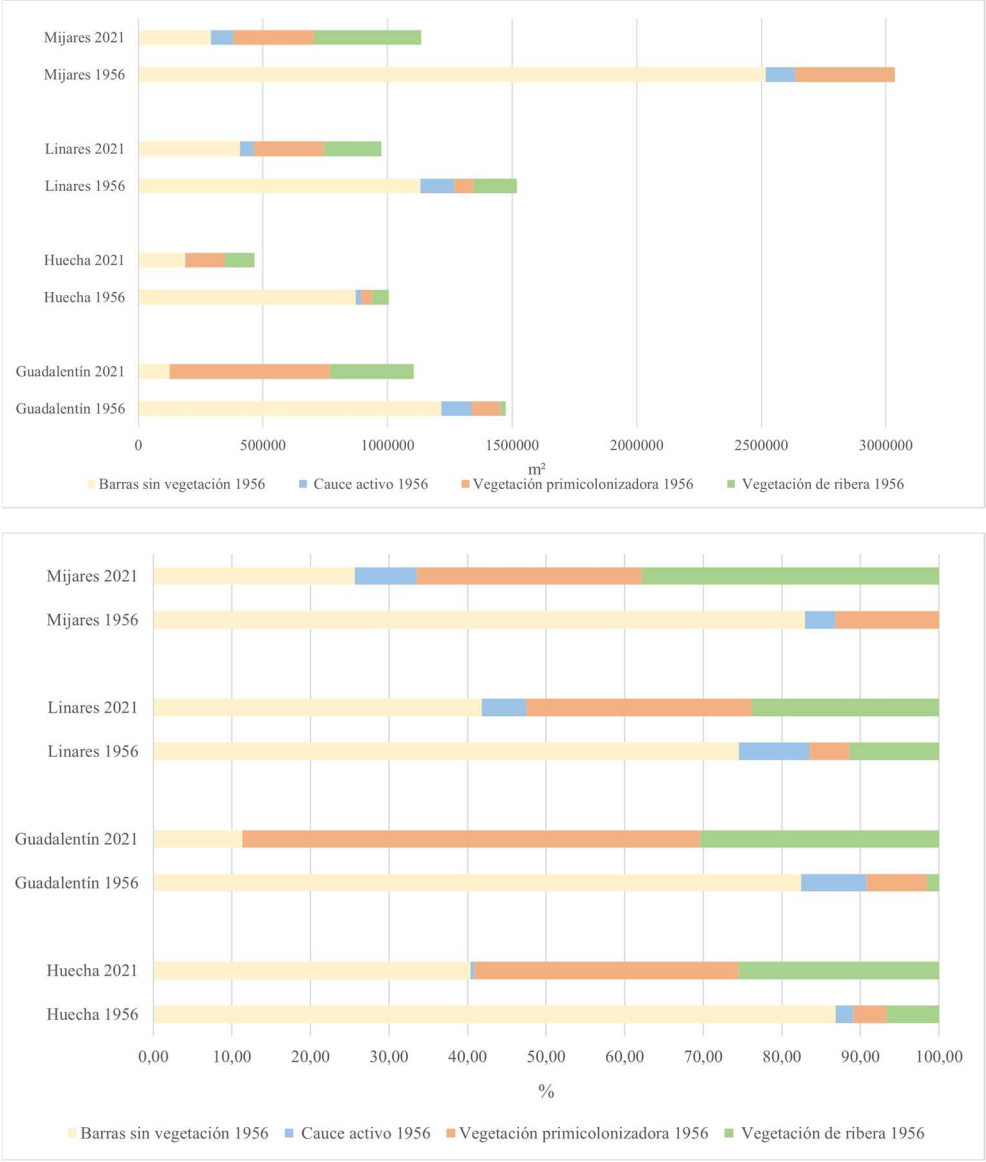
Anexo VII

Resultados de la fotointerpretación.

Porcentajes las tipologías de superficie en los años 1956 y 2021

	Huecha 1956	Huecha 2021	Guadalentín 1956	Guadalentín 2021	Linares 1956	Linares 2021	Mijares 1956	Mijares 2021
Barras sin vegetación	86,85	40,39	82,48	11,34	74,54	41,83	82,92	25,66
Cauce activo	2,23	0,46	8,26	0,00	8,98	5,65	3,89	7,87
Vegetación primicolonizadora	4,22	33,63	7,75	58,25	5,07	28,69	13,14	28,61
Vegetación de ribera	6,70	25,52	1,51	30,41	11,40	23,83	0,06	37,86

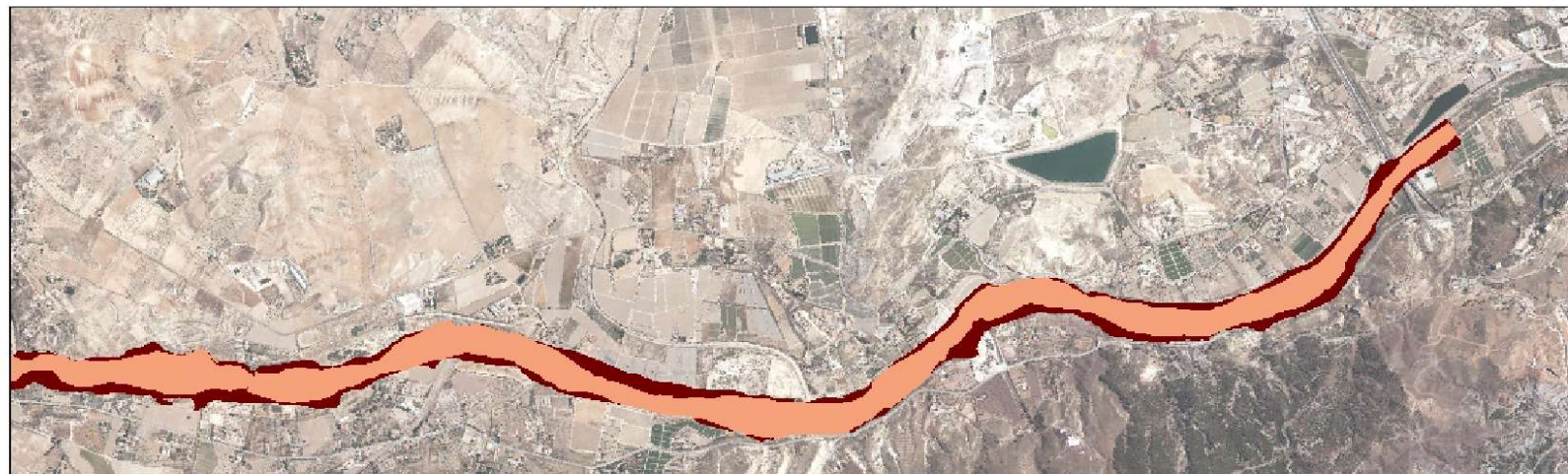
Tipologías de superficie en m² y en porcentajes



## Anexo VII.b

Cartografías de pérdida de superficie del estudio multitemporal a largo plazo (1956-2021)

### Pérdida de la superficie fluvial activa en el río Guadalentín entre 1956 y 2021



Fuente de imagen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4 1: 24.000



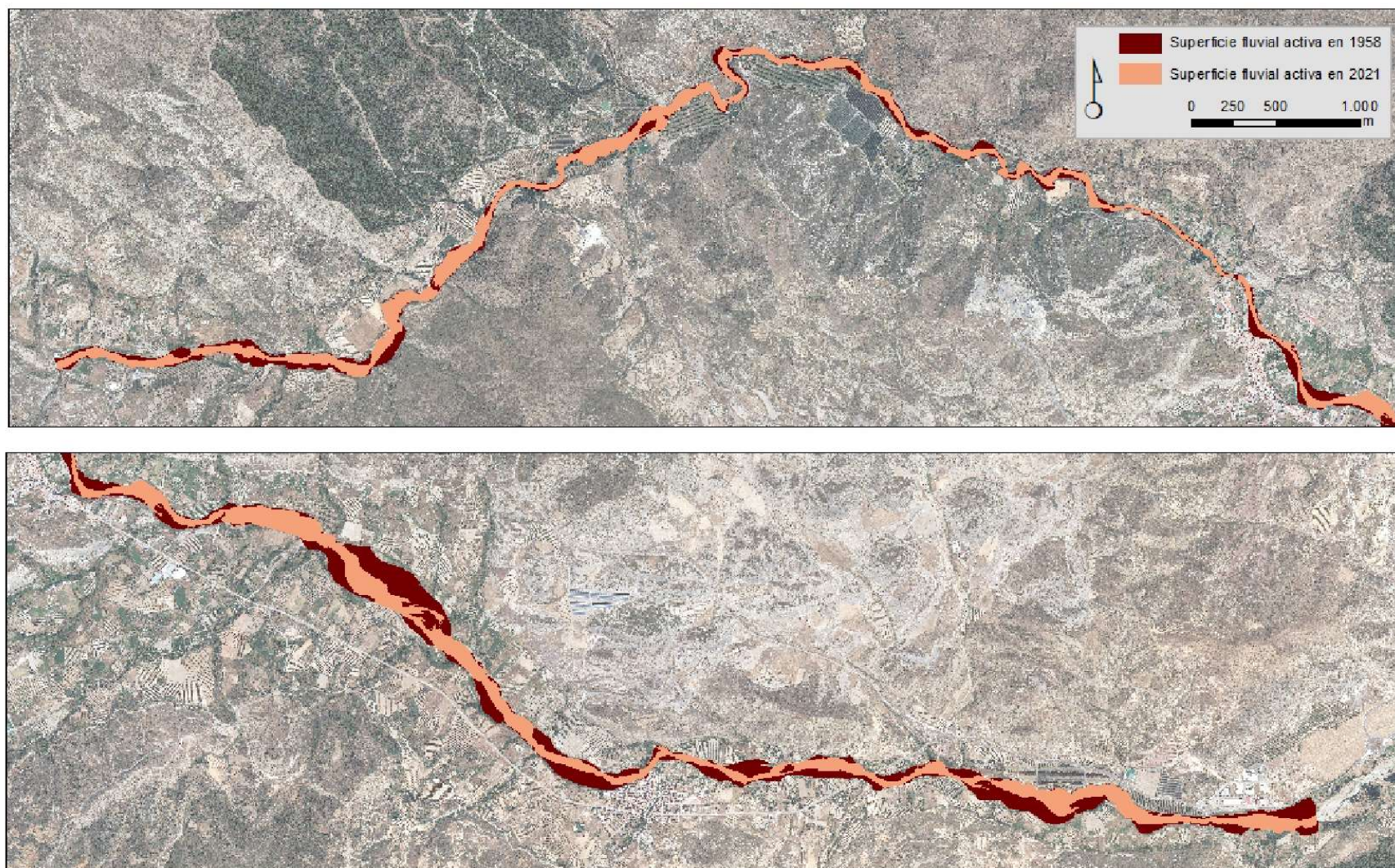
## Pérdida de la superficie fluvial activa en el río Huecha entre 1956 y 2021



Fuente de imagen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4 1: 24,000



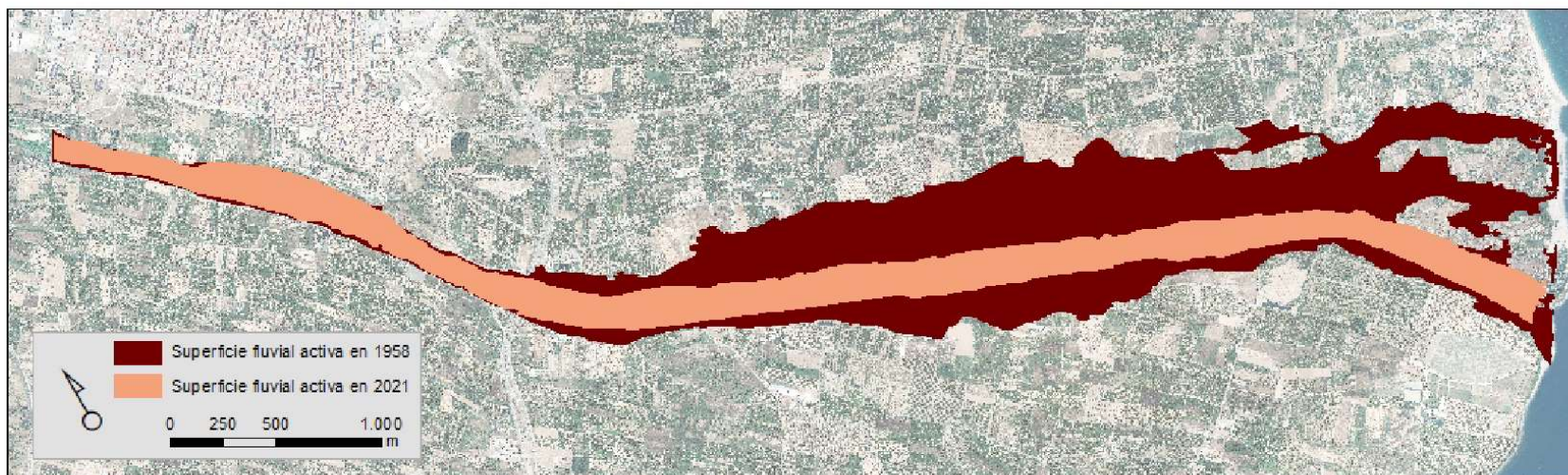
## Pérdida de la superficie fluvial activa en el río Linares entre 1956 y 2021



Fuente de imagen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N. Escala del mapa a tamaño DIN A4 1: 30.000



## Pérdida de la superficie fluvial activa en el río Mijares entre 1956 y 2021

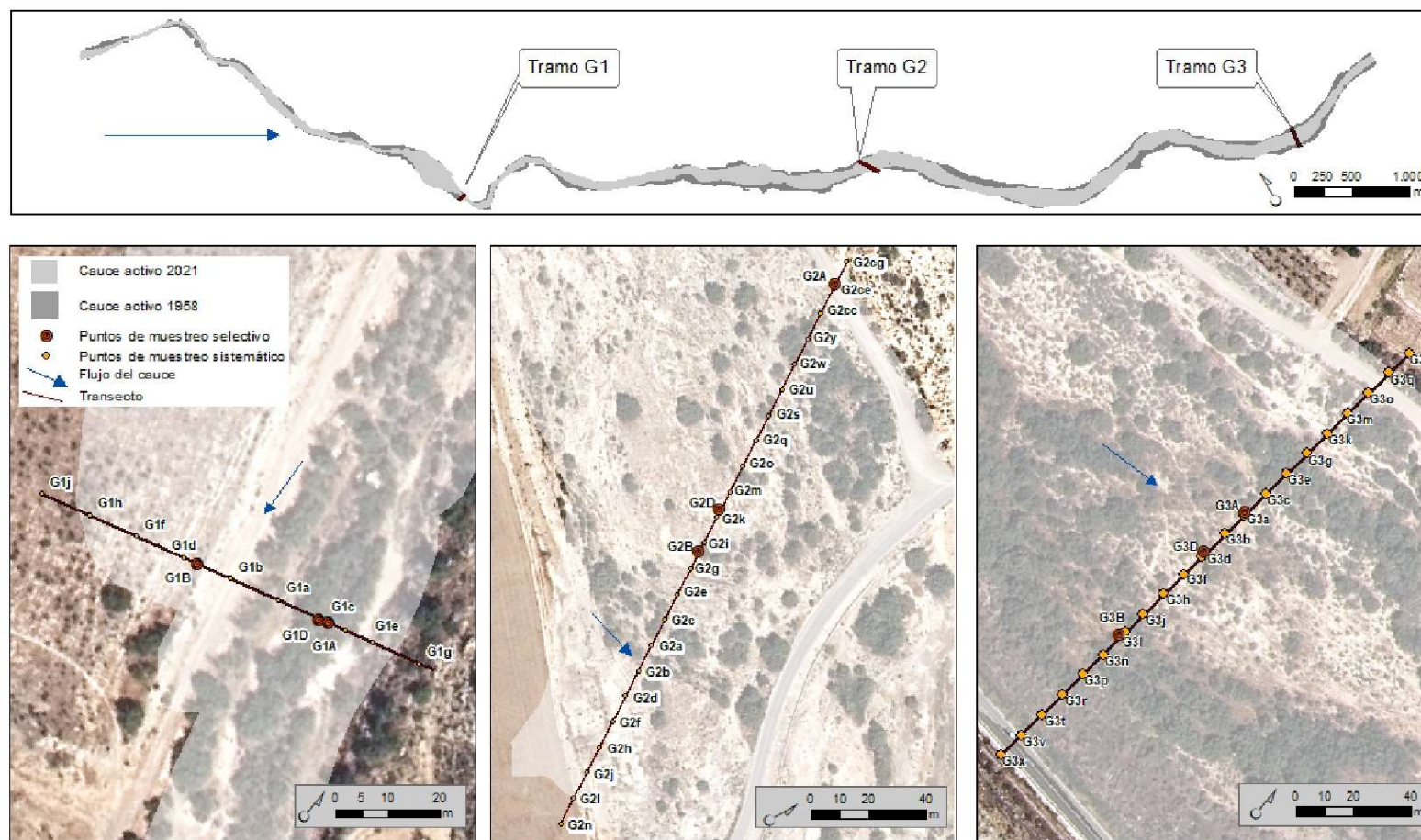


Fuente de imagen: ortofoto PNOA Máxima Actualidad 2021-22, Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia.  
Sistema de proyección ETRS 1989 Z 30 N, Escala del mapa a tamaño DIN A4 1: 24.000

## Anexo VIII

Cartografía de transectos para estudios multitemporales a medio y corto plazo

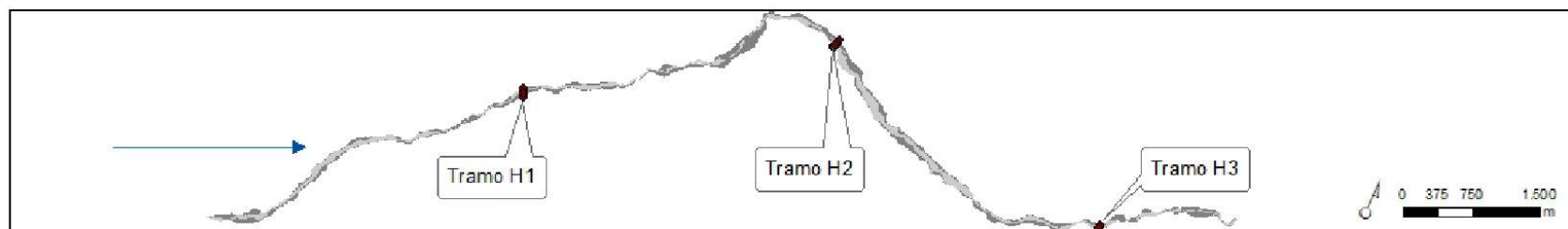
### Disposición de los transectos y puntos en el tramo de estudio del río Guadalestín



Fuente de imágenes: PNOA Máxima actualidad 2021-22. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de Proyección ETRS 1989 Z30N. Fecha Año 2023

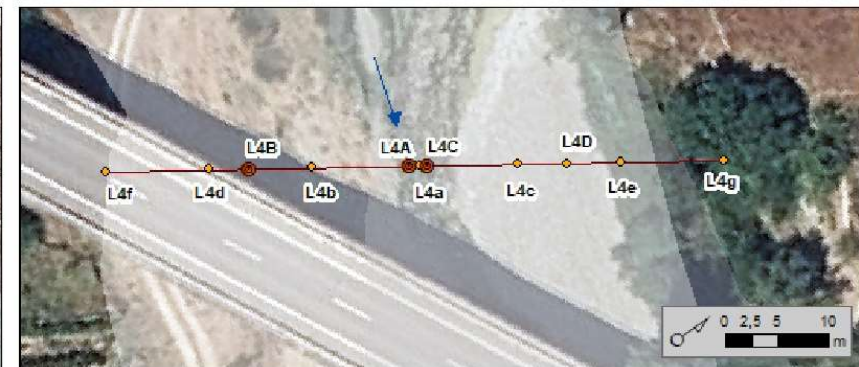
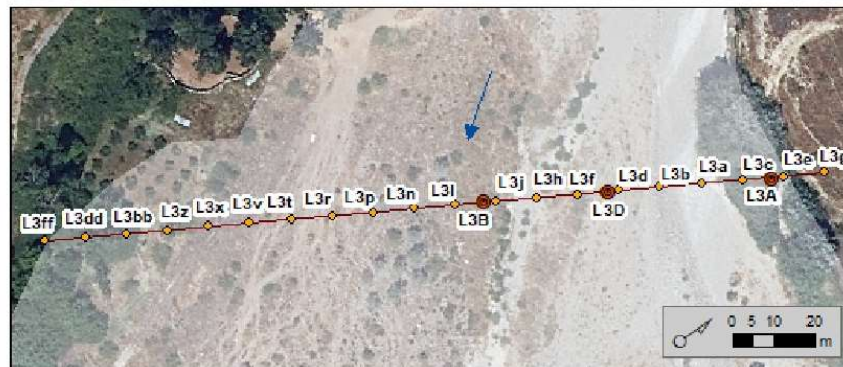
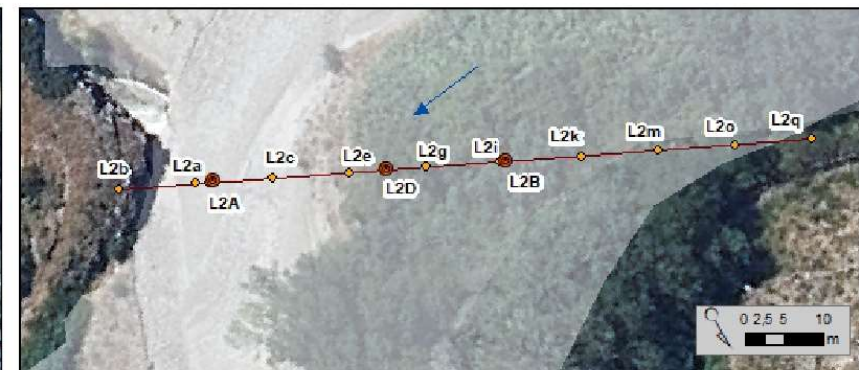
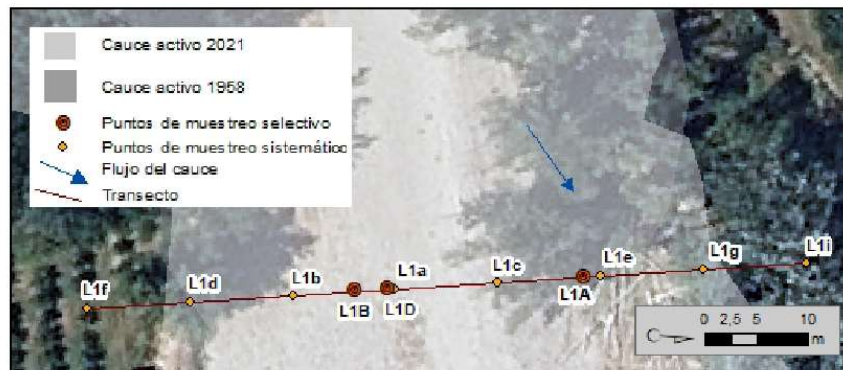
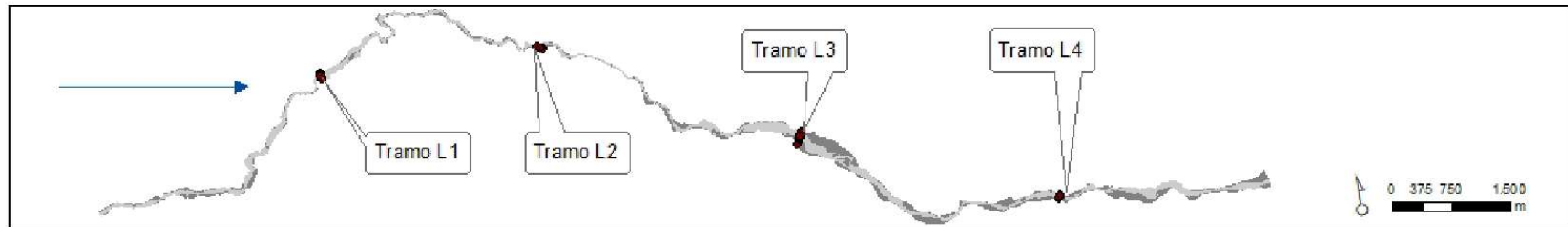


## Disposición de los transectos y puntos en el tramo de estudio del río Huecha



Fuente de imágenes: PNOA Máxima actualidad 2021-22. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de Proyección ETRS 1989 Z30N. Fecha Año 2023

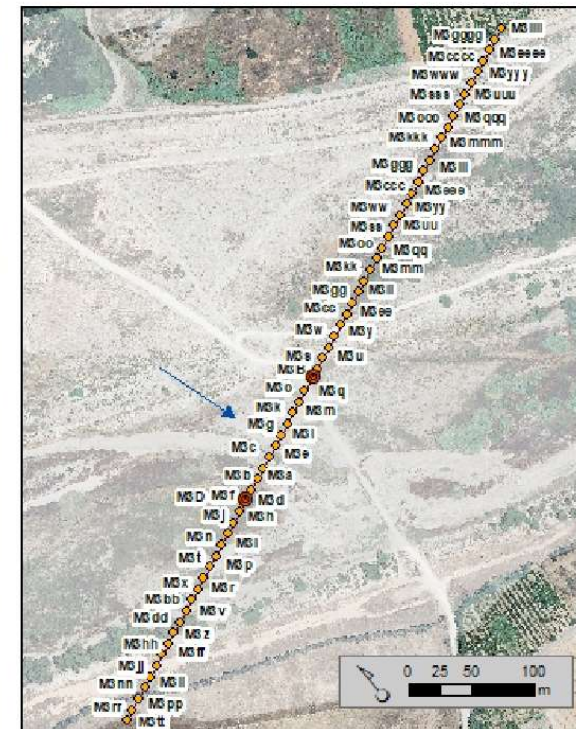
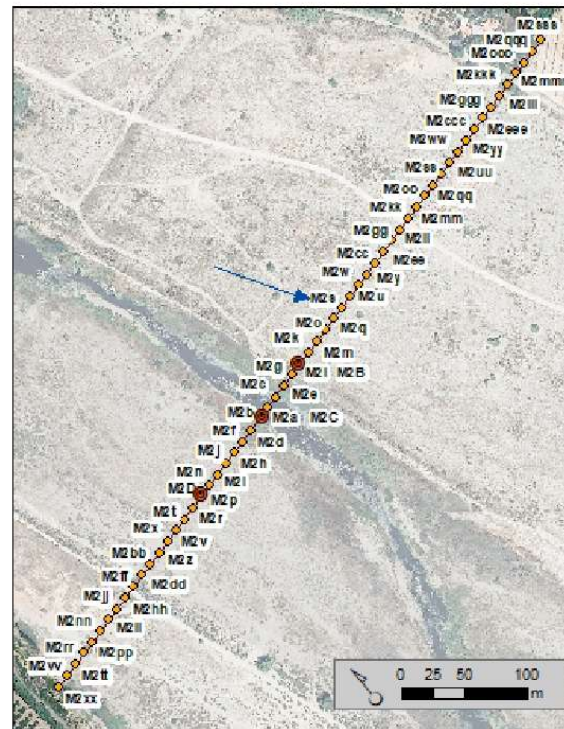
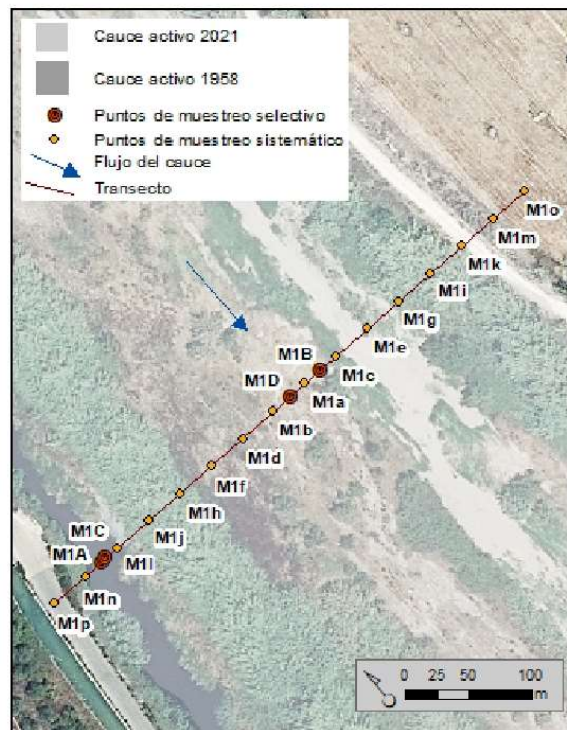
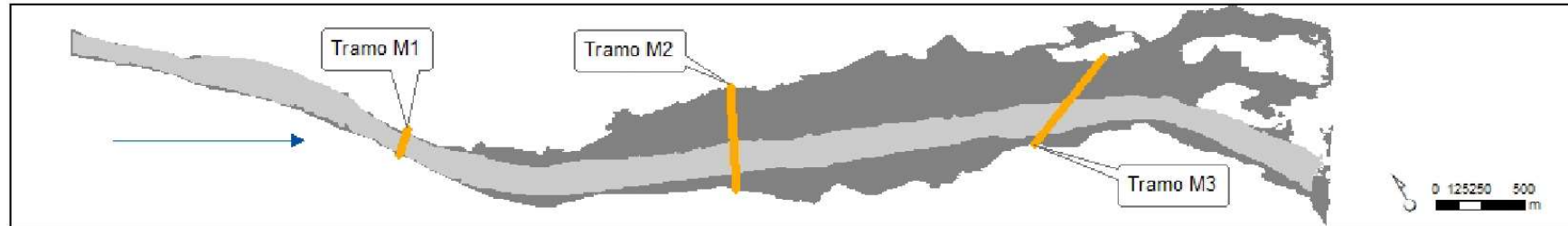
## Disposición de los transectos y puntos en el tramo de estudio del río Linares



Fuente de imágenes: PNOA Máxima actualidad 2021-22. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de Proyección ETSR 1989 Z30N. Fecha Año 2023



### Disposición de los transectos y puntos en el tramo de estudio del río Mijares



Fuente de imágenes: PNOA Máxima actualidad 2021-22. Centro Nacional de Información Geográfica. Cartografía de elaboración propia. Sistema de Proyección ETSR 1989 Z30N. Fecha Año 2023



## Anexo IX

Resultados de NDVI para el estudio multitemporal a medio plazo a partir de puntos de muestreo selectivos

### Guadalentín

		A	B	C	D
2019	Transecto 1	0,170	0,113		0,244
	Transecto 2		0,120		0,129
	Transecto 3	0,269	0,312		0,217
2020	Transecto 1	0,305	0,160		0,457
	Transecto 2		0,163		0,153
	Transecto 3	0,310	0,364		0,245
2021	Transecto 1	0,251	0,172		0,350
	Transecto 2		0,160		0,153
	Transecto 3	0,275	0,319		0,264
2022	Transecto 1	0,228	0,190		0,338
	Transecto 2		0,195		0,177
	Transecto 3	0,253	0,302		0,270
2023	Transecto 1	0,167	0,134		0,179
	Transecto 2		0,170		0,160
	Transecto 3	0,247	0,261		0,253

### Huecha

		A	B	C	D
2019	Tramo 1		0,248	0,248	
	Tramo 2		0,243		0,538
	Tramo 3	0,651	0,750		0,645
2020	Tramo 1		0,261	0,261	
	Tramo 2		0,285		0,611
	Tramo 3	0,721	0,778		0,757
2021	Tramo 1		0,294	0,294	
	Tramo 2		0,302		0,536
	Tramo 3	0,672	0,795		0,707
2022	Tramo 1				
	Tramo 2				
	Tramo 3				
2023	Tramo 1		0,106	0,106	
	Tramo 2		0,123	0,238	
	Tramo 3	0,272	0,312		0,277

**Linares**

		A	B	C	D
2019	Tramo 1	0,428	0,153		0,153
	Tramo 2	0,161	0,641		0,568
	Tramo 3	0,505	0,277		0,123
	Tramo 4	0,337	0,183	0,337	0,399
2020	Tramo 1	0,564	0,191		0,191
	Tramo 2	0,105	0,730		0,690
	Tramo 3	0,628	0,524		0,260
	Tramo 4	0,282	0,309	0,282	0,233
2021	Tramo 1	0,561	0,209		0,209
	Tramo 2	0,115	0,759		0,695
	Tramo 3	0,616	0,454		0,157
	Tramo 4	0,140	0,301	0,140	0,297

**Mijares**

		A	B	C	D
2019	Tramo 1	0,516	0,180	0,570	0,180
	Tramo 2		0,151	0,148	0,159
	Tramo 3				0,235
2020	Tramo 1	0,497	0,549	0,521	0,595
	Tramo 2		0,227	0,192	0,196
	Tramo 3				0,511
2021	Tramo 1	0,482	0,580	0,468	0,600
	Tramo 2		0,236	0,379	0,210
	Tramo 3				0,619
2022	Tramo 1	0,290	0,393	0,304	0,312
	Tramo 2		0,141	0,218	0,120
	Tramo 3				0,297
2023	Tramo 1	0,312	0,263	0,344	0,237
	Tramo 2		0,146	0,296	0,141
	Tramo 3				0,322

## Anexo X

Valores de NDVI para el estudio multitemporal a corto plazo durante el año 2021 a partir de puntos de muestreo sistemáticos.

Guadalentín									
Distancia (m)	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
	G1g	G1e	G1c	G1a	G1b	G1d	G1f	G1h	G1j
octubre	0,279	0,426	0,389	0,262	0,151	0,155	0,163	0,161	0,140
noviembre	0,192	0,278	0,410	0,375	0,145	0,105	0,150	0,145	0,132
diciembre	0,260	0,302	0,344	0,227	0,133	0,126	0,140	0,142	0,115
enero	0,243	0,198	0,217	0,149	0,111	0,143	0,125	0,140	0,141
febrero	0,223	0,167	0,163	0,130	0,116	0,157	0,140	0,130	0,128
marzo	0,264	0,226	0,209	0,147	0,184	0,253	0,256	0,262	0,274
abril	0,339	0,384	0,347	0,273	0,329	0,504	0,578	0,623	0,621
mayo	0,325	0,391	0,396	0,265	0,262	0,397	0,444	0,471	0,469
junio	0,276	0,359	0,376	0,244	0,172	0,197	0,187	0,183	0,184
julio	0,227	0,318	0,300	0,191	0,141	0,166		0,184	0,194
agosto	0,201	0,287	0,290	0,188	0,132	0,140	0,148	0,156	0,167
septiembre	0,166	0,225	0,262	0,159	0,113	0,144	0,145	0,166	0,167



	-150	-140	-130	-120	-110	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40
	G2gg	G2ce/G2ee	G2cc	G2y	G2w	G2u	G2s	G2q	G2o	G2m	G2k	G2i
octubre	0,133	0,098	0,157	0,359	0,359	0,270	0,207	0,211	0,162	0,137	0,114	0,124
noviembre	0,141	0,183	0,103	0,147	0,142	0,369	0,294	0,220	0,206	0,130	0,169	0,109
diciembre	0,123	0,108	0,110	0,341	0,341	0,248	0,202	0,186	0,177	0,124	0,120	0,157
enero	0,126	0,103	0,107	0,199	0,199	0,225	0,175	0,165	0,177	0,163	0,145	0,149
febrero	0,088	0,069	0,087	0,140	0,140	0,162	0,127	0,135	0,091	0,115	0,108	0,094
marzo	0,138	0,122	0,122	0,192	0,192	0,231	0,192	0,200	0,171	0,179	0,146	0,151
abril												
mayo	0,191	0,224	0,311	0,369	0,369	0,346	0,380	0,342	0,333	0,328	0,293	0,276
junio	0,171	0,163	0,214	0,315	0,315	0,253	0,272	0,205	0,188	0,179	0,160	0,165
julio	0,117	0,133	0,160	0,294	0,294	0,223	0,220	0,174	0,149	0,151	0,151	0,164
agosto	0,105	0,107	0,135	0,271	0,271	0,182	0,192	0,141	0,159	0,122	0,124	0,138
septiembre	0,082	0,116	0,118	0,216	0,216	0,161	0,177	0,104	0,141	0,116	0,131	0,113
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	
	G2g	G2e	G2c	G2a	G2b	G2d	G2f	G2h	G2j	G2l	G2n	
octubre	0,155	0,157	0,256	0,233	0,251	0,122	0,110	0,094	0,099	0,081	0,080	
noviembre	0,197	0,148	0,131	0,185	0,255	0,220	0,140	0,104	0,093	0,089	0,089	
diciembre	0,167	0,131	0,196	0,211	0,200	0,147	0,104	0,086	0,097	0,113	0,113	
enero	0,161	0,140	0,154	0,172	0,165	0,143	0,116	0,108	0,094	0,107	0,107	
febrero	0,110	0,107	0,131	0,134	0,138	0,102	0,093	0,070	0,079	0,083	0,083	
marzo	0,186	0,157	0,190	0,199	0,220	0,174	0,147	0,114	0,141	0,133	0,133	
abril												
mayo	0,367	0,396	0,393	0,380	0,367	0,328	0,259	0,315	0,356	0,388	0,388	
junio	0,177	0,227	0,297	0,263	0,233	0,164	0,126	0,151	0,133	0,147	0,147	
julio	0,156	0,209	0,261	0,228	0,205	0,135	0,105	0,108	0,108	0,112	0,112	
agosto	0,132	0,162	0,229	0,219	0,193	0,128	0,076	0,080	0,081	0,088	0,088	
septiembre	0,134	0,164	0,219	0,200	0,160	0,112	0,076	0,091	0,079	0,096	0,096	

Distancia (m)	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10
	G3s	G3q	G3o	G3m	G3k	G3j	G3g	G3e	G3c	G3a	G3b
octubre	0,141	0,146	0,148	0,189	0,222	0,336	0,288	0,462	0,398	0,285	0,222
noviembre	0,125	0,125	0,183	0,171	0,155	0,174	0,223	0,196	0,384	0,373	0,274
diciembre	0,132	0,146	0,157	0,163	0,203	0,025	0,259	0,366	0,308	0,245	0,186
enero	0,127	0,162	0,141	0,184	0,168	0,185	0,183	0,191	0,270	0,208	0,183
febrero											
marzo	0,098	0,132	0,184	0,197	0,251	0,272	0,223	0,265	0,335	0,298	0,250
abril											
mayo	0,352	0,293	0,262	0,355	0,346	0,464	0,458	0,491	0,448	0,387	0,371
junio	0,130	0,186	0,202	0,283	0,276	0,361	0,380	0,489	0,419	0,312	0,251
julio											
agosto	0,083	0,142	0,135	0,219	0,198	0,302	0,326	0,419	0,341	0,239	0,189
septiembre	0,103	0,127	0,137	0,209	0,186	0,274	0,341	0,375	0,295	0,213	0,183
Distancia (m)	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	
	G3d	G3f	G3h	G3l	G3n	G3p	G3r	G3t	G3v	G3x	
octubre	0,240	0,221	0,200	0,322	0,319	0,362	0,394	0,267	0,179	0,116	
noviembre	0,212	0,198	0,217	0,253	0,268	0,286	0,277	0,317	0,154	-0,007	
diciembre	0,174	0,176	0,145	-0,070	-0,133	-0,126	-0,119	-0,113	-0,129	-0,148	
enero	0,131	0,173	0,185	0,056	-0,100	-0,146	-0,148	-0,154	-0,149	-0,166	
febrero											
marzo	0,234	0,223	0,217	0,295	0,299	0,312	0,337	0,299	0,202	0,111	
abril											
mayo	0,416	0,367	0,374	0,486	0,515	0,516	0,511	0,493	0,315	0,203	
junio	0,287	0,291	0,264	0,355	0,365	0,406	0,406	0,348	0,273	0,179	
julio											
agosto	0,205	0,202	0,207	0,292	0,279	0,338	0,319	0,223	0,195	0,115	
septiembre	0,191	0,195	0,196	0,262	0,274	0,314	0,253	0,194	0,130	0,077	

Huecha										
Distancia (m)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
	H1i	H1g	H1e	H1c	H1a	H1b	H1d	H1f	H1h	H1j
octubre	0,155	0,145	0,164	0,148	0,163	0,163	0,158	0,161	0,181	0,180
noviembre	0,004	0,005	0,006	0,002	0,000	0,000	0,005	0,005	0,010	0,000
diciembre										
enero										
febrero										
marzo	0,215	0,159	0,169	0,193	0,194	0,194	0,192	0,219	0,203	0,215
abril	0,177	0,214	0,198	0,235	0,214	0,214	0,236	0,253	0,226	0,240
mayo										
junio	0,199	0,270	0,293	0,351	0,358	0,358	0,359	0,346	0,393	0,378
julio	0,164	0,209	0,247	0,239	0,251	0,251	0,248	0,239	0,267	0,262
agosto	0,133	0,192	0,179	0,187	0,191	0,191	0,181	0,192	0,210	0,211
septiembre										

Distancia (m)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
	H2m	H2k	H2i	H2g	H2e	H2c	H2a	H2b	H2d	H2f	H2h	H2j	H2l
octubre	0,216	0,171	0,250	0,361	0,361	0,357	0,309	0,339	0,366	0,335	0,244	0,273	0,276
noviembre	0,141	0,059	0,074	0,167	0,164	0,167	0,182	0,200	0,211	0,179	0,163	0,181	0,160
diciembre													
enero													
febrero													
marzo	0,355	0,288	0,172	0,349	0,381	0,361	0,285	0,312	0,359	0,385	0,331	0,368	0,304
abril	0,251	0,162	0,300	0,329	0,301	0,269	0,273	0,294	0,305	0,256	0,268	0,253	0,263
mayo													
junio	0,208	0,144	0,419	0,466	0,386	0,340	0,335	0,379	0,313	0,220	0,261	0,275	0,353
julio	0,202	0,140	0,344	0,418	0,367	0,312	0,325	0,289	0,268	0,195	0,205	0,243	0,283
agosto	0,131	0,132	0,287	0,328	0,292	0,253	0,269	0,255	0,221	0,162	0,177	0,186	0,271



Distancia (m)	-40	-30	-20	-10	0	10	20
	H3i	H3g	H3e	H3c	H3a	H3b	H3d
octubre	0,470	0,395	0,461	0,470	0,461	0,516	0,485
noviembre	0,440	0,403	0,482	0,458	0,453	0,380	0,380
diciembre							
enero							
febrero							
marzo	0,413	0,395	0,421	0,391	0,346	0,303	0,255
abril	0,294	0,150	0,125	0,103	0,110	0,147	0,244
mayo							
junio	0,571	0,242	0,186	0,153	0,125	0,153	0,375
julio	0,552	0,296	0,339	0,325	0,296	0,299	0,404
agosto	0,538	0,536	0,619	0,598	0,559	0,520	0,500
septiembre							

Linares								
Distancia (m)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30
	L1i	L1g	L1e	L1c	L1a	L1b	L1d	L1f
octubre	0,475	0,495	0,529	0,460	0,282	0,151	0,221	0,326
marzo	0,491	0,402	0,342	0,284	0,204	0,156	0,234	0,268
abril	0,462	0,437	0,364	0,215	0,155	0,233	0,307	0,323
junio	0,674	0,714	0,625	0,402	0,163	0,233	0,323	0,360
julio	0,622	0,685	0,662	0,495	0,243	0,194	0,290	0,325
agosto	0,600	0,661	0,608	0,361	0,177	0,184	0,277	0,282
septiembre	0,569	0,613	0,543	0,318	0,152	0,174	0,243	0,239

Distancia (m)	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10
	L2q	L2o	L2m	L2k	L2i	L2g	L2e	L2c	L2a	L2b
octubre	0,350	0,359	0,307	0,324	0,288	0,276	0,276	0,257	0,303	0,264
marzo	0,295	0,289	0,249	0,241	0,241	0,266	0,266	0,369	0,434	0,298
abril	0,417	0,368	0,397	0,315	0,434	0,394	0,394	0,391	0,346	0,420
junio	0,499	0,416	0,500	0,452	0,631	0,543	0,543	0,452	0,352	0,485
julio	0,484	0,434	0,448	0,382	0,527	0,491	0,491	0,440	0,455	0,477
agosto	0,381	0,253	0,396	0,380	0,548	0,475	0,475	0,449	0,437	0,432
septiembre	0,348	0,244	0,378	0,351	0,483	0,479	0,479	0,377	0,374	0,438

Distancia (m)	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
	L3g	L3e	L3c	L3a	L3b	L3d	L3f	L3h	L3j	L3l
octubre	0,122	0,091	0,107	0,080	0,130	0,213	0,213	0,337	0,374	0,248
marzo	0,165	0,095	0,104	0,092	0,148	0,277	0,277	0,331	0,332	0,350
abril	0,206	0,105	0,131	0,159	0,283	0,309	0,309	0,380	0,358	0,264
junio	0,172	0,090	0,099	0,127	0,203	0,300	0,300	0,448	0,407	0,258
julio	0,179	0,060	0,093	0,099	0,181	0,271	0,271	0,419	0,427	0,280
agosto	0,137	0,074	0,095	0,115	0,168	0,245	0,245	0,363	0,306	0,178
septiembre	0,131	0,084	0,114	0,117	0,149	0,210	0,210	0,307	0,272	0,148
Distancia (m)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
	L3n	L3p	L3r	L3t	L3v	L3x	L3z	L3bb	L3dd	L3ff
octubre	0,209	0,134	0,084	0,150	0,150	0,080	0,091	0,141	0,130	0,157
marzo	0,346	0,251	0,127	0,198	0,198	0,132	0,119	0,158	0,192	0,246
abril	0,280	0,168	0,153	0,135	0,135	0,114	0,123	0,197	0,198	0,198
junio	0,278	0,149	0,230	0,165	0,165	0,122	0,128	0,275	0,199	0,179
julio	0,275	0,198	0,242	0,193	0,193	0,120	0,123	0,232	0,190	0,167
agosto	0,191	0,138	0,214	0,125	0,125	0,092	0,112	0,197	0,132	0,125
septiembre	0,164	0,118	0,144	0,115	0,115	0,078	0,073	0,133	0,097	0,087

distancia (m)	-30	-20	-10	0	10	20	30
	L4g	L4e	L4c	L4a	L4b	L4d	L4f
octubre	0,404	0,326	0,289	0,185	0,180	0,180	0,177
marzo	0,330	0,154	0,158	0,231	0,311	0,311	0,259
abril	0,125	0,001	0,037	0,043	0,089	0,089	0,121
junio	0,492	0,263	0,259	0,246	0,241	0,241	0,282
julio	0,488	0,280	0,246	0,223	0,213	0,213	0,252
agosto	0,512	0,283	0,211	0,169	0,174	0,174	0,229
septiembre	0,468	0,254	0,157	0,145	0,181	0,181	0,221

Mijares																
Distancia (m)	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	M1o	M1m	M1k	M1i	M1g	M1e	M1c	M1a	M1b	M1d	M1f	M1h	M1j	M1l	M1n	M1p
octubre	0,459	0,455	0,369	0,211	0,192	0,234	0,222	0,195	0,211	0,232	0,197	0,174	0,333	0,606	0,641	0,565
noviembre	0,492	0,479	0,438	0,289	0,209	0,211	0,219	0,206	0,193	0,188	0,180	0,192	0,231	0,437	0,519	0,489
diciembre	0,416	0,452	0,317	0,290	0,400	0,452	0,511	0,535	0,526	0,373	0,271	0,220	0,393	0,449	0,333	0,241
enero	0,432	0,454	0,315	0,283	0,368	0,440	0,485	0,494	0,503	0,390	0,289	0,237	0,380	0,434	0,352	0,251
febrero																
marzo	0,459	0,445	0,322	0,283	0,291	0,253	0,263	0,288	0,343	0,260	0,266	0,295	0,396	0,473	0,414	0,403
abril	0,462	0,458	0,325	0,173	0,143	0,137	0,135	0,138	0,150	0,207	0,215	0,246	0,491	0,559	0,485	0,243
mayo																
junio	0,374	0,396	0,267	0,188	0,193	0,195	0,213	0,228	0,238	0,253	0,221	0,235	0,553	0,637	0,568	0,460
julio	0,385	0,417	0,303	0,415	0,592	0,643	0,648	0,657	0,653	0,398	0,243	0,199	0,549	0,674	0,637	0,563
agosto	0,315	0,346	0,275	0,344	0,485	0,528	0,527	0,517	0,510	0,369	0,238	0,173	0,389	0,479	0,481	0,377
septiembre	0,378	0,453	0,344	0,422	0,595	0,650	0,619	0,598	0,622	0,398	0,241	0,165	0,418	0,505	0,381	0,256



Distancia (m)	-330	-320	-310	-300	-290	-280	-270	-260	-250	-240	-230	-220
	M2sss	M2qqq	M2ooo	M2mmm	M2kkk	M2iii	M2ggg	M2eee	M2ccc	M2yy	M2ww	M2uu
octubre	0,155	0,140	0,126	0,128	0,145	0,145	0,161	0,155	0,186	0,188	0,188	0,136
noviembre	0,170	0,144	0,137	0,139	0,124	0,162	0,146	0,162	0,168	0,171	0,171	0,161
diciembre	0,434	0,368	0,314	0,284	0,257	0,236	0,204	0,218	0,233	0,323	0,323	0,335
enero	0,426	0,373	0,318	0,277	0,280	0,253	0,229	0,242	0,280	0,359	0,359	0,358
febrero												
marzo	0,108	0,102	0,099	0,101	0,096	0,093	0,099	0,100	0,094	0,105	0,105	0,131
abril	0,120	0,119	0,117	0,124	0,126	0,116	0,119	0,114	0,120	0,118	0,118	0,139
mayo												
junio	0,136	0,132	0,129	0,129	0,127	0,127	0,125	0,125	0,132	0,127	0,127	0,143
julio	0,114	0,105	0,101	0,105	0,110	0,120	0,121	0,115	0,121	0,111	0,111	0,118
agosto	0,143	0,138	0,139	0,141	0,131	0,134	0,128	0,134	0,145	0,130	0,130	0,142
septiembre	0,144	0,143	0,143	0,141	0,142	0,138	0,153	0,152	0,146	0,157	0,157	0,141
Distancia (m)	-210	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-110	-100
	M2ss	M2qq	M2oo	M2mm	M2kk	M2ii	M2gg	M2ee	M2cc	M2y	M2w	M2u
octubre	0,142	0,219	0,217	0,143	0,115	0,104	0,113	0,121	0,121	0,123	0,118	0,141
noviembre	0,125	0,174	0,202	0,177	0,136	0,111	0,092	0,111	0,120	0,127	0,122	0,118
diciembre	0,294	0,262	0,237	0,154	0,151	0,154	0,154	0,146	0,147	0,164	0,168	0,192
enero	0,310	0,273	0,266	0,173	0,171	0,164	0,176	0,180	0,177	0,187	0,164	0,224
febrero												
marzo	0,206	0,254	0,237	0,167	0,151	0,146	0,156	0,158	0,159	0,152	0,181	0,226
abril	0,251	0,255	0,257	0,192	0,170	0,172	0,177	0,180	0,183	0,192	0,242	0,255
mayo												
junio	0,186	0,227	0,209	0,166	0,157	0,164	0,171	0,166	0,174	0,170	0,199	0,200
julio	0,123	0,219	0,191	0,130	0,116	0,121	0,129	0,122	0,123	0,132	0,144	0,180
agosto	0,155	0,208	0,202	0,152	0,149	0,151	0,153	0,149	0,150	0,163	0,175	0,209
septiembre	0,154	0,202	0,206	0,133	0,134	0,146	0,134	0,137	0,149	0,147	0,175	0,216

Distancia (m)	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20
	M2s	M2q	M2o	M2m	M2k	M2i	M2g	M2e	M2c	M2a	M2b	M2d
octubre	0,122	0,112	0,111	0,133	0,147	0,185	0,190	0,163	0,161	0,145	0,137	0,136
noviembre	0,145	0,125	0,108	0,131	0,136	0,138	0,162	0,175	0,171	0,139	0,140	0,148
diciembre	0,149	0,140	0,150	0,156	0,186	0,214	0,224	0,190	0,173	0,162	0,164	0,185
enero	0,159	0,144	0,166	0,167	0,178	0,206	0,247	0,209	0,206	0,175	0,176	0,219
febrero												
marzo	0,179	0,174	0,180	0,180	0,223	0,261	0,270	0,237	0,219	0,191	0,195	0,251
abril	0,209	0,192	0,192	0,219	0,245	0,275	0,255	0,253	0,241	0,239	0,257	0,314
mayo												
junio	0,177	0,170	0,171	0,180	0,195	0,230	0,222	0,197	0,188	0,182	0,195	0,220
julio	0,112	0,127	0,142	0,157	0,161	0,183	0,190	0,158	0,151	0,144	0,144	0,157
agosto	0,139	0,151	0,165	0,177	0,189	0,211	0,216	0,191	0,184	0,176	0,176	0,187
septiembre	0,139	0,157	0,174	0,186	0,216	0,232	0,205	0,197	0,184	0,174	0,169	0,205
Distancia (m)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	M2f	M2h	M2j	M2l	M2n	M2p	M2r	M2t	M2v	M2x	M2z	M2bb
octubre	0,156	0,165	0,198	0,198	0,354	0,403	0,274	0,209	0,213	0,233	0,201	0,185
noviembre	0,143	0,159	0,206	0,206	0,259	0,351	0,289	0,224	0,154	0,190	0,194	0,179
diciembre	0,234	0,177	0,246	0,246	0,351	0,263	0,173	0,213	0,213	0,322	0,294	0,285
enero	0,266	0,227	0,268	0,268	0,412	0,432	0,257	0,241	0,215	0,366	0,301	0,264
febrero												
marzo	0,315	0,317	0,370	0,370	0,503	0,424	0,454	0,426	0,459	0,490	0,343	0,314
abril	0,324	0,361	0,429	0,429	0,533	0,432	0,511	0,495	0,507	0,550	0,396	0,368
mayo												
junio	0,240	0,273	0,417	0,417	0,583	0,432	0,497	0,633	0,545	0,503	0,299	0,257
julio	0,201	0,216	0,306	0,306	0,519	0,441	0,416	0,399	0,385	0,451	0,248	0,202
agosto	0,207	0,226	0,236	0,236	0,376	0,293	0,369	0,312	0,304	0,339	0,233	0,206
	0,222	0,251	0,269	0,269	0,470	0,350	0,482	0,373	0,335	0,401	0,260	0,231

Distancia (m)	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
	M2dd	M2ff	M2hh	M2jj	M2ll	M2nn	M2pp	M2rr	M2tt	M2vv	M2xx
octubre	0,157	0,135	0,123	0,145	0,157	0,160	0,166	0,144	0,166	0,170	0,124
noviembre	0,149	0,116	0,111	0,107	0,141	0,168	0,176	0,154	0,139	0,148	0,157
diciembre	0,246	0,194	0,165	0,198	0,261	0,294	0,219	0,168	0,198	0,209	0,300
enero	0,242	0,209	0,184	0,216	0,272	0,308	0,236	0,160	0,178	0,201	0,253
febrero											
marzo	0,294	0,245	0,232	0,257	0,332	0,340	0,285	0,262	0,287	0,269	0,313
abril	0,311	0,251	0,262	0,272	0,349	0,346	0,261	0,267	0,268	0,245	0,325
mayo											
junio	0,214	0,175	0,185	0,209	0,223	0,216	0,181	0,215	0,251	0,226	0,247
julio	0,172	0,139	0,138	0,170	0,176	0,178	0,147	0,161	0,203	0,198	0,164
agosto	0,183	0,173	0,166	0,184	0,188	0,191	0,176	0,183	0,198	0,199	0,187
septiembre	0,190	0,177	0,162	0,180	0,213	0,210	0,179	0,200	0,199	0,190	0,184

Distancia (m)	-400	-390	-380	-370	-360	-350	-340	-330	-320	-310	-300
	M3iiii	M3gggg	M3eeee	M3cccc	M3yyy	M3www	M3uuu	M3sss	M3qqq	M3ooo	M3mmm
octubre	0,185	0,159	0,168	0,170	0,219	0,280	0,536	0,551	0,557	0,528	0,537
noviembre	0,183	0,166	0,158	0,144	0,256	0,355	0,541	0,500	0,556	0,547	0,554
diciembre	0,268	0,267	0,274	0,327	0,351	0,373	0,483	0,535	0,543	0,541	0,546
enero	0,312	0,311	0,319	0,369	0,406	0,402	0,518	0,564	0,567	0,556	0,564
febrero											
marzo	0,410	0,450	0,466	0,441	0,404	0,395	0,520	0,509	0,457	0,476	0,481
abril	0,343	0,376	0,381	0,380	0,399	0,363	0,404	0,440	0,430	0,422	0,441
mayo											
junio	0,216	0,215	0,228	0,227	0,240	0,250	0,366	0,441	0,427	0,418	0,429
julio	0,211	0,204	0,227	0,238	0,234	0,281	0,421	0,549	0,468	0,466	0,485
agosto	0,227	0,209	0,234	0,247	0,252	0,262	0,378	0,436	0,403	0,413	0,422
septiembre	0,275	0,291	0,314	0,321	0,324	0,352	0,518	0,546	0,515	0,541	0,562



Distancia (m)	-290	-280	-270	-260	-250	-240	-230	-220	-210	-200	-190
	M3kkk	M3iii	M3ggg	M3eee	M3ccc	M3yy	M3ww	M3uu	M3ss	M3qq	M3oo
octubre	0,547	0,504	0,385	0,334	0,194	0,193	0,223	0,225	0,234	0,167	0,138
noviembre	0,537	0,537	0,525	0,504	0,210	0,186	0,206	0,233	0,255	0,202	0,143
diciembre	0,517	0,421	0,335	0,285	0,230	0,202	0,196	0,138	0,176	0,128	0,149
enero	0,528	0,431	0,349	0,311	0,273	0,216	0,220	0,156	0,169	0,139	0,175
febrero											
marzo	0,465	0,381	0,343	0,333	0,231	0,188	0,193	0,199	0,168	0,155	0,184
abril	0,403	0,302	0,290	0,286	0,210	0,180	0,178	0,206	0,214	0,169	0,244
mayo											
junio	0,377	0,276	0,250	0,239	0,214	0,197	0,179	0,208	0,196	0,175	0,235
julio	0,439	0,303	0,223	0,196	0,189	0,165	0,166	0,142	0,144	0,110	0,153
agosto	0,381	0,279	0,232	0,217	0,176	0,176	0,185	0,177	0,175	0,131	0,176
septiembre	0,466	0,290	0,228	0,204	0,174	0,179	0,173	0,167	0,151	0,121	0,195
Distancia (m)	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-110	-100	-90	-80
	M3mm	M3kk	M3ii	M3gg	M3ee	M3cc	M3y	M3w	M3u	M3s	M3q
octubre	0,163	0,216	0,214	0,219	0,231	0,221	0,254	0,288	0,305	0,292	0,376
noviembre	0,136	0,157	0,150	0,170	0,194	0,160	0,189	0,220	0,251	0,234	0,289
diciembre	0,191	0,211	0,199	0,183	0,190	0,208	0,260	0,272	0,259	0,279	0,320
enero	0,227	0,239	0,215	0,211	0,245	0,246	0,281	0,305	0,283	0,308	0,370
febrero											
marzo	0,222	0,220	0,204	0,175	0,218	0,238	0,286	0,275	0,252	0,347	0,405
abril	0,324	0,266	0,220	0,252	0,299	0,279	0,282	0,280	0,258	0,375	0,466
mayo											
junio	0,316	0,291	0,248	0,290	0,348	0,307	0,307	0,330	0,318	0,463	0,516
julio	0,257	0,240	0,201	0,213	0,242	0,214	0,238	0,272	0,252	0,381	0,473
agosto	0,239	0,235	0,201	0,232	0,251	0,238	0,242	0,249	0,237	0,305	0,366
septiembre	0,272	0,252	0,216	0,255	0,280	0,240	0,249	0,259	0,236	0,360	0,440
Distancia (m)	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30
	M3o	M3m	M3k	M3i	M3g	M3e	M3c	M3a	M3b	M3d	M3f
octubre	0,397	0,405	0,399	0,417	0,333	0,195	0,178	0,129	0,183	0,296	0,155
noviembre	0,317	0,296	0,281	0,361	0,342	0,237	0,201	0,136	0,147	0,200	0,102
diciembre	0,320	0,376	0,409	0,354	0,275	0,169	0,095	0,078	0,187	0,272	0,185

enero	0,343	0,405	0,417	0,377	0,320	0,203	0,119	0,119	0,254	0,290	0,173
febrero											
marzo	0,387	0,376	0,422	0,383	0,301	0,218	0,175	0,209	0,361	0,351	0,185
abril	0,416	0,503	0,481	0,377	0,294	0,221	0,196	0,260	0,418	0,391	0,220
mayo											
junio	0,511	0,602	0,573	0,385	0,276	0,202	0,193	0,227	0,398	0,453	0,266
julio	0,425	0,500	0,446	0,330	0,240	0,147	0,128	0,156	0,282	0,363	0,160
agosto	0,343	0,391	0,361	0,291	0,229	0,160	0,133	0,162	0,226	0,305	0,192
septiembre	0,403	0,471	0,438	0,307	0,220	0,144	0,125	0,153	0,233	0,302	0,146
Distancia (m)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	M3h	M3j	M3l	M3n	M3p	M3r	M3t	M3v	M3x	M3z	M3bb
octubre	0,116	0,201	0,158	0,119	0,124	0,185	0,190	0,277	0,330	0,331	0,296
noviembre	0,094	0,188	0,195	0,089	0,073	0,112	0,143	0,198	0,236	0,254	0,240
diciembre	0,103	0,101	0,081	0,137	0,098	0,098	0,115	0,233	0,301	0,383	0,521
enero	0,111	0,138	0,096	0,173	0,138	0,148	0,202	0,207	0,306	0,366	0,474
febrero											
marzo	0,210	0,176	0,101	0,249	0,168	0,116	0,286	0,411	0,498	0,545	0,607
abril	0,172	0,165	0,138	0,243	0,215	0,175	0,125	0,344	0,545	0,609	0,629
mayo											
junio	0,151	0,201	0,155	0,250	0,252	0,351	0,308	0,490	0,610	0,626	0,623
julio	0,150	0,122	0,095	0,189	0,200	0,247	0,323	0,381	0,453	0,445	0,426
agosto	0,142	0,140	0,110	0,190	0,192	0,252	0,386	0,380	0,358	0,344	0,298
septiembre	0,094	0,111	0,070	0,161	0,150	0,183	0,208	0,258	0,403	0,391	0,338
Distancia (m)	150	160	170	180	190	200	210	220	230		
	M3dd	M3ff	M3hh	M3jj	M3ll	M3nn	M3pp	M3rr	M3tt		
octubre	0,271	0,271	0,293	0,330	0,317	0,290	0,288	0,259	0,216		
noviembre	0,229	0,227	0,237	0,253	0,294	0,291	0,206	0,167	0,131		
diciembre	0,542	0,546	0,428	0,312	0,254	0,232	0,231	0,165	0,199		
enero	0,495	0,489	0,415	0,317	0,303	0,271	0,234	0,171	0,185		
febrero											
marzo	0,622	0,607	0,561	0,449	0,323	0,273	0,230	0,222	0,220		
abril	0,640	0,646	0,492	0,344	0,319	0,289	0,283	0,170	0,183		
mayo											

junio	0,619	0,602	0,520	0,329	0,365	0,425	0,356	0,276	0,263
julio	0,412	0,395	0,376	0,255	0,314	0,281	0,318	0,199	0,256
agosto	0,271	0,256	0,259	0,212	0,304	0,267	0,271	0,184	0,236
septiembre	0,297	0,287	0,284	0,209	0,216	0,246	0,206	0,157	0,185