

## Trabajo Fin de Máster

Aplicación de los métodos de modelización a la conservación de especies: Plan de conservación del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) en la provincia de Castellón

Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Director

Aitor Valdeón Vélez

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio

Facultad de Filosofía y letras

2019



## AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas las personas que, de una forma y otra, me han ayudado y apoyado para que este proyecto de fin de máster sea hoy una realidad.

A la largo del curso académico, en la asignatura “*cambio global y gestión de riesgos naturales*”, tuve la oportunidad de conocer por primera vez los métodos de modelización a la conservación de especies. Hablando con mi profesor y director Aitor Valdeón Vélez, sobre el gran interés que despertó en mí la aplicación de esta herramienta a la hora de gestionar una especie, me propuso la idea de realizar el presente trabajo. Por ello, quería agradecerle su gran apoyo, su profesionalidad y esa positividad que le caracteriza y contagia, durante esta fase que nos ha unido.

Agradecer a Vicente Sancho de CÀDEC, Taller de Gestión Ambiental, S.L, por su gran aporte de información.

Al departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza, por las gestiones llevadas a cabo y el buen trato.

Finalmente, a nivel personal, a mis padres, a mi hermano, a toda mi familia y amigos que, aun estando lejos, siempre me han apoyado en todo momento durante esta etapa académica que ya culmina. Muchas gracias por ser mi fuente de inspiración en la vida.

## SUMARIO

RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo consiste en contribuir a la gestión del medio natural en la Comunidad Autónoma Valenciana ante la potencial presencia de una especie animal no contemplada hasta el momento: el tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*). El interés que tiene la especie se debe a la existencia de una población aislada justo en la provincia de al lado, Tarragona.

Se han llevado a cabo diferentes metodologías estadísticas y geográficas como los SIG, la teledetección y los modelos de nicho ecológico utilizando el algoritmo de máxima entropía (*Maxent*), a la hora de predecir la distribución de la especie y crear mapas de distribución. Para la construcción de estos modelos predictivos se necesitan dos fuentes de información: datos de presencia de la especie (población de Tarragona) y variables ambientales. En las modelizaciones las variables no deben estar correlacionadas y poseer la mayor heterogeneidad.

En este caso, a la hora de evaluar el modelo, se ha obtenido un valor del estadístico AUC muy elevado de 0,920. Ello demuestra la eficacia del modelo.

Asimismo, los resultados indican que hay una continuidad espacial entre las poblaciones de Tarragona y la provincia de Castellón. Mediante la gestión del hábitat podría aparecer en el futuro la especie en Castellón y formar parte del abanico de biodiversidad a gestionar por la Comunidad Autónoma Valenciana.

**Palabras clave:** Modelización, tritón jaspeado, Castellón, Tarragona, Maxent.

## ABSTRACT

The main objective of this work is to contribute to the management of the natural environment in the Valencian Autonomous Community in the face of the potential presence of an animal species not contemplated so far: the marbled newt (*Triturus marmoratus*). The interest of the species is due to the existence of an isolated population right in the province next door, Tarragona.

Different statistical and geographical methodologies such as GIS, remote sensing and ecological niche models have been carried out using the maximum entropy algorithm (*Maxent*), when predicting the distribution of the species and creating distribution maps. Two sources of information are needed for the construction of these predictive models: presence data of the species (population of Tarragona) and environmental variables. In modelling, the variables should not be correlated and have the greatest heterogeneity.

In this case, when evaluating the model, a very high AUC statistical value of 0.920 was obtained, which demonstrates the effectiveness of the model.

Likewise, the results indicate that there is a spatial continuity between the towns of Tarragona and the province of Castellón. Through habitat management, the species could appear in Castellón in the future and become part of the biodiversity range to be managed by the Valencian Autonomous Community.

**Keywords:** Modelling, marbled newt, Castellón, Tarragona, Maxent.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	7
3.1 Aspectos generales del medio físico.....	7
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	10
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1 Análisis de las fuentes de información.....	12
5.2 Modelización de la distribución geográfica potencial.....	13
5.3 Selección de las variables ambientales.....	20
5.4 Trabajo de campo.....	23
5.5 Cronograma de planificación.....	25
6. RESULTADOS.....	26
6.1 Cartografía de la distribución potencial del tritón jaspeado ( <i>Triturus marmoratus</i> ).....	26
6.2 Caracterización de zonas potenciales.....	31
6.2.1 Balsa Lo Tormo 1. Castellón.....	32
6.2.2 Balsa Lo Tormo 2. Castellón.....	34
6.2.3 Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....	37
6.2.4 Balsa Mas del Horno. Tarragona.....	39
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	42
8. CONCLUSIONES.....	45
9. BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS	
Anexo 1: Cartografía sobre la especie y el área de estudio.....	I
Anexo 2: Tabla de correlaciones.....	VII
Anexo 3: Cartografía de selección de variables.....	IX

Anexo 4: Cartografía de campo.....	XV
Anexo 5: Cartografía de las balsas visitadas en campo.....	XX

## ÍNDICE DE FIGURAS

### 1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.1: Diversidad de anfibios en el Paleártico Occidental, basados en cuadrículas de 20x20 km, representando las 137 especies nativas de la región. Extraído de Dufresnes (2018).....2

Figura 1.2: Distribución geográfica del género Triturus. Extraído de Wielstra et al., (2013).....4

Figura 1.3: Distribución geográfica del tritón jaspeado.....5

### 3. ÁREA DE ESTUDIO

Figura 3.1: Localización del área de estudio.....7

#### 3.1 Aspectos generales del medio físico

Figura 3.1.1: Parques Naturales de la provincia de Castellón.....9

Figura 3.1.2: Red Natura 2000 de la provincia de Castellón.....10

### 5. METODOLOGÍA

Figura 5.1: Esquema metodológico.....12

#### 5.2 Modelización de la distribución geográfica potencial

Figura 5.2.1: Datos de presencia del tritón jaspeado en la provincia de Tarragona.....14

Figura 5.2.2: Diagrama BAM. B: Variables bióticas; A: Variables abióticas; M: Movimiento. Extraído de Soberón y Nakamura (2009).....15

Figura 5.2.3: Esquema ejecutivo ModelBuilder.....17

Figura 5.2.4: Esquema ejecutivo ModelBuilder.....18

Figura 5.2.5: Esquema ejecutivo ModelBuilder.....20

#### 5.3 Selección de las variables ambientales

Figura 5.3.1: Proceso de ejecución en Maxent.....22

#### 5.4 Trabajo de campo

Figura 5.4.1: Ficha de campo.....24

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Distribución potencial del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)

Figura 6.1.1: Idoneidad del tritón jaspeado en la provincia de Castellón, creada a partir de Maxent utilizando variables bioclimáticas, NDVI y distancia a balsas.....27

Figura 6.1.2: Idoneidad del tritón jaspeado en la provincia de Castellón y Tarragona, creada a partir de Maxent utilizando variables bioclimáticas, NDVI y distancia a balsas.....28

Figura 6.1.3: Curva del receptor ROC de la modelización del tritón jaspeado.....28

Figura 6.1.4: Curvas de respuesta marginal.....29

Figura 6.1.5: Curvas de respuesta utilizando sólo la variable correspondiente.....29

Figura 6.1.6: Test de Jackknife. Ganancia estadística de las variables ambientales.....30

Figura 6.1.7: Test de Jackknife. Valor AUC del modelo.....31

### 6.2 Caracterización de zonas potenciales

#### 6.2.1 Balsa Lo Tormo 1. Castellón

Figura 6.2.1.1: Ortofoto de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.....32

Figura 6.2.1.2: Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.....32

Figura 6.2.1.3: Balsa Lo Tormo 1. Castellón.....33

Figura 6.2.1.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.....33

#### 6.2.2 Balsa Lo Tormo 2. Castellón

Figura 6.2.2.1: Ortofoto de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.....34

Figura 6.2.2.2: Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.....35

Figura 6.2.2.3: Muestreo en la balsa Lo Tormo 2. Castellón. Foto: Aitor Valdeón Vélez..35

Figura 6.2.2.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.....36

### 6.2.3 Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón

Figura 6.2.3.1: Ortofoto de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....37

Figura 6.2.3.2: Cobertura del suelo de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....37

Figura 6.2.3.3: Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....38

Figura 6.2.3.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....38

### 6.2.4 Balsa Mas del Horno. Tarragona

Figura 6.2.4.1: Ortofoto de la balsa Mas del Horno. Tarragona.....39

Figura 6.2.4.2: Cobertura del suelo de la balsa Mas del Horno. Tarragona.....40

Figura 6.2.4.3: Balsa Mas del Horno. Tarragona. Foto: Aitor Valdeón Vélez.....40

Figura 6.2.4.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Mas del Horno. Tarragona.....41

Figura 6.2.4.5: Larva de tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) en la balsa Mas del Horno. Tarragona.....42

## ÍNDICE DE TABLAS

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.2 Modelización de la distribución geográfica potencial

Tabla 5.2.1: Variables bioclimáticas.....	16
---	----

#### 5.3 Selección de las variables ambientales

Tabla 5.3.1: Correlación de Pearson (r).....	21
--	----

Tabla 5.3.2: Ejemplo de elección de umbrales para las variables ambientales. Los valores de umbral sombreados son los elegidos para realizar las categorías de idoneidad de este estudio.....	23
---	----

#### 5.5 Cronograma de planificación

Tabla 5.5.1: Cronograma de planificación.....	25
---	----

### 6. RESULTADOS

#### 6.1 Distribución potencial del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)

Tabla 6.1.1: Porcentaje de contribución de las variables ambientales al modelo.....	30
---	----

#### 6.2 Caracterización de zonas potenciales

##### 6.2.1 Balsa Lo Tormo 1. Castellón

Tabla 6.2.1.1: Área de la cobertura de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.....	34
--	----

##### 6.2.2 Balsa Lo Tormo 2. Castellón

Tabla 6.2.2.1: Área de la cobertura de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.....	36
--	----

##### 6.2.3 Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón

Tabla 6.2.3.1: Área de la cobertura de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.....	39
---	----

##### 6.2.4 Balsa Mas del Horno. Tarragona

Tabla 6.2.4.1: Área de la cobertura de la balsa Mas del Horno. Tarragona.....	41
---	----

## 1. INTRODUCCIÓN

Partimos de la ordenación del territorio para la gestión y conservación de los valores naturales, lo que se ha conservado a través del tiempo sin sufrir otras modificaciones que las derivadas de los procesos naturales.

Los espacios naturales, podrían definirse como un conjunto de ecosistemas naturales que presentan una baja alteración por la acción humana, es decir, aquellos espacios en los que la intervención del ser humano no ha llegado a alterar significativamente los elementos abióticos y bióticos que los integran. De ahí, surge la motivación de proteger los espacios naturales mediante una figura normativa, preservando los valores naturales presentes. Por tanto, para que un espacio natural sea protegido debe reunir una serie de requisitos y cualidades extraordinarias (Morillo y Leconte, 1988). Además, deben utilizarse instrumentos eficaces para su protección efectiva, dentro del cual los espacio protegidos pueden establecerse y gestionarse (CNNPA. UICN, 1994).

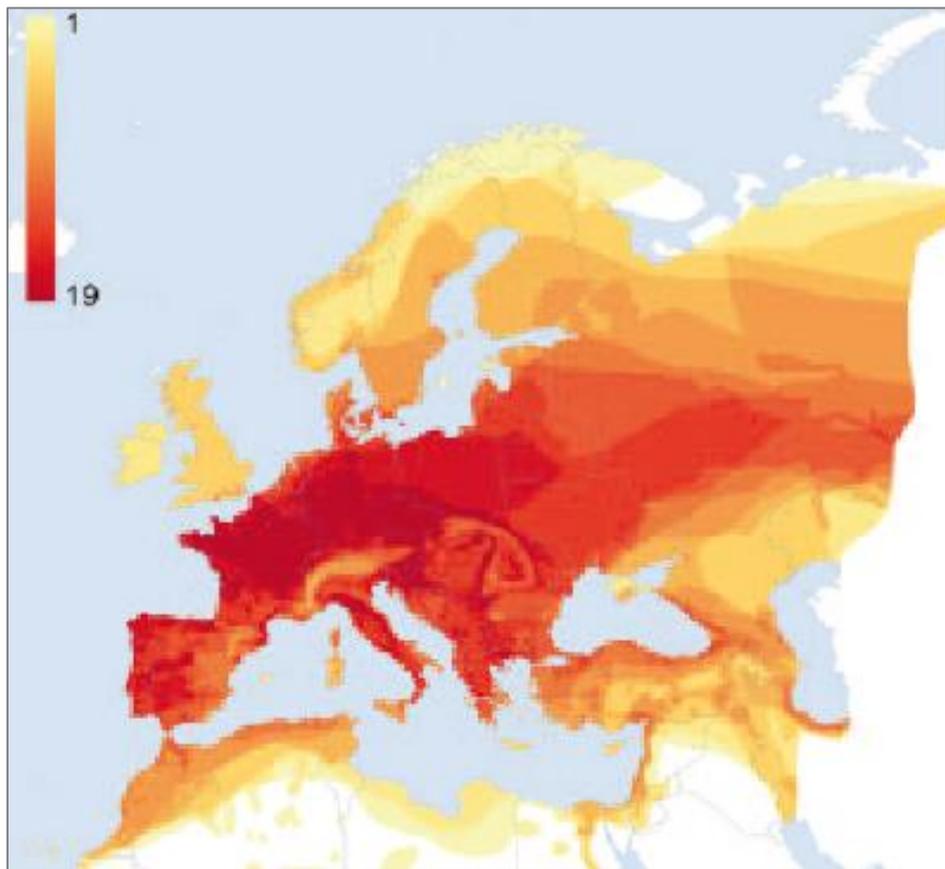
Entre los instrumentos de gestión de los Espacios Naturales Protegidos (ENP) cabe destacar el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG).

En lo referido al marco legal de los ENP en España, se crea el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, con la nueva Ley 42/07 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Donde incluye la Red Europea Natura 2000, compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), designadas en virtud de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y de la Directiva Aves (79/403/CEE).

Dejando a un lado esta breve aproximación conceptual, las especies de anfibios son también objeto de gestión y conservación, sin más lejos un ejemplo claro de especies con medidas de conservación lo tenemos en la isla de Mallorca, donde se encuentra una especie endémica de sapo llamado ferreret o sapillo balear (*Alytes muletensis*), un anfibio muy sensible a cualquier cambio en su hábitat, actualmente se encuentra incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría de “en peligro de extinción”. Así como el sapo corredor (*Epidalea calamita*) en Reino Unido, también en peligro de extinción a nivel nacional y es objeto de un Plan de Acción para la Biodiversidad de Especies.

“Los anfibios son el grupo faunístico más amenazado del planeta, tal como atestigua la Lista Roja de la UICN (UICN, 2008)” (Rodríguez, 2013, p.1).

La diversidad de anfibios en el Paleártico Occidental es elevada en latitudes intermedias de Europa Occidental y Central (*Figura 1.1*), actuando estas áreas como refugios y promotores de la diversidad. Se han identificado siete puntos calientes de diversidad de anfibios, es decir, con más de diez taxones, en gran parte impulsados por endemismos regionales y la persistencia de las especies debido a la estabilidad ecológica a lo largo del Cuaternario. Estos puntos calientes son: El noroeste de África, el norte y centro de la península ibérica, el Cinturón de los Apeninos en Italia (sobre todo en las estribaciones de los Cárpatos), la península de Anatolia junto con las costas del mar Negro Caucásico, la región de Levante (este de la costa mediterránea) y la región de Hircania (sur de las orillas del mar Caspio) (Dufresnes, 2018).



*Figura 1.1: Diversidad de anfibios en el Paleártico Occidental, basados en cuadrículas de 20x20 km, representando las 137 especies nativas de la región. Extraído de Dufresnes (2018).*

Efectivamente, es importante la gestión de conservación de los valores naturales, y concretamente de las especies. Aquí juega un papel muy significativo los modelos de nicho ecológico (MNE), que son aproximaciones empíricas o matemáticas al nicho ecológico de una especie, cuyo objetivo principal trata de relacionar diferentes tipos de variables ecogeográficas con la distribución de las especies, para de esta forma identificar qué variables limitan y definen dicho nicho. Por nicho ecológico se entiende como una subdivisión del hábitat que contiene las condiciones ambientales que permiten a los individuos de una especie sobrevivir y reproducirse (Grinnell, 1917).

La ubicación precisa de las poblaciones de especies es fundamental para evaluar su estado de conservación. Los MNE son bastante útiles para la localización de las especies, se pueden generar modelos de idoneidad del hábitat con el algoritmo de máxima entropía (*Maxent*), con gran capacidad predictiva (Buirea, 2016).

En definitiva, una herramienta de gran utilidad en estudios de distribución de especies, y especialmente en aquellas terrestres no voladoras, como la mayoría de los anfibios y reptiles. Pueden ser utilizados para deducir el estado de conservación de las especies, identificar los posibles factores de amenaza y proponer medidas de gestión y conservación (Sillero et al., 2010).

Volvamos al principio de toda conceptualización previa a una investigación, con la pregunta de por qué aplicar los métodos de modelización a la conservación de especies. La respuesta es que, para poner en valor la gestión del medio para la conservación de la naturaleza, en este caso nos vamos a centrar en una especie de anfibio perteneciente al género *Triturus* que no está en una comunidad autónoma, pero sí está muy cerca, pudiendo en un futuro formar parte de ella. Hay que tener en cuenta que la distribución de una especie nunca es fija, sino que tiende a expandirse o a retraerse.

El género *Triturus* en Europa cuenta con numerosas especies, concretamente nueve, cuya distribución se debe a las principales oscilaciones climáticas durante la Edad de Hielo Cuaternaria, dando lugar a esa diversidad genética intraespecífica (Wielstra et al., 2013). En la *figura 1.2*, se puede observar la distribución de este género, donde cada especie se desarrolla de manera independiente, ocupando áreas de distribución disjuntas, salvo una excepción en el oeste y centro de Francia, donde *Triturus marmoratus*, especie objeto de este estudio, y *Triturus cristatus*, conviven conjuntamente.

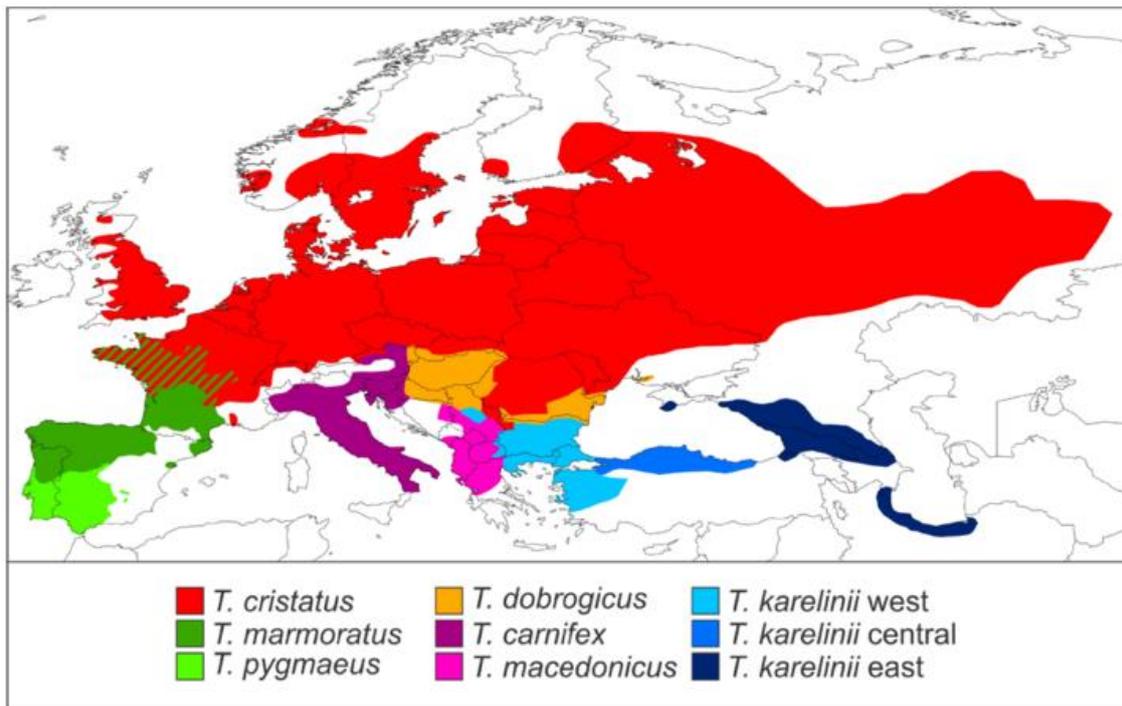


Figura 1.2: Distribución geográfica del género *Triturus*. Extraído de Wielstra et al., (2013).

El estado de conservación del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)<sup>1</sup> tanto a nivel estatal como internacional presenta una preocupación menor. Actualmente, se distribuye geográficamente por gran parte de Francia y la mitad norte de la península ibérica, incluyendo España y Portugal. Es importante mencionar que la especie ha sido introducida en los Países Bajos (AmphibiaWeb, 2017).

En Francia, esta especie se puede encontrar en el sur, oeste y centro del país. En España, el tritón jaspeado se localiza sobre todo en la mitad norte peninsular, siendo más abundante en el norte, centro y oeste del país, distribuyéndose por el norte del Sistema Central. En la submeseta norte es muy escaso y es muy raro en la cornisa cantábrica, desde Cantabria hasta Lugo. Sin embargo, abunda más en Navarra, País Vasco, Soria, este de Burgos y en la sierra de Madrid.

En la parte noreste peninsular escasea su presencia, donde la especie se distribuye por algunas zonas de Cataluña, encontrándose dos poblaciones desconectadas: una al noreste, principalmente en la provincia de Girona, y otra al sur, en la provincia de Tarragona<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Incluido en el anexo IV de la Directiva Hábitat de la UE y en el anexo III del Convenio de Berna.

<sup>2</sup> Como se puede observar en la figura 1.3, la distribución se extiende hasta Castellón, sin embargo, las citas de observación se registran sólo en Tarragona. Por tanto, se generaliza la información.

Hay que destacar que, en su distribución altitudinal, alcanza desde el nivel del mar hasta elevaciones cercanas a los 2.100 metros. En Portugal, el tritón jaspeado se distribuye por la mitad norte avanzando hacia el sur hasta la Sierra de Malcata (Montori, 2014).



Figura 1.3: Distribución geográfica del tritón jaspeado.

## 2. OBJETIVOS

Se establece en este estudio como objetivo general:

- Contribuir a la gestión del medio natural en la Comunidad Autónoma Valenciana ante la potencial presencia de una especie animal no contemplada hasta el momento: el tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*).

Para ello, se han planteado una serie de objetivos específicos, que nos ayudarán a conseguir el objetivo principal. Éstos son:

- Realizar un breve análisis geográfico contextualizador.
- Estimar la distribución potencial del tritón jaspeado en la provincia de Castellón.
- Caracterizar algunas zonas potencialmente aptas para la especie.
- Desarrollar cartografía digital para la gestión de la especie en la zona de estudio.
- Proponer medidas de gestión para la protección de la especie.

En definitiva, se persigue conocer la potencial distribución del tritón jaspeado en Castellón, ya que hasta ahora no se ha realizado un estudio de este tipo en la zona, teniendo en cuenta la distribución de una pequeña población en una zona muy próxima, Tarragona, donde sí hay presencia de la especie. Por tanto, es una zona muy interesante para estudiar tanto la expansión de la especie ya que puede colonizar una comunidad autónoma, como el retroceso, es decir, por ser un núcleo aislado que puede llegar a extinguirse.

### 3. ÁREA DE ESTUDIO

La provincia de Castellón se localiza al este de la península ibérica, en la parte más septentrional de la Comunidad Valenciana, cuya capital es Castellón de la Plana. Limita con el mar mediterráneo al este y con las provincias de Tarragona al noreste, Teruel al oeste y Valencia al sur. Presenta una densidad poblacional de 576.898 habitantes (INE, 2018), un total de 135 municipios y una superficie aproximada de 6.679 km<sup>2</sup>.



Figura 3.1: Localización del área de estudio.

#### 3.1 Aspectos generales del medio físico

Con una orografía muy abrupta, la provincia de Castellón presenta una altitud máxima de 1.813 m, concretamente en el pico de Peñagolosa en la Sierra de Espadán. Comprende una larga franja litoral de unos 116 km (INE, 1985), formada por un glacis de erosión de origen plio-cuaternario.

Castellón presenta un clima bastante heterogéneo debido a su variedad fisiográfica. Las zonas de la planicie litoral conforman un clima subtropical mediterráneo e incluso semiárido en algunos puntos no superiores a los 500 m, con una precipitación media anual inferior a los 500 mm. Las zonas del interior presentan distintos tipos climáticos.

Por un lado, están las tierras con clima seco-subhúmedo que alcanzan cotas de entre 500 y 900 m con un aporte de precipitaciones anuales entre 500 y 700 mm. Luego, en las zonas con alturas comprendidas entre los 900 y 1.200 m predominan un clima subhúmedo con precipitaciones anuales entre los 700 y 800 mm. Finalmente, en el interior de las altas estribaciones de la Cordillera Ibérica, se encuentra un clima húmedo con una precipitación anual superior a los 800 mm, especialmente en zonas entre los 1.300 y 1.800 m de altitud. Ese escalonamiento altitudinal existente entre las sierras costeras y las del interior producen un aumento térmico de hasta 1° cada 160 m. La temperatura media de la provincia es de unos 17° C (Quereda et al., 1976). Por tanto, la orografía y climatología, típicamente mediterránea, dan lugar a un sistema fluvial muy característico, con una representación propia en forma de ramblas. Entre los principales ríos de Castellón se encuentran el río Mijares, el río Cenia y el río Palancia.

Respecto a la vegetación que caracteriza a la provincia, las especies arbóreas más representativas son las coníferas, que se localizan entre el nivel del mar y los 1.200 m, destacando el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino rodeno (*Pinus pinaster*). Por encima de los 1.000 m de altitud, en menor proporción encontramos el pino laricio (*Pinus nigra*) y el silvestre (*Pinus sylvestris*). Entre manchas aisladas encontramos los enebros (*Juniperus oxycedrus*) y sabinas (*Juniperus thurifera*).

Entre las frondosas, hay que señalar la encina (*Quercus rotundifolia*) que se encuentra por toda la provincia. En la Sierra de Espadán encontramos en menor medida el alcornoque (*Quercus suber*) y quejigo (*Quercus faginea*) en las zonas altas del Maestrazgo. Finalmente, otras de las especies de frondosas que podemos encontrar, aunque menos representativas son el algarrobo (*Ceratonia siliqua*), el chopo (*Populus pyramidalis*), la pistacea (*Pistacia lentiscus*), etc, (Montserrat y Díaz-Aranda, 1988).

Asimismo, encontramos un valioso patrimonio hídrico como balsas, pozos, acequias, fuentes naturales, embalses, sierras de agua, molinos harineros, etc, para la explotación de un recurso tan importante y escaso, acentuado en el medio mediterráneo, como es el agua. Esa combinación de escasez ha fomentado el ingenio del habitante castellonense para aprovechar racionalmente los recursos hídricos. Muchos de ellos dignos de ser protegidos, actualmente las sierras de agua o los molinos harineros se encuentran en mal estado, aquí la ordenación del territorio juega un papel fundamental para su rehabilitación y puesta en valor (centros de interpretación, rutas temáticas, etc).

Los espacios naturales protegidos suponen el 45,60 % del territorio de la provincia, destacando entre ellos los Parques Naturales: uno compartido con la provincia de Valencia, el Parque Natural de la Sierra Calderona, y el resto ya se encuentran exclusivamente dentro de la provincia: el Parque Natural del Peñagolosa, Parque Natural del Desierto de las Palmas, Parque Natural de la Sierra de Irta, Parque Natural de la Sierra de Espadán, Parque Natural de la Tenencia de Benifasar, Parque Natural del Prat de Cabanes-Torreblanca y Reserva Natural de las Islas Columbretes.

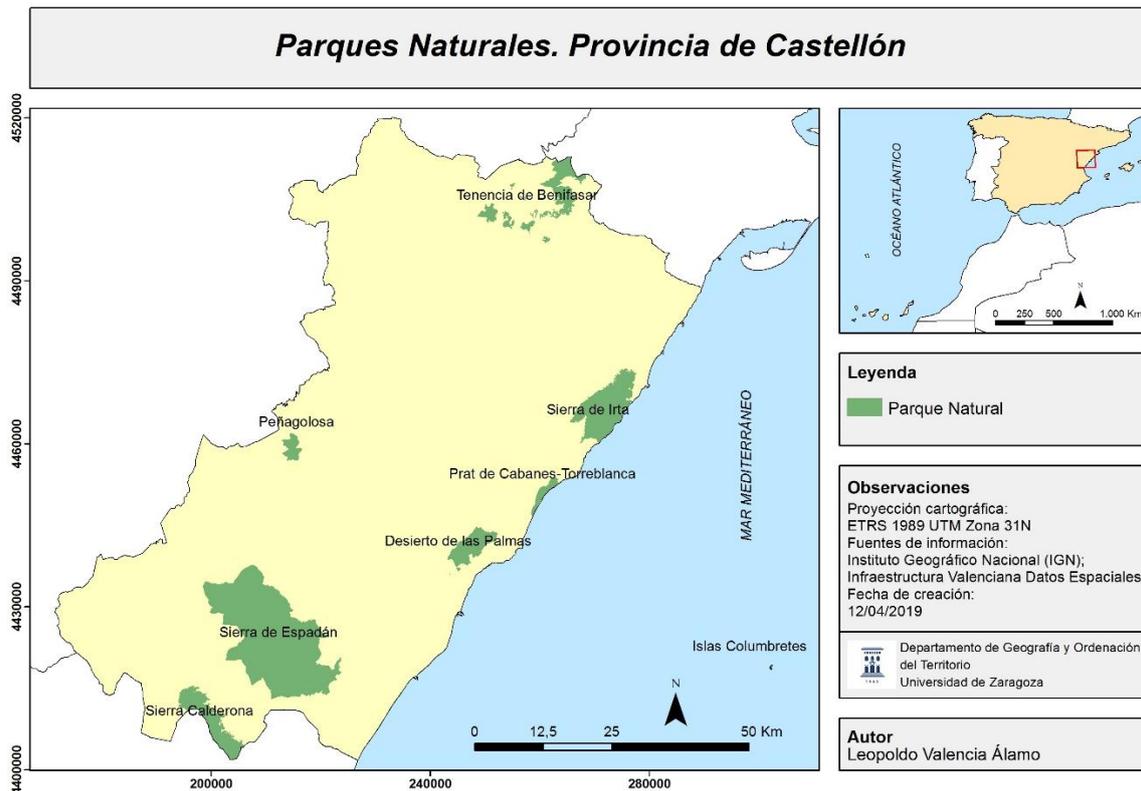


Figura 3.1.1: Parques Naturales de la provincia de Castellón.

La Comunidad Autónoma Valenciana cuenta con 127 espacios naturales protegidos, que ocupan aproximadamente el 37,49 % de su territorio, incluidos en la red Natura 2000. Si observamos la figura 3.1.2, se puede ver la superficie que ocupan los lugares de la red Natura 2000 en la provincia de Castellón, representando el 35 % de su territorio, además de incluir todos los parques naturales anteriormente mencionados.

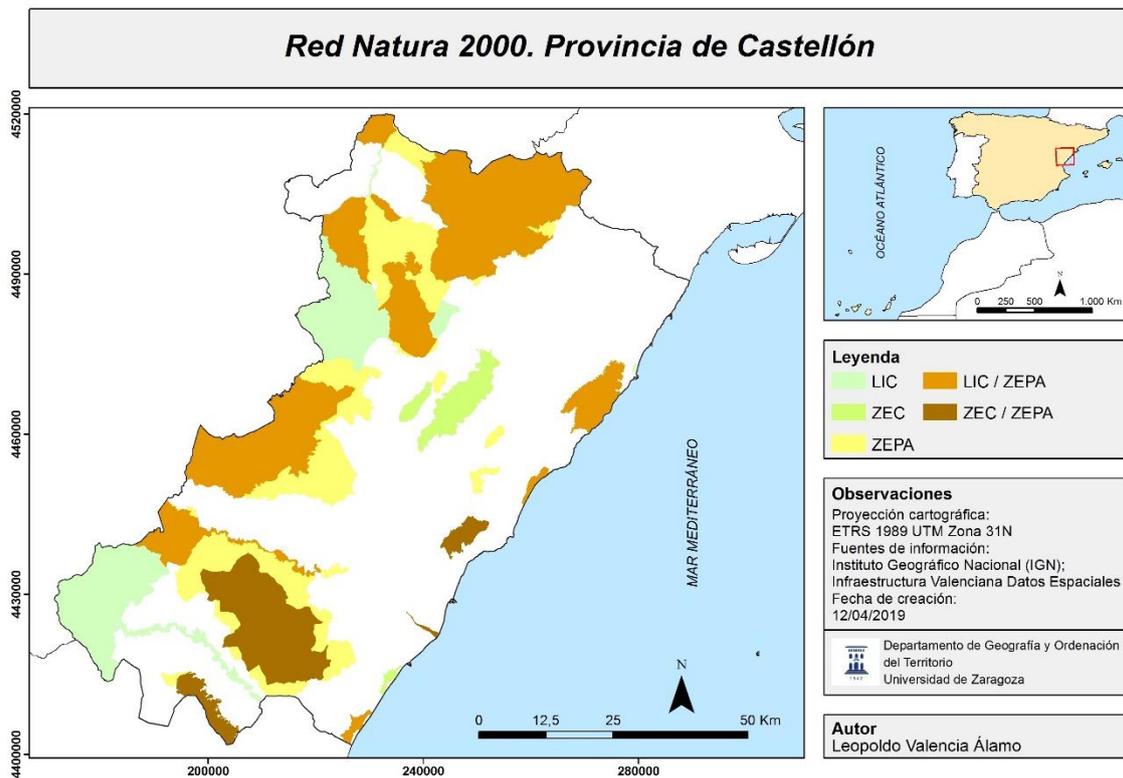


Figura 3.1.2: Red Natura 2000 de la provincia de Castellón.

#### 4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El estudio de la distribución de las especies de anfibios y su papel en la gestión ambiental del territorio se ha estudiado en muchas publicaciones a nivel nacional e internacional. Múltiples técnicos entre ellos, biólogos, geógrafos, ingenieros, etc, han analizado en profundidad distintos territorios desde la óptica de la conservación y mejora de la biodiversidad y protección del territorio.

A nivel internacional destacan obras como el *Atlas of amphibians and reptiles in Europe* (1997) de Dolmen., et al. Igualmente *European Red List of Amphibians* (2009) de Temple y Cox. También, el artículo *Tracing glacial refugia of Triturus newts based on mitochondrial DNA phylogeography and species distribution modeling* (2013) de Wielstra., et al.

A nivel nacional existe una amplísima bibliografía, destacando obras como el *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España* (2002) de Pleguezuelos., et al, el *Catálogo de los anfibios fósiles de España* (1977) de Sanchiz, y otras publicaciones como *la guía de INCAFO de los anfibios y reptiles de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias* (1987) de Barbadillo y de Castilla. También hay artículos centrados en la

conservación de especies como *Prioridades para la conservación de anfibios en España* (2013) de Rodríguez.

A continuación, destacamos algunas obras con un enfoque más local como los trabajos de Lacomba y Sancho: *Atlas de anfibios y reptiles de la Comunidad Valenciana* (1999), así como la guía *Amfibis i rèptils de Catalunya, País Valencià i Balears* (2011) de Rivera., et al.

Todas estas publicaciones, a nivel general, nos permiten conocer el papel de la biodiversidad herpetológica en el territorio. Podemos encontrar trabajos sobre la distribución de las especies de anfibios, sobre todo a nivel general, pero no se profundiza tanto a nivel local o provincial, por lo que es un tema en el que queda mucho por hacer.

A parte de lo ya comentado, para llevar a cabo el presente trabajo también se ha tenido que acudir a numerosas fuentes cartográficas. Las fuentes cartográficas han sido necesarias en este estudio, donde se ha analizado la distribución de la especie: el Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España, el Servidor de Información de Anfibios y Reptiles de España (SIARE) y el servidor web de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

En definitiva, fuentes que nos dice la misma distribución de la especie, pero, aunque sea la misma entre ellas, en algunas fuentes esa distribución se manifiesta en forma de polígonos como es el caso de la UICN. Sin embargo, en determinadas fuentes la distribución se muestra en forma de cuadrículas U.T.M de 10x10 km, caso del Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España y el Servidor de Información de Anfibios y Reptiles de España. La distribución en forma de cuadrículas es más concreta ya que en esa cuadrícula 10x10 km se ha visto la especie, no obstante, cuando la distribución se manifiesta mediante polígonos se está generalizando la información, ya que ese polígono nos delimita una amplia zona en la que supuestamente se encuentra la especie.

Por todo lo expuesto anteriormente, resulta evidente la carencia de un análisis en profundidad de la posible presencia del tritón jaspeado en la provincia de Castellón que planteamos en este estudio, debido principalmente a la inexistencia de obras o publicaciones que hayan tratado esta materia en profundidad. Por tanto, la consulta y trabajo pormenorizado de estas fuentes propicia analizar y contribuir a la gestión del medio natural en la Comunidad Autónoma Valenciana ante la potencial presencia de esta especie no contemplada hasta el momento.

## 5. METODOLOGÍA

A raíz de nuestro ámbito de estudio, la provincia de Castellón, se ha llevado a cabo diferentes metodologías necesarias para la consecución de los objetivos planteados. En este apartado, se trata de describir de forma general los métodos utilizados durante este estudio.

La secuencia metodológica desarrollada en el presente trabajo se resume en el siguiente esquema metodológico.

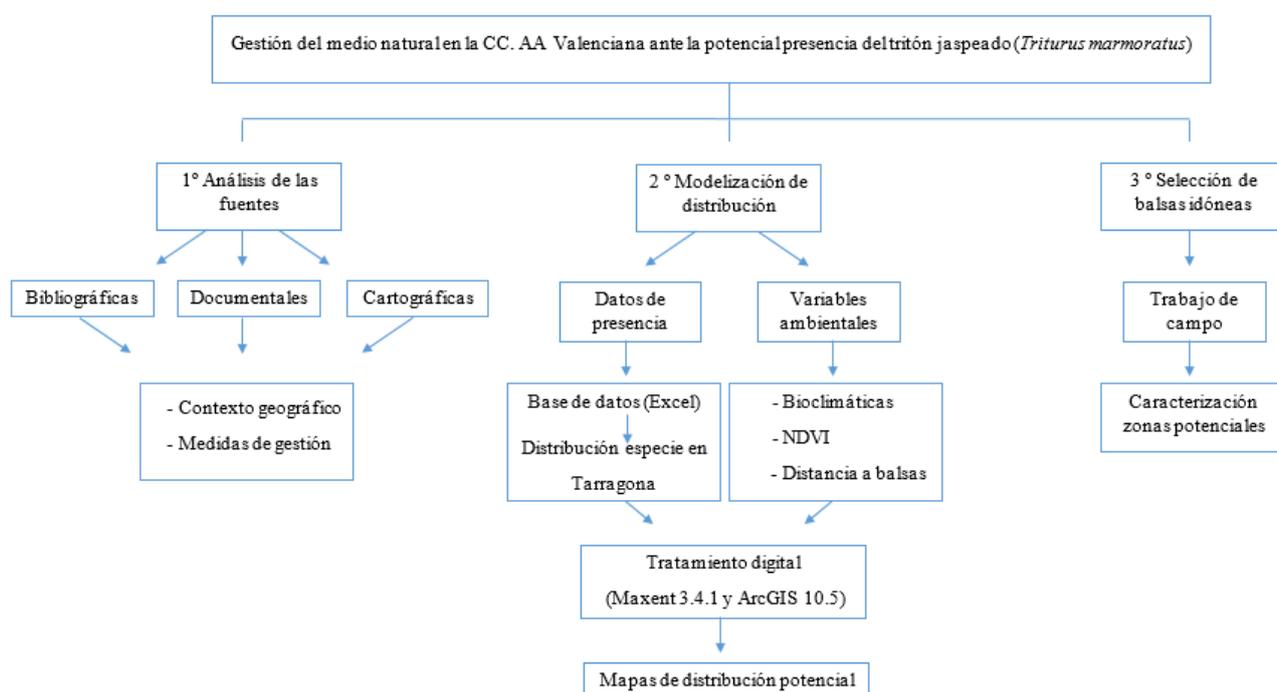


Figura 5.1: Esquema metodológico.

### 5.1 Análisis de las fuentes de información

Como se puede observar en la figura 5.1, siguiendo el esquema metodológico, se hizo en primer lugar una recopilación de la información aportada por las fuentes consultadas, principalmente bibliográficas, documentales y cartográficas. A partir de la recopilación de estas fuentes de información, se procedió a su lectura y análisis detallado de aquellos capítulos y fragmentos con la información más relevante. Inmediatamente, se realizó un estudio cartográfico, de modo que se procedió a recopilar diversas fuentes cartográficas en las que se encontraran representada la distribución geográfica del tritón jaspeado.

Todo ello, con el objetivo de contextualizar geográficamente y proponer medidas de gestión para la protección de la especie, unos de los objetivos específicos planteados en este estudio.

## 5.2 Modelización de la distribución geográfica potencial

El peso de este trabajo se centra en la modelización de la distribución potencial del tritón jaspeado. De este modo, a partir de una base de datos con datos de presencia de la especie en la provincia de Tarragona, junto con una serie de variables ambientales, se han obtenido los mapas de distribución potencial de la especie, uno de los objetos de estudio. A continuación, vamos a detallar los pasos que se han llevado a cabo para la consecución de dicho objetivo.

En este estudio se han utilizado los modelos de nicho ecológico (MNE) para modelar una superficie de extensión considerable como es la provincia de Castellón, con el objetivo de establecer las áreas de distribución potencial del tritón jaspeado. Como ya se ha comentado en el apartado de introducción, los modelos de nicho ecológico son bastante útiles para conocer la distribución de una especie, utilizando el algoritmo de máxima entropía (*Maxent*), se pueden generar modelos de idoneidad del hábitat, identificando zonas con ambientes similares a aquellas donde ya se ha encontrado la presencia de la especie.

Coincidimos con Valdeón (2015) cuando señala que:

Para poder realizar uno o varios modelos, además de conocer cuáles son los objetivos del estudio y los algoritmos que utilizaremos en función de estos objetivos, es fundamental obtener unos datos de calidad y homogeneizados. Estos datos son de dos tipos: Las localidades de presencia (y ausencia, si las hubiera) y las variables ambientales. (p.33)

Primeramente, se ha trabajado una base de datos en formato Excel que indica las cuadrículas UTM de 1x1 km donde se ha localizado la especie (*figura 5.2.1*), y a partir de ellas se ha calculado el centroide de las mismas para ubicar unas coordenadas X e Y que apenas tienen un error de  $\pm 500$  metros en cada eje, con el punto exacto donde se realizó cada observación. Es importante señalar que se ha tenido que preparar los datos de presencia de la tabla Excel inicial, donde tiene que estar presente tres campos fijos que se corresponden con la especie, coordenada X y coordenada Y, en este orden, además de transformar esa tabla Excel al formato (.csv), ya que *Maxent* versión 3.4.1, software utilizado en este estudio, requiere de ese formato para poder modelizar con esa base de datos. Además, lo requiere en formato americano, es decir, que los decimales se representan con un punto, y la coma representa el cambio de columna. Por tanto, se deben

hacer algunas sustituciones de caracteres para que el formato sea compatible con *Maxent* (Coma por punto, y punto y coma por coma). Dichas sustituciones se hacen en un procesador de texto básico como el bloc de notas.



*Figura 5.2.1: Datos de presencia del tritón jaspeado en la provincia de Tarragona.*

El siguiente paso consistió en seleccionar una serie de variables ambientales. El elegir un número de variables adecuado que nos proporcionen una información de calidad de la especie analizada, es quizás el paso más importante en el proceso de los modelos de distribución, ya que el resultado final depende de esta elección.

Estas variables pueden ser tanto bióticas como abióticas, es decir, los principales factores que limitan la distribución de una especie, junto a su movimiento. En la *figura 5.2.2* se puede observar el diagrama BAM que representa ese espacio geográfico idóneo dividido en estos principales factores. Se distinguen tres regiones, donde en la región “A” se dan las condiciones ambientales idóneas para la supervivencia y reproducción de la especie. En “B” se encuentra el ambiente biótico adecuado para la especie y en la región “M” aquellos lugares que han sido ocupados por la especie en un momento dado. La superposición de estas regiones formaría “G<sub>0</sub>”, es decir el área ocupada por la especie que cumple las condiciones ambientales adecuadas. Finalmente, “G<sub>1</sub>” también representa las

condiciones ambientales adecuadas para la especie, pero no se encuentra ocupada por ella debido a la imposibilidad de acceso a dicho territorio (Soberón y Nakamura, 2009).

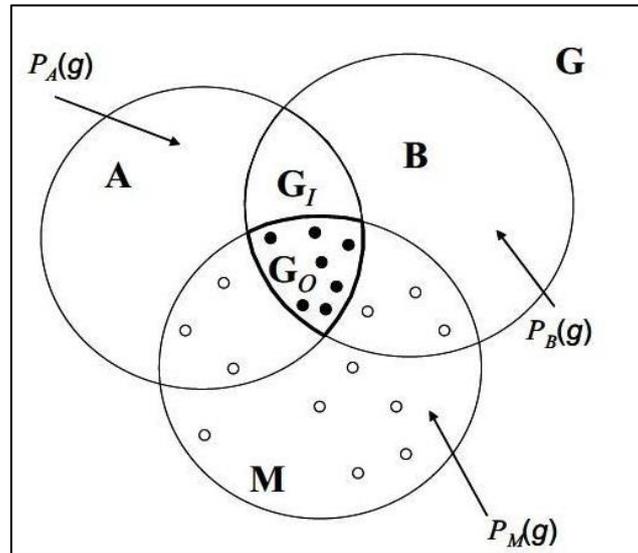


Figura 5.2.2: Diagrama BAM. B: Variables bióticas; A: Variables abióticas; M: Movimiento. Extraído de Soberón y Nakamura (2009).

### Variables Abióticas

Entre las variables abióticas cabe destacar las variables climáticas y topográficas. En este caso vamos a trabajar con las 19 variables bioclimáticas calculadas a partir de los datos de temperatura y precipitación del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola et al., 2005).

Las condiciones climáticas presentes necesarias para el trabajo se transformaron de forma similar a las variables bioclimáticas de WorldClim, una base de datos climática global con sistema de coordenadas geográficas WGS84, que permite la descarga y uso de datos para la modelización ecológica (Hijmans et al., 2005).

Las variables climáticas originales son:

- tn: Temperatura mínima mensual media (grados centígrados \*10)
- tx: Temperatura máxima mensual media (grados centígrados \*10)
- pr: Precipitación total mensual (mm)
- bi: Variables bioclimáticas

A partir de estas 4 variables, se han calculado las variables bioclimáticas que más afectan a la reproducción de la vida (*tabla 5.2.1*) mediante el paquete *dismo* en el software *R*.

*Tabla 5.2.1: Variables bioclimáticas*

Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
Bio01	Temp media anual	Bio11	Temp media del cuatrimestre más frío
Bio02	Rango medio diario. Media mensual de (temp max-temp min)	Bio12	Precipitación anual
Bio03	Isotermalidad (BIO02/BIO07) (*100)	Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio04	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar*100)	Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio05	Temp max del mes más cálido	Bio15	Estacionalidad de la precipitación
Bio06	Temp min del mes más frío	Bio16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo
Bio07	Rango anual de la temperatura (BIO05-BIO06)	Bio17	Precipitación del cuatrimestre más seco
Bio08	Temp media del cuatrimestre más húmedo	Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido
Bio09	Temp media del cuatrimestre más seco	Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío
Bio10	Temp media del cuatrimestre más cálido		

*Fuente: Traducido de la página web WorldClim.*

A continuación, en la *figura 5.2.3* se puede observar los pasos realizados a través del programa de sistemas de información geográfica *ArcGIS* versión *10.5*, donde se ha utilizado la herramienta *ModelBuilder*, un lenguaje de programación visual que sirve para crear flujos de trabajo de geoprocésamiento representados en forma de diagrama que encadena secuencias de procesos y herramientas de geoprocésamiento, utilizando la salida de un proceso como entrada de otro proceso.

Hay que tener en cuenta que las capas de las variables bioclimáticas se encuentran en proyección UTM Zona 30N, por tanto, se ha tenido que pasar a UTM Zona 31N, ya que

es el sistema de coordenadas de nuestra zona de estudio. Asimismo, los datos ráster que contienen información ambiental tienen una escala a nivel peninsular, por lo que es necesario adecuarlos tanto para nuestra área de estudio (Castellón), como para el área de entrenamiento<sup>3</sup>. Por tanto, con la herramienta “*Extract by mask*” hacemos un recorte tanto para nuestra área de estudio como para Castellón. Finalmente, es necesario convertir los datos ráster de entrada al formato *ASCII*, ya que es el formato ráster que exige *Maxent*.

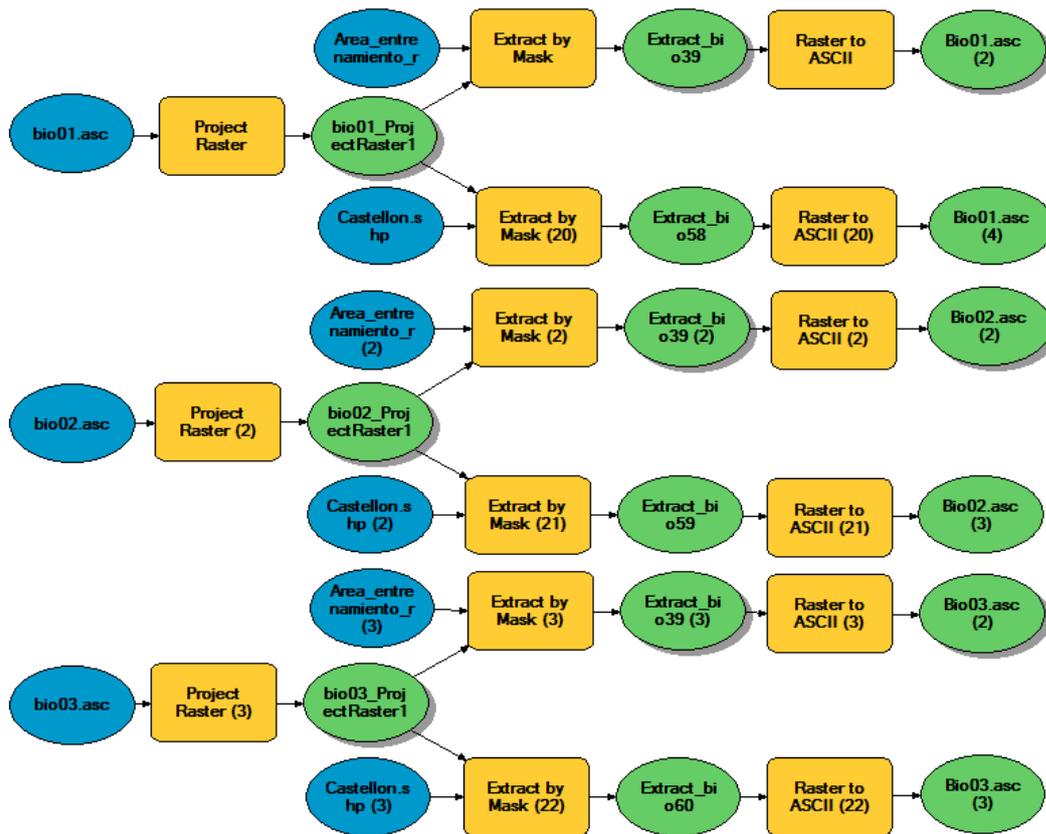


Figura 5.2.3: Esquema ejecutivo ModelBuilder.

Es importante señalar que en la figura 5.2.3 sólo se muestra la secuencia metodológica de las primeras variables bioclimáticas debido a la extensión que ocuparían si se representaran todas, pero los pasos siguen siendo los mismos en cada variable.

Una vez que ya se tenga localizada la zona climáticamente, se ha hecho una aproximación a las balsas de agua que se encuentran en la zona de estudio. Por tanto, la última variable abiótica que se ha utilizado en este trabajo ha sido la distancia a balsas. Se ha visto que el

<sup>3</sup> Aquella área que comprende los datos de presencia del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) en la provincia de Tarragona.

tamaño óptimo de las balsas para el desarrollo de la especie es que tengan un tamaño igual o inferior a 250 m<sup>2</sup>.

Para la consecución de dicha variable, en primer lugar, se han llevado a cabo una serie de pasos de forma manual en *ArcGIS*. Lo primero que se hizo fue obtener las balsas de Tarragona y Castellón descargando las capas vectoriales del BTN25000 del CNIG, y seleccionar las balsas de cada cuadrícula del BTN y unificarlas en un único shp. Luego, se ha añadido un campo nuevo en la tabla de atributos para calcular el área de cada balsa, ya que se ha establecido que las balsas de tamaño igual o inferior a 250 m<sup>2</sup> son las idóneas.

Por tanto, una vez que se tengan seleccionadas todas las balsas objeto de estudio, tenemos que realizar una distancia euclidiana, siendo necesario transformar las balsas a puntos ya que el software se sobrecargaba con los polígonos, dando error la distancia euclidiana. Finalmente, se ha realizado un mosaico con la herramienta “*Mosaic to new raster*”.

En segundo lugar, utilizando la herramienta *ModelBuilder*, se ha hecho un recorte y convertido los datos ráster al formato *ASCII*. A continuación, en la *figura 5.2.4* se puede observar los pasos realizados.

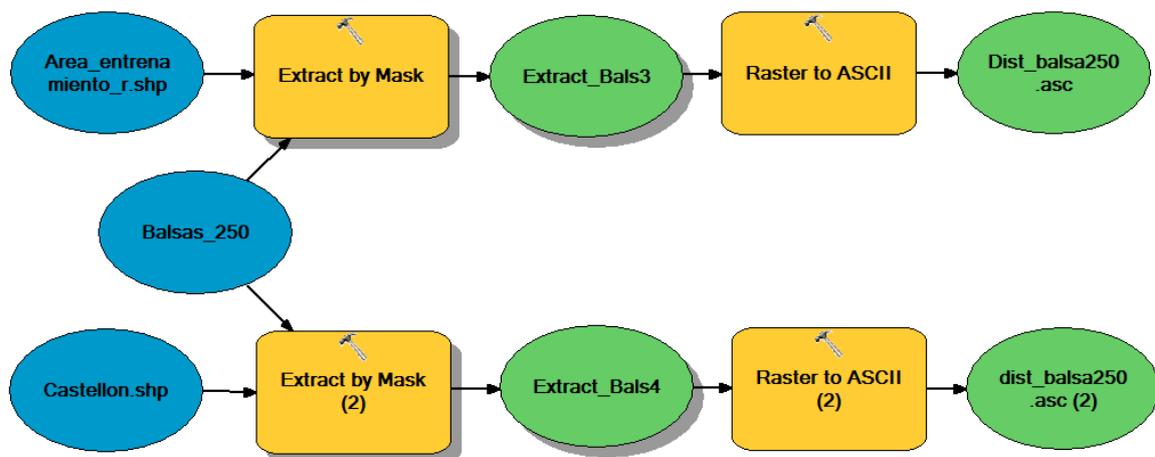


Figura 5.2.4: Esquema ejecutivo ModelBuilder.

### Variables bióticas

Entre las variables bióticas se encuentra las relaciones bióticas, como puede ser la depredación, el parasitismo, mutualismo, neutralismo o la competencia interespecífica entre las especies, todo ello influye en su distribución geográfica. Sin embargo, las variables bióticas que más se utilizan en modelización de nichos ecológicos son los

índices de vegetación (NDVI, SAVI, ARVI, GreenNDVI, EVI) obtenidos mediante teledetección (Valdeón, 2015).

En nuestro caso, se ha trabajado con el Índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI, descrito por primera vez por Rouse, Haas, Schell y Deering, en 1973, este índice es la diferencia normalizada de la banda 5 (IRC) y la banda 4 (R), cuyo rango varía entre -1 y +1. La ecuación es la siguiente:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Dicha variable se ha obtenido a partir de una serie de imágenes del satélite *LANDSAT-8* con una resolución de 30 metros, descargadas de la página web *GloVis* dependiente del Servicio Geográfico Estadounidense (USGS). Las imágenes fueron seleccionadas en las estaciones de verano y otoño con fecha 26-07-2018; 02-08-2018 y 28-09-2018. Con el programa *ArcGIS* se ha hecho un tratamiento digital obteniéndose la variable NDVI.

Primeramente, se han utilizado una serie de herramientas de forma manual. Por tanto, en *ArcGIS* antes de aplicar la fórmula NDVI a cada imagen satélite descargada, tenemos que emplear la herramienta “*Float*” a la banda 5 de cada imagen, para pasar los valores de formato número entero a formato decimal, y luego ya podemos realizar la operación con “*Raster calculator*”.

Una vez que se tengan todas las imágenes NDVI, se tienen que proyectar al sistema de coordenadas UTM Zona 31N, con tamaño de celda de 200 m. Con la herramienta “*Mosaic to new raster*” unimos todas las imágenes y hacemos un “*Resample*” para cambiar el píxel de 30 m de las imágenes satélites a 200 m. Finalmente, a partir de aquí se procede a recortar el área de estudio y convertir los datos ráster al formato *ASCII*.

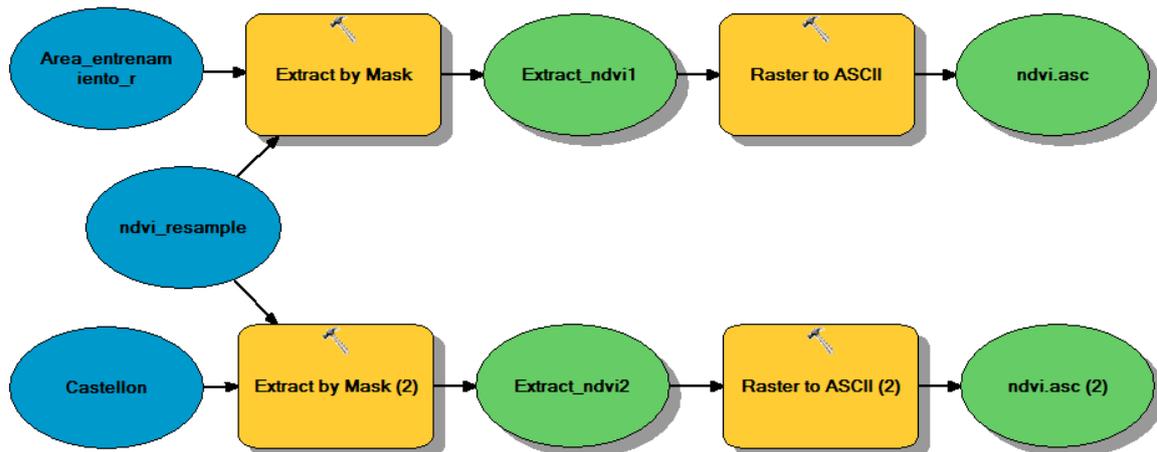


Figura 5.2.5: Esquema ejecutivo ModelBuilder.

### 5.3 Selección de las variables ambientales

De las diecinueve variables bioclimáticas tenemos que quedarnos con las que más contribuyen al modelo, por tanto, se ha utilizado un método sencillo para eliminar variables utilizando del programa *ArcGIS* y el *Past* versión 3.14.

El método consiste en coger una serie de puntos aleatorios, concretamente 500 puntos, dentro de nuestra área de entrenamiento, con un tamaño de separación entre puntos de 200 metros, ya que es el tamaño de nuestro píxel del ráster. Un vez tengamos los puntos aleatorios, con la herramienta “*Extract Values to Points*” en el programa *ArcGIS*, se le asigna el valor de las variables bioclimáticas a esos puntos.

Seguidamente, con el programa *Past* se realizó un análisis de correlación de Pearson, donde se seleccionó las variables que tiene la correlación más baja entre sí, ya que en las modelizaciones las variables no deben estar correlacionadas (colinealidad). Coincidimos con Dorman et al., 2013 cuando señala que:

Hay algunas situaciones en las que los efectos de la colinealidad tienen un impacto limitado. Sin embargo, la extrapolación más allá del rango geográfico o ambiental de los datos muestreados es propensa a errores graves, ya que es probable que los patrones de colinealidad cambien. Los ejemplos obvios incluyen el uso de modelos estadísticos para predecir distribuciones de especies en nuevas regiones geográficas o condiciones climáticas cambiantes (Thuiller 2004, Araújo y Rahbek 2006). (p. 29)

En la *tabla 5.3.1*, observamos que las variables que tienen la correlación más baja es el bio07 y bio09, con una correlación de 0,0006982.

Por tanto, estas variables tienen que estar. Lo que se intenta es minimizar la correlación entre variables. Para considerar que dos variables están autocorrelacionadas a partir del valor de la r de Pearson, Dorman et al., 2013 sugiere un valor umbral absoluto entre 0,5 y 0,7. Por tanto, eligiendo el valor de umbral de 0,7 se eliminaron todas las variables comprendidas entre las columnas bio07 y bio09 que estén por debajo de -0,7 o por encima de 0,7.

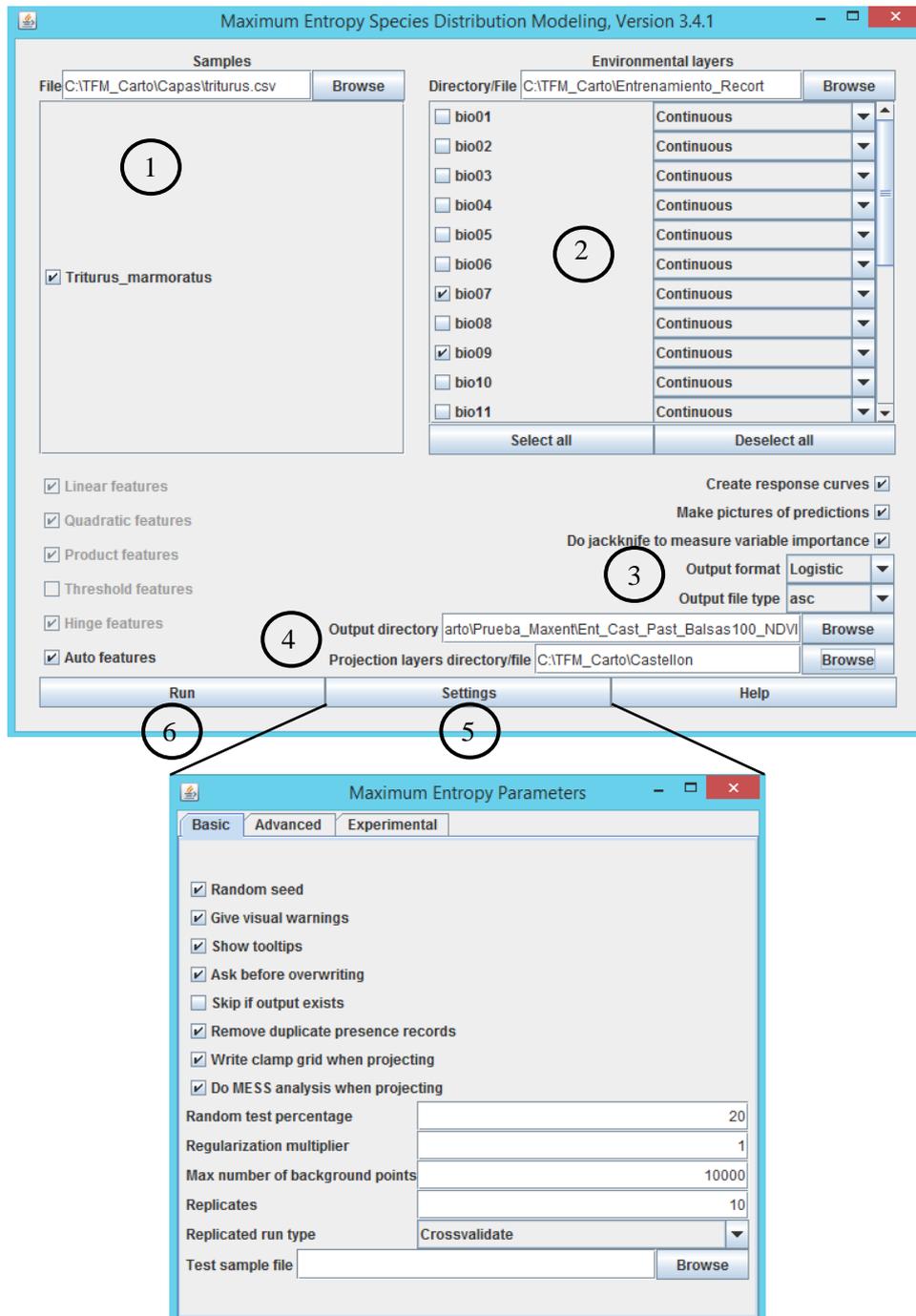
Luego, buscamos cuales son las siguientes variables que están menos correlacionadas, sería entre bio06 y bio19, con 0,00091235. Las siguientes variables con la correlación más baja son bio05 y bio18 con 0,001107, pero estas ya han sido eliminadas, entonces el proceso de selección se termina aquí. Las variables que han sido preseleccionadas son bio06, bio07, bio09, bio10, bio14, bio15 y bio19.

*Tabla 5.3.1: Correlación de Pearson (r)*

	Bio01	Bio02	Bio03	Bio04	Bio05	Bio06	Bio07	Bio08	Bio09	Bio10
Bio01		0,25412	0,49518	0,25262	0,67459	0,80752	0,20824	0,8331	0,45481	0,84545
Bio02	0,25412		0,85354	0,88102	0,82293	-0,23846	0,95661	0,29977	0,055563	0,61151
Bio03	0,49518	0,85354		0,7335	0,86905	0,13448	0,78792	0,53138	0,24991	0,78155
Bio04	0,25262	0,88102	0,7335		0,8499	-0,22502	0,97567	0,2972	0,029216	0,65629
Bio05	0,67459	0,82293	0,86905	0,8499		0,28126	0,83444	0,67652	0,27033	0,94459
Bio06	0,80752	-0,23846	0,13448	-0,22502	0,28126		-0,29415	0,71907	0,46754	0,57147
Bio07	0,20824	0,95661	0,78792	0,97567	0,83444	-0,29415		0,26087	0,0006982	0,61257
Bio08	0,8331	0,29977	0,53138	0,2972	0,67652	0,71907	0,26087		0,30986	0,82109
Bio09	0,45481	0,055563	0,24991	0,029216	0,27033	0,46754	0,0006982	0,30986		0,39658
Bio10	0,84545	0,61151	0,78155	0,65629	0,94459	0,57147	0,61257	0,82109	0,39658	
Bio11	0,90014	0,050072	0,4084	0,0048931	0,51695	0,95107	-0,031352	0,83143	0,50352	0,75722
Bio12	-0,038795	0,10886	0,36797	0,071501	0,074794	-0,039925	0,096538	-0,033773	0,26528	0,070009
Bio13	0,1147	0,015077	0,35862	-0,057822	0,072998	0,18413	-0,03389	0,12134	0,34874	0,13951
Bio14	-0,35797	0,27826	0,26163	0,16863	-0,012547	-0,48568	0,26589	-0,29281	-0,36073	-0,1733
Bio15	0,58865	0,1472	0,46977	0,22947	0,48442	0,56968	0,15487	0,58692	0,53473	0,61951
Bio16	0,13306	0,0074442	0,36203	-0,036249	0,091192	0,20351	-0,026931	0,12624	0,39274	0,16485
Bio17	-0,17562	0,19744	0,34057	0,16799	0,065021	-0,24639	0,20548	-0,15432	0,076609	-0,0085642
Bio18	-0,029782	0,0064885	0,30592	-0,045541	0,001107	0,032082	-0,018237	0,051675	0,034836	0,027447
Bio19	-0,015985	0,10035	0,35291	0,018491	0,061576	0,00091235	0,060026	-0,084898	0,37608	0,063753

Una vez que ya se tengan los datos de presencia de la especie junto con las variables ambientales seleccionadas, procedemos a un tratamiento digital con el programa *Maxent*, donde eliminaremos las variables que menos contribuyen al modelo, obteniendo un resultado de distribución más fiable (procedimiento de selección de variables en el apartado anexo 3 (*página IX*)). Finalmente, las variables que más contribuyeron al modelo son: Bio07, Bio09, Bio19, NDVI y la distancia a balsas de tamaño igual o inferior a 250 m<sup>2</sup>.

A continuación, en la *figura 5.3.1* se puede observar los parámetros de ejecución del proceso; 1º tabla Excel con los datos de presencia de la especie, 2º elección de las variables ambientales seleccionadas de nuestra área de entrenamiento, 3º elección del formato de datos logístico, este tipo de formato mejora la calibración del modelo, 4º Directorio de salida y zona a proyectar (Castellón), 5º selección de las réplicas y 6º ejecución del modelo para la obtención de un ráster que contiene los valores de idoneidad de la especie.



*Figura 5.3.1: Proceso de ejecución en Maxent.*

Posteriormente, se finaliza el tratamiento digital con *ArcGIS*, obteniéndose la representación gráfica final de la distribución potencial del tritón jaspeado, donde los modelos se clasifican atendiendo a los umbrales facilitados por el programa *Maxent*, como se puede observar en la *tabla 5.3.2*, donde se seleccionó el umbral “*logistic threshold*”. De ahí, se establece una misma clasificación cualitativa de valores para todos los modelos (*Idoneidad: Muy alta, alta, media, baja, muy baja*).

*Tabla 5.3.2: Ejemplo de elección de umbrales para las variables ambientales. Los valores de umbral sombreados son los elegidos para realizar las categorías de idoneidad de este estudio*

<b>Variables ambientales</b>	
<b>Umbral (Maxent)</b>	<b>Valor</b>
Minimum training presence Logistic threshold	0,0154
Fixed cumulative value 1 Logistic threshold	0,0209
Balance training omission, predicted area and threshold value Logistic threshold	0,0548
Fixed cumulative value 5 Logistic threshold	0,0750
Fixed cumulative value 10 Logistic threshold	0,1368
10 percentile training presence Logistic threshold	0,1421
Equate entropy of thresholded and original distributions Logistic threshold	0,1523
Equal training sensitivity and specificity Logistic threshold	0,2268
Equal test sensitivity and specificity Logistic threshold	0,2320
Maximum test sensitivity plus specificity Logistic threshold	0,2904
Maximum training sensitivity plus specificity Logistic threshold	0,3255

<b>Idoneidad</b>	
0-0,0209	Muy Baja
0,0209-0,0750	baja
0,0750-0,1368	media
0,1368-0,2904	alta
0,2904-1	Muy alta

#### **5.4 Trabajo de campo**

Una vez analizadas todas las fuentes de información y obtenidos los mapas de distribución potencial de la especie para contribuir a la gestión del medio natural en la Comunidad Autónoma Valenciana, principal resultado de este estudio, se acometió el trabajo de campo. Como por tiempo y extensión de este trabajo no se puede entrar en un análisis de campo tan profundo y genérico, se optó por realizar un estudio más específico, de

modo que se seleccionaron una serie de balsas idóneas para el desarrollo de la especie en Castellón.

Este consistió en primer lugar en preparar un material de campo, con una cartografía de localización para cada balsa, donde se muestrearon 4 balsas. Además, se elaboró una ficha de campo (*figura 5.4.1*) para la toma de datos de las características más relevantes de cada balsa. Es importante mencionar que esta ficha ha sido planteada para los técnicos que se puedan encargar del seguimiento a largo plazo de las balsas.

<b>FICHA TÉCNICA</b>				Fecha:	
NOMBRE DE LA Balsa		LOCALIDAD		PROVINCIA	
<b>ASPECTOS RELEVANTES</b>					
Coordenadas		Altitud		Tamaño(m <sup>2</sup> )	
Idoneidad según modelo	Muy baja/Baja/Media/Alta/Muy alta			Presencia especie	Sí / No
Presencia vegetación	Sí / No	Presencia agua		Sí / No	
<b>OBSERVACIONES</b>					
<b>ANEXO FOTOGRÁFICO</b>					

*Figura 5.4.1: Ficha de campo.*

En la ficha se puede observar cada uno de los datos que se han de recoger en el campo. Por un lado, destacamos los aspectos más relevantes, es decir los datos generales de cada balsa. Por otro lado, se recoge una serie de observaciones junto con las fotografías más destacables.

Y, en segundo lugar, en función de los datos obtenidos se realizó una caracterización de las zonas potenciales, mediante la digitalización de las principales coberturas del suelo presente en las balsas más representativas, a partir de una serie de imágenes aéreas obtenidas con el dron (*DJI Phantom 4 Pro v.2*) con un sensor de 20 megas, se ha volado a baja altura consiguiendo un resultado final con una resolución espacial de 3 cm. Las coberturas que se han tenido en cuenta son: agua sin vegetación, vegetación subacuática y vegetación superficial.

## 5.5 Cronograma de planificación

Tabla 5.5.1: Cronograma de planificación

ABRIL 2019						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					
MAYO 2019						
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
JUNIO 2019						
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
JULIO 2019						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
AGOSTO 2019						
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	
SEPTIEMBRE 2019						
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15

Tutoría	Recopilación Bibliográfica	Trabajo campo	Interpretación resultados	Redacción Memoria	Revisión
---------	----------------------------	---------------	---------------------------	-------------------	----------

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Cartografía de la distribución potencial del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)

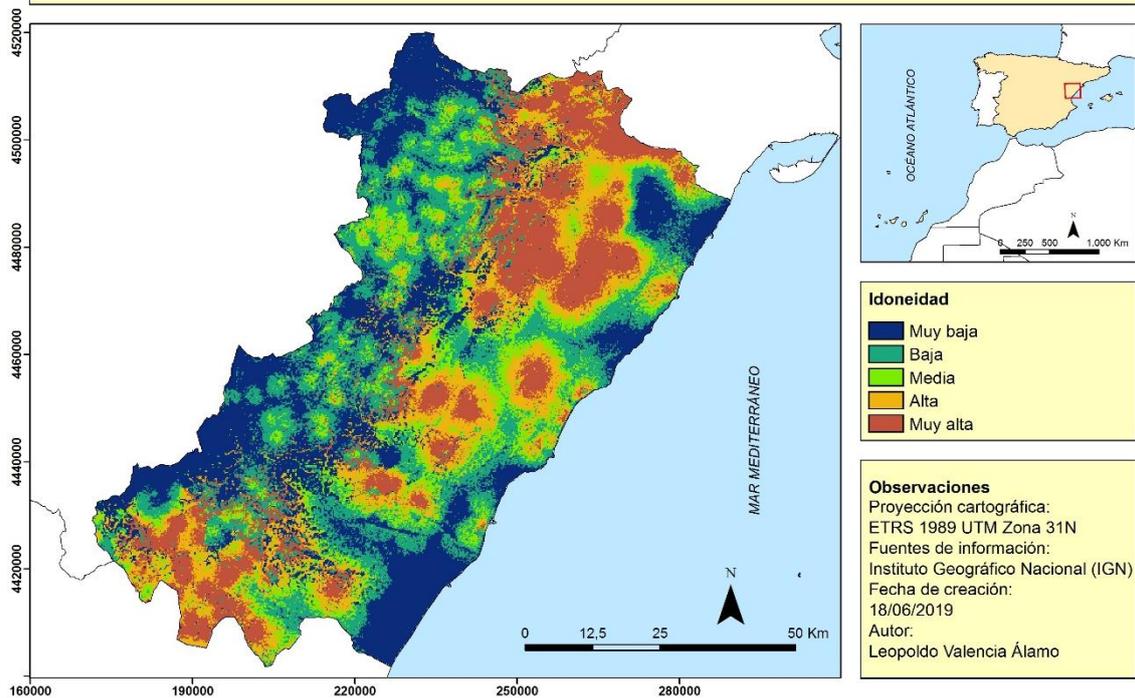
La creación de un modelo predictivo del tritón jaspeado en la provincia de Castellón, a través de los métodos de modelización para la conservación de las especies, es el principal resultado de nuestra investigación, cumpliendo así con el objetivo principal planteado en este estudio.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, el simple hecho de que la especie se encuentre próxima a nuestra zona de estudio, es lo que ha motivado a realizar este trabajo. La amenaza hacia los anfibios es constante. Por ello, la tarea de conocer la ubicación idónea para este tipo de especies es fundamental a la hora de evaluar su estado de conservación, identificar los posibles factores de amenaza y proponer medidas de gestión y conservación.

En el presente trabajo, la predicción que incluye la *figura 6.1.1*, representa la distribución potencial del tritón jaspeado en términos de idoneidad, parámetro que expresa el grado en que cada localización es más o menos idónea para la especie desde el punto de vista de su nicho ecológico fundamental.

Las variables ambientales que se han seleccionado para modelar mediante el algoritmo *Maxent* son: bio07 (rango anual de la temperatura), bio09 (temperatura media del cuatrimestre más seco) y bio19 (precipitación del cuatrimestre más frío), además de la variable NDVI y la distancia a balsas de agua con tamaño igual o inferior a 250 m<sup>2</sup>. Por tanto, este mapa representa una idoneidad climática, pero también de hábitat ya que hemos tenido en cuenta la presencia de balsas y vegetación.

**Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas, NDVI y balsas. Castellón**



*Figura 6.1.1: Idoneidad del tritón jaspeado en la provincia de Castellón, creada a partir de Maxent utilizando variables bioclimáticas, NDVI y distancia a balsas.*

En la *figura 6.1.1*, se puede observar las áreas más idóneas (*color rojo*) para el desarrollo de la especie. A grandes rasgos en el noreste de Castellón, entre el Parque Natural de la Tenencia de Benifasar y el Parque Natural de la Sierra de Irta, extendiéndose hacia la zona central de la provincia. Finalmente, otro espacio donde el tritón jaspeado encuentra las condiciones ambientales idóneas son el Parque Natural de la Sierra de Espadán y el Parque Natural de la Sierra Calderona, extendiéndose hacia el suroeste de Castellón.

En definitiva, se puede observar una distribución más o menos continua desde el norte hacia el sur, ocupando algunos de los principales parques naturales de la provincia, además de zonas de la Red Natura 2000. Los valores de idoneidad son elevados, debido a la presencia de grandes masas boscosas y balsas de agua, aparte de cumplir con las condiciones climáticas adecuadas. Todo ello hace que la provincia de Castellón, cumplan las mismas condiciones ambientales para el desarrollo de la especie que Tarragona, ya que al modelizar se pudo observar que las variables ambientales seleccionadas daban valores de idoneidad muy altos donde teníamos los datos de presencia de la especie, por lo que esa misma extrapolación de datos a Castellón nos ofrece una mayor fiabilidad, como se puede observar en la *figura 6.1.2*.

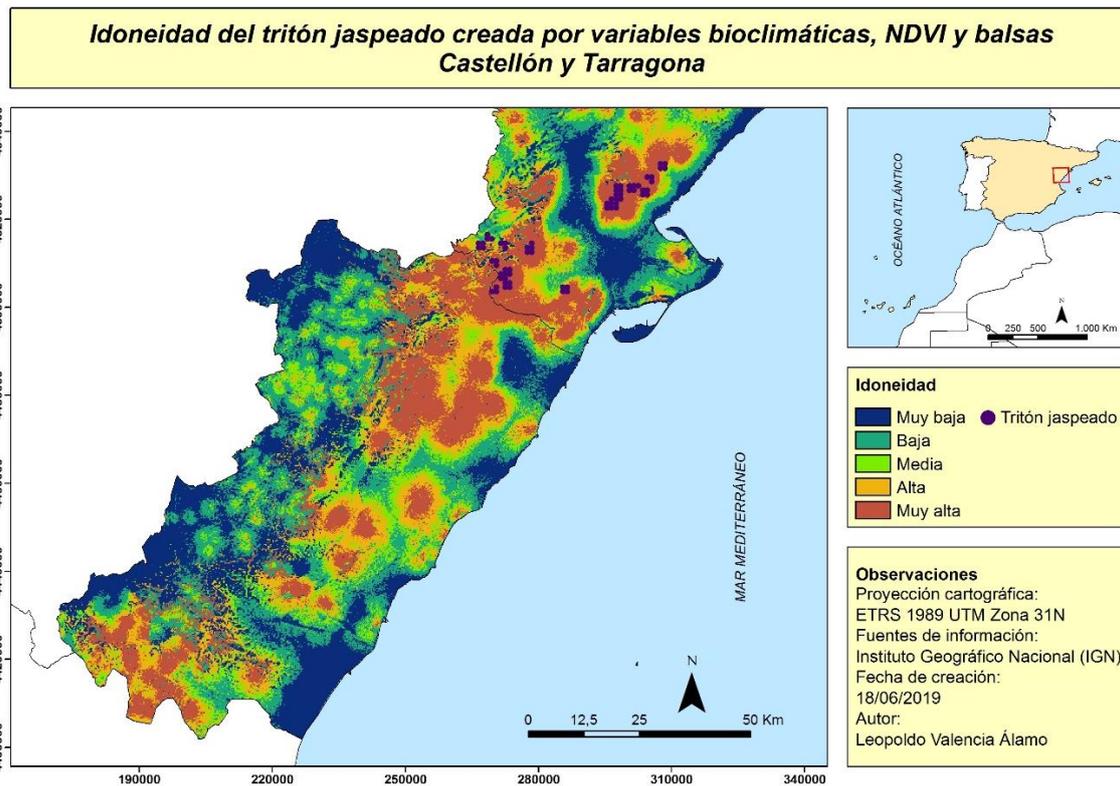


Figura 6.1.2: Idoneidad del tritón jaspeado en la provincia de Castellón y Tarragona, creada a partir de Maxent utilizando variables bioclimáticas, NDVI y distancia a balsas.

Para comprobar la objetividad de los resultados, *Maxent* ofrece una serie de estadísticos, de esta manera podemos evaluar el modelo. Uno de los que más se utilizan en modelización es el área bajo la curva del receptor ROC (AUC: *Area Under the Curve*).

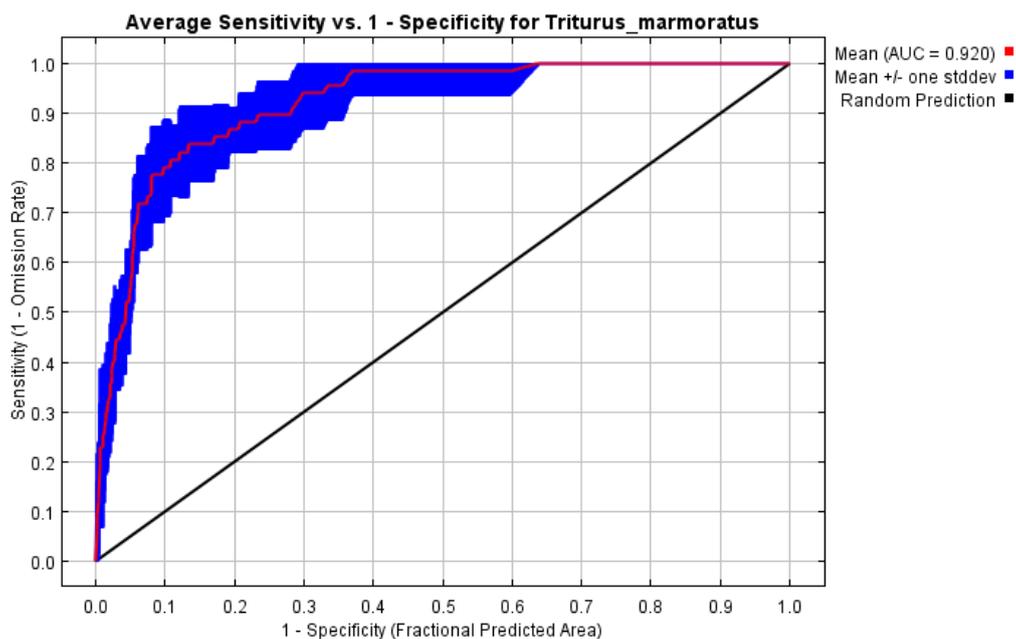
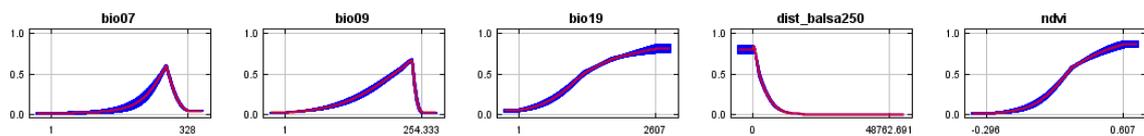


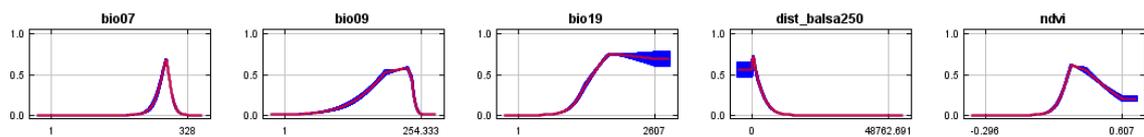
Figura 6.1.3: Curva del receptor ROC de la modelización del tritón jaspeado.

La *figura 6.1.3*, nos muestra la curva del receptor ROC, tanto para los datos de entrenamiento como para los de prueba. Podemos observar en el eje X la 1-especificidad y en el eje Y la sensibilidad. Esta curva se construye calculando todos los posibles valores de sensibilidad y especificidad con el modelo generado y los puntos de test. En total se han realizado 10 réplicas, la línea azul que aparece en el gráfico muestra la variabilidad existente entre las diferentes réplicas. La línea en color rojo es la media, siendo la auténtica prueba de la capacidad que tienen los modelos de estimar. En este caso tenemos un valor de AUC muy elevado de 0,920 ello se traduce en un modelo bastante seguro, ya que en el AUC los valores van de 0 a 1, cuanto más se acerque al valor 1 será más fiable. Hay que tener en cuenta que, a la hora de explicar la bondad del modelo, se tiene que pasar de 0,5, ya que el valor 0,5 es el estadístico predictivo que se daría simplemente por azar. Por tanto, en función de los resultados obtenidos, el modelo ha conseguido agrupar las presencias y ausencias (pseudo-ausencias) de la especie.

Las siguientes curvas de respuestas muestran como cada variable ambiental afecta la predicción de *Maxent*. En el eje X se puede observar el valor de la variable y en el eje Y los intervalos de 0 a 1.



*Figura 6.1.4: Curvas de respuesta marginal.*



*Figura 6.1.5: Curvas de respuesta utilizando sólo la variable correspondiente.*

En la *figura 6.1.4*, se muestran las gráficas de respuesta marginal, es decir se tiene en cuenta no sólo la variable estudiada sino también el resto de las variables seleccionadas. Por ejemplo, en la primera gráfica donde se puede observar la curva de respuesta de bio07, no sólo se tiene en cuenta esa variable, sino también las variables bio09, bio19, distancia a balsas de 250 m<sup>2</sup> y las imágenes NDVI. Sin embargo, en la *figura 6.1.5*, sólo se tiene en cuenta la variable estudiada, es decir como si se hiciese el modelo sólo con la variable bio07, por ejemplo.

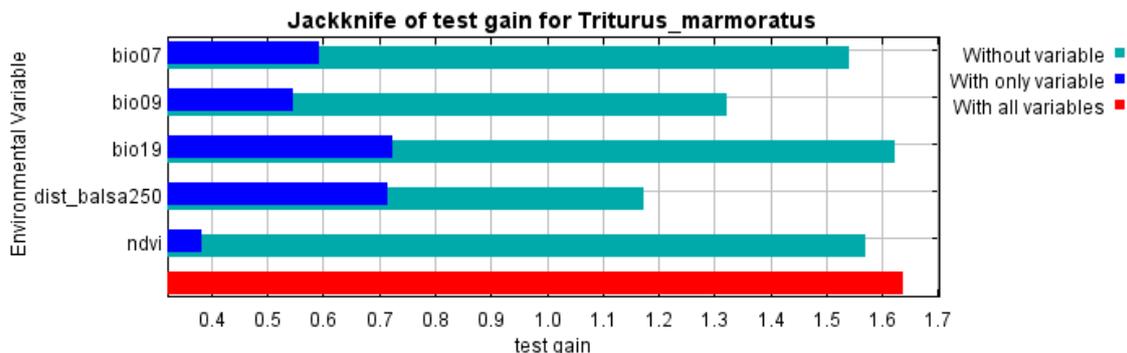
Si comparamos las dos figuras, podemos ver que en la variable NDVI cuando se tiene en cuenta con las demás variables la respuesta sigue aumentando. Mientras que cuando se tiene en cuenta de manera independiente, cuando se llega a un valor máximo tiende a bajar la respuesta en el modelo.

En la *tabla 6.1.1*, se puede observar la contribución de las variables ambientales seleccionadas al modelo de *Maxent*. La distancia a balsas, la variable bio09 y bio19 son las que más contribuyen al modelo en sí, algo entendible si se tiene en cuenta que es una especie de anfibio que requiere de microhábitats húmedos y templados, además de ocupar ambientes acuáticos de aguas quietas de pequeño tamaño, tales como balsas con una superficie igual o inferior a 250 m<sup>2</sup>, donde habitualmente no hay presencia de peces y otras especies depredadoras. Bio07 y NDVI son las que presentan menor porcentaje de contribución a la explicación de la distribución. Los valores que se muestran son los promedios sobre las diferentes réplicas realizadas.

*Tabla 6.1.1: Porcentaje de contribución de las variables ambientales al modelo*

Variable	Contribución porcentual
Balsas 250m <sup>2</sup>	44
Bio09	29,7
Bio19	16,6
Bio07	7,2
NDVI	2,4

En las siguientes imágenes (*figura 6.1.6 y 6.1.7*) se utilizan los valores de *test*, es decir si se hacen unos puntos ajenos al modelo, ahí es realmente donde se puede ver si ese modelo es bueno o malo, ya que esos puntos no han participado en la creación del modelo a evaluar. Las cinco variables empleadas, utilizadas en conjunto ofrece el mejor modelo posible ya que si quitamos algunas, no se va a ganar en valor AUC o ganancia.



*Figura 6.1.6: Test de Jackknife. Ganancia estadística de las variables ambientales.*

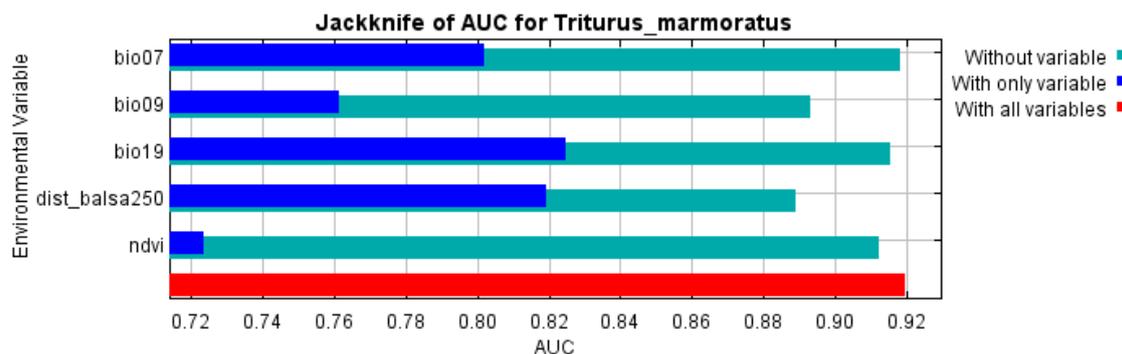


Figura 6.1.7: Test de Jackknife. Valor AUC del modelo.

Tanto en la figura 6.1.6 y 6.1.7, se emplea la ganancia de prueba en lugar de la ganancia de entrenamiento. Se puede observar que la variable ambiental con mayor ganancia y valor AUC cuando se usa de forma aislada es bio19, que por lo tanto contiene más información útil por sí sola. Sin embargo, la variable ambiental que disminuye más la ganancia y el valor AUC cuando se omite es la distancia a balsas, que por tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

## 6.2 Caracterización de zonas potenciales

A modo de ejemplo, se analizan pormenorizadamente algunas zonas potencialmente aptas para la especie. Por la extensión del análisis del modelo predictivo de la especie, es imposible detallar a este nivel cada una de las zonas idóneas resultantes del modelo, debido a que ello conllevaría un trabajo mayor dado el tiempo y extensión de trabajo al que nos tenemos que ajustar.

Como ya se ha explicado en el apartado de metodología, se ha realizado un muestreo de 4 balsas que presentan una idoneidad muy alta en el modelo, entre ellas 3 en Castellón, y 1 en Tarragona donde sí se sabe que está la especie.

Se han obtenido una serie de imágenes satélites de las balsas más idóneas para el desarrollo de la especie con el vuelo realizado por el dron *DJI Phantom 4 Pro v.2* en fecha 04/05/2019. Con ello, se ha podido establecer una comparación entre la balsa muestreada en Tarragona y las de Castellón, con el objetivo de analizar las diferencias. A continuación, se muestra la cartografía más en detalle de las principales balsas muestreadas, diferenciando las principales coberturas del suelo de cada una de ellas:

- Línea de agua: Delimita el borde de la balsa, hasta donde realmente llega la lámina de agua.

- Agua sin vegetación: Aguas libres de vegetación.
- Vegetación subacuática: Masas de vegetación emergida.
- Vegetación en superficie: Masas de vegetación que sobresalen a la superficie.

### 6.2.1 Balsa Lo Tormo 1. Castellón



Figura 6.2.1.1: Ortofoto de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.

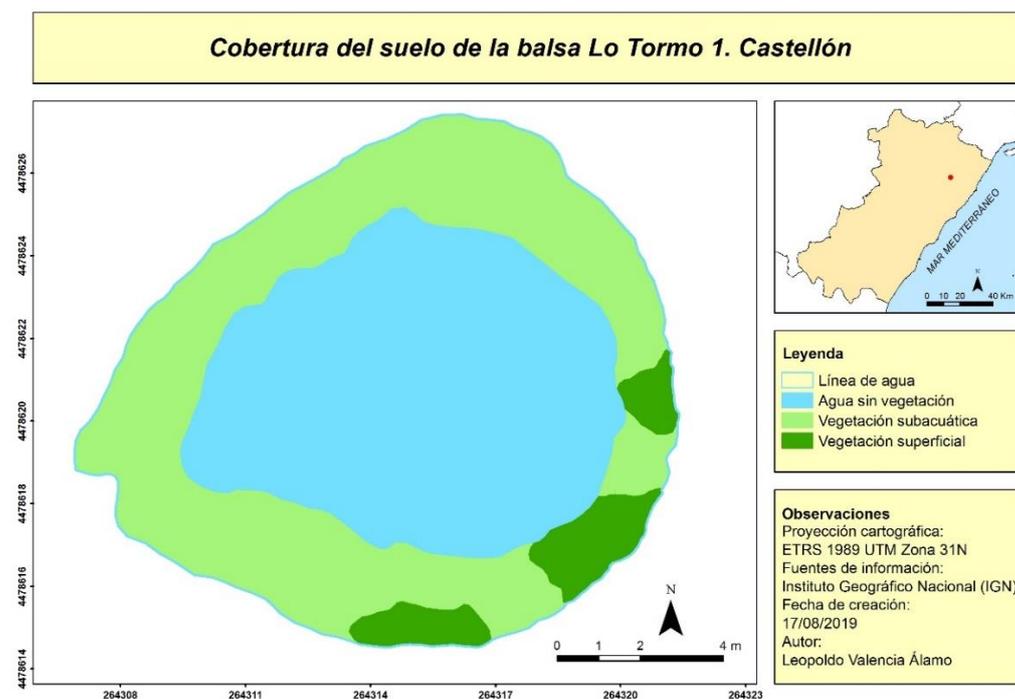


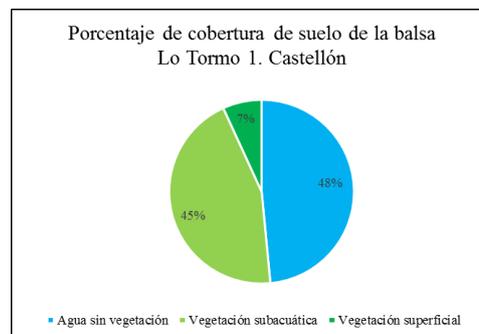
Figura 6.2.1.2: Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.

Como bien se puede observar en la *figura 6.2.1.2*, las coberturas que más dominan son el agua sin vegetación y la vegetación subacuática. Sin embargo, la vegetación superficial es la que menos, si observamos la ortofoto aparentemente parece que la vegetación que habita en la balsa es subacuática, pero hay diferencias respecto con la vegetación superficial donde se puede observar que sobresale del agua.



*Figura 6.2.1.3: Balsa Lo Tormo 1. Castellón.*

En la *figura 6.2.1.4*, vemos que el porcentaje de agua sin vegetación y vegetación subacuática son similares, a diferencia de la vegetación superficial, con un porcentaje extremadamente bajo. Ese gran porcentaje de agua sin vegetación se debe a la profundidad del agua y turbidez que imposibilita el desarrollo de vegetación, como se puede observar en la imagen, ocupando la zona central de la balsa, a diferencia de la vegetación subacuática que se desarrolla en el borde, donde claramente le llegan los rayos de luz solar, además de la poca profundidad.



*Figura 6.2.1.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 1. Castellón.*

En la siguiente tabla se puede ver el área que ocupa cada cobertura en m<sup>2</sup>, siendo el agua sin vegetación la que mayor superficie ocupa dentro de la balsa y la vegetación superficial la que menos. La balsa tiene una superficie total de 132 m<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 445 m.

Tabla 6.2.1.1: Área de la cobertura de la balsa Lo Tormo 1. Castellón

Cobertura de la balsa Lo Tormo 1	
Cobertura	Área (m <sup>2</sup> )
Agua sin vegetación	64,13
Vegetación subacuática	58,93
Vegetación superficial	9,08
Total	132,14

### 6.2.2 Balsa Lo Tormo 2. Castellón

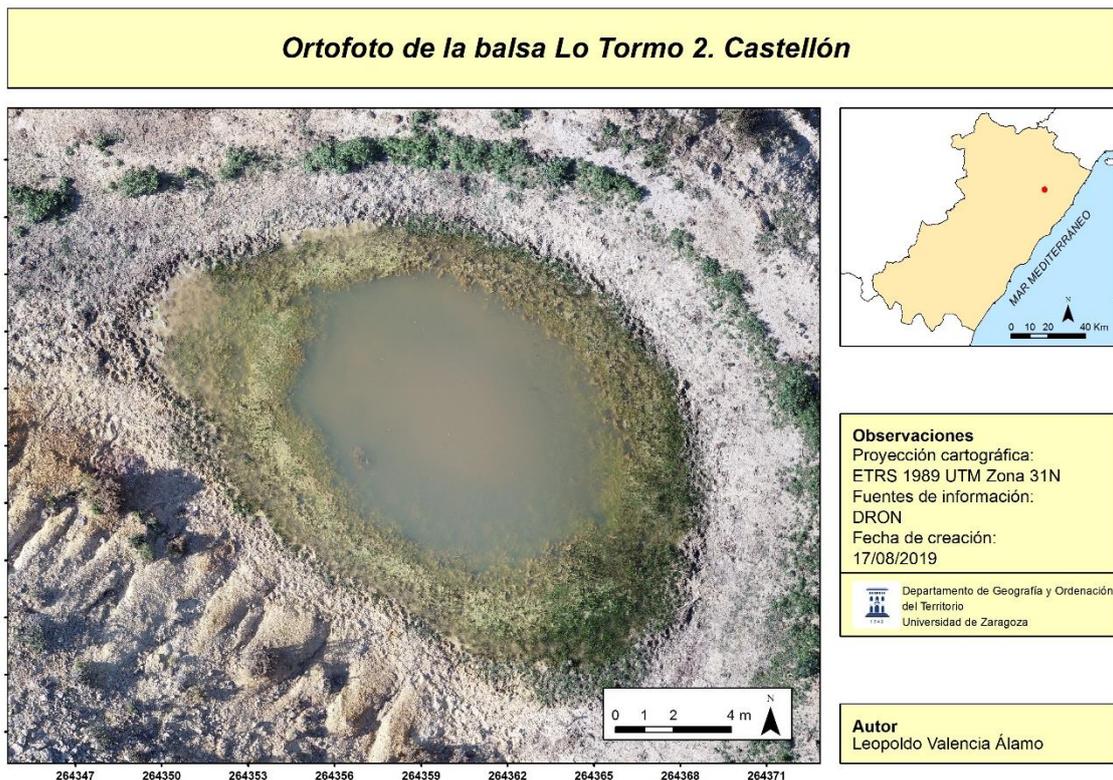
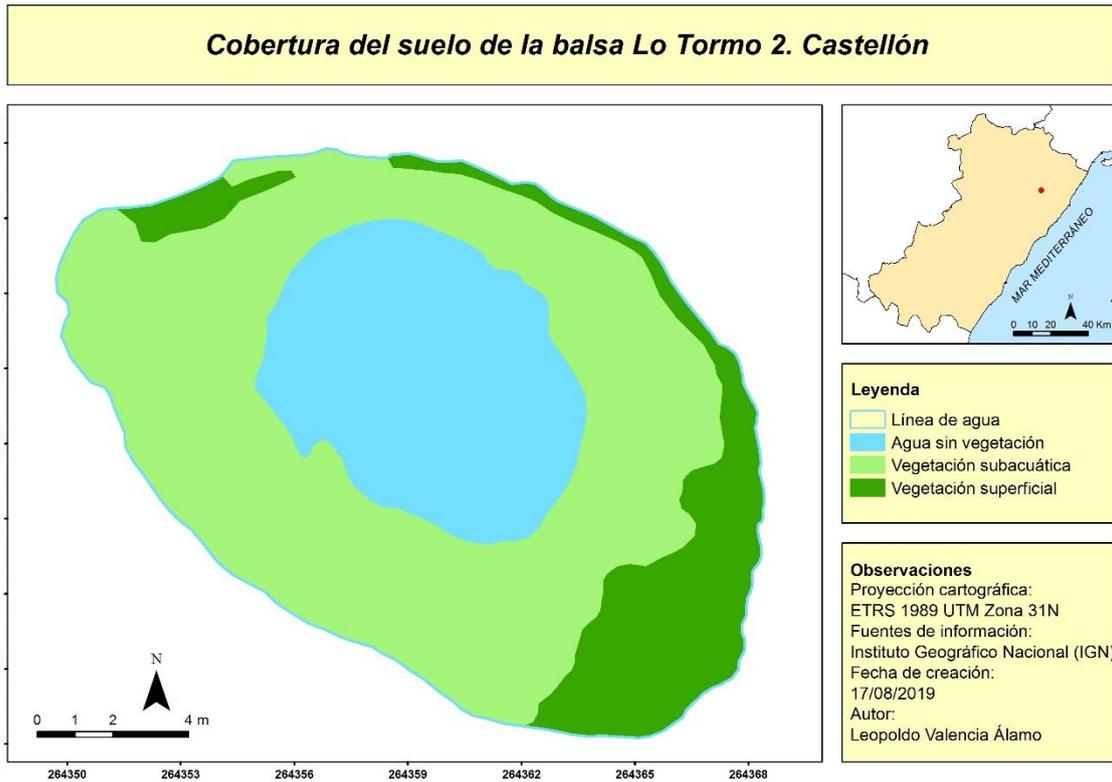


Figura 6.2.2.1: Ortofoto de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.



*Figura 6.2.2.2: Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.*

Observando la *figura 6.2.2.2*, se observa claramente que la cobertura que más domina es la vegetación subacuática. La vegetación superficial se concentra en una parte de la orilla de la balsa, mientras que en la zona central encontramos nuevamente agua sin vegetación. En la siguiente figura, realizada durante un muestreo, se pueden distinguir perfectamente las diferentes coberturas.



*Figura 6.2.2.3: Muestreo en la balsa Lo Tormo 2. Castellón. Foto: Aitor Valdeón Vélez.*

En esta balsa respecto a la anterior se han encontrado porcentajes más bajos de vegetación superficial y más altos de agua sin vegetación. Es curioso las diferencias de los porcentajes de cobertura, ya que nos encontramos ante balsas muy próximas a penas a una distancia de 30 m de separación.

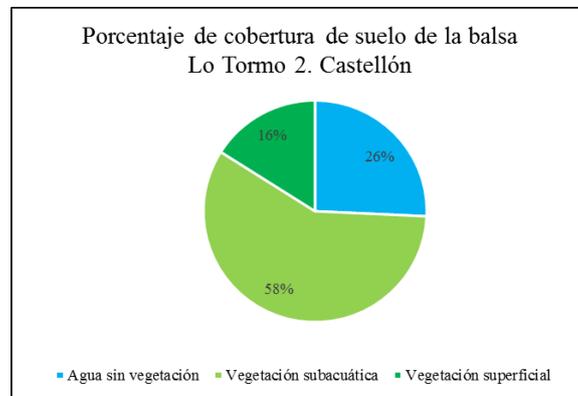


Figura 6.2.2.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 2. Castellón.

Efectivamente, en la siguiente tabla observamos que la vegetación subacuática es la que presenta una mayor cobertura dentro de la balsa y la vegetación superficial la que menos. La balsa tiene una superficie total de 206 m<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 445 m.

Tabla 6.2.2.1: Área de la cobertura de la balsa Lo Tormo 2. Castellón

Cobertura de la balsa Lo Tormo 2	
Cobertura	Área (m <sup>2</sup> )
Agua sin vegetación	53,24
Vegetación subacuática	120,43
Vegetación superficial	33,68
Total	207,35

6.2.3 Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón

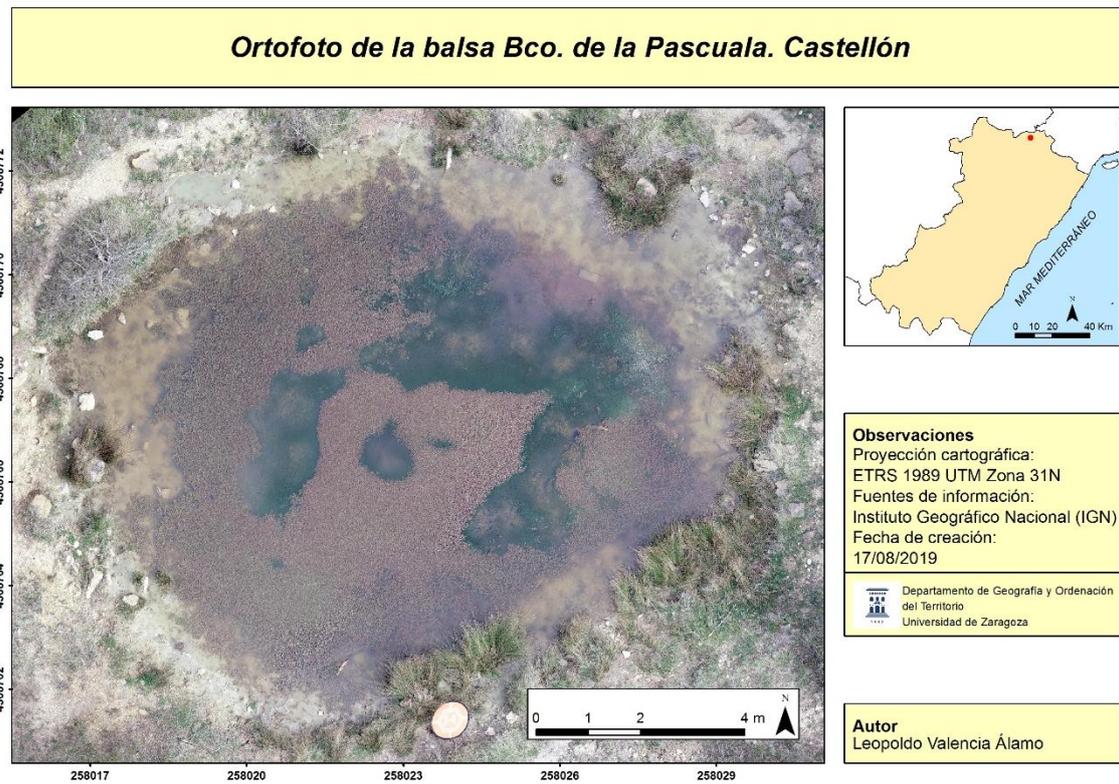


Figura 6.2.3.1: Ortofoto de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.

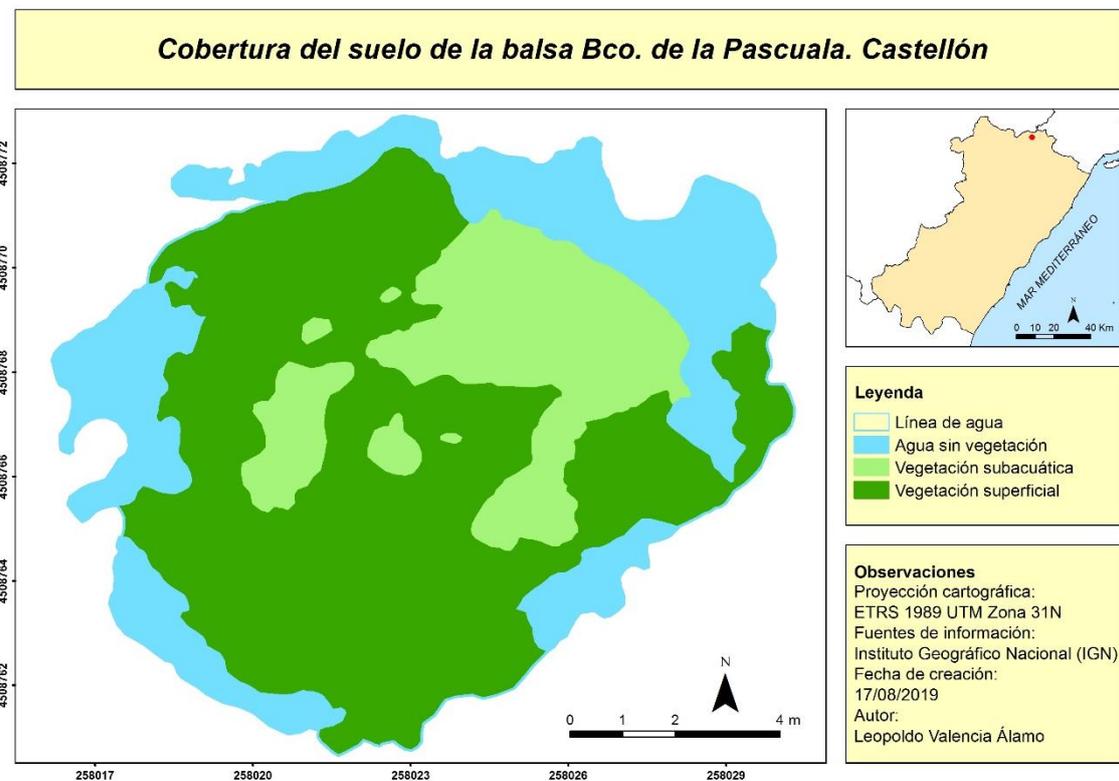


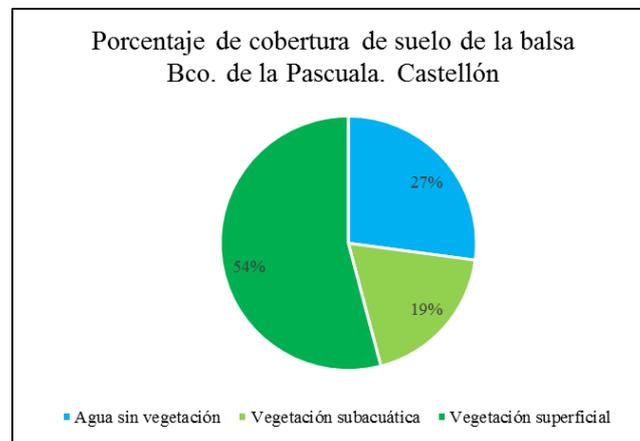
Figura 6.2.3.2: Cobertura del suelo de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.

Actualmente, la balsa Bco. de la Pascuala cuenta con una buena cobertura de vegetación superficial. Siendo la vegetación subacuática la menos dominante dentro de la balsa.

A diferencia de las dos balsas anteriores, la balsa de Bco. de la Pascuala presenta un porcentaje de vegetación superficial del 55% y de vegetación subacuática de un 18%, ello se explica a que estamos en medio de un frondoso pinar como se puede observar en la *figura 6.2.3.3*, por tanto, la claridad es mucho menor permitiendo un mayor desarrollo de la vegetación superficial. Además, hay que señalar que en esta balsa el agua sin vegetación es mucho más clara y tiende a concentrarse en las orillas de la balsa.



*Figura 6.2.3.3: Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.*



*Figura 6.2.3.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón.*

En la siguiente tabla se puede ver que la vegetación superficial es la cobertura que mayor superficie ocupa dentro de la balsa y la vegetación subacuática la que menos. La balsa tiene una superficie total de 115 m<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 929 m.

Tabla 6.2.3.1: Área de la cobertura de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón

Cobertura de la balsa Bco. de la Pascuala	
Cobertura	Área (m <sup>2</sup> )
Agua sin vegetación	31,44
Vegetación subacuática	21,76
Vegetación superficial	62,7
Total	115,9

#### 6.2.4 Balsa Mas del Horno. Tarragona



Figura 6.2.4.1: Ortofoto de la balsa Mas del Horno. Tarragona.



*Figura 6.2.4.2: Cobertura del suelo de la balsa Mas del Horno. Tarragona.*

En la balsa Mas del Horno, donde sí está presente la especie, encontramos que la vegetación subacuática es la cobertura que más domina, en un 69% y la vegetación superficial en un 31%. Es una balsa que no presenta agua sin vegetación como se puede observar tanto en la *figura 6.2.4.1* y *6.2.4.2*.



*Figura 6.2.4.3: Balsa Mas del Horno. Tarragona. Foto: Aitor Valdeón Vélez.*

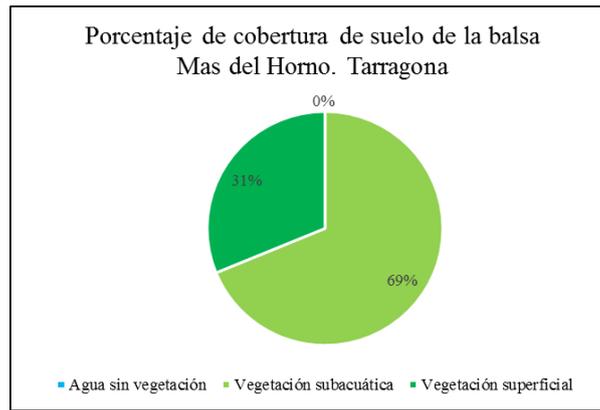


Figura 6.2.4.4: Porcentaje de cobertura del suelo de la balsa Mas del Horno. Tarragona.

En la siguiente tabla observamos que la vegetación subacuática es la que presenta una mayor cobertura dentro de la balsa y la vegetación superficial la que menos. La balsa tiene una superficie total de 234 m<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 415 m.

Tabla 6.2.4.1: Área de la cobertura de la balsa Mas del Horno. Tarragona

Cobertura de la balsa Mas del Horno	
Cobertura	Área (m <sup>2</sup> )
Agua sin vegetación	0
Vegetación subacuática	161,24
Vegetación superficial	73,22
Total	234,46

Una vez analizada las características de cada balsa muestreada, se puede concluir que la principal diferencia entre la balsa Mas del Horno donde se ha encontrado la especie (figura 6.2.4.5) y las 3 balsas muestreadas en Castellón donde no se ha visto el tritón jaspeado, pero sí el gallipato (*Pleurodeles waltl*), es que no encontramos presencia de agua sin vegetación. Estamos ante una balsa colonizada en su totalidad por vegetación. Ello es un punto a favor para la especie, ya que además de ofrecerle un hábitat idóneo para su reproducción, les ofrece protección ante otros depredadores, como peces, por ejemplo, que necesitan de aguas más abiertas para su desarrollo.



*Figura 6.2.4.5: Larva de tritón jaspeado (Triturus marmoratus) en la balsa Mas del Horno. Tarragona.*

## **7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

El tritón jaspeado presenta un ciclo anual mixto, con una fase terrestre y otra acuática. Existe una gran variabilidad en la duración, inicio y final de estas dos fases, en función de su localización geográfica tanto en coordenadas X e Y, como altitudinal. Durante la fase terrestre existe muy poca información sobre el hábitat que ocupa. Se refugia bajo los troncos, piedras, hojarasca, etc, buscando la humedad. Sin embargo, a lo largo de su fase acuática, su localización es más fácil ya que ocupa zonas de aguas quietas, sin corrientes, de pequeño tamaño y con abundante vegetación acuática. Además, se localiza, sobre todo, en lugares con cierto relieve y con una cobertura vegetal en buen estado. De ahí la importancia de estudiar la distribución de la especie teniendo en cuenta las variables climáticas, NDVI y las balsas. Siendo, en este caso, la distancia a balsas de tamaño igual o inferior a 250 m<sup>2</sup> la variable con mayor cantidad de información, como se ha podido comprobar en la objetividad de los resultados del modelo.

Efectivamente, analizando los resultados del modelo predictivo, las zonas potencialmente idóneas para el desarrollo de la especie se encuentran principalmente en las zonas altas y boscosas de la provincia de Castellón. Asimismo, se ha podido observar que las diferencias tanto climáticas como de hábitats entre las balsas muestreadas en Castellón con la balsa Mas del Horno en Tarragona, donde está la especie, son mínimas, por lo que existe la probabilidad de que la especie pueda estar presente. A pesar de todo, pese a

aparecer en áreas limítrofes, todavía no se ha verificado su presencia en la provincia de Castellón.

El tritón jaspeado no se considera en peligro en España y Portugal. Sin embargo, se han constatado la desaparición de varias poblaciones por la construcción de carreteras, núcleos urbanos en los alrededores y la desaparición de balsas. Por otra parte, se ven afectados por la intensificación agrícola y la pérdida y contaminación del agua dulce. Además, por la presencia de parásitos, peces u otras especies depredadoras, como el cangrejo americano. Por tanto, la pérdida y el cambio de hábitats son amenazas serias. Aquí juega un papel fundamental la ordenación territorial, proponiendo medidas de gestión para la protección de la especie. Es decir, en función del modelo obtenido y de las principales amenazas, se ha de establecer una serie de prioridades para la gestión y conservación de la especie.

Dada la continuidad espacial del hábitat considerado idóneo se pueden plantear proyectos de restauración ambiental y de reintroducción de la especie, siempre relacionándolo con las variables climáticas idóneas. En lo referido a la reintroducción, en la Comunidad Autónoma Valenciana en el yacimiento inédito número 2 en estudio por el doctor J. Talens para el Mioceno y Plioceno, está citada la presencia del género *Triturus* sp.

Teniendo en cuenta que este género en el año 1977 englobaba a varias especies que actualmente se incluyen en otros géneros como *Lissotriton* y *Ichthyosaura*, no se puede asegurar que el espécimen encontrado se refiera a lo que actualmente se conoce como género *Triturus*. Sin embargo, es probable que la especie o un ancestro de la misma estuviese presente en lugar y, por tanto, una introducción dirigida hacia la conservación de la especie podría llegar a considerarse una reintroducción.

Otra de las medidas que se han de establecer para la conservación de la especie sería la de proteger su hábitat, tanto en fase terrestre como acuática. Como se ha comentado anteriormente, las balsas constituyen su hábitat principal para la reproducción y cría de la especie. Aquí juega un papel importante la actividad ganadera, ya que las prácticas pecuarias propician el buen estado de las balsas donde la especie se reproduce, por tanto, una medida a establecer sería fomentar la ganadería en la zona. Además, mantener en buen estado los bosques ya que constituye otro hábitat principal, sobre todo en la fase terrestre de la especie.

Analizando el modelo obtenido (*figura 6.1.1*), otras de las medidas a tener en cuenta a la hora de gestionar la especie, sería establecer corredores ecológicos o zonas óptimas, aprovechando esa continuidad de idoneidad muy alta desde la población presente en Tarragona hacia Castellón, como se puede observar en el modelo. Identificando las posibles barreras presente para la especie, como puede ser carreteras (*por ejemplo: N-232, CV-105, CV-111, TV-3421*) y demás instalaciones, y restaurando aquellas zonas óptimas presente, de este modo se evitaría la fragmentación de hábitats y mortalidad por atropello en carreteras, propiciando el paso de la especie desde Tarragona hacia Castellón. En Castellón, durante la salida de muestreo, nos encontramos con balsas en mal estado en zonas óptimas, apenas sin agua. Por tanto, una buena restauración de esas balsas beneficiaría el desarrollo de la especie.

Como ya se ha comentado, la especie es muy sensible ante otros depredadores. Aquí es muy importante las campañas de información y sensibilización social, debido al gran desconocimiento de la sociedad sobre el problema que representa introducir especies fuera de su hábitat de distribución natural, como las especies exóticas invasoras. Asimismo, las enfermedades y parásitos son otro de los problemas que suponen para la especie (Bosch, 2003 y Rosa, 2017), por tanto, el establecimiento de un protocolo de desinfección evitaría la propagación de enfermedades.

Tener en cuenta que estas medidas no sólo han de aplicarse a Castellón sino también a Tarragona ya que estamos ante una población aislada y hay que mantenerla. Siendo necesario un seguimiento de las mismas, para poder analizar los puntos débiles y fuertes de las medidas que se han llevado a cabo.

En definitiva, los resultados obtenidos se resumen en la creación de un modelo predictivo del tritón jaspeado en la provincia, la caracterización de algunas zonas potencialmente aptas y la propuesta de medidas de gestión para su protección.

Una vez más, como ya se ha comentado en los apartados anteriores, tanto por tiempo y extensión de este trabajo es imposible analizar cada uno de los lugares idóneos resultantes del modelo, debido al tipo de estudio al que nos tenemos que ajustar. Asimismo, el trabajo que se ha realizado entendemos que supone no sólo una aportación al conocimiento de la distribución potencial de la especie en la provincia de Castellón, sino también metodológicamente supone un grano de arena más en el conocimiento de la aplicación de los métodos de modelización a la conservación de especies.

## 8. CONCLUSIONES

Este trabajo ha sacado luz sobre el conocimiento de la distribución potencial del tritón jaspeado en la provincia de Castellón. Los modelos de distribución de las especies han sido una herramienta útil a la hora de representar una información que sintetiza las relaciones existentes entre una especie y las variables ambientales, difíciles de interpretar por otros medios.

El mapa de idoneidad de hábitat debe tenerse en cuenta a la hora de priorizar las actuaciones en la mejora de las poblaciones, del hábitat o como ya se ha comentado, de reintroducción de la especie, actuando en aquellos lugares de mayor idoneidad, aprovechando esa continuidad espacial existente entre la población de Tarragona y la provincia de Castellón.

Entendemos que las principales aportaciones del trabajo son dos:

- La cartografía de la distribución potencial del tritón jaspeado, a través de los métodos de modelización. Decimos distribución potencial ya que para este estudio no se han tenido en cuenta una serie de variables ambientales como, por ejemplo, el efecto del relieve, variables más complejas como las relaciones bióticas (depredación, parasitismo, etc), etc, que también pueden condicionar a la distribución de la especie.
- El establecimiento de medidas de gestión y conservación, donde podría aparecer en el futuro la especie en Castellón y formar parte del abanico de biodiversidad a gestionar por la Comunidad Autónoma Valenciana.

La creación de un modelo predictivo del tritón jaspeado, a través de los métodos de modelización para la conservación de las especies, consideramos que debe ser una llave que permita a los técnicos abrir una puerta al conocimiento y la gestión de la especie en la provincia de Castellón.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- AmphibiaWeb. (2017). *Triturus marmoratus*. University of California, Berkeley, CA, USA. Consultado el 05 de junio de 2019, en: <http://amphibiaweb.org/species/4300>
- Araújo, M. B., y Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity? *Science*, 313(5792), 1396-1397.
- Barbadillo, L. J. y de Castilla, A. M. (1987). *La guía de INCAFO de los anfibios y reptiles de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias*. INCAFO. Madrid.
- Bosch, J. (2003). Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe*, 16, 56-73.
- Buira, A. (2016). Aplicación de modelos de nicho ecológico para la localización de seis plantas amenazadas en el Parque Natural de Els Ports (noreste de la Península Ibérica). *Pirineos*, 171, 017.
- CNNPA de la UICN. (1994). “*Parques para la vida: Plan de Acción para las Áreas Protegidas de Europa*”. ICONA.
- Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martínez Rica, J. P., ... y Oliveira, M. E. (1997). *Atlas of amphibians and reptiles in Europe* (p. 496). J. P. Gasc, A. Cabela, y J. Crnobrnja-Isailovic (Eds.). Bonn, Germany: Societas Europaea Herpetologica.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... y Münkemüller, T. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46.
- Dufresnes, C. (2018). Patterns of amphibian diversity in the Western Palearctic. *Short Note. The Herpetological Bulletin*, 145, 28-30.
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34(4), 427-433.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(15), 1965-1978.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (1985). Límites geográficos y políticos.

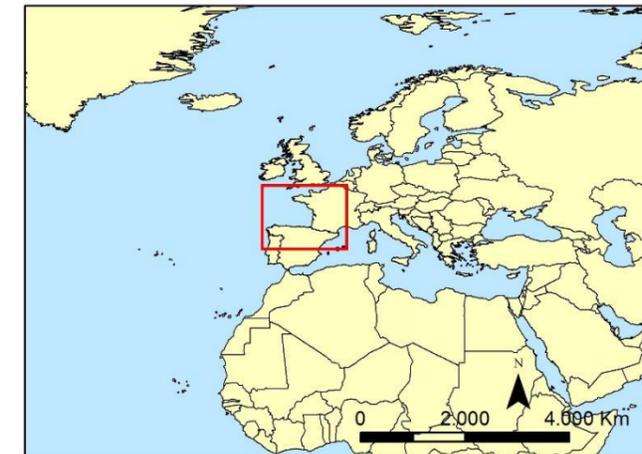
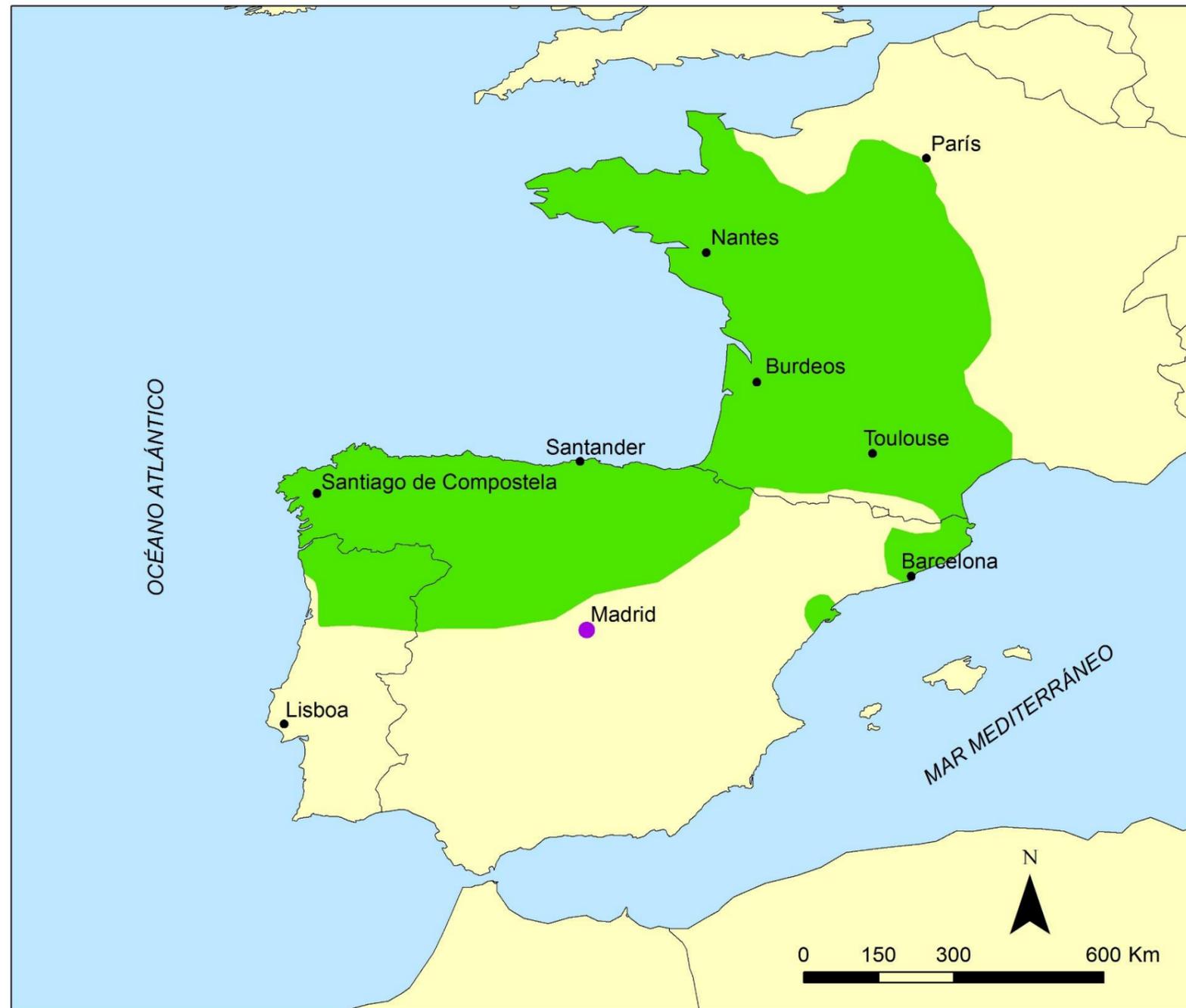
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2018). Padrón municipal. Cifras oficiales de población.
- Lacomba, I., y Sancho, V. (1999). Atlas de anfibios y reptiles de la Comunidad Valenciana. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp*, 10, 2-10.
- Montori, A. (2014). Tritón jaspeado–*Triturus marmoratus* (Latreille, 1800).
- Monserrat, V. J., y Díaz-Aranda, L. M. (1988). Contribución al conocimiento de los neurópteros de Castellón (Insecta, Neuropteroidea, Planipennia). *Mediterránea (Serie Estudios Biológicos)*, 10, 87-95.
- Morillo, C., y Leconte, J. (1988). “*Conclusiones generales. Supervivencia de Espacios Naturales*”. *Survie des Espaces Naturels*. Casa Velázquez. MAPA. Madrid.
- Ninyerola, M., Pons, X., y Roure, J. M. (2005). Atlas climático digital de la Península Ibérica. *Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R., y Lizana, M. (Eds.), (2002). *Atlas y libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid, pp. 587.
- Quereda, J., Montón, E., y Escrig, J. (1976). El clima de la Provincia de Castellón. *Exma. Diputación de Castellón. Castellón*.
- Rivera, X., Escoriza, D., Maluquer-Margalef, J., Arribas, O., y Carranza, S. (2011). Amfibis i rèptils de Catalunya, País Valencià i Balears. *Y Societat Catalana d’Herpetologia*. Bellaterra, Barcelona.
- Rodríguez, G. (2013). Prioridades para la conservación de anfibios en España. *WWF España*. Madrid.
- Rosa, G. M., Sabino-Pinto, J., Laurentino, T. G., Martel, A., Pasmans, F., Rebelo, R., ... y Garner, T. W. (2017). Impact of asynchronous emergence of two lethal pathogens on amphibian assemblages. *Scientific reports*, 7, 43260.
- Rouse, J. W. J., Haas, R. H., Schell, J. A., y Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351. US Gov. Printing office. *Edited by SC Freden, EP Mercanti, and MA Becker*. NASA.

- Sanchiz, F. B. (1977). Catálogo de los anfibios fósiles de España (noviembre del 1977). *Acta geológica hispánica*, 12(4), 103-107.
- Sillero, N., Barbosa, A. M., Freiría, F. M., y Real, R. (2010). Los modelos de nicho ecológico en la herpetología ibérica: pasado, presente y futuro. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, (21), 2-24.
- Soberón, J., y Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(Supplement 2), 19644-19650. doi: [10.1073/pnas.0901637106](https://doi.org/10.1073/pnas.0901637106)
- Temple, H. J., y Cox, N. A. (2009). European red list of amphibians. *Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities*.
- Thuiller, W. (2004). Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. *Global Change Biology*, 10(12), 2020-2027.
- UICN. (1994). “XIX Asamblea General de la UICN”. Buenos Aires.
- Valdeón, A. (2015). *Distribución, hábitat y datos poblacionales del galápago europeo (emys orbicularis) en el valle del Ebro: herramientas para la gestión de la especie y su hábitat*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Wielstra, B., Crnobrnja-Isailović, J., Litvinchuk, S. N., Reijnen, B. T., Skidmore, A. K., Sotiropoulos, K., ... y Arntzen, J. W. (2013). Tracing glacial refugia of Triturus newts based on mitochondrial DNA phylogeography and species distribution modeling. *Frontiers in zoology*, 10(1), 13.

## **ANEXOS**

Anexo 1: Cartografía sobre la especie y el área de estudio

## Distribución geográfica del tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)



### Leyenda

- Introducido
- Residente

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
WGS - 1984  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
UICN  
Fecha de creación:  
12/04/2019



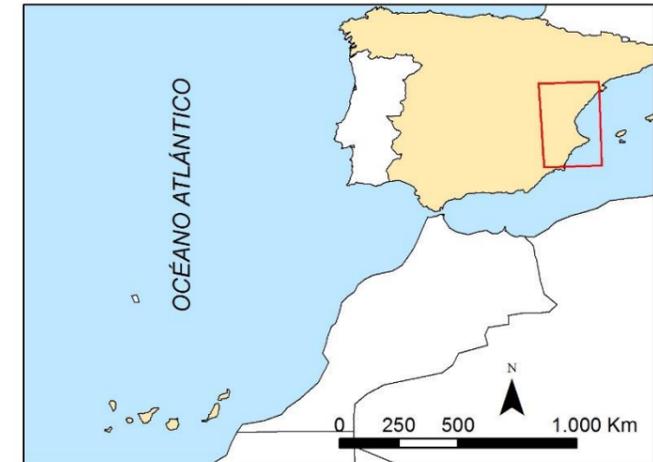
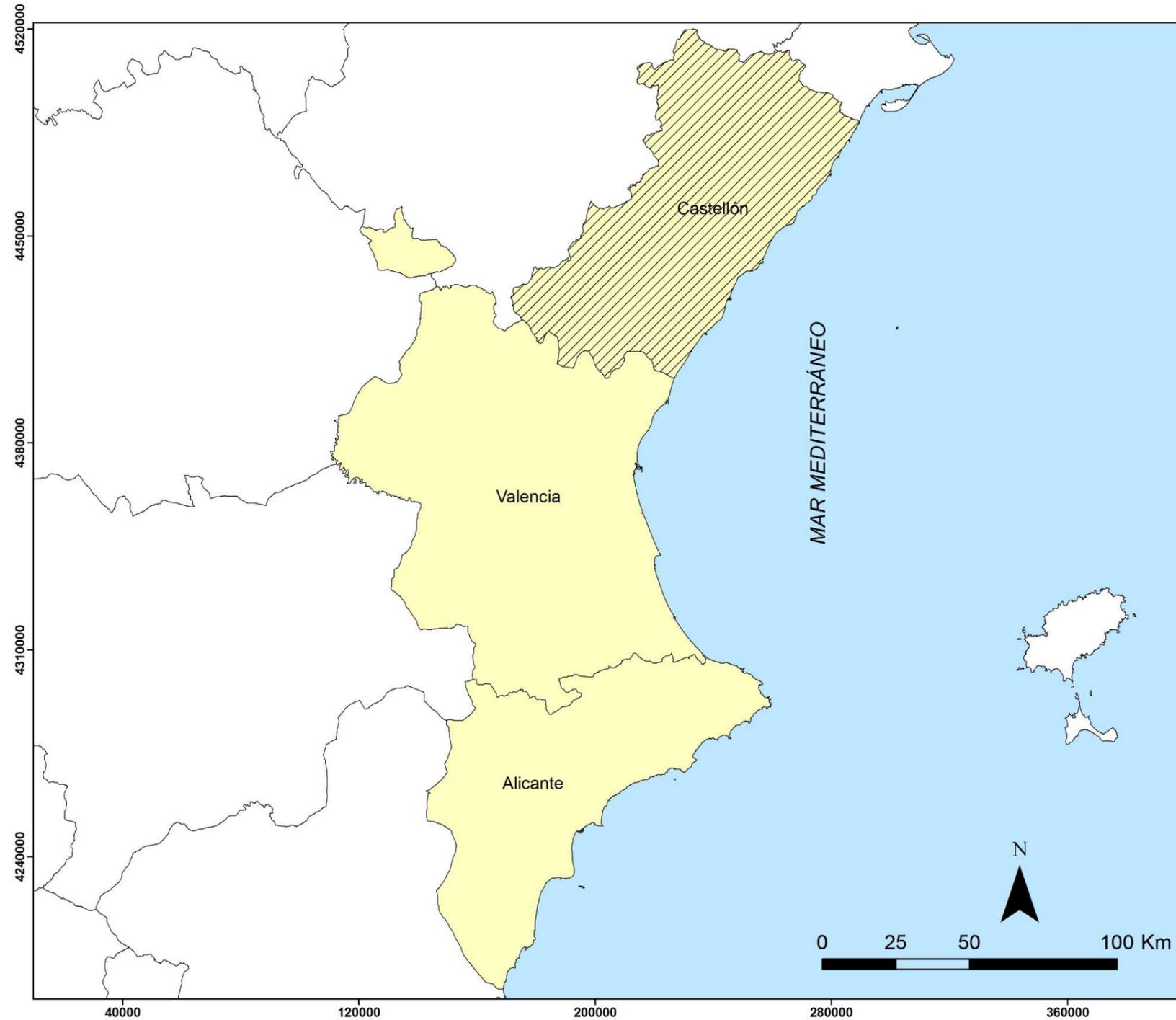
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 1.3* (página 5).

## Localización del área de estudio



### Leyenda

-  Provincia de Castellón
-  Comunidad Valenciana

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
12/04/2019



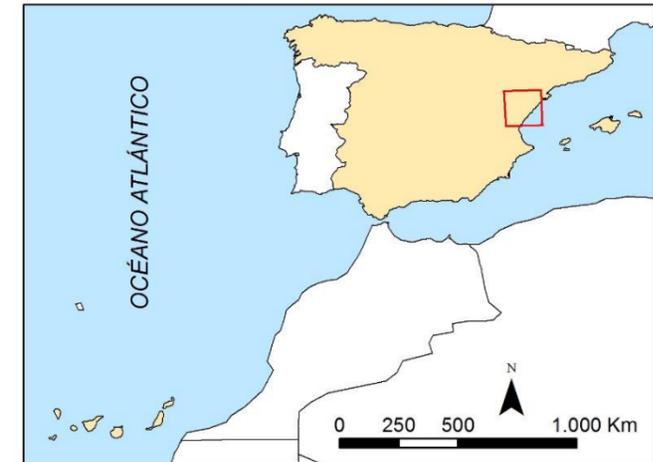
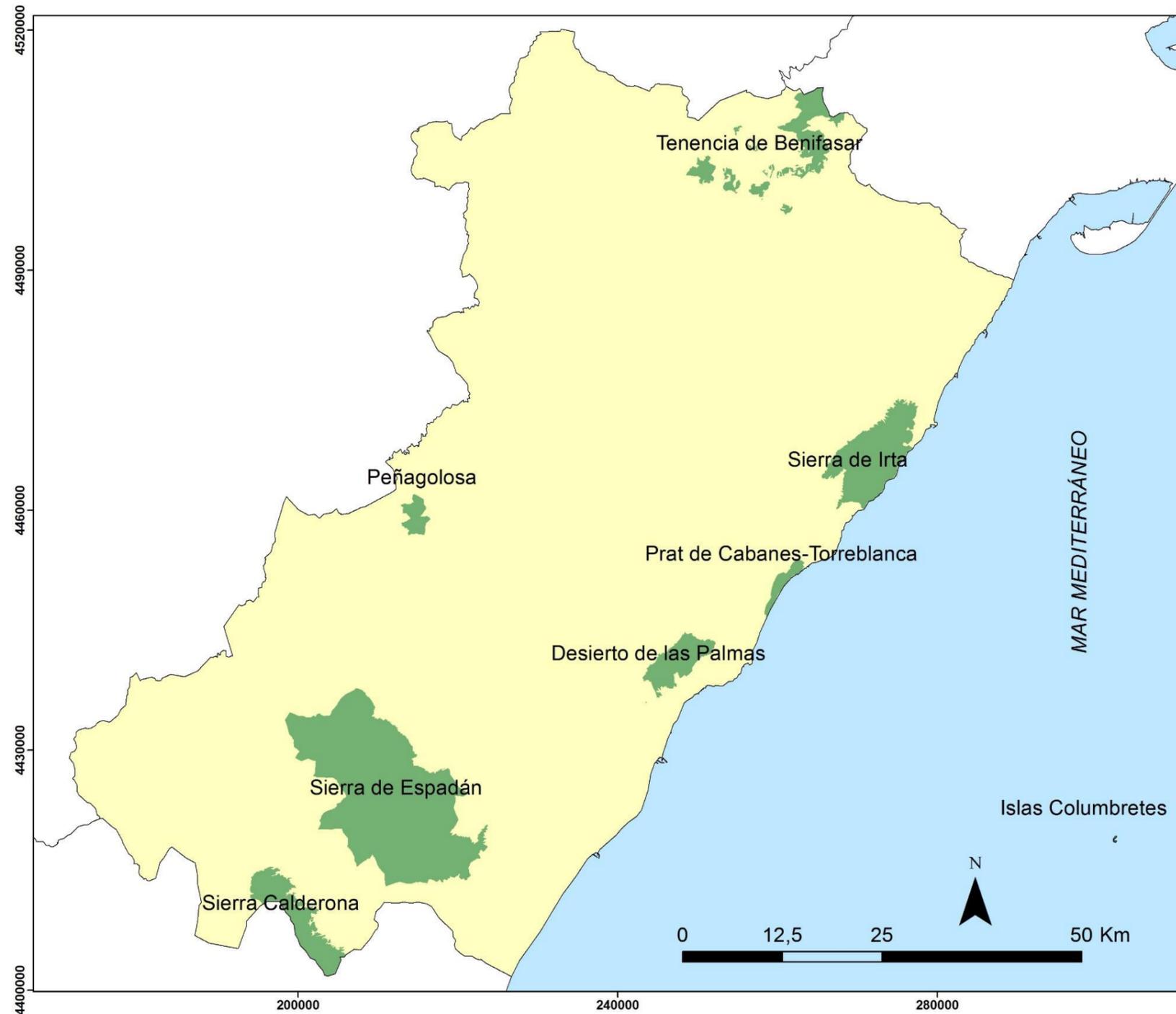
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 3.1* (página 7).

# Parques Naturales. Provincia de Castellón



## Leyenda

 Parque Natural

## Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN);  
Infraestructura Valenciana Datos Espaciales  
Fecha de creación:  
12/04/2019



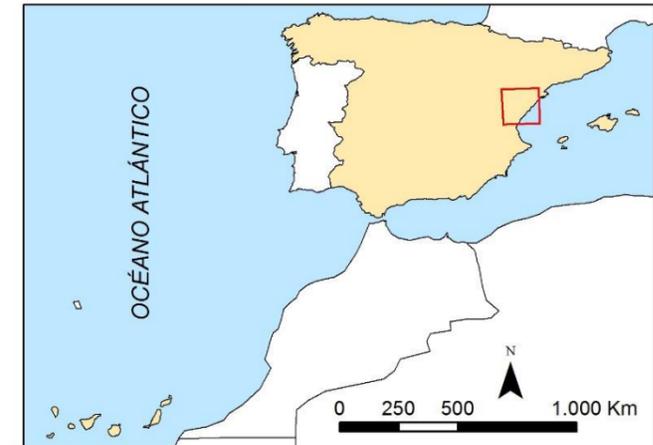
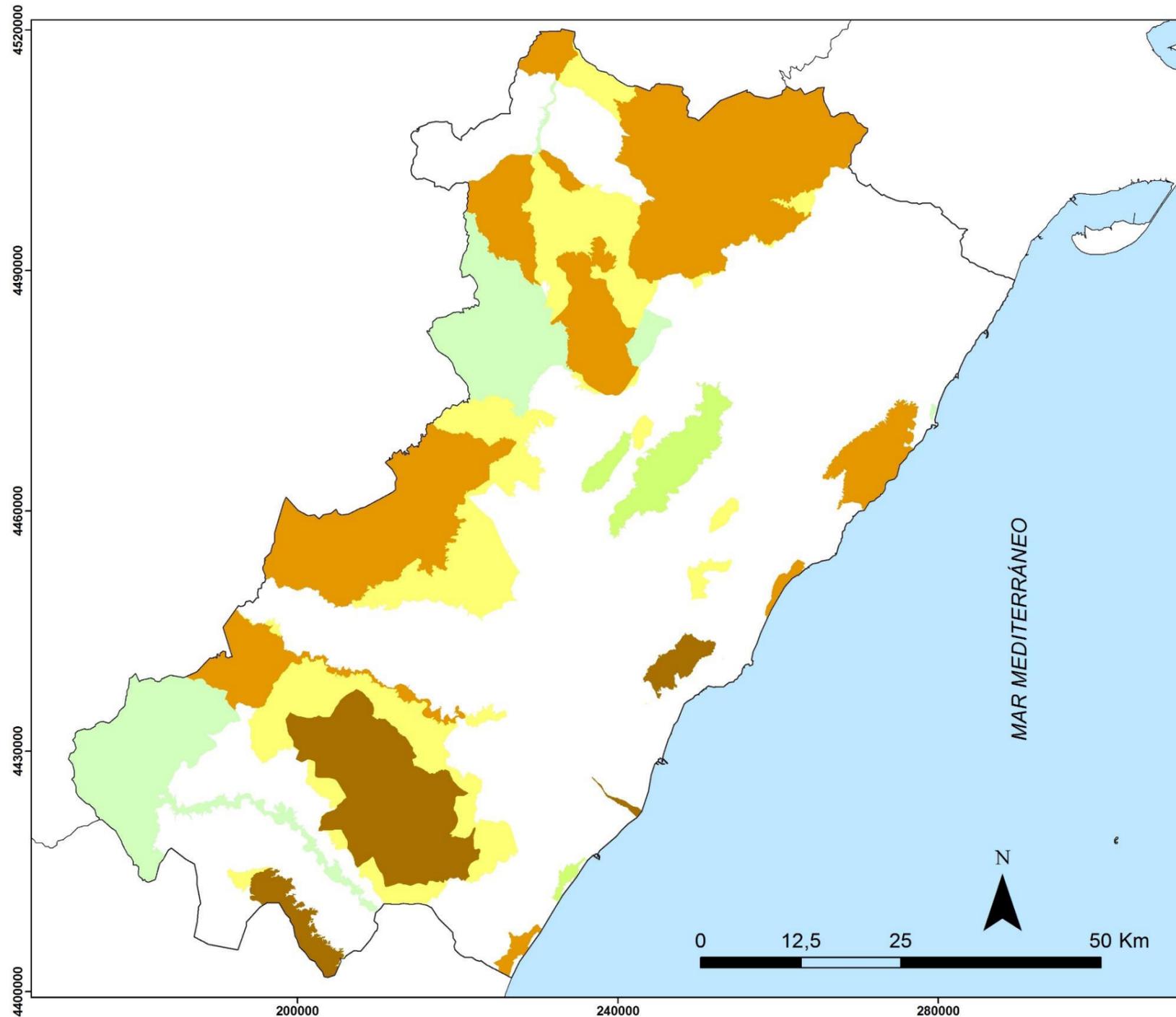
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

## Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 3.1.1* (página 9).

# Red Natura 2000. Provincia de Castellón



## Leyenda

- |  |  |
|--|--|
|  LIC  |  LIC / ZEPA |
|  ZEC  |  ZEC / ZEPA |
|  ZEPA |  |

## Observaciones

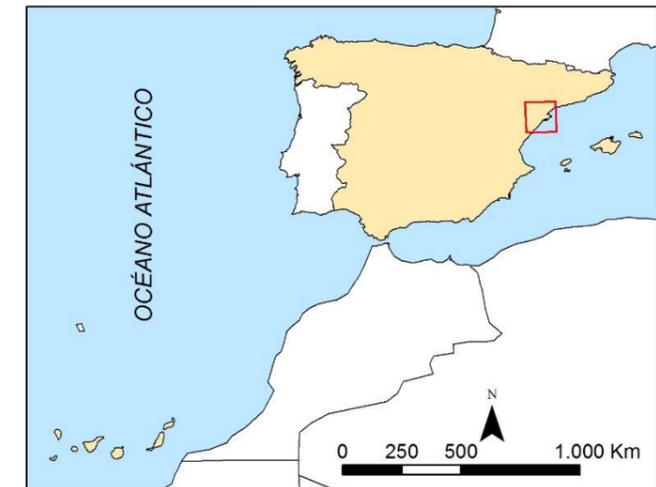
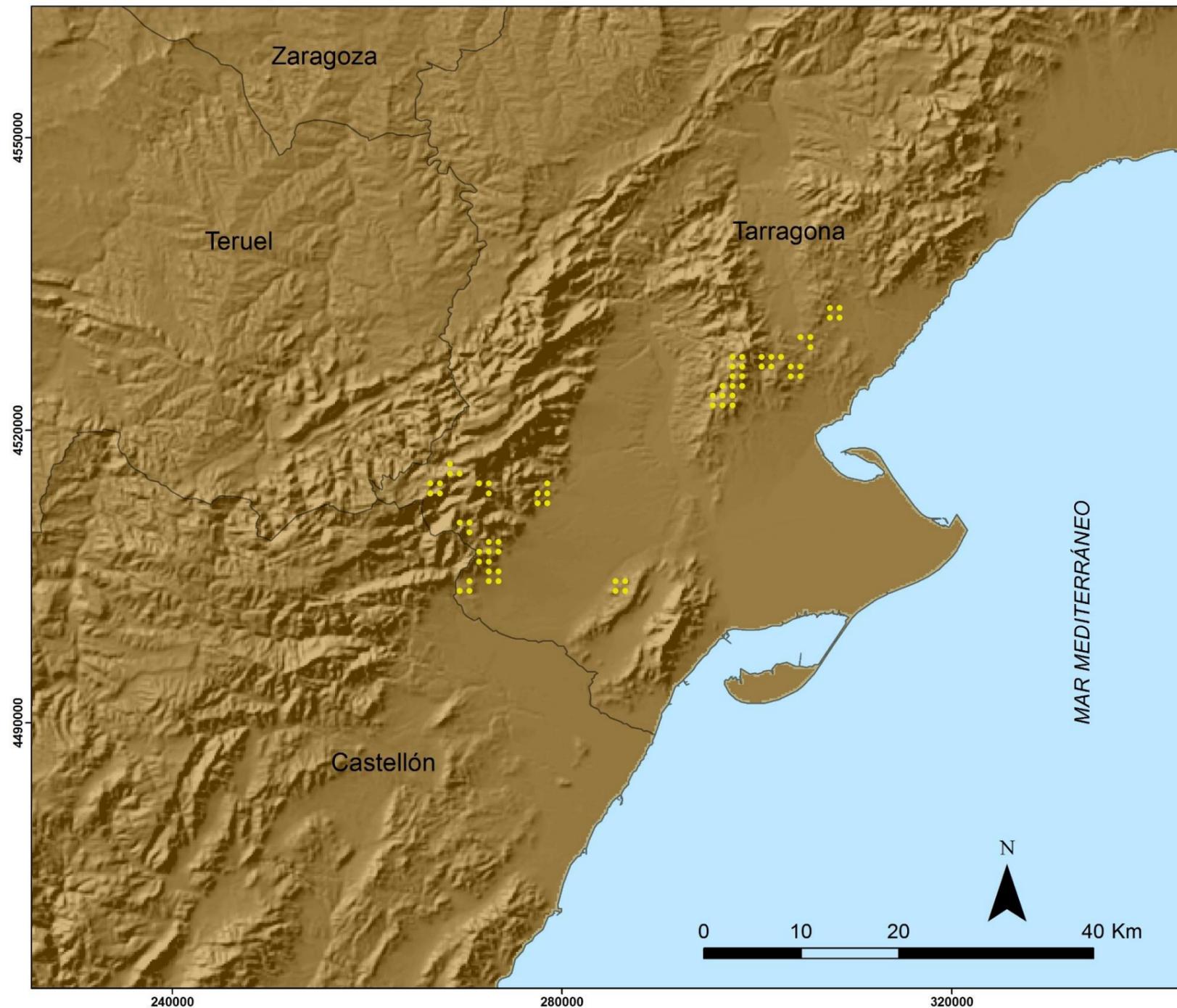
Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN);  
Infraestructura Valenciana Datos Espaciales  
Fecha de creación:  
12/04/2019

 Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

**Autor**  
Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 3.1.2* (página 10).

## Datos de presencia del tritón jaspeado en la provincia de Tarragona



### Leyenda

- Tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
15/04/2019



Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 5.2.1 (página 14)*.

## Anexo 2: Tabla de correlaciones

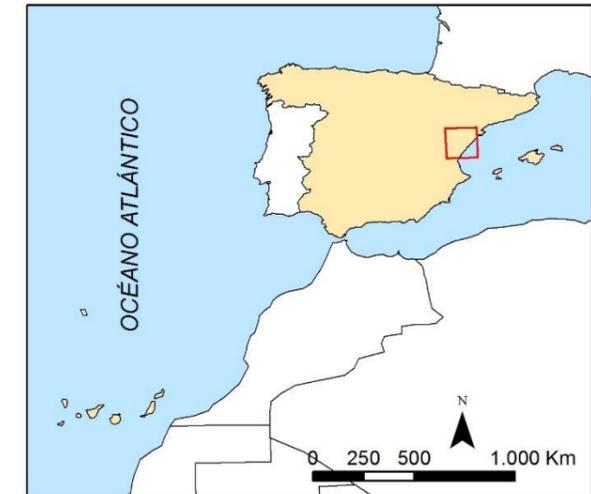
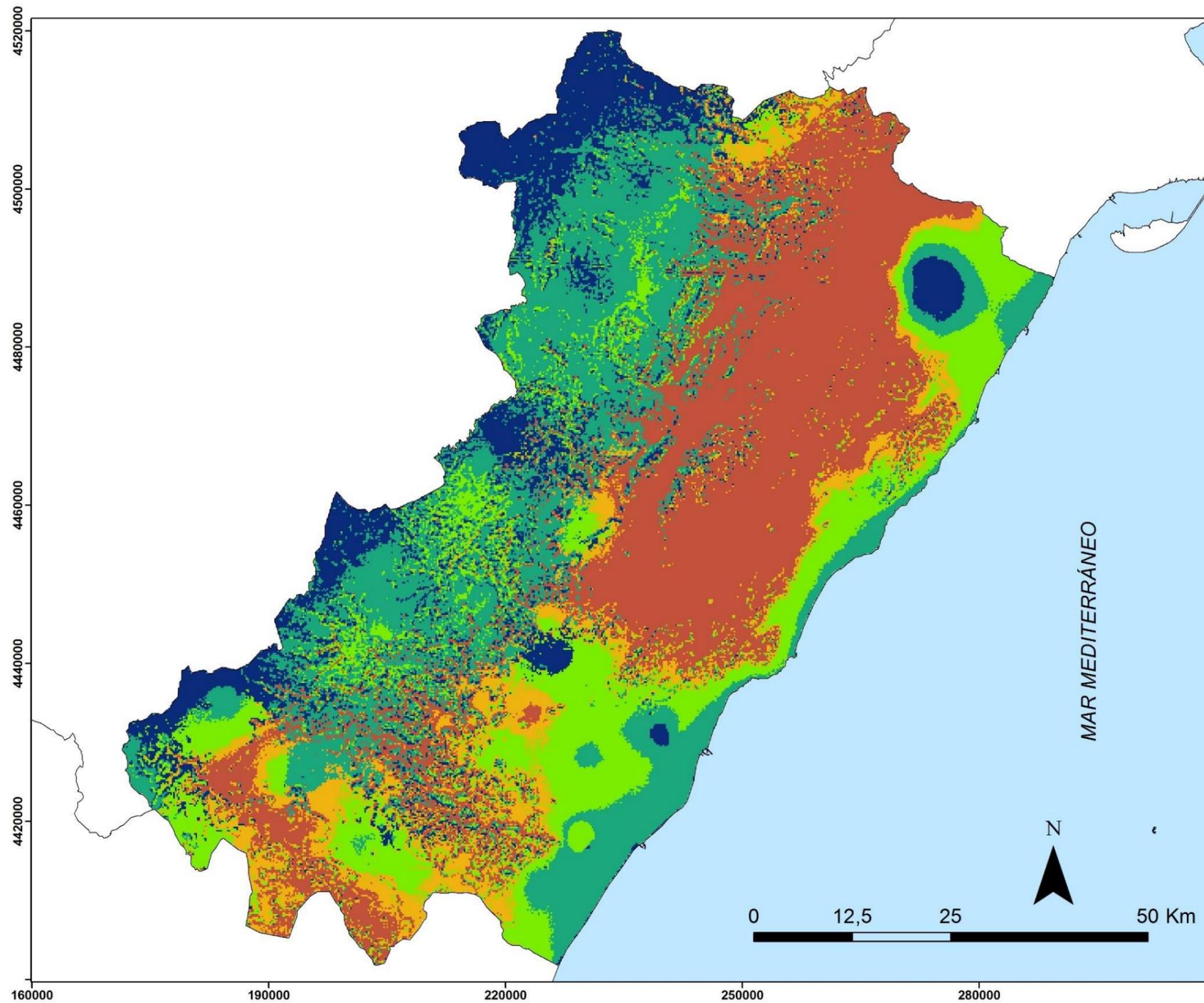
	Bio01	Bio02	Bio03	Bio04	Bio05	Bio06	Bio07	Bio08	Bio09	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Bio01		0,25412	0,49518	0,25262	0,67459	0,80752	0,20824	0,8331	0,45481	0,84545	0,90014	-0,038795	0,1147	-0,35797	0,58865	0,13306	-0,17562	-0,029782	-0,015985
Bio02	0,25412		0,85354	0,88102	0,82293	-0,23846	0,95661	0,29977	0,055563	0,61151	0,050072	0,10886	0,015077	0,27826	0,1472	0,0074442	0,19744	0,0064885	0,10035
Bio03	0,49518	0,85354		0,7335	0,86905	0,13448	0,78792	0,53138	0,24991	0,78155	0,4084	0,36797	0,35862	0,26163	0,46977	0,36203	0,34057	0,30592	0,35291
Bio04	0,25262	0,88102	0,7335		0,8499	-0,22502	0,97567	0,2972	0,029216	0,65629	0,0048931	0,071501	-0,057822	0,16863	0,22947	-0,036249	0,16799	-0,045541	0,018491
Bio05	0,67459	0,82293	0,86905	0,8499		0,28126	0,83444	0,67652	0,27033	0,94459	0,51695	0,074794	0,072998	-0,012547	0,48442	0,091192	0,065021	0,001107	0,061576
Bio06	0,80752	-0,23846	0,13448	-0,22502	0,28126		-0,29415	0,71907	0,46754	0,57147	0,95107	-0,039925	0,18413	-0,48568	0,56968	0,20351	-0,24639	0,032082	0,00091235
Bio07	0,20824	0,95661	0,78792	0,97567	0,83444	-0,29415		0,26087	0,0006982	0,61257	-0,031352	0,096538	-0,03389	0,26589	0,15487	-0,026931	0,20548	-0,018237	0,060026
Bio08	0,8331	0,29977	0,53138	0,2972	0,67652	0,71907	0,26087		0,30986	0,82109	0,83143	-0,033773	0,12134	-0,29281	0,58692	0,12624	-0,15432	0,051675	-0,084898
Bio09	0,45481	0,055563	0,24991	0,029216	0,27033	0,46754	0,0006982	0,30986		0,39658	0,50352	0,26528	0,34874	-0,36073	0,53473	0,39274	0,076609	0,034836	0,37608
Bio10	0,84545	0,61151	0,78155	0,65629	0,94459	0,57147	0,61257	0,82109	0,39658		0,75722	0,070009	0,13951	-0,1733	0,61951	0,16485	-0,0085642	0,027447	0,063753
Bio11	0,90014	0,050072	0,4084	0,0048931	0,51695	0,95107	-0,031352	0,83143	0,50352	0,75722		0,041932	0,24775	-0,36983	0,63191	0,26189	-0,14914	0,086594	0,078123
Bio12	-0,038795	0,10886	0,36797	0,071501	0,074794	-0,039925	0,096538	-0,033773	0,26528	0,070009	0,041932		0,9305	0,58902	0,21268	0,95144	0,92585	0,9055	0,94827
Bio13	0,1147	0,015077	0,35862	-0,057822	0,072998	0,18413	-0,03389	0,12134	0,34874	0,13951	0,24775	0,9305		0,42259	0,42465	0,97827	0,76678	0,89641	0,87056
Bio14	-0,35797	0,27826	0,26163	0,16863	-0,012547	-0,48568	0,26589	-0,29281	-0,36073	-0,1733	-0,36983	0,58902	0,42259		-0,42078	0,39577	0,73649	0,59793	0,55412
Bio15	0,58865	0,1472	0,46977	0,22947	0,48442	0,56968	0,15487	0,58692	0,53473	0,61951	0,63191	0,21268	0,42465	-0,42078		0,42657	-0,038009	0,20403	0,13949
Bio16	0,13306	0,0074442	0,36203	-0,036249	0,091192	0,20351	-0,026931	0,12624	0,39274	0,16485	0,26189	0,95144	0,97827	0,39577	0,42657		0,79685	0,89439	0,90121
Bio17	-0,17562	0,19744	0,34057	0,16799	0,065021	-0,24639	0,20548	-0,15432	0,076609	-0,0085642	-0,14914	0,92585	0,76678	0,73649	-0,038009	0,79685		0,83871	0,86264
Bio18	-0,029782	0,0064885	0,30592	-0,045541	0,001107	0,032082	-0,018237	0,051675	0,034836	0,027447	0,086594	0,9055	0,89641	0,59793	0,20403	0,89439	0,83871		0,78113
Bio19	-0,015985	0,10035	0,35291	0,018491	0,061576	0,00091235	0,060026	-0,084898	0,37608	0,063753	0,078123	0,94827	0,87056	0,55412	0,13949	0,90121	0,86264	0,78113	

Su estudio se detalla en la *tabla 5.3.1 (página 21)*.

### Anexo 3: Cartografía de selección de variables

A continuación, podemos observar, por un lado, la cartografía de selección de variables que no se han incluido en la memoria, para no cargarla con pasos intermedios de poca relevancia y, por otro lado, la cartografía del modelo final seleccionado.

## Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas. Castellón



### Idoneidad

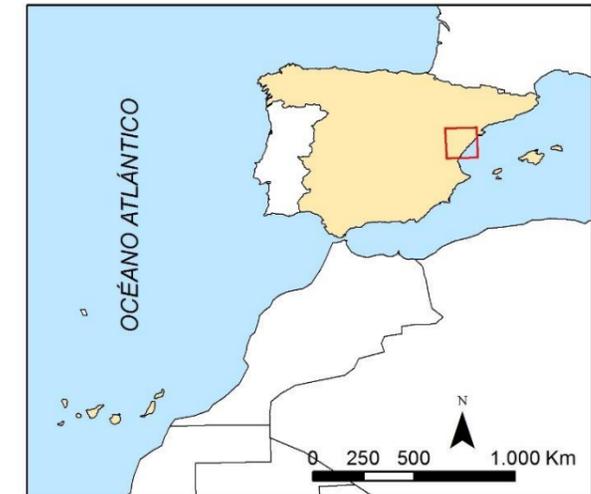
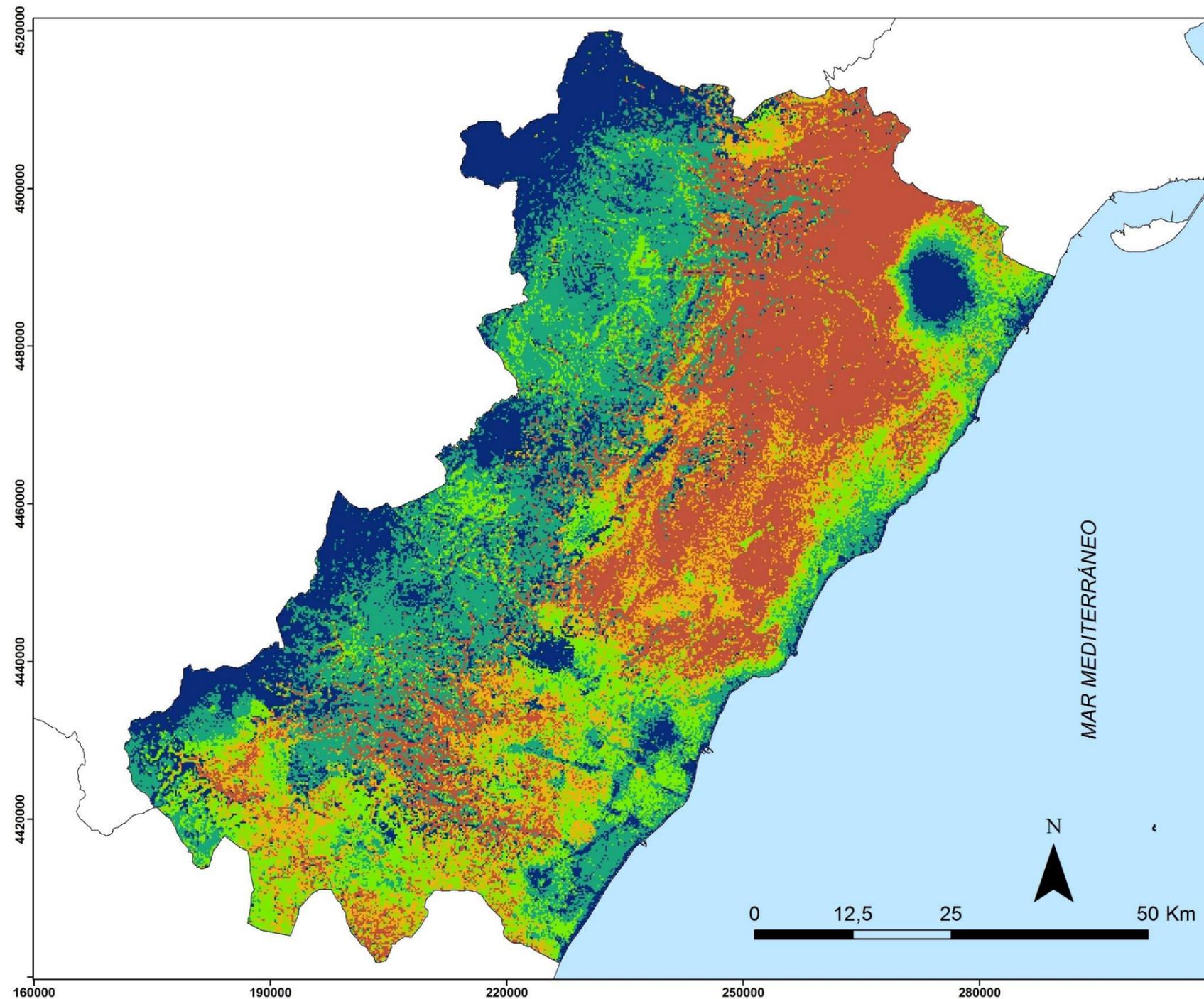
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
18/06/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Valor AUC: 0,877.

## Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas y NDVI. Castellón



### Idoneidad

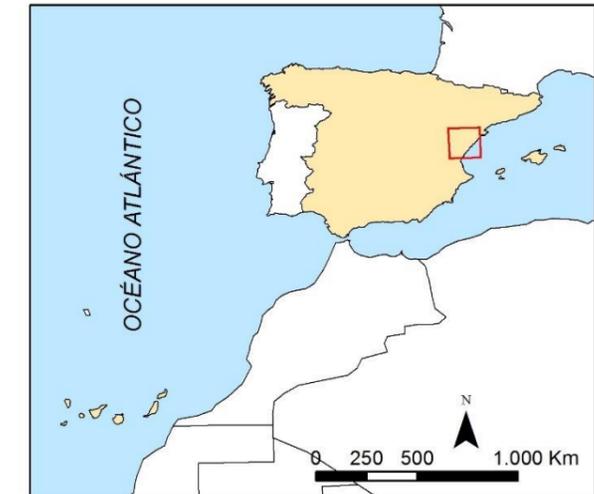
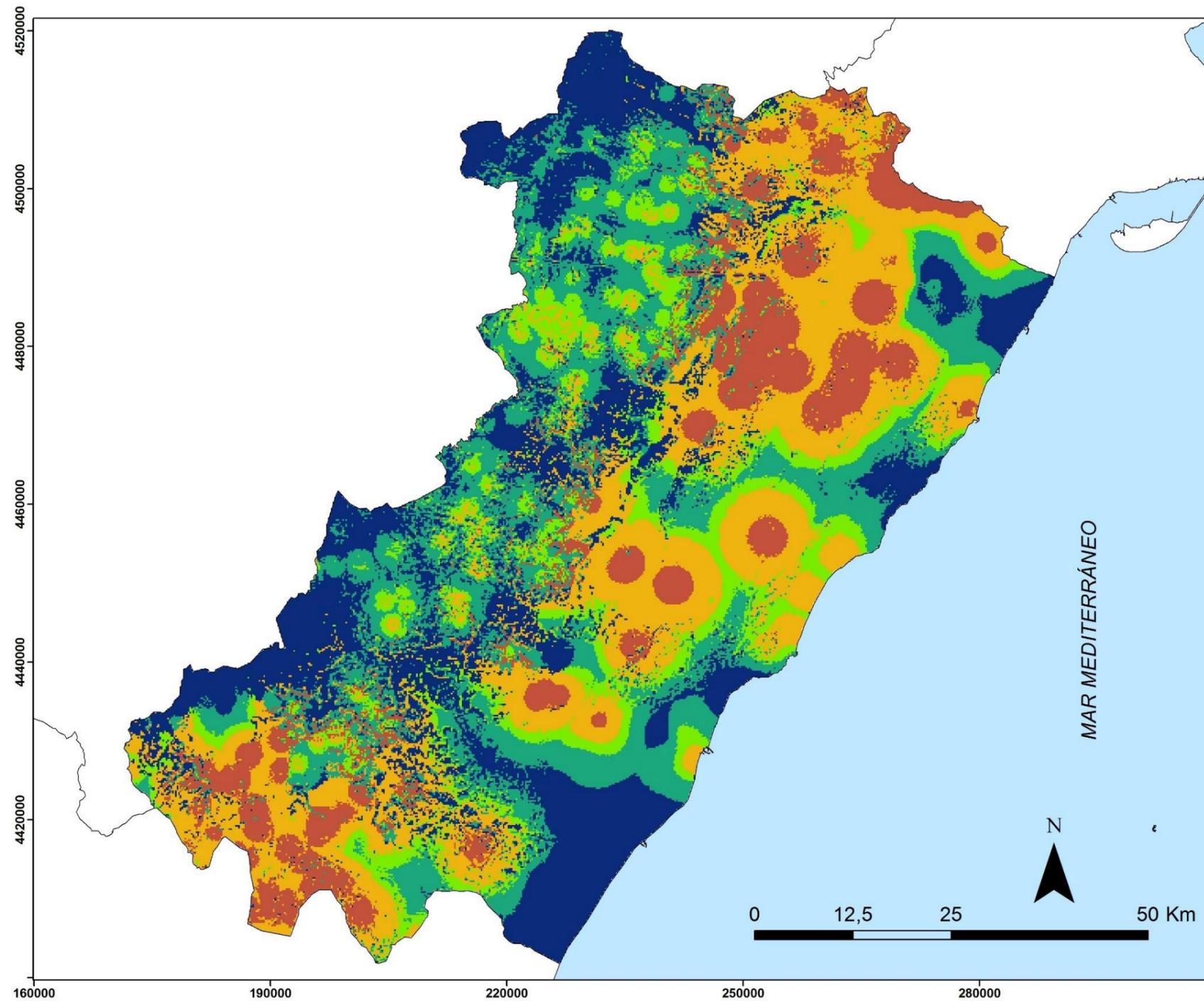
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
18/06/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Valor AUC: 0,884.

## Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas y balsas. Castellón



### Idoneidad

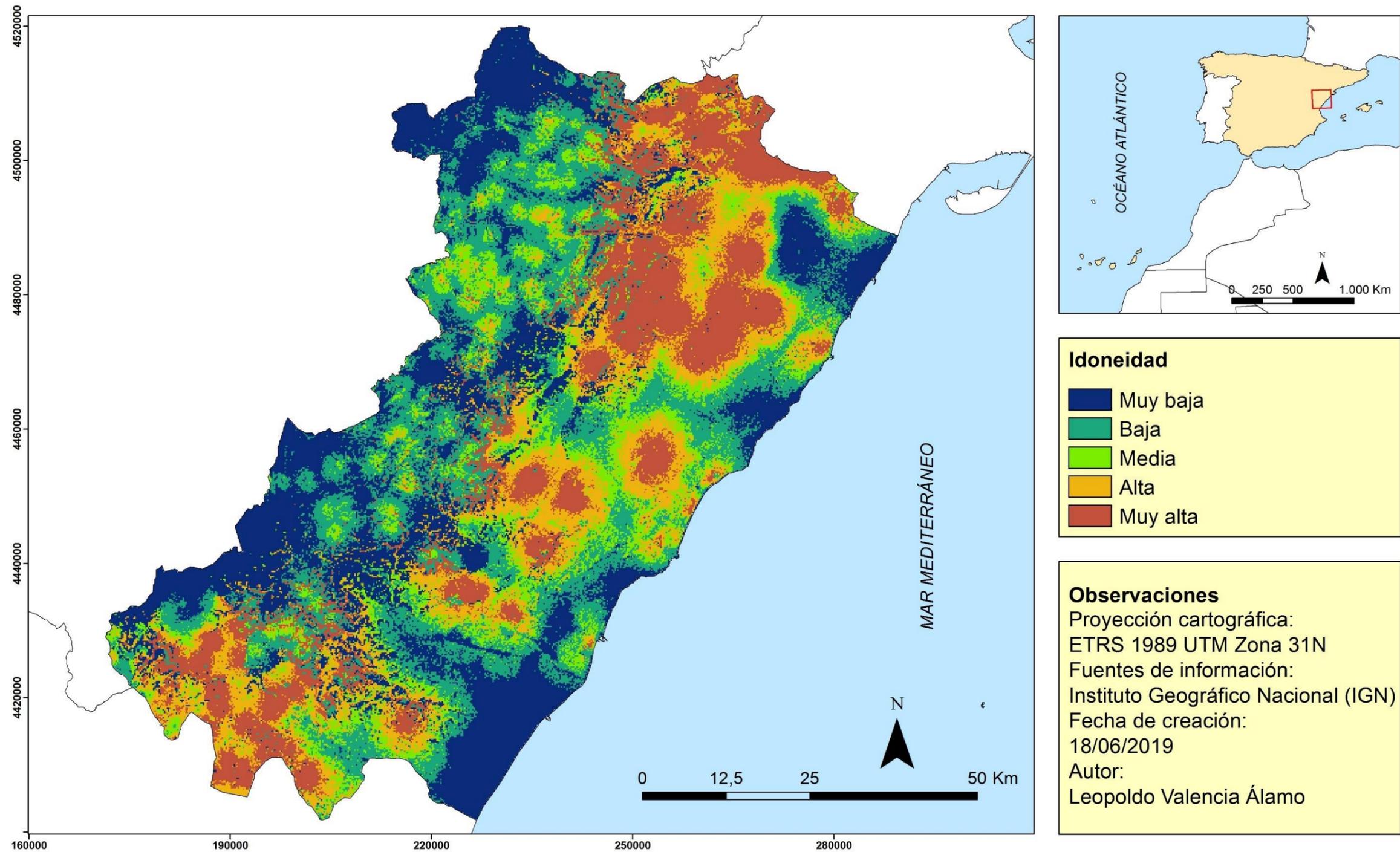
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
18/06/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

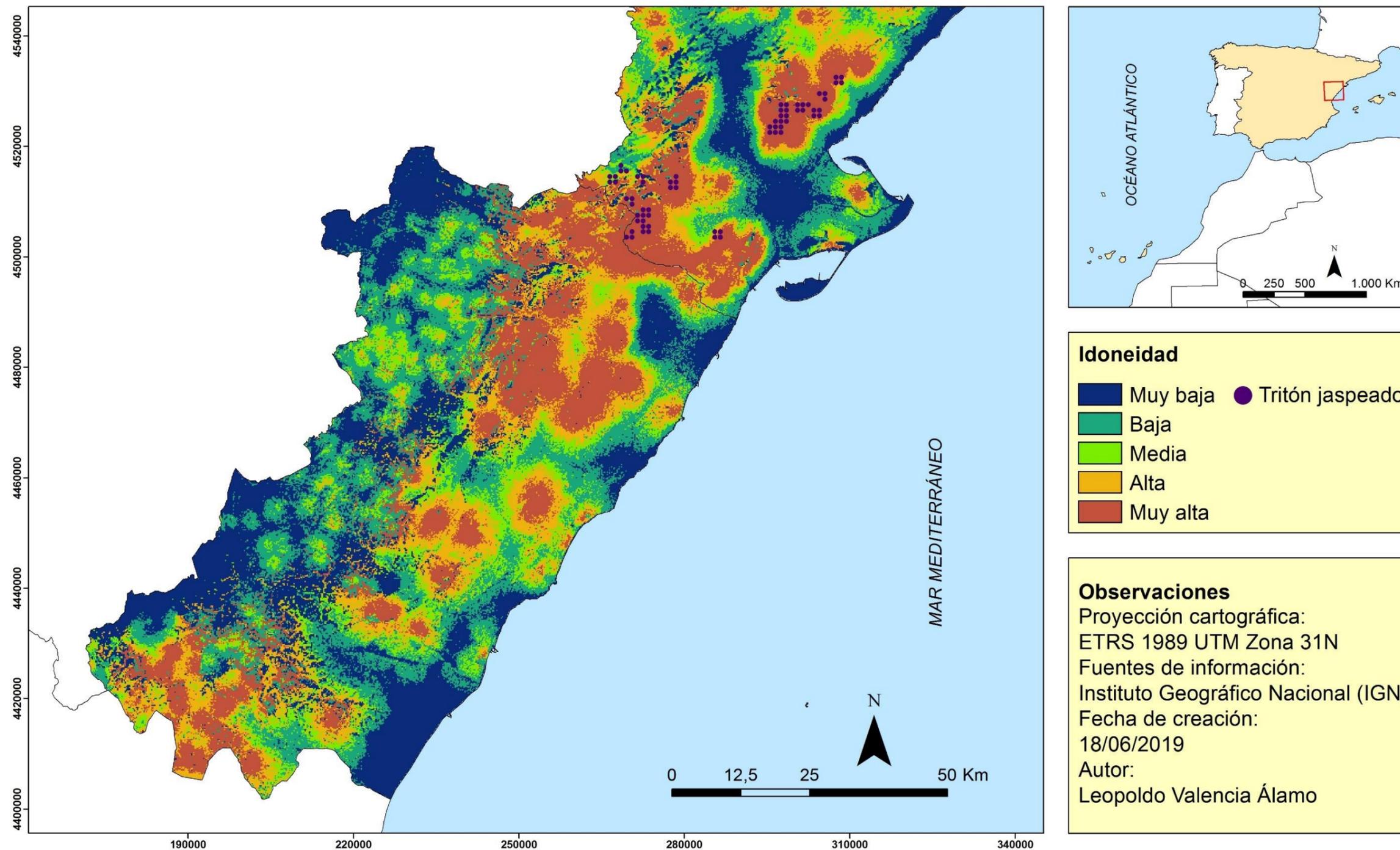
Valor AUC: 0,911.

## Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas, NDVI y balsas. Castellón



Modelo final seleccionado. Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.1.1* (página 27).

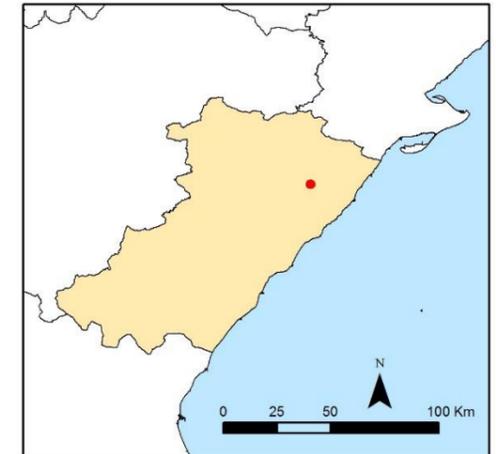
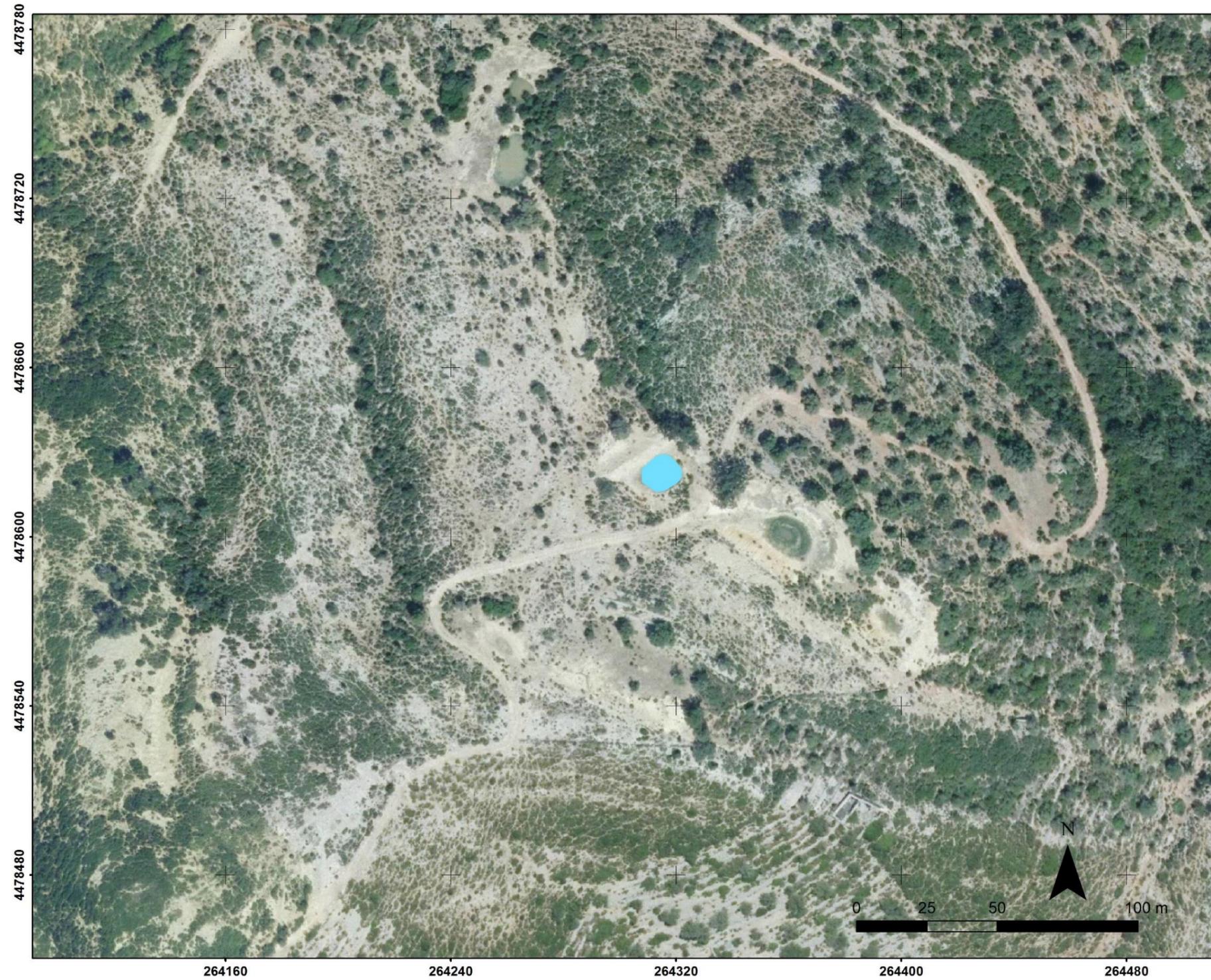
## Idoneidad del tritón jaspeado creada por variables bioclimáticas, NDVI y balsas Castellón y Tarragona



Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.1.2* (página 28).

## Anexo 4: Cartografía de campo

# Balsa Lo Tormo 1. Castellón



## Leyenda

 Balsa

## Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
IGN  
Fecha de creación:  
01/05/2019

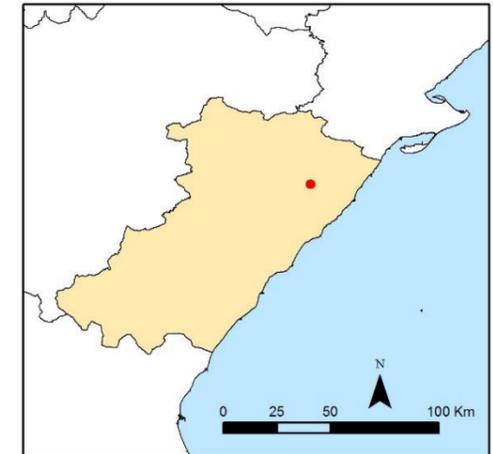
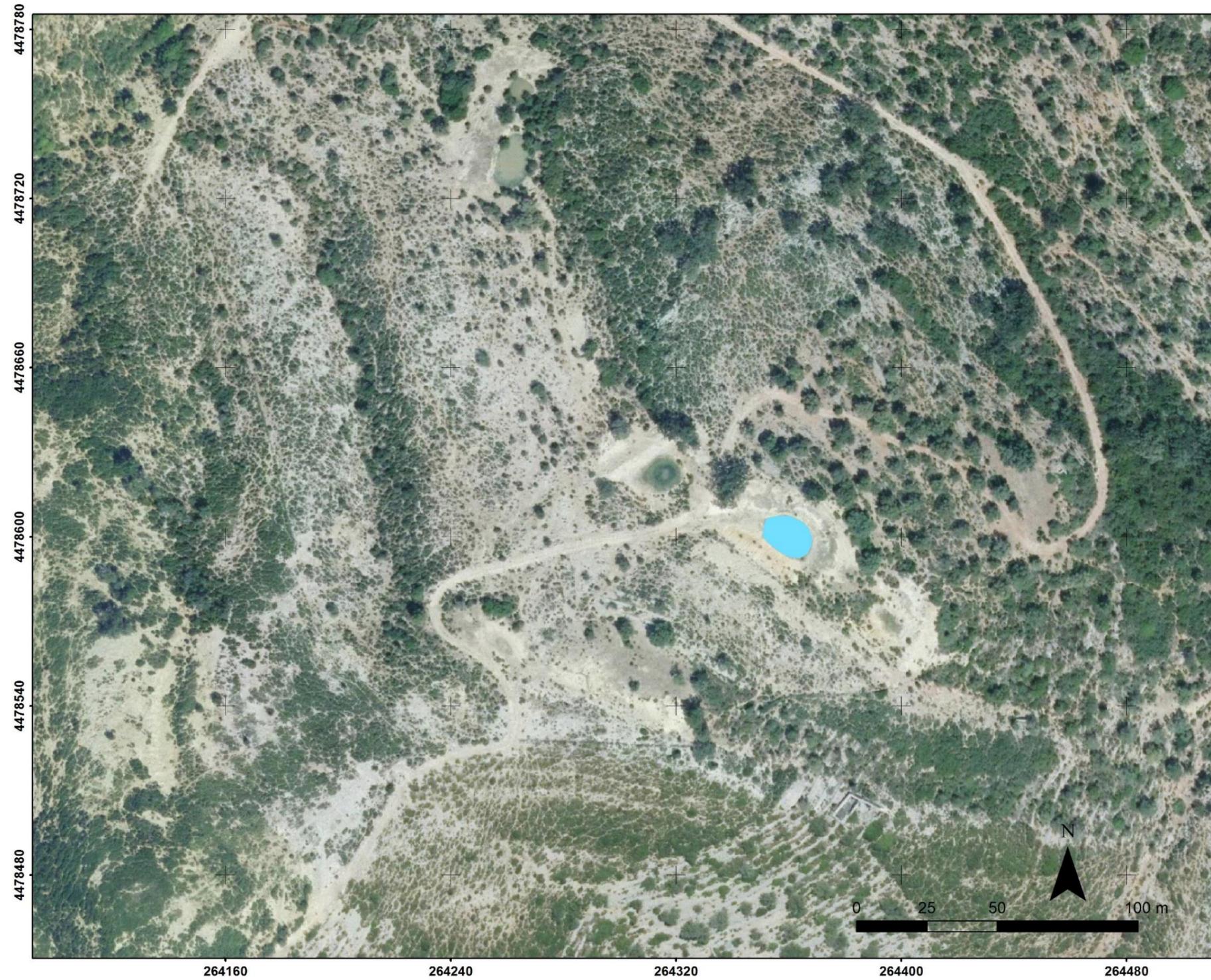
 Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

## Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Balsa de muestreo Lo Tormo 1. Castellón.

## Balsa Lo Tormo 2. Castellón



### Leyenda

 Balsa

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
IGN  
Fecha de creación:  
01/05/2019

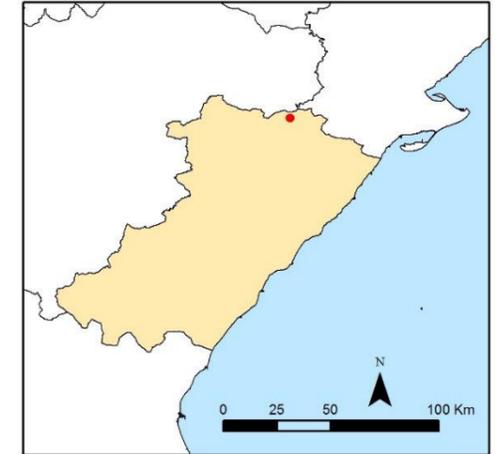
 Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Balsa de muestreo Lo Tormo 2. Castellón.

## Balsa Bco. de la Pascuala. Castellón



### Leyenda

 Balsa

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
IGN  
Fecha de creación:  
01/05/2019

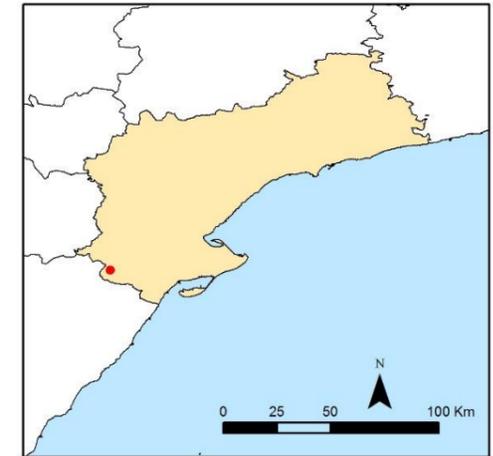
 Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Balsa de muestreo Bco. de la Pascuala. Castellón.

# Balsa Mas del Horno. Tarragona



## Leyenda

 Balsa

## Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
IGN  
Fecha de creación:  
01/05/2019

 Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

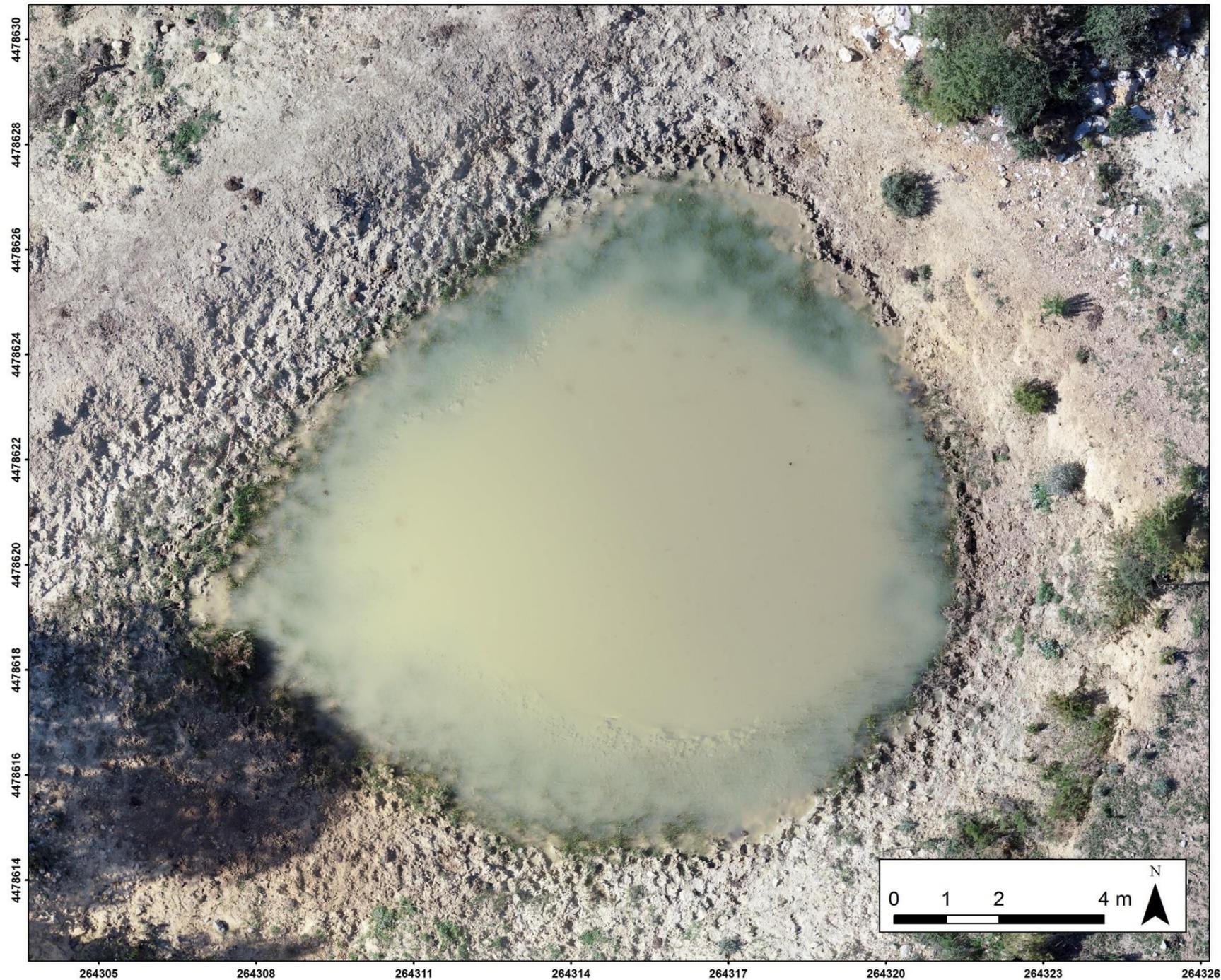
## Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Balsa de muestreo Mas del Horno. Tarragona.

## Anexo 5: Cartografía de las balsas visitadas en campo

## Ortofoto de la balsa Lo Tormo 1. Castellón



### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019



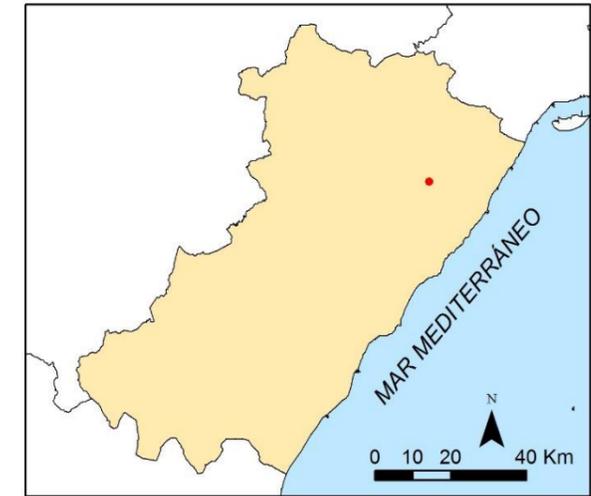
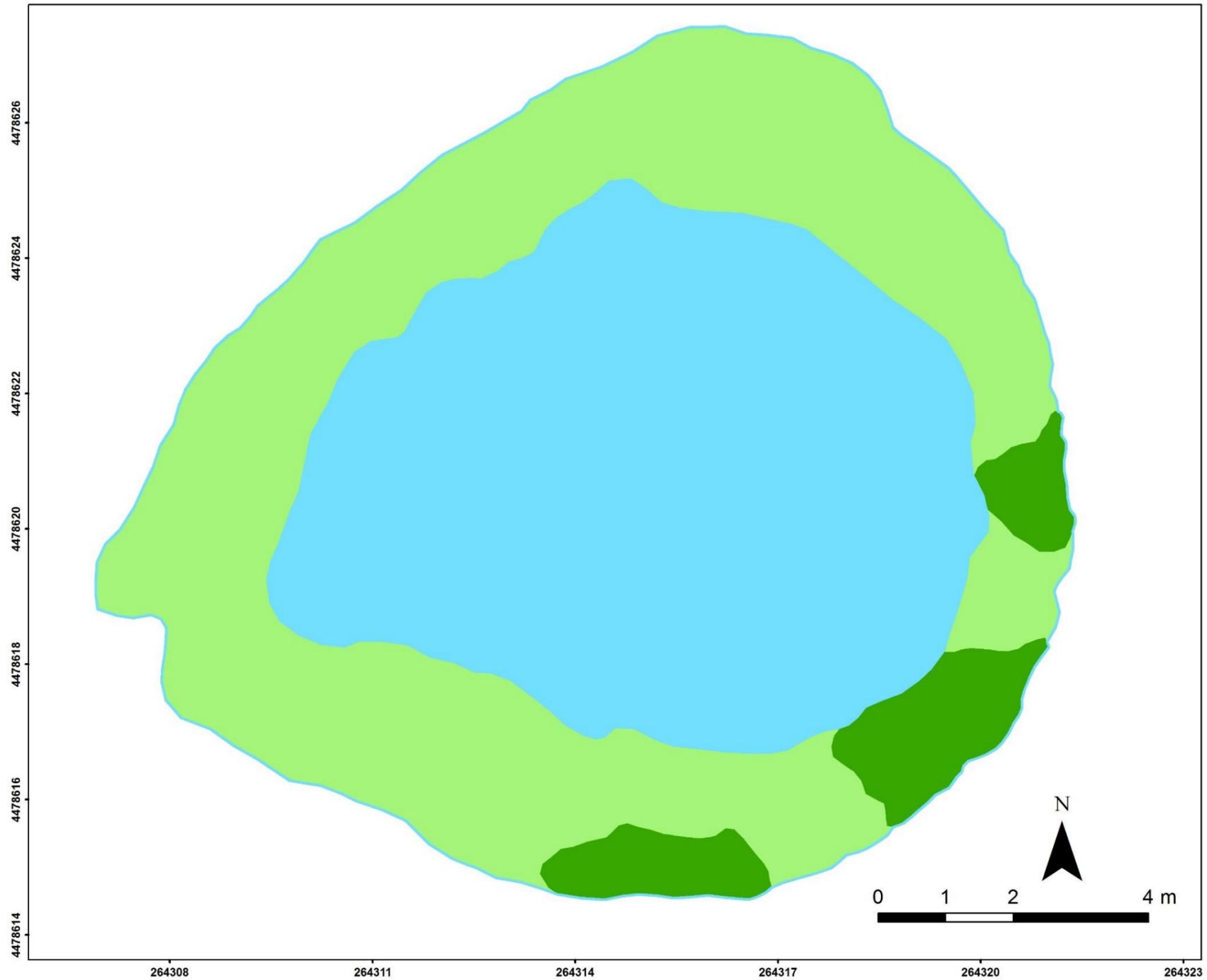
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.1.1* (página 32).

## Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 1. Castellón



### Leyenda

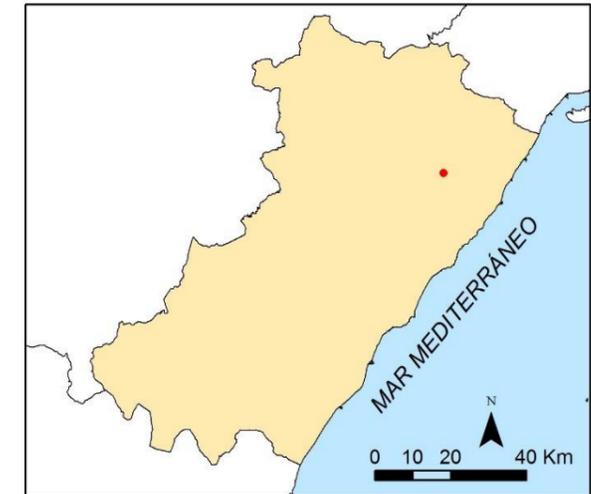
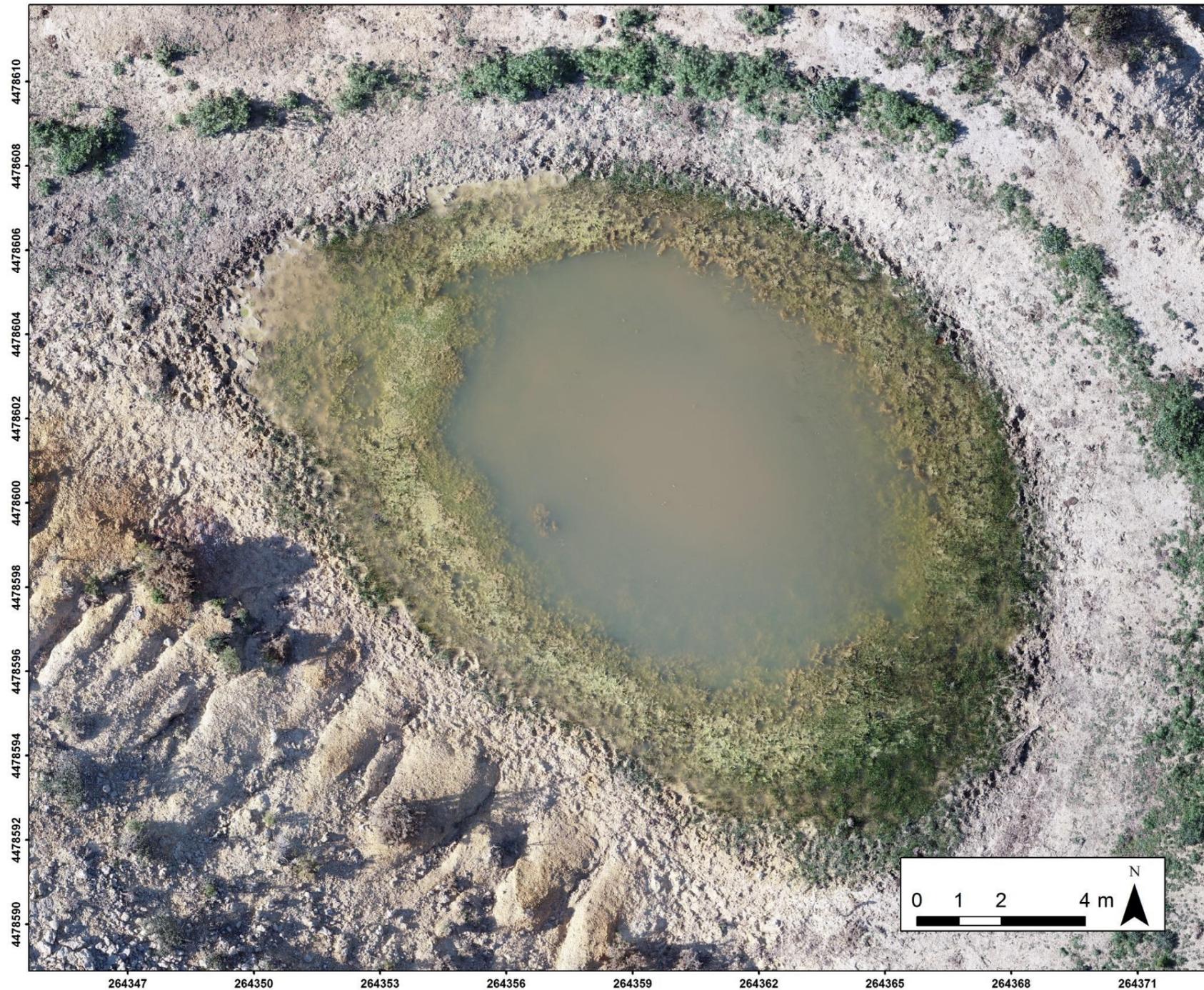
- Línea de agua
- Agua sin vegetación
- Vegetación subacuática
- Vegetación superficial

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.1.2* (página 32).

## Ortofoto de la balsa Lo Tormo 2. Castellón



### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
DRON  
Fecha de creación:  
17/08/2019



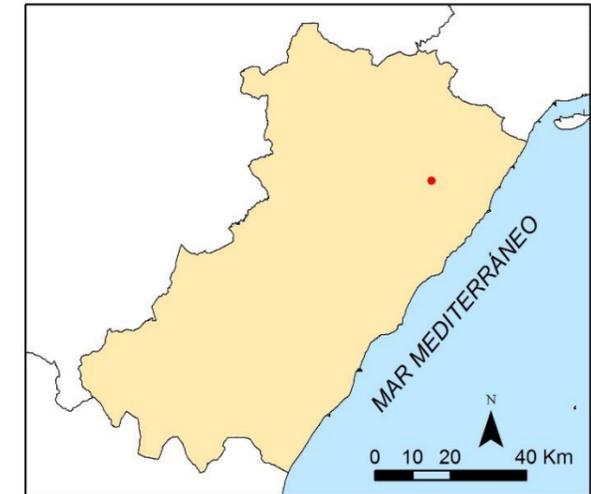
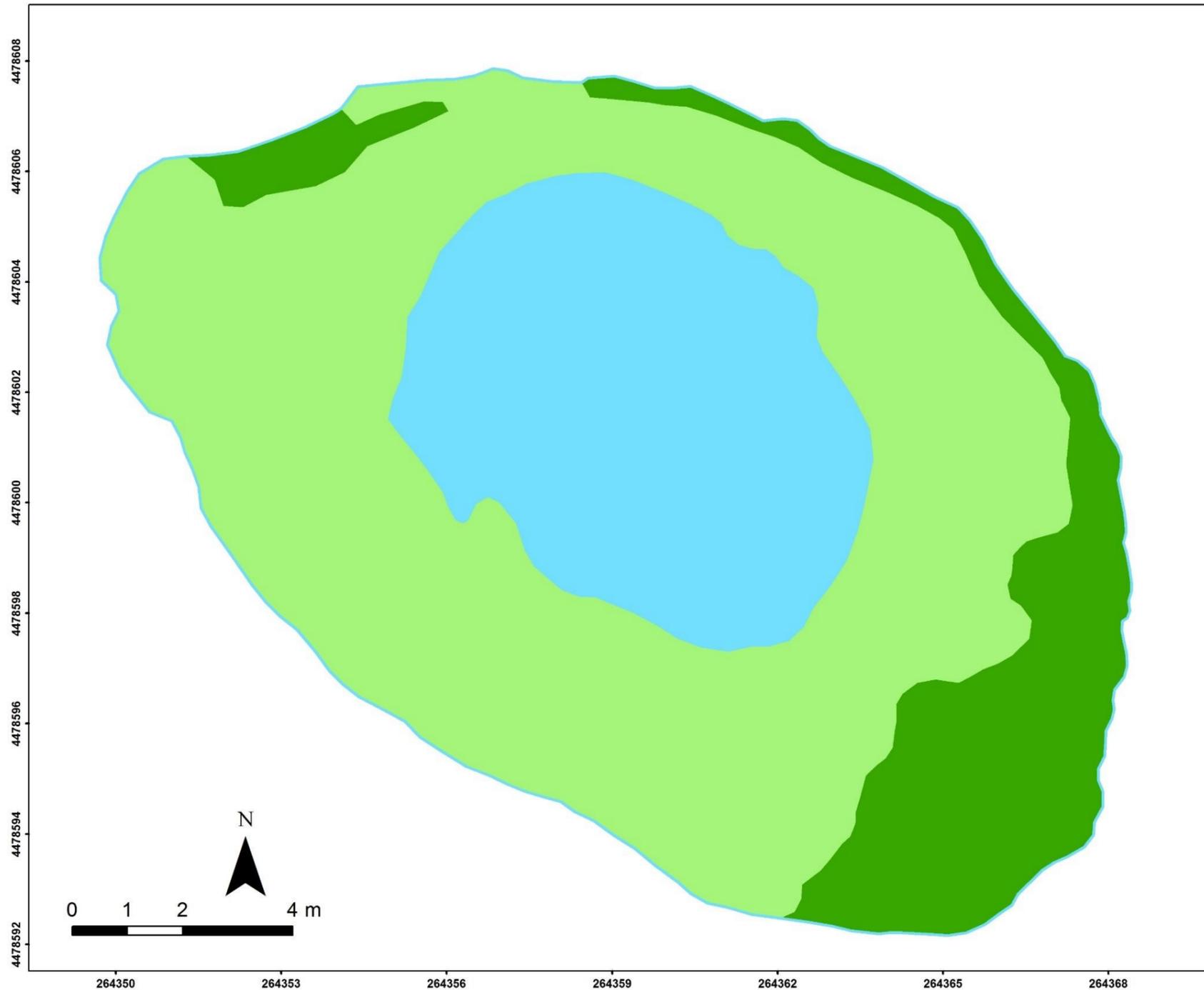
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.2.1 (página 34)*.

## Cobertura del suelo de la balsa Lo Tormo 2. Castellón



### Legenda

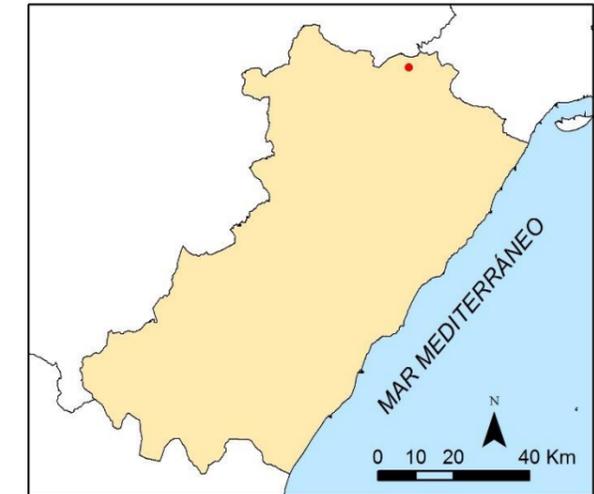
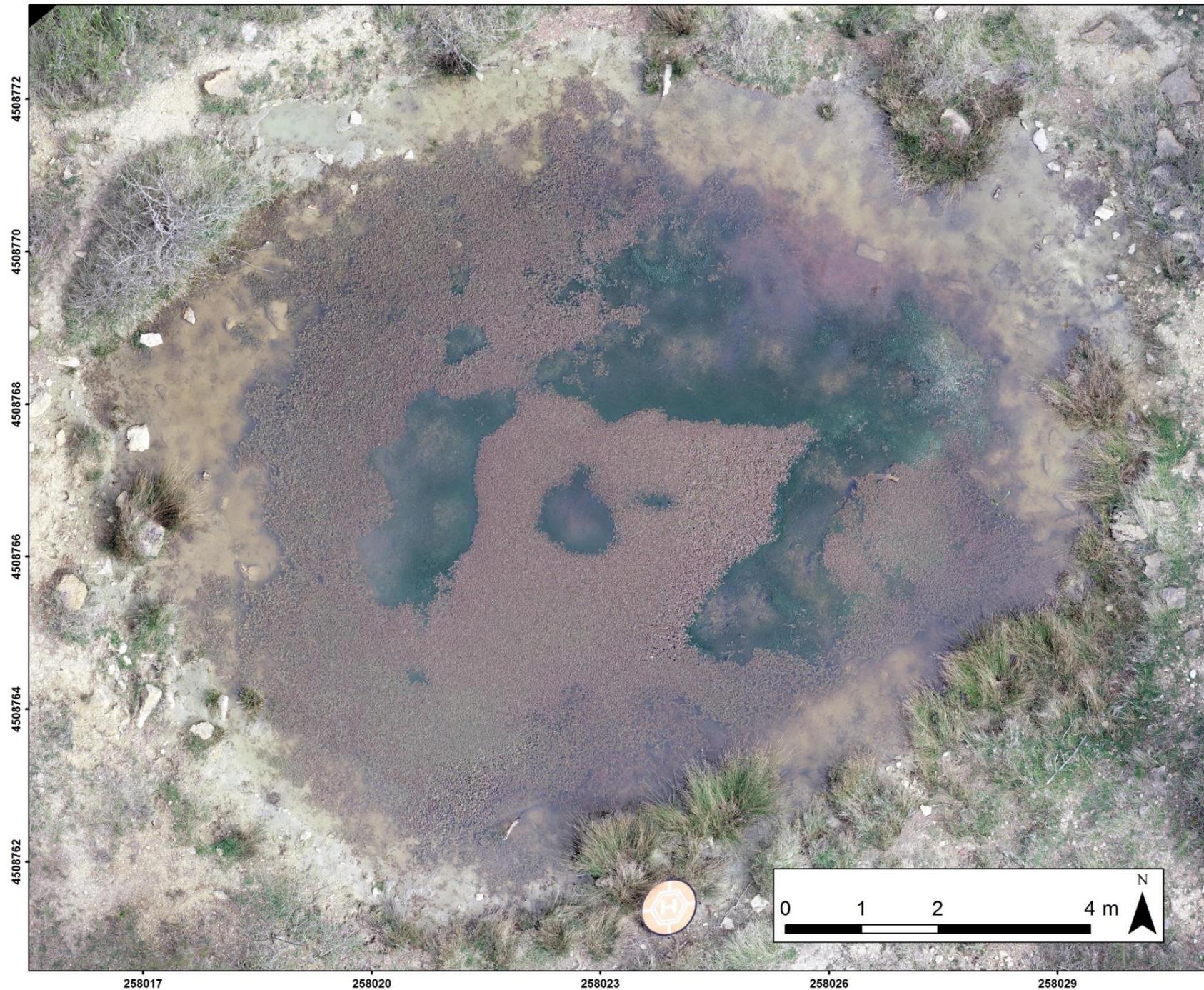
- Línea de agua
- Agua sin vegetación
- Vegetación subacuática
- Vegetación superficial

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.2.2 (página 35)*.

## Ortofoto de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón



### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019



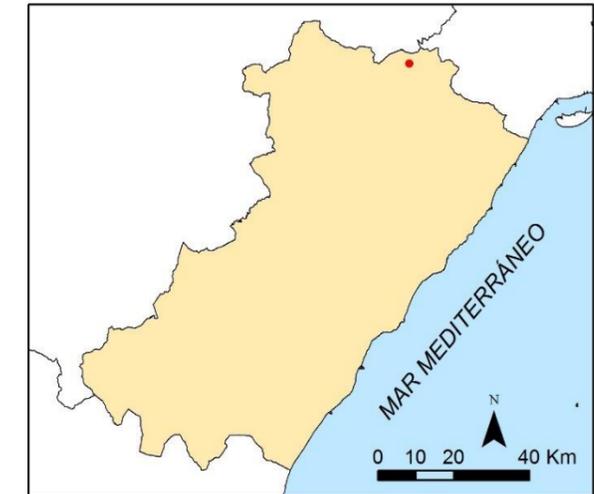
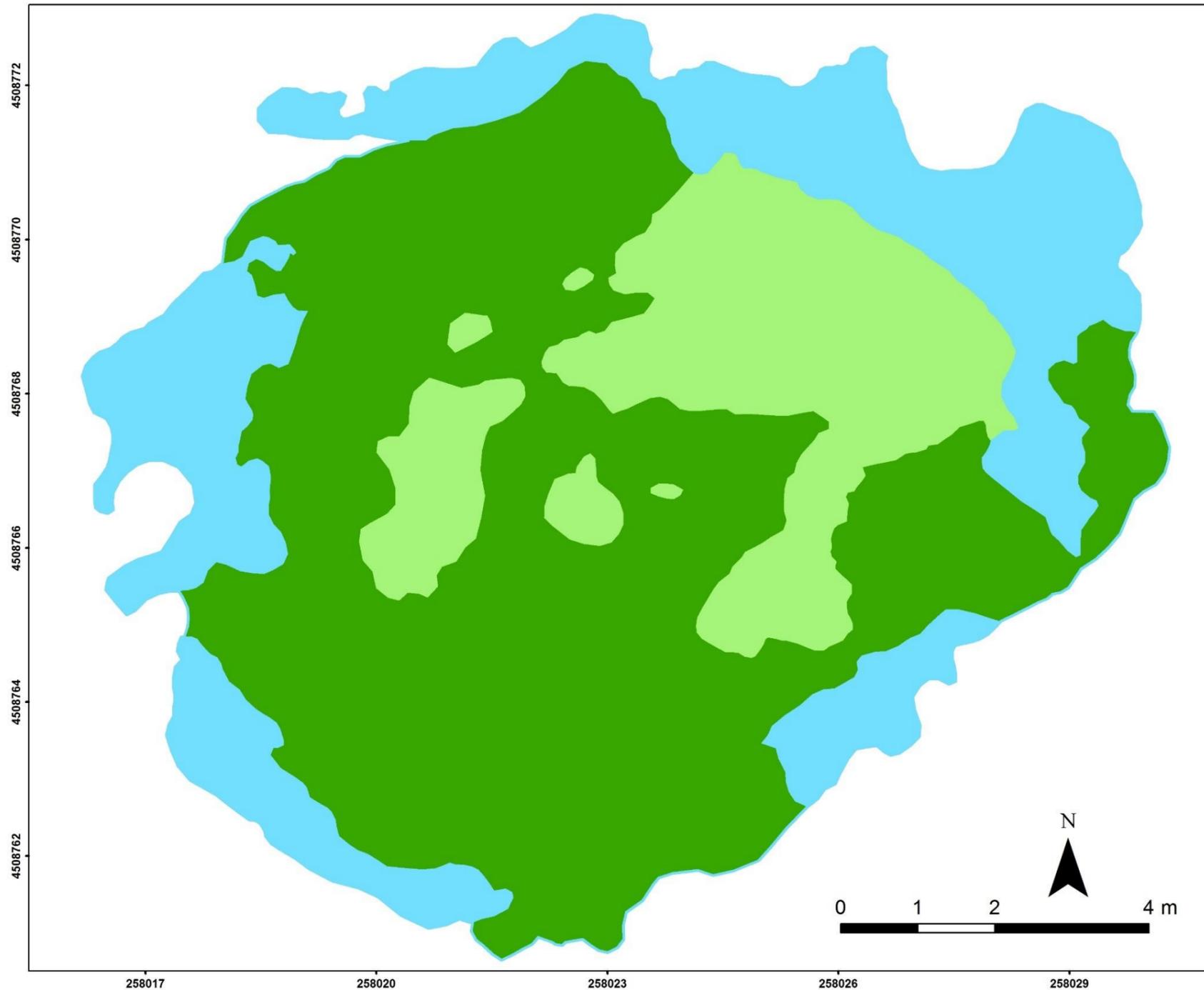
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.3.1 (página 37)*.

## Cobertura del suelo de la balsa Bco. de la Pascuala. Castellón



### Legenda

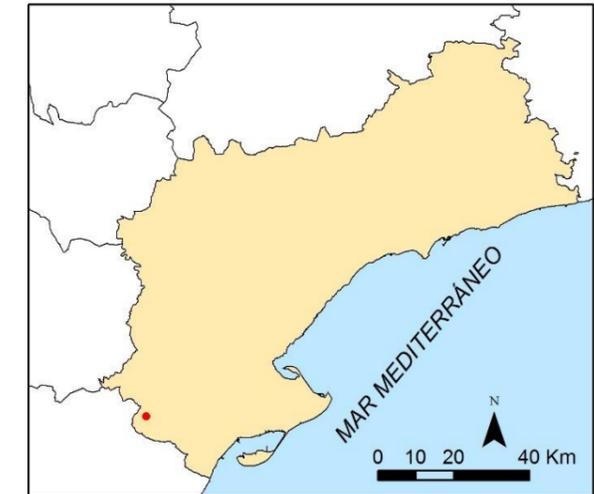
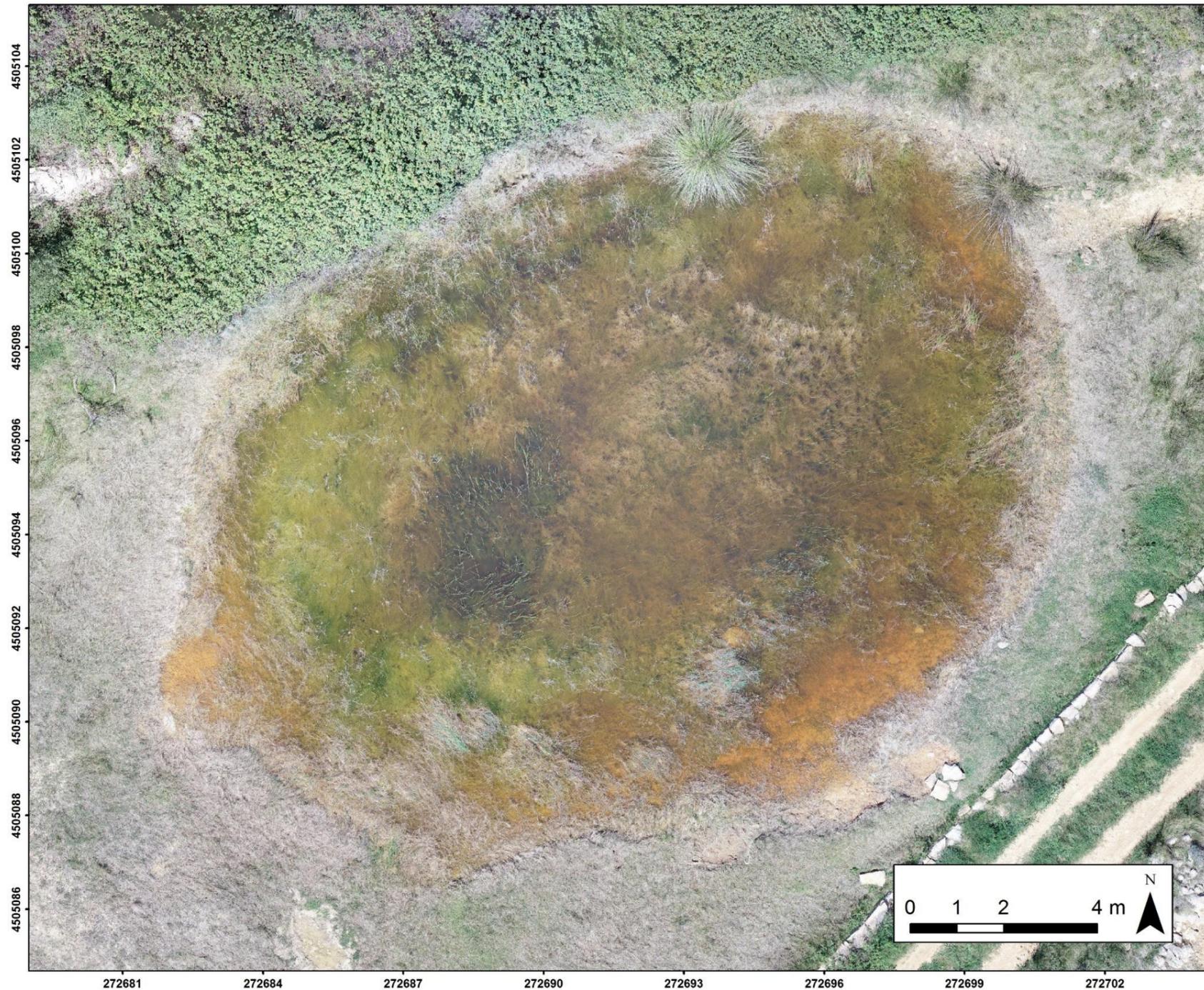
- Línea de agua
- Agua sin vegetación
- Vegetación subacuática
- Vegetación superficial

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.3.2 (página 37)*.

## Ortofoto de la balsa Mas del Horno. Tarragona



### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019



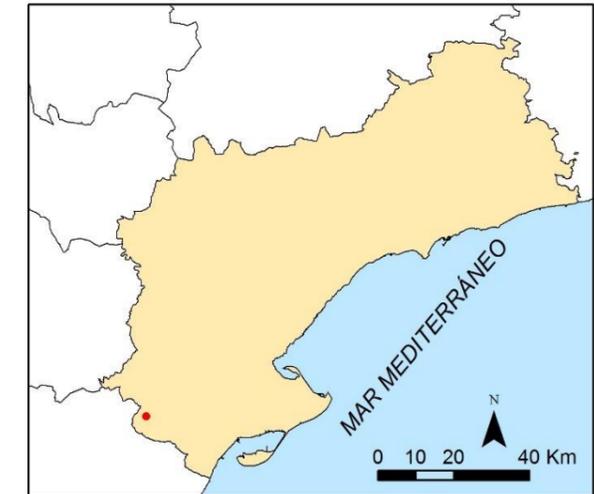
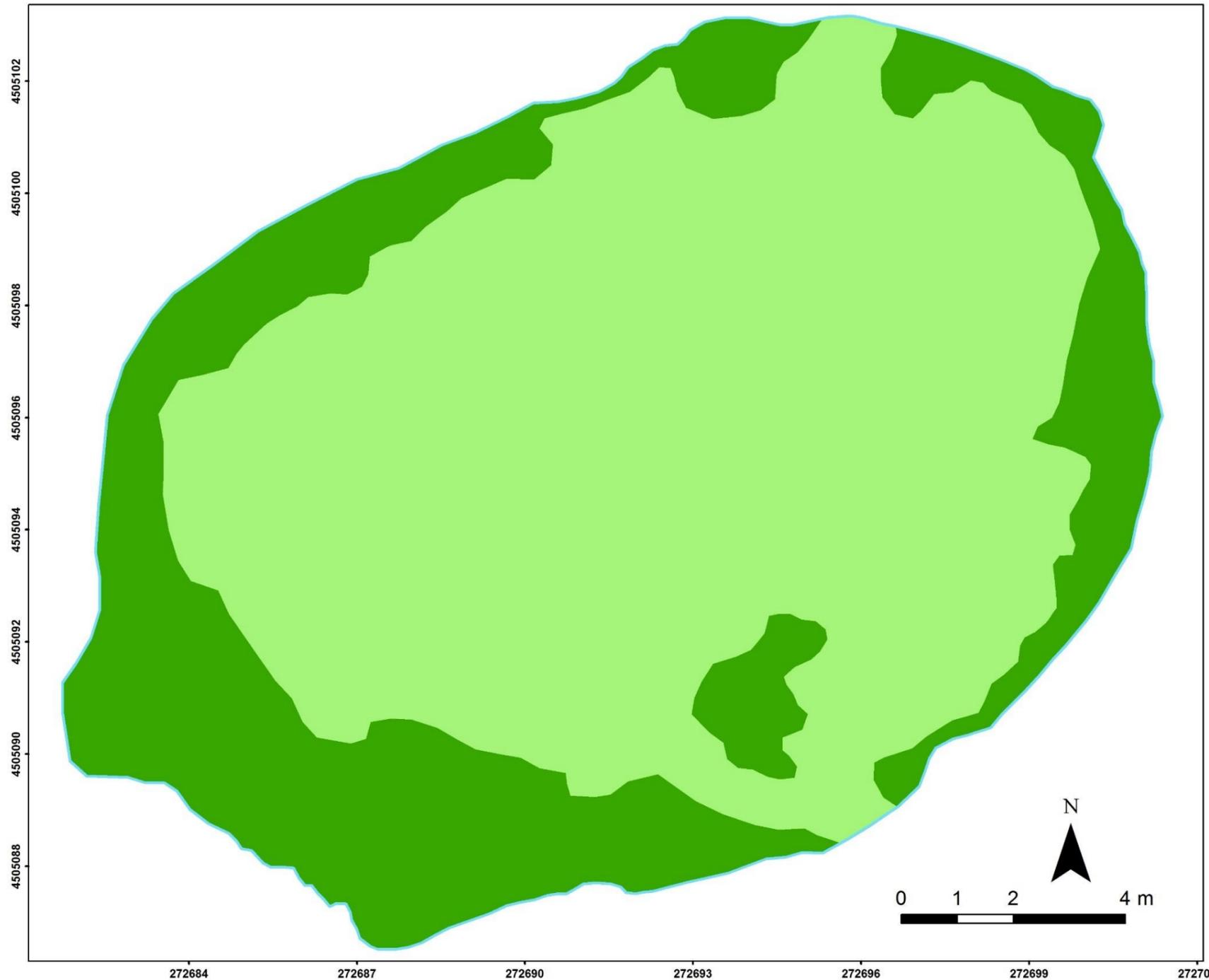
Departamento de Geografía y Ordenación  
del Territorio  
Universidad de Zaragoza

### Autor

Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.4.1* (página 39).

## Cobertura del suelo de la balsa Mas del Horno. Tarragona



### Leyenda

- Línea de agua
- Agua sin vegetación
- Vegetación subacuática
- Vegetación superficial

### Observaciones

Proyección cartográfica:  
ETRS 1989 UTM Zona 31N  
Fuentes de información:  
Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Fecha de creación:  
17/08/2019  
Autor:  
Leopoldo Valencia Álamo

Su cartografía y estudio se detallan en la *figura 6.2.4.2 (página 40)*.