



## Trabajo Fin de Grado

# **Evolución temporal del conocimiento de la distribución de galápagos en la Comunidad Autónoma de Aragón.**

*Emys orbicularis, Mauremys leprosa y Trachemys scripta.*

Autor

Irene De Vega Lázaro

Director

Aitor Valdeón Vélez

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras.

Año 2019.



Facultad de  
Filosofía y Letras  
**Universidad Zaragoza**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia por el apoyo mostrado en todos estos años, así como a todos los profesores del grado de cuyas enseñanzas me he valido para la realización del trabajo.*

*A Joaquín Guerrero Costa por gestionar la cesión de todos los datos, y a los Agentes de Protección de la Naturaleza Luis Ignacio Marín y Francisco Javier Sebastián Nogueras, de la Diputación General de Aragón, por la ayuda prestada en el trabajo de campo realizado. Al Gobierno de Aragón, la Asociación Naturalista de Aragón (ANSAR) y la Asociación Herpetológica Española (AHE) por facilitarme trabajar con sus datos.*

## RESUMEN

El trabajo expuesto a continuación versa sobre la evolución temporal, desde el año 1971 hasta el año 2017, del conocimiento de la distribución de las tres especies de galápagos presentes en la Comunidad Autónoma de Aragón: *Emys orbicularis* (galápagos europeo), *Mauremys leprosa* (galápagos leproso) y *Trachemys scripta* (galápagos de Florida). Las dos primeras especies nombradas son autóctonas del lugar, mientras que la tercera de ellas ha sido introducida en el medio natural.

Esta evolución se ha plasmado en la elaboración de mapas de distribución, para los cuales se han tomado los datos cedidos por el Gobierno de Aragón, la Asociación Naturalista de Aragón (ANSAR) y la Asociación Herpetológica Española (AHE). Estos datos se unificaron en una tabla Excel asignando los valores 1 para citas (avistamientos de uno o dos ejemplares) y 2 para poblaciones (tres o más ejemplares), así como el valor 1 para ejemplares en cautividad, 2 para los encontrados en medio natural y 3 para los que se encontraban en un estado dudoso. A continuación se procedió a la elaboración de los mapas a los que dieron lugar los datos, incluyendo también mapas de distribución por tamaño de poblaciones, utilizando el programa ArcGIS. Asimismo, se llevó a cabo el análisis estadístico, mediante índices y figuras, del número acumulado de citas y poblaciones durante el periodo de tiempo citado. Para finalizar, se utilizó el programa MaxEnt a fin de seleccionar ciertas variables bioclimáticas y así poder realizar los correspondientes mapas de idoneidad de las especies.

Los resultados expuestos en estos mapas y figuras muestran claramente un gran avance en el conocimiento de la distribución de estas especies de galápagos durante los últimos cuarenta años, incrementándose notablemente el número de citas y poblaciones representado, lo que se considera debido al creciente interés científico del estudio de poblaciones de especies amenazadas e invasoras, y a una mayor vocación por parte de la población por la protección y conocimiento de la naturaleza y de su flora y fauna.

Palabras clave: galápagos, distribución espacial, citas, poblaciones, evolución temporal del conocimiento.

## ABSTRACT

**Timely evolution of the knowledge of the distribution of freshwater turtles in the Autonomous Community of Aragón (Spain): *Emys orbicularis*, *Mauremys leprosa* and *Trachemys scripta*.**

The work presented here deals with the timely evolution, from 1971 till 2017, of the knowledge of the distribution of the three species of freshwater turtles present in the Autonomous Community of Aragón (Spain): *Emys orbicularis* (European pond turtle), *Mauremys leprosa* (Spanish pond turtle) and *Trachemys scripta* (red-eared slider). The first two species are autochthonous, whereas the third one has been introduced in the environment.

Data handed over by the Government of Aragón, the *Asociación Naturalista de Aragón* (ANSAR) and the *Asociación Herpetológica Española* (AHE) had been used to elaborate distribution maps using the *ArcGIS* software. All data were merged in an Excel file assigning the value of 1 to sightings of one or two individuals, and the value of 2 to sightings of three or more individuals. Also, the value of 1 was assigned to captive animals, the value of 2 to free animals, and the value of 3 to dubious cases. Next, distribution maps by population size were originated. Statistical analysis of the cumulative sightings during the cited time period was also carried out. Finally, the *MaxEnt* programme was used in order to select determined climatic variables and then elaborate the species' suitability maps.

The results clearly show that a great advance on the knowledge of the distribution of the three species of freshwater turtles has been acquired over the last forty years, with an outstanding increase in the number of sightings. This is probably due to the increased scientific interest of endangered and invasive species, but also to the increased consciousness of the general public about the need of protecting the natural environment and its flora and fauna.

Keywords: freshwater turtles, spatial distribution, sightings, timely evolution of knowledge.

# Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes y estado de la cuestión	1
2.1. Introducción a las especies	2
2.1.1. <i>Emys orbicularis</i>	3
2.1.2. <i>Mauremys leprosa</i>	4
2.1.3. <i>Trachemys scripta</i>	6
2.2. Métodos de marcaje	8
3. Objetivos y metodología	10
4. Desarrollo analítico	17
4.1. <i>Emys orbicularis</i>	17
4.2. <i>Mauremys leprosa</i>	26
4.3. <i>Trachemys scripta</i>	34
5. Conclusiones	39
6. Trabajo de campo	40
7. Relación de fuentes, bibliografía y recursos utilizados	42
8. Anexos	45

## 1. Introducción

La elección del siguiente proyecto ha venido dada por la necesidad de crear una base de datos unificada de galápagos en la Comunidad Autónoma de Aragón, y determinar el avance en el estudio de las tres especies que en ella se encuentran (galápago europeo, galápago leproso y galápago de Florida). Por ello, se han aunado todos los datos recogidos de estas tres especies en la citada Comunidad Autónoma desde el año 1971 hasta el presente (en concreto hasta el año 2017 por la carencia de datos en años posteriores).

## 2. Antecedentes y estado de la cuestión

Desde el pasado siglo ya se viene demostrando en España un interés por la protección de la naturaleza, como lo manifiesta la creación de los dos primeros Parques Nacionales en el año 1918: Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (posteriormente ampliado a Parque Nacional de los Picos de Europa), y Parque Nacional del Valle de Ordesa o del río Ava (posteriormente ampliado a Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido) (BOE-A-1918-4414). A partir de entonces, y en concreto de los años 50, se ha dado lugar a la creación de otros muchos Parques Nacionales, Naturales, Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs), reservas de la biosfera, etc. a nivel nacional.

La primera ley española referente a la protección de la naturaleza fue la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres ((BOE-A-1989-6881). Sin embargo, en el artículo 45 de la Constitución de 1978 ya se menciona que:

- Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.
- Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.
- Para quienes violen lo dispuesto en el apartado anterior, en los términos que la ley fije se establecerán sanciones penales o, en su caso, administrativas, así como la obligación de reparar el daño causado.

En adelante, numerosos Decretos Reales, Órdenes, Estrategias y Resoluciones han visto la luz en lo referente a protección de la naturaleza, regímenes de protección especial y especies amenazadas (por ejemplo, la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre (BOE-A-1989-6881), ha sido actualmente derogada por la vigente Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad del Gobierno Español (BOE-A-2007-21490)).

En cuanto a la Comunidad Autónoma de Aragón, el más reciente es el Decreto-Legislativo 2/2013, de 3 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de creación del Consejo de Protección de la Naturaleza (BOA Nº 244, de 13 de diciembre de 2013), en el cual se adquieren las competencias autonómicas de protección de la naturaleza y gestión de espacios naturales protegidos. El Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón se aprobó por el Decreto 49/1995 (BOA Nº 42, de 7 de abril de 1995) y se modificó en el Decreto 181/2005 (BOA Nº 114, de 23 de septiembre de 2005). En la página web del Gobierno de Aragón también se aporta numerosa información y referencias acerca de especies exóticas invasoras en dicha Comunidad.

## 2.1. Introducción a las especies

En el año 1982 José Manuel Falcón, publicó su importante obra Los anfibios y reptiles de Aragón (Falcón, 1982), siendo un trabajo pionero, aunque el estudio de la distribución de estos animales ha cambiado mucho desde entonces, ampliándose enormemente. Actualmente, el Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles de España (Pleguezuelos *et al.*, 2002), la Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles (vertebradosibericos.org) y el Atlas provisional de anfibios y reptiles de la provincia de Teruel (Serrano *et al.*, 2001), aportan numerosa información acerca de las especies de galápagos a tratar en el presente estudio. Otra contribución importante fue la obra Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles en España y Portugal (Pleguezuelos, 1997).

Falcón (1982) ya aseguraba que el galápago europeo (*Emys orbicularis*) en aquellos años habitaba en casi toda España, exceptuando grandes cordilleras y siendo más abundante en el norte del país. En el caso de Aragón se encontraba más disperso y era poco visible aunque los avistamientos seguros se localizaban en los pantanos de Caspe, Tornos y Mezalocha, La Alfranca de Pastriz, el valle del río Martín y La Cartuja. En cuanto al galápago leproso (*Mauremys leprosa*), Falcón (1982) comentaba su mayor abundancia respecto a la especie anterior, sobre todo en el sur de España, en el Mediterráneo y en Aragón. A este respecto, y como demostración de la presencia del galápago leproso en nuestra Comunidad desde, al menos, la alta edad media, Sierra *et al.* (2016) citan el hallazgo de un caparazón de *Mauremys leprosa* en los silos altomedievales de los Pedregales (Lupiñén-Ortilla, Huesca), cuyos restos se encuentran afectados por la meteorización, indicando que había estado largo tiempo a la intemperie y los cuales no habían sido enterrados en el momento de su consumo.

Durante estos últimos años numerosos datos acerca de estas especies han sido recogidos por la Asociación Herpetológica Española (AHE), la Asociación Naturalista de Aragón (ANSAR), el Gobierno de Aragón y el Servidor de Información de Anfibios y Reptiles de España (SIARE).

### 2.1.1. *Emys orbicularis*

Esta especie de galápago (Imagen 1) se distingue por un caparazón ligeramente abombado, cuyo espaldar presenta un fondo oscuro con líneas o puntos amarillos, aunque se dan individuos con un patrón inverso de coloración. El peto presenta mayor variabilidad, con individuos con plastrones completamente claros a otros completamente oscuros. La longitud del caparazón es de hasta 163 milímetros. Las hembras suelen alcanzar mayor tamaño y peso que los machos, llegando hasta una media de peso de 338 gramos (Ayres, 2015).

Habita en medios acuáticos naturales, tanto dulces como salobres, pudiendo habitar en medios artificiales y/o temporales. En la Península Ibérica su presencia va desde el nivel del mar hasta los 1.000 metros de altitud y prefiere los lugares con abundante cobertura vegetal y una escasa o nula corriente. Además, tiene poca tolerancia a la contaminación y a la eutrofia, por lo que prefiere hábitats poco alterados y con escasa presencia humana (Ayres, 2015; Pleguezuelos *et al.*, 2002).



Imagen 1. Ejemplar de *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), galápago europeo de la Familia *Emydidae*, citado por L.J Barbadillo (Pleguezuelos *et al.*, 2002).

A nivel global este galápago se encuentra en puntos del norte del Magreb en Túnez, Argelia y Marruecos; en las Penínsulas Ibérica e Itálica, Europa Central y del Este; llegando en el norte hasta una latitud aproximada de 55-56º N en los países Bálticos y Rusia. Los registros orientales más extremos se encuentran en las cercanías del Mar de Aral. En la Península Ibérica la distribución de *Emys orbicularis* es discontinua y muy fragmentada, siendo la mayor parte de las citas individuos aislados o de poblaciones muy pequeñas y actualmente se considera que está en regresión (Pleguezuelos *et al.*, 2002). La primera cita de galápago europeo en Aragón data de 1874, año en el que Asso y del Río citó la especie en Alcañiz, (Teruel), en Gurrea de Gállego (Huesca) y en Pinseque (Zaragoza). Boscá (1877) redactó su obra Catálogo de los anfibios y reptiles observados en España, Portugal e Islas Baleares, en la cual incorporó las citas de Asso y del Río en Alcañiz y Gurrea de Gállego (Valdeón, 2015).

La principal amenaza para estos reptiles es la destrucción, fragmentación, alteración y contaminación de los hábitats acuáticos en que viven, debido a las explotaciones agrícolas



extensivas, la ganadería intensiva y la construcción de infraestructuras (vías de tren y carreteras que provocan numerosos atropellos) y urbanizaciones. A ello se suman las capturas accidentales asociadas a la pesca del cangrejo rojo americano, la sobreexplotación de acuíferos y la recolección para venta de animales de compañía y, ocasionalmente, el consumo humano. Además, la introducción de galápagos, peces e invertebrados exóticos influye negativamente sobre el galápagos europeo, y la presencia cada vez más extendida de *Trachemys scripta*, una especie exótica invasora (las especies exóticas, o alóctonas, son aquellas que se hallan fuera de su área natural de distribución y, las especies invasoras, son las que proliferan causando daños al medio ambiente, a otras especies o a las actividades humanas), está ocasionando el desplazamiento de éste en las zonas de convivencia debido a su agresividad ecológica. Por todo esto deben tomarse medidas para realizar una conservación integral de los humedales, pasando por un control y regulación efectivos de la actividad de pesca del cangrejo rojo, de la caza furtiva y de la sobreexplotación de recursos hídricos, añadiendo la eliminación del galápagos de Florida de los hábitats naturales (Ayres, 2015; Pleguezuelos *et al.*, 2002).

Estatus de conservación basado en la ficha del Libro Rojo (Pleguezuelos *et al.*, 2002):

- Categoría mundial UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza): casi amenazada.
- Categoría España: vulnerable, aunque ciertas subespecies se consideran en peligro.

### 2.1.2. *Mauremys leprosa*

El galápagos leproso (Imagen 2) se identifica por un caparazón alargado y deprimido dorso-ventralmente, ligeramente más ancho en la parte posterior que la anterior. El borde del caparazón es liso y la coloración del espaldar varía entre el verde oliváceo y el pardo, con manchas pardo rojizas, que se van difuminando conforme a la edad del animal. El peto es rígido y presenta un color de fondo amarillo o crema, con manchas marrón oscuro, que igualmente desaparecen con la edad (Díaz-Paniagua *et al.*, 2015).



Imagen 2. Ejemplar de *Mauremys leprosa* (Schweiger, 1812), galápagos leproso de la Familia *Bataguridae*, citado por L.J Barbadillo (Pleguezuelos *et al.*, 2002).

Los ejemplares juveniles (Imagen 3) destacan por una mancha circular naranja o amarilla que se encuentra en la cabeza, entre el ojo y el tímpano que posteriormente se difumina. La longitud del espaldar alcanza tallas máximas que superan los 200 milímetros, llegando hasta los 229 milímetros en las hembras (Díaz-Paniagua *et al.*, 2015).



Imagen 3. Ejemplar juvenil de *Mauremys leprosa* citado por C. Díaz-Paniagua.

Ocupa zonas húmedas amplias y permanentes de aguas dulces o con baja salinidad, con poca profundidad, de escasa o nula corriente como las aguas estancadas, con buena cobertura vegetal y una alta insolación, siendo una especie de quelonio con un carácter más termófilo que la anterior. Necesita hábitats con islas, riberas o vegetación emergente accesibles, donde poder secarse, tomar el sol y realizar sus puestas. Sin embargo, es bastante más adaptable que el galápagos europeo y capaz de vivir en áreas con cierto grado de contaminación (aunque desaparece si ésta es excesiva) o en masas despobladas de vegetación. En la Península Ibérica ocupa los pisos bioclimáticos termo y mesomediterráneos, desde el nivel del mar hasta poco más de los 1000 metros, siendo poca la presencia a esas altitudes, ya que busca climas templados. En ocasiones aparece conviviendo con *Emys orbicularis*, especie con la que no parece competir por el alimento ni por los recursos espaciales. Sin embargo, cuando coexiste con el galápagos de Florida, ambas especies no parecen competir por el alimento, pero sí por los lugares de asoleamiento (Díaz-Paniagua *et al.*, 2015; Pleguezuelos *et al.*, 2002).

El galápagos leproso se distribuye en el suroeste de Europa (España, Portugal y sur de Francia) y en el noroeste de África (Marruecos, Argelia, Túnez, oeste de Libia, Níger, Mali y sur de Mauritania). Es una especie muy abundante en la Península Ibérica y se considera posible que en ella se encuentren las mayores poblaciones de la especie a escala mundial, siendo mucho más común en su mitad sur (Pleguezuelos *et al.*, 2002). Falcón (1982) ya aseguraba su presencia en todo Aragón, salvo en los Pirineos y montañas agrestes y frías, siendo muy abundante en el valle del Ebro, encontrándose incluso en la periferia de Zaragoza, así como en Casetas, Pastriz y el pantano de Caspe, hallándose también una numerosa colonia en Samper de Calanda, sin aparente comunicación con otros cursos de agua.

Siendo una especie relativamente común, actualmente está en regresión en determinadas áreas, debido principalmente a la destrucción, alteración, y fragmentación del hábitat, la excesiva contaminación en zonas industriales y agrícolas por el uso masivo de compuestos

químicos, la transformación de amplias zonas en terrenos agrícolas, urbanos o industriales, las capturas accidentales debido a la pesca del cangrejo rojo americano, la desecación de masas de agua, la sobreexplotación de acuíferos, la destrucción de la vegetación de ribera, la contaminación de las aguas o su salinización por extracciones excesivas de agua dulce; la presión turística (en especial de las zonas litorales) y al comercio al que ha estado sometida, ya sea para su consumo, como animal de compañía o para la fabricación de objetos ornamentales (Marruecos). A ello se suma la introducción de especies americanas, como *Trachemys scripta* y *Pseudemys picta*, siendo éstas de mayor talla y más agresivas provocando el desplazamiento de *Mauremys* hacia zonas menos idóneas, siendo además un foco de infección y transmisión de enfermedades a las poblaciones de galápagos nativos. Por tanto, en cuanto a las actuaciones para su protección, las principales serían la conservación de humedales, el control y regulación de la actividad de pesca del cangrejo rojo y de la actividad de “galapagueros” furtivos, el control de la sobreexplotación de acuíferos y la recuperación de terrenos transformados y abandonados, fundamentalmente graveras. Asimismo, un control más exhaustivo de la venta de galápagos exóticos y de las poblaciones silvestres de *Trachemys scripta*, junto a campañas de difusión para evitar la liberación de estas especies en el medio natural (Díaz-Paniagua *et al.*, 2015; Pleguezuelos *et al.*, 2002).

Estatus de conservación según la Ficha del Libro Rojo (Pleguezuelos *et al.*, 2002):

- Categoría mundial UICN: no catalogada.
- Categoría España: vulnerable.

### 2.1.3. *Trachemys scripta*

Es una especie de quelonio (Imagen 4) de agua dulce de tamaño entre mediano y grande, que se caracteriza por la presencia de una mancha prominente a cada lado de la cabeza, cuyo color y diseño difiere según las subespecies (roja, naranja y amarilla). El espaldar es ovalado y algo aserrado en las escamas marginales posteriores, de color verde oliva a marrón que se oscurece con la edad, con manchas o bandas longitudinales negras y amarillas. El plastrón es más ancho anterior que posteriormente. La longitud máxima del caparazón puede alcanzar 309 milímetros y hasta 2,7 kg de masa corporal en las hembras (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).

Esta especie puede habitar en gran variedad de medios acuáticos de agua dulce y, en España, se encuentra en ríos, embalses, lagunas, charcas e incluso en estanques urbanos. Prefiere aguas permanentes y tranquilas de uno a dos metros de profundidad con abundante vegetación y disponibilidad de sitios para asolearse, destacando la abundancia en marjales litorales, siempre que no tengan alta salinidad (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).



Imagen 4. Ejemplar de *Trachemys scripta* (Schoepff, 1792), galápago de Florida o americano de la Familia *Emydidae*, citado por C. Díaz Paniagua (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).

Originalmente se distribuye por los Estados Unidos, América Central y Sudamérica hasta Brasil y actualmente se encuentra introducida como especie reproductora en África, Asia y Europa, especialmente en países mediterráneos, en donde se mantiene en todo tipo de masas de agua gracias a su gran capacidad de adaptación, incluso a aguas muy contaminadas. Además, posee una alta tolerancia a la interacción humana. El primer año para el que se hallan registros de ejemplares importados por España es 1983, cuando llegaron 185.000 individuos. Entre los años 1991 y 1995 se importaron sobre 500.000 ejemplares anualmente y en 1997 (un año antes de la prohibición) entraron unos 900.000 en el país. Se encuentra presente asimismo en Aragón, en donde se está llevando un intento de erradicación. A nivel global, está incluida en la lista de la UICN de las cien especies más invasoras del planeta, ya que puede habitar en gran variedad de medios acuáticos (Pleguezuelos *et al.*, 2002; Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).

En lo referente a las interferencias con las otras especies de galápagos autóctonos, las observaciones apuntan hacia la existencia de tolerancia en ambos sentidos; sin embargo sí se considera una amenaza para especies autóctonas. Siendo el galápago de Florida más fitófago que los galápagos autóctonos no supone una gran competencia para éstos por los recursos alimenticios, aunque también consume materia animal de manera constante, y existe competencia por los refugios y lugares de asoleamiento. Se han dado casos en los que al extraer a los galápagos de Florida de las zonas más profundas (que son las de mayor protección frente a depredadores terrestres), éstas iban siendo colonizadas por el galápago leproso, lo que indica que la presencia de la especie invasora está excluyendo a las otras especies de ciertos hábitats preferenciales (Pleguezuelos *et al.*, 2002).

Según los criterios de conservación de la UICN, esta especie se encuentra en situación de bajo riesgo y no se considera la existencia de amenazas para las poblaciones de esta especie, sino que, por el contrario, se recomienda su eliminación dada la amenaza para la fauna autóctona. Su amplia y rápida extensión se ha debido sobre todo a que estos galápagos son liberados

intencionadamente en el medio natural por los propietarios de ejemplares procedentes del comercio de mascotas, por lo que las principales medidas de control se basarían en la regulación e incluso prohibición de su venta (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).

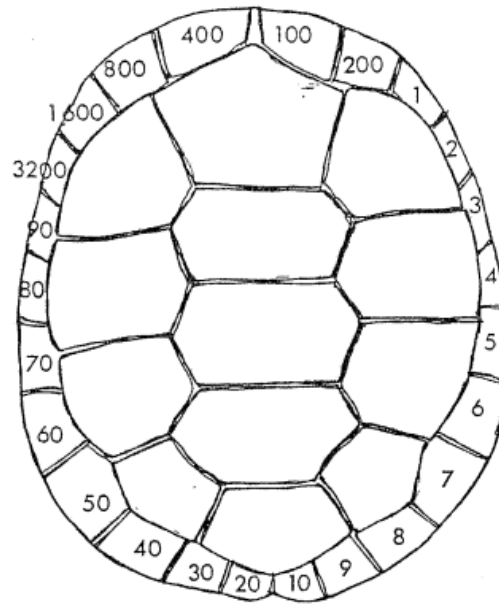
En España, como país integrante de la Unión Europea, se reconoce como especie exótica invasora, estando prohibida su importación por la legislación europea (Reglamento (CE) N° 338/97 del Consejo de 9 de diciembre de 1996 relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio). Además, la actual Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad del Gobierno Español (BOE-A-2007-21490) y el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras (BOE-A-2013-8565), conllevan, para especies exóticas, la prohibición genérica de su posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos, de sus restos o propágulos, que pudieran sobrevivir o reproducirse, incluyendo el comercio exterior. La inclusión de una especie en el catálogo, conlleva la prohibición de su introducción en el medio natural en el ámbito del territorio nacional de aplicación recogido en él. Por todo esto, la aplicación de esta ley supone un avance importante para la detención de la invasión de *Trachemys scripta*, ya que se encuentra en dicho catálogo (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015).

## 2.2. Métodos de marcaje

Existen varios métodos para marcar e identificar a los individuos de galápagos, siendo el método de Cagle (1939) el más antiguo y utilizado en Aragón, pudiendo deberse a su carácter permanente y de bajo coste ya que consiste en hacer unas marcas de unos 2 milímetros en las placas marginales del caparazón del galápagos utilizando un cuchillo o navaja y, de esta forma, poder definir fácilmente el número (ID) de cada uno. En contrapartida, pueden resultar métodos invasivos para ejemplares juveniles de pequeño tamaño (por los que éstos se suelen marcar de manera temporal con rotulador permanente por ejemplo) (Valdeón, 2015).

Entre los códigos empleados para este método en Aragón, es el código de Holland (1991) (Figura 1) el más usado actualmente, aunque requiere que los galápagos tengan 12 placas marginales a cada lado pudiendo presentar anomalías dado que algunos ejemplares presentan once o trece, en uno o ambos lados (Valdeón, 2015) (Figura 2). Por otro lado, permite el marcaje de más de 10.000 ejemplares diferentes. Sin embargo, existen galápagos marcados en fechas anteriores en las que se utilizó el código de Pérez (1979) (Figura 3), también denominado Doñana, debiendo prestar atención a ello a la hora de identificarlos correctamente por tener un sistema diferente de numeración. Por ello, se pretende promover en España el uso de un único método de marcaje para conseguir una identificación más rápida y sencilla que no dé lugar al error.

Utilizando el código de Holland, las marcas se realizan siguiendo un código de numeración basado en unidades, decenas, centenas y millares, que se corresponden con una determinada hilera de las placas marginales de los individuos de acuerdo al siguiente esquema:



En la siguiente figura se expone el código de numeración de Pérez (1979) en donde se observan las diferencias con el código de Holland (1991):

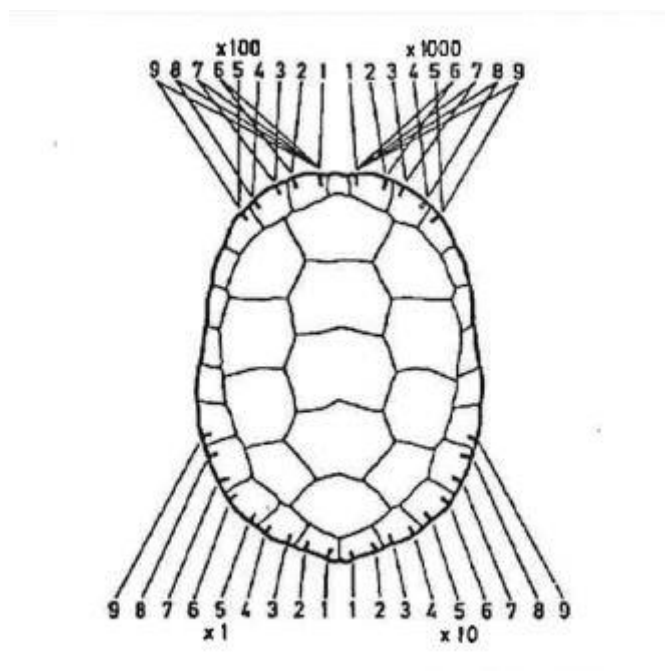


Figura 3. Código de Pérez (1979). Tomado de Keller (1997).

### 3. Objetivos y metodología

A la vista de los antecedentes revisados, se echa en falta una información unificada sobre cómo ha ido evolucionando el conocimiento de la distribución en Aragón de las diferentes especies de galápagos presentes en la Comunidad. Por ello, el objetivo principal del siguiente proyecto es llevar a cabo un análisis de la evolución temporal del conocimiento de la distribución de las tres especies de galápagos presentes en la Comunidad (europeo, leproso y Florida), informando sobre la cantidad de ejemplares observados y el estado en que se encuentran (medio natural o en cautividad). Por otra parte, nos planteamos conocer cómo ha ido evolucionando la distribución y el estudio de cada especie durante los últimos cuarenta años y poder mostrar la posible relación con un mayor interés por la protección y el conocimiento de la naturaleza. La hipótesis principal que se plantea es que existen ciertos periodos de tiempo en los que se da un mayor número de citas y poblaciones, pudiendo deberse a causas como la redacción y aprobación de catálogos de especies amenazadas e invasoras, que requieren del uso de estos datos, o el interés creciente de la población en el conocimiento y protección de la naturaleza y biodiversidad en España y en Aragón.

Los datos de avistamientos de citas y poblaciones de galápagos incluidos en este proyecto proceden del Gobierno de Aragón, de la Asociación Herpetológica Española a la que pertenece el SIARE, la ANSAR, y, puntualmente, de la Asociación de Amigos del Río de Alcañiz, a pesar de no estar publicados todavía, por lo que se agradece su cesión. La gran mayoría de datos del Gobierno de Aragón se recogió gracias a una encuesta lanzada a todos los Agentes de



Protección de la Naturaleza (APN's) del Gobierno de Aragón por Joaquín Guerrero Campo (especialmente desde 2009 a 2013, comenzando el trampeo en los hábitats en el año 2010 y con la colaboración de Javier Puente en Huesca) y a la realización de la tesis de Aitor Valdeón en 2015 sobre el galápagos europeo en el Valle del Ebro.

El análisis de los datos recogidos se llevó a cabo mediante una tabla Excel en la cual se unificaron varias tablas. Para ello, surgió la necesidad de comparar numerosos datos de localización de los avistamientos ya que había varias citas que se encontraban repetidas en cada tabla por separado. Una vez hecho esto se procedió a rellenar los campos necesarios de coordenadas UTM X y UTM Y que no habían sido completados (siendo UTM el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator), utilizando coordenadas para el huso 30T, y posteriormente calculando las cuadrículas UTM 10x10 que también estaban incompletas, al igual que se unificaron todas ellas en el sistema ETRS89. Asimismo, se procedió a rellenar el campo del número de ejemplares en los casos que era posible, ya que en determinados avistamientos simplemente aparecía “varios” o “muy abundante”. Es por ello que, debido a la falta de datos en cuanto al número exacto de individuos, se decidió crear un campo nuevo al que se denominó “Poblaciones”, que se dividiría en “1” y “2”; el número 1 se referiría a una única cita de uno o dos galápagos aislados y el número 2 sería el caso de que encontrásemos una población, definida en este trabajo por un número de tres o más galápagos.

El último campo añadido fue el de “Estado”, en cuyo caso encontramos tres valores: “1”, “2” y “3”. El valor 1 se refiere a galápagos que se encuentran en cautividad, el número 2 apunta a galápagos distribuidos en medio natural y el número 3 sería el caso de que fuera dudoso el estado en que se encuentran (por ejemplo, animales criados en cautividad que han podido escapar o ser soltados).

La mayor parte de los campos pueden observarse en la Tabla 1, a falta de algunos con escasa representatividad que no se han adjuntado:

Tabla 1. Extracto de la tabla Excel de trabajo.

ID	Observadores	Especie	Nombre_comun	Fecha	Paraje	Localidad	Municipio	Comarca	Provincia	Huso	10x10	X	Y	Biotopo	Motivo_cita	Observaciones	N_Ejemplares	Estado	Poblaciones
9	Amigos de los	hemysc	Galápagos de Florida	2012	Guadal	Alcañiz	Alcañiz	Bajo Aragón	Teruel	30T	30TYL40	744878	450952	nasa	captura	emplares nn	7	2	2
128	J.L. Jarque	ys orbicul	Galápagos europeo	2012	a ojo de F	Casetas	Zaragoza	Zaragoza	Zaragoza	30T	30TXM61	663795	4619640	NASA	captura	5 EJEMPLRES	5	2	2
360	Catalá, Carlos,	remys lep	Galápagos leproso	2010	Puebla de	Puebla de Alf	Puebla de Alf	Zaragoza	Zaragoza	30T	30TXM80	686971	4610778	Estanque-Ampeo en bal			1	2	1

En los campos de la base de datos completa se encuentran el ID o número de identificación, los observadores (pudiendo ser una o más personas) el nombre común de la especie (galápagos europeo, galápagos leproso y galápagos de Florida), la fecha de avistamiento (se ha reducido simplemente al año), los campos de localización, entre los que se encuentran el paraje (río, balsa, barranco...), localidad, municipio, comarca y provincia, así como el datum, huso, cuadrícula 10x10, UTM X y UTM Y. A continuación viene definido el campo de altitud en metros, el biotopo (galacho, estanque...), el motivo de la cita (si ha sido una captura, trampeo, si el galápagos se encontraba en cautividad...), y un campo de observaciones en el que se define si esos galápagos han sido liberados, se encontraban muertos, eran machos, hembras o



juveniles, etc. Por último, se pueden observar los dos campos añadidos de “Estado” y “Poblaciones”.

Para poder representar los datos en un mapa utilizando *ArcGIS*, en concreto *ArcMAP*, se dividieron por cada especie y se produjeron varios ficheros según la etapa de años que se quería representar. Por ello, el resultado fueron varios ficheros para cada especie. En el caso del galápago europeo y el galápago leproso el abanico de años abarca desde 1971 hasta 2017 habiéndose realizado tablas en intervalos de diez años progresivamente a partir de 1980 (1971-1980, 1971-1990, 1971-2000, 1971-2010 y 1971-2017). En el caso del galápago de Florida únicamente existen datos a partir de 1998 por lo que se procedió a hacer lo mismo a partir del año 1998 (1998-2000, 1998-2010 y 1998-2017).

A fin de elaborar una correcta representación en *ArcMAP* fue necesario hacer un sumatorio de los ejemplares que se encontraban en la misma cuadrícula, dando prioridad a los avistamientos de poblaciones sobre los de una única cita en el caso de encontrar los dos casos en la misma cuadrícula y, llevando a cabo también una prioridad en el caso de que el estado fuera medio natural en lugar de en cautiverio o dudoso (exceptuando casos aislados en los que la mayoría se encontraban en cautividad o estaban en duda).

Tras haber realizado este proceso fue necesario guardar los archivos en formato csv. delimitado por comas ya que añadiendo directamente la hoja Excel en *ArcMAP* se producía un error. Teniendo estos archivos ya guardados en csv. se procedió a añadirlos en *ArcMAP* (*Add Data*). A continuación fue necesario descargar la malla UTM 10x10 de la Península para poder representar los datos en cuadrículas, ya que por puntos no quedaban bien definidos. Asimismo, se descargó también la capa de provincias españolas y el Modelo Digital de Terreno a escala 1:200000 (MDT200).

Una vez descargados todos los ficheros se añadieron en *ArcMAP*. A partir de la malla UTM se fue haciendo un *joint* por cada archivo csv. para posteriormente exportarlo y añadirlo a nuestro mapa. Mediante la función *Feature to point* se calcularon los centroides de cada cuadrícula y de esta manera se pudo representar cada valor de interés (poblaciones y estado), utilizando la cuadrícula para representar en color amarillo las citas y en color verde las poblaciones, y el centroide para simbolizar el estado, con puntos de color negro para galápagos en cautividad (he de puntualizar que en algunas de las citas halladas en cautividad no se conoce su procedencia exacta, pudiendo ser del medio natural) , color azul para galápagos encontrados en medio natural y color blanco para los galápagos en caso dudoso.

Para finalizar, se utilizó el MDT200 para crear una base para el mapa. Para ello, se descargaron los MDT de cada provincia de Aragón (Zaragoza, Huesca y Teruel) y se produjo un *Mosaic to new Raster*, posteriormente se empleó la función *Extract by Mask* para poder ajustar el MDT al límite de Aragón y, por último, se utilizó la función *Hillshade* para representar un sombreado con transparencia al nivel 30%. Asimismo, se descargaron las capas de la red hidrográfica de Aragón de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y del Júcar (CHJ), dada la importancia que tienen las masas de agua como hábitat para los galápagos. Estas capas se unieron utilizando la función *Merge* y se extrajeron de nuevo al límite de Aragón. En el caso de la capa hidrográfica del Ebro los valores se organizaron mediante el campo Tipo, escogiendo RIO y RIU. Para el caso del Júcar, debido a la carencia del campo Tipo los valores escogidos fueron 1, 2 y 3

del campo Color. Posteriormente se representaron con un color azul oscuro, dando al río Ebro un mayor grosor. Como asunto final se creó una capa con los puntos de las capitales de provincia (Zaragoza, Huesca y Teruel).

Hecho esto ya se pudo añadir el título del mapa, el norte, la escala, las fuentes y la leyenda, y exportarse para añadirlo en el trabajo.

Después de elaborar estos mapas se decidió hacer también una representación teniendo en cuenta el número de ejemplares de las poblaciones de cada especie, dividiéndose en cinco categorías (0-2, 3-10, 11-50, 51-100, 101-170).

Tras esto, se procedió al estudio analítico de los datos recogidos mediante una tabla Excel en la que se añadieron todas las UTM de cada especie y el primer año en el que se contabilizaba una cita y/o población en cada una de ellas. De esta manera se pudieron calcular los datos de citas y poblaciones acumuladas durante el periodo de tiempo estudiado. Posteriormente se generaron figuras añadiendo estos datos mencionados y los valores de cada año, así como el logaritmo en base 10 para evitar la posible excesiva influencia de unos pocos valores sobre la regresión lineal. De este modo, el tratamiento de los datos se llevó a cabo agregando líneas de tendencia o regresión lineales, ya que mostraban el mayor coeficiente de determinación. Se realizó también un test de correlación con el paquete estadístico *Past*, en el que se mostraba que los datos mantenían una correlación significativa. Asimismo, se comprobó que, al menos los datos de los años, se correspondían con una distribución normal. Una vez terminado este paso se pudo completar el estudio mediante el test de Durbin-Watson.

Para finalizar, tomando los datos actuales, se decidió hacer un estudio complementario sobre la relación de las especies autóctonas, es decir, *Emys orbicularis* y *Mauremys leprosa*, con ciertas variables bioclimáticas utilizando el programa *MaxEnt*, y poder así inferir el hábitat potencial de cada una de ellas. En este caso el galápagos de Florida no fue considerado al tratarse de una especie introducida y carecer de una distribución natural.

Las variables utilizadas para ello se descargaron de la página web *WorldClim* ([worldclim.org](http://worldclim.org)) en resolución espacial de 5 minutos (10x10 km). Estas variables bioclimáticas se derivan de los valores mensuales de temperatura y precipitación para generar más variables biológicamente significativas. Representan tendencias anuales, estacionalidad y factores ambientales extremos o limitantes.

Las variables se codifican de la siguiente manera:

BIO1 = Temperatura media anual

BIO2 = Intervalo diurno medio (Promedio de la temperatura mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))

BIO3 = Isotermalidad (Índice de variabilidad de la temperatura)  $((\text{BIO2} / \text{BIO7}) * 100)$

BIO4 = Temporada de temperatura (desviación estándar \* 100)

BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido

BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío

BIO7 = Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)

BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo

BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco

BIO10 = Temperatura media del trimestre más cálido

BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío

BIO12 = Precipitación anual

BIO13 = Precipitación del mes más húmedo

BIO14 = Precipitación del mes más seco

BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)

BIO16 = Precipitación en el trimestre más húmedo

BIO17 = Precipitación en el trimestre más seco

BIO18 = Precipitación en el trimestre más cálido

BIO19 = Precipitación en el trimestre más frío

Tras haber descargado las variables se procedió a hacer el análisis en *MaxEnt* a partir de las hojas Excel de *Emys* y *Mauremys* en formato csv. incluyendo la especie y las coordenadas geográficas X e Y (obtenidas de los centroides generados). Por su parte, las variables bioclimáticas, también con coordenadas geográficas, fueron cargadas en formato ASCII y se procedió a recortarlas con la capa de Aragón, para lo que fue necesario crear una capa de dicha Comunidad Autónoma en este tipo de coordenadas mediante la herramienta *Project*. A través de la herramienta *Geoprocessing* se construyó un *ModelBuilder* (Figura 4) en donde se añadieron todas las capas de las 19 variables y se recortaron mediante *Extract by Mask* con la capa de Aragón. Para ello hubo que conectar todas esas capas entre sí, convertir de formato ráster a ASCII y volver a unir las. Por último, se guardaron las variables con sus determinados recortes.

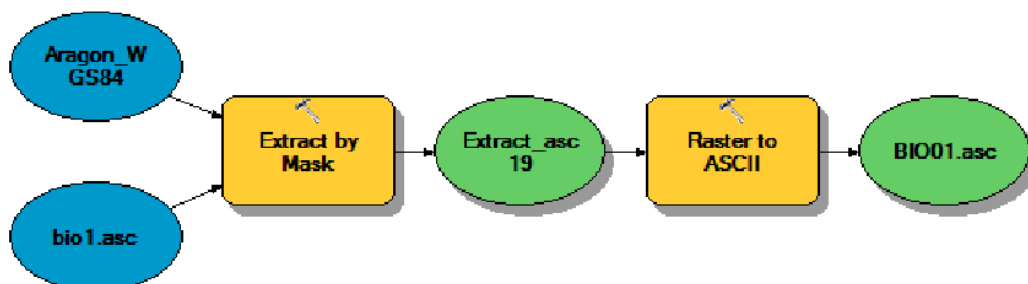


Figura 4. Extracto del *ModelBuilder* realizado.

Inicialmente, hubo que asegurarse de que las variables no poseían una alta correlación espacial entre ellas para poder obtener un mayor poder de predicción. Para ello, hubo que crear en *ArcMAP* puntos aleatorios para la capa de Aragón con una distancia mínima entre ellos de 10.000 metros, es decir, para que en una distancia de 10 kilómetros no hubiera dos puntos seguidos. Fueron creados 117 puntos para todas las cuadrículas de 10x10 km de Aragón. Se extrajeron los valores a puntos y mediante la herramienta *Extract Multi Values to Points* se crearon los campos para cada variable con su valor respectivo en cada punto generado; posteriormente dicha tabla de atributos se exportó en formato txt. para poder realizar un análisis de correlación con el programa *Past*. En dicho programa se buscaron las variables cuyo valor de R fuera el más cercano a 0 entre aquellas que no tuvieran autocorrelación espacial entre sí, para lo cual se hizo una criba de las variables cuyo valor absoluto del test de correlación de Pearson fuera mayor a 0,7 y así obtener un mayor poder de predicción. Tras realizar estos pasos se obtuvieron las variables Bio8 y Bio9, y, posteriormente, se fueron eliminando las variables correlacionadas con las dos mencionadas para, finalmente, obtener las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 y poder utilizar *MaxEnt*.

A la hora de realizar el análisis con *MaxEnt* se escogió un *Random test* del 25% (se le indica al programa que debe escoger de manera aleatoria y apartar el 25% de los registros de muestras para usarlos en el test y un 75% para entrenar (generar) el modelo), así como 10 réplicas (en las que cambiarían los puntos de test y de entrenamiento). Tras marcar las opciones necesarias (*create response curves, make pictures of predictions, do jackknife to measure variable importance, random seed* y escoger *subsample* para *replicated run type*) se procedió a hacer correr el programa, generándose e interpretándose los resultados de manera que se fueron eliminando una a una las variables con posible correlación entre ellas y se volvía a hacer correr el programa. Los resultados obtenidos se representaron en varios mapas utilizando *ArcMAP*, para lo cual se cargaron las respectivas capas a utilizar generadas con *MaxEnt*, así como las capas de puntos para *Emys* y *Mauremys* representando tan solo una cita o población por cuadrícula y aquéllas que se encontraran en un medio natural. Para la cartografía se escogió el color rojo para representar una alta idoneidad del hábitat y el azul para remarcar una baja idoneidad de éste. Por último, se definió la proyección del ráster en WGS84, ya que es con la que trabaja *MaxEnt*, se añadieron las capas de la red hidrográfica y las capitales, la leyenda, título, escala, norte y fuentes, así como el mapa de localización en España.

Para la evaluación de la bondad de los modelos se utilizó el estadístico AUC (*Area Under the Curve*) o área bajo la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic* o Característica Operativa del Receptor). Esta curva ROC (Figura 5) se define a partir de ciertos estadísticos de sensibilidad (*sensitivity* (eje Y)) y especificidad (*1-specificity* (eje X)). Siendo  $sensitivity = a/a+c$  y  $specificity = d/b+d$  (Allouche *et al.*, 2006), donde a sería verdaderos positivos, es decir, valores de presencia que han resultado presentes, c englobaría verdaderos negativos, esto es valores de presencia que han resultado como ausentes, b comprendería falsos positivos, o sea, valores de ausencia que se han dado como presentes y d sería falsos negativos, es decir, valores de ausencia que resultan ausentes (Tabla 2). Por tanto, el valor de la sensibilidad incluiría los verdaderos positivos entre el sumatorio de todos los positivos y la especificidad abarcaría los falsos negativos entre el sumatorio de todos los valores negativos.

Tabla 2. Tabla de contingencia para el cálculo de a, b, c y d. Figura modificada de Allouche et al. (2006). (Valdeón, 2015).

		Validation data set	
		Presence	Absence
Model	Presence	<i>a</i>	<i>b</i>
	Absence	<i>c</i>	<i>d</i>

La AUC sería el área resultante por debajo de dicha curva y la medida preferida de precisión, por tanto, sería aquella proporción del área de todo el gráfico que se encontrara por debajo de la curva ROC. Por debajo de un valor de AUC=0,5 (si la curva ROC se encontrara a lo largo de la diagonal mayor) fallarían las predicciones al 50%, es decir, se acertaría una y se erraría en otra, por lo que resultaría un modelo completamente azaroso y no existiría discriminación, siendo iguales las proporciones positivas verdaderas y falsas. Para una discriminación perfecta la AUC sería igual a uno, siendo también uno la proporción de verdaderos positivos (Swets, 1988). Por ello, a partir de un valor de AUC > 0,5 se acertarían más predicciones de las que se fallarían.

Los criterios de evaluación para el estadístico AUC son los siguientes: excelente (0,90 - 1,00), muy bueno (0,8 - 0,9), bueno (0,7 - 0,8), regular (0,6 - 0,7) y pobre (0,5 - 0,6) (Duan *et al.*, 2014).

En el ejemplo expuesto AUC=0,763, por lo que sería un modelo bueno según dichos criterios.

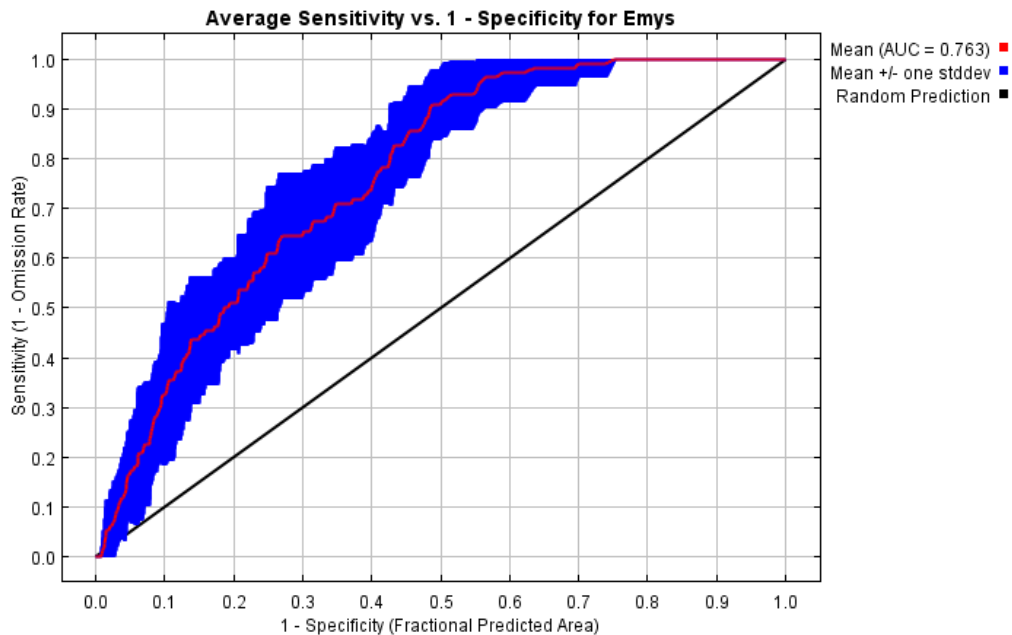


Figura 5. Ejemplo de curva ROC y AUC para las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 de *Emys orbicularis*.

A continuación se exponen los resultados de cada uno de los mapas y figuras para cada una de las especies, destacando de nuevo que se trata de un estudio sobre el avance del

conocimiento en su distribución, y no de la distribución real, y mencionando que, en el caso del galápagos de Florida, a pesar de representarse en un estado en el medio natural, es una especie que ha sido introducida en el medio natural de Aragón.

## 4. Desarrollo analítico

### 4.1. *Emys orbicularis*

En todos estos mapas de distribución de *Emys orbicularis* (Figura 6) en Aragón, comenzando en el año 1971 hasta el año 2017, se puede observar una evolución positiva en el número de datos recogidos, aumentando considerablemente.

Como indica el primer mapa hasta el año 1980, tan solo se habían recogido tres datos, dos de los cuales se corresponden con citas aisladas en las provincias de Zaragoza y Huesca y un tercero en el que ya encontramos una población en el área de la ciudad de Zaragoza, concretamente en el galacho de la Alfranca. Además, todos los galápagos representados se encuentran en libertad en el medio natural. Continuando hasta el año 1990, vemos que el número de datos se incrementa, siendo nuevamente todos ellos correspondientes a citas exceptuando la población de la Alfranca y una población nueva localizada en Pina de Ebro en la ribera baja del río, todos ellos en libertad en la naturaleza. En el año 2000 aumenta de nuevo el número de datos entre los que ya podemos encontrar citas que se corresponden con ejemplares de galápagos europeo hallados en cautividad (cabe destacar el gran número de ejemplares hallados por las calles de Zaragoza y pueblos de alrededor que han podido ser liberados por sus dueños), y además aumenta de manera considerable el número de poblaciones, pudiendo encontrar varias de ellas en lugares en donde antes solo se indicaban citas. Estas poblaciones siguen la ribera del Ebro, el Gállego y el Martín.

Adentrándonos ya en la década de los años 2010 se observan considerables nuevas poblaciones cercanas a la ciudad de Zaragoza siguiendo el río Ebro y destacando los galachos de Juslibol y la Alfranca, dos poblaciones en el río Cinca en Alcolea de Cinca y en Pueyo de Santa Cruz, una gran población en las Lagunas de Estaña en Benabarre, una cercana a Huesca en el río Isuela y la última en el embalse de la Sotonera. La mayoría de ellas se localizan en medio natural aunque cabe destacar la aparición de un nuevo parámetro en tres citas localizadas en Vistabella, en Almudévar y en Gelsa en donde cabía lugar a duda en cuanto a si esos galápagos se encontraban en medio natural o estaban en cautividad.

Terminando con el año 2017 cabe destacar una población en Ejea de los Caballeros y otras tres en las Cinco Villas (Castiliscar, Sofuentes y Uncastillo). También aparecen nuevas poblaciones en la Hoya de Huesca siguiendo al río Gállego, en Alcañiz y en Caspe. La mayoría de las citas se corresponden con ejemplares en la naturaleza.

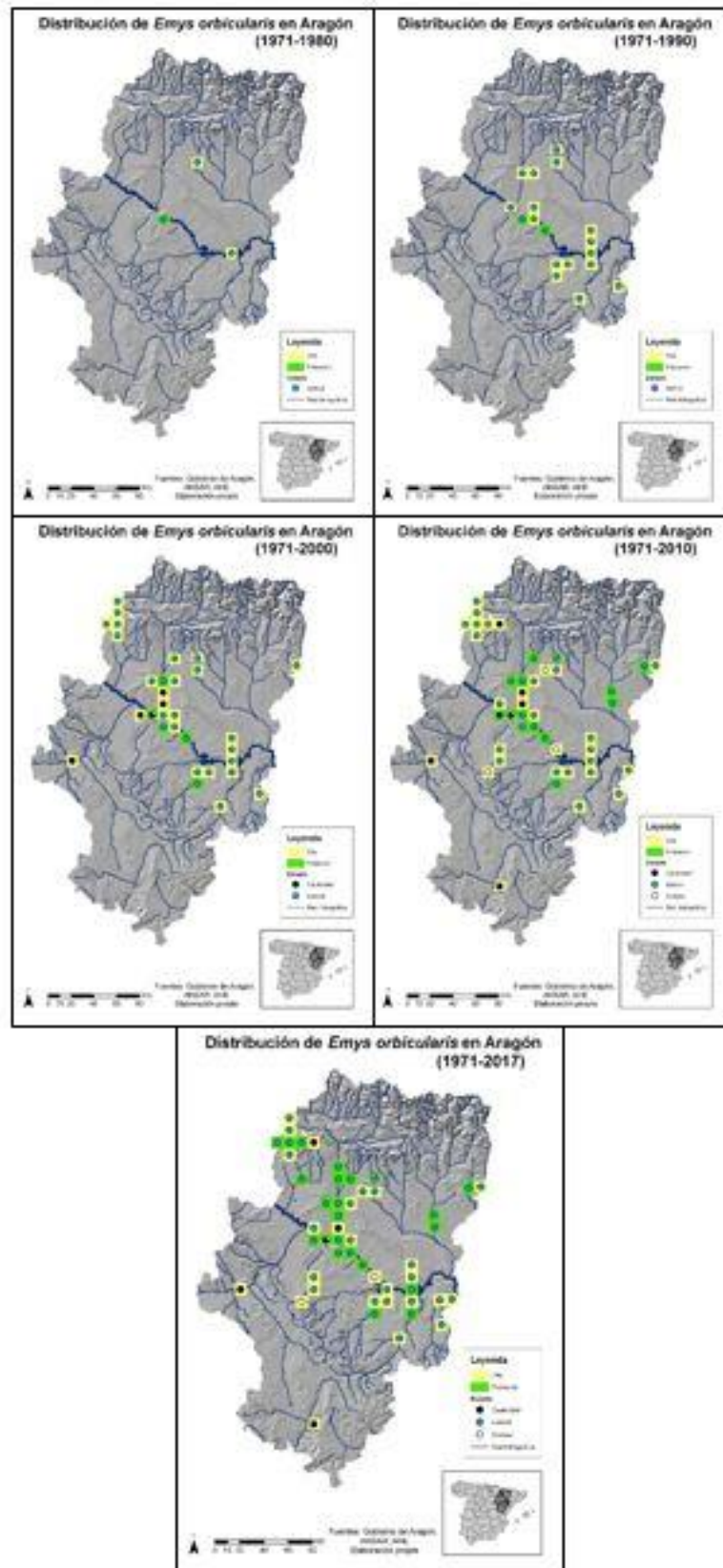


Figura 6. Mapas de distribución de *Emys orbicularis* (citas y poblaciones) a lo largo del tiempo (1971-2017).

Como se puede observar en el siguiente mapa de distribución por tamaño (Figura 7) de *Emys orbicularis*, considerando las mayores poblaciones a partir de 11 individuos, los grandes núcleos se encuentran en la ciudad de Zaragoza y su periferia (galachos de La Alfranca y Juslibol), en Alcañiz, en Benabarre, en Lupiñén-Ortilla y en Zuera.

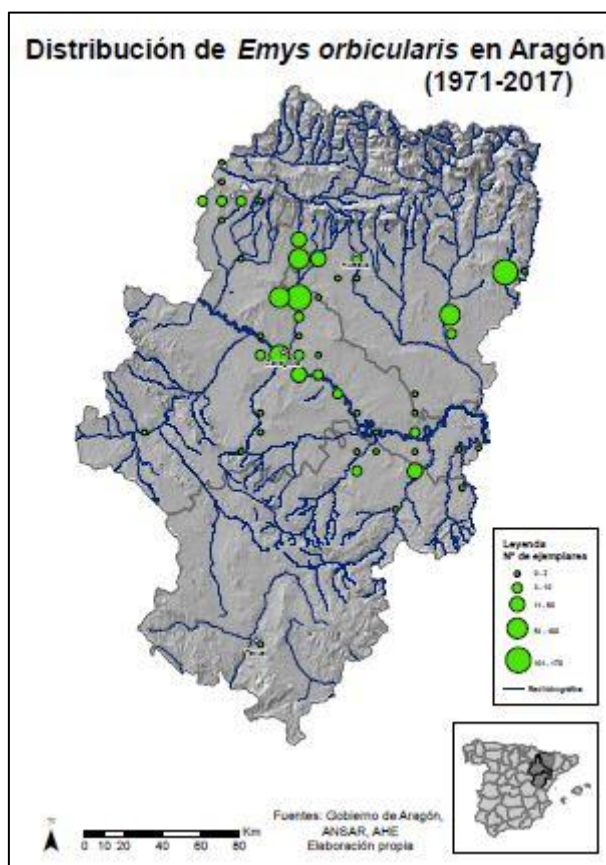
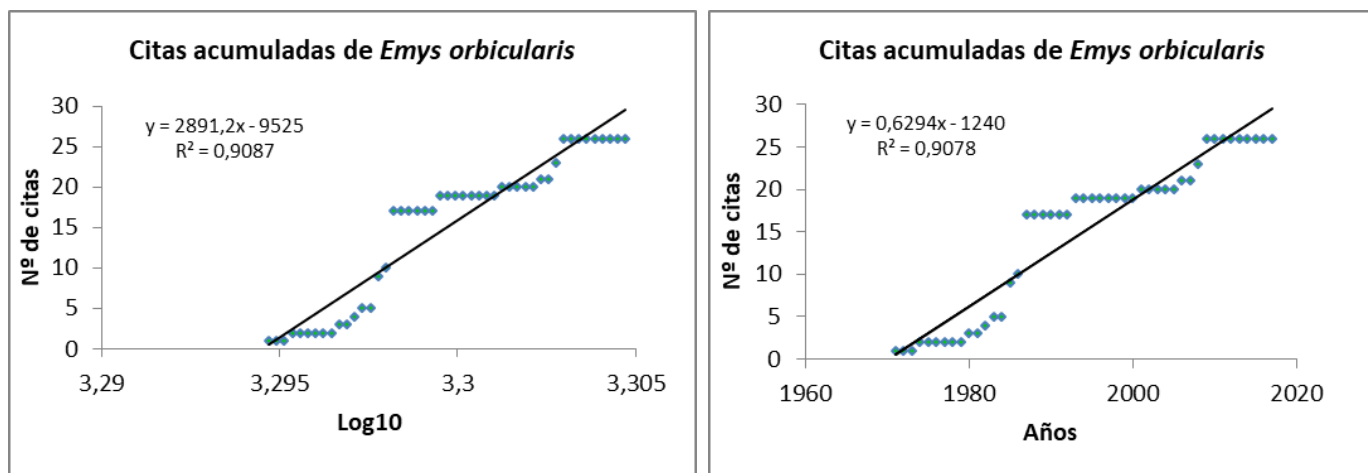


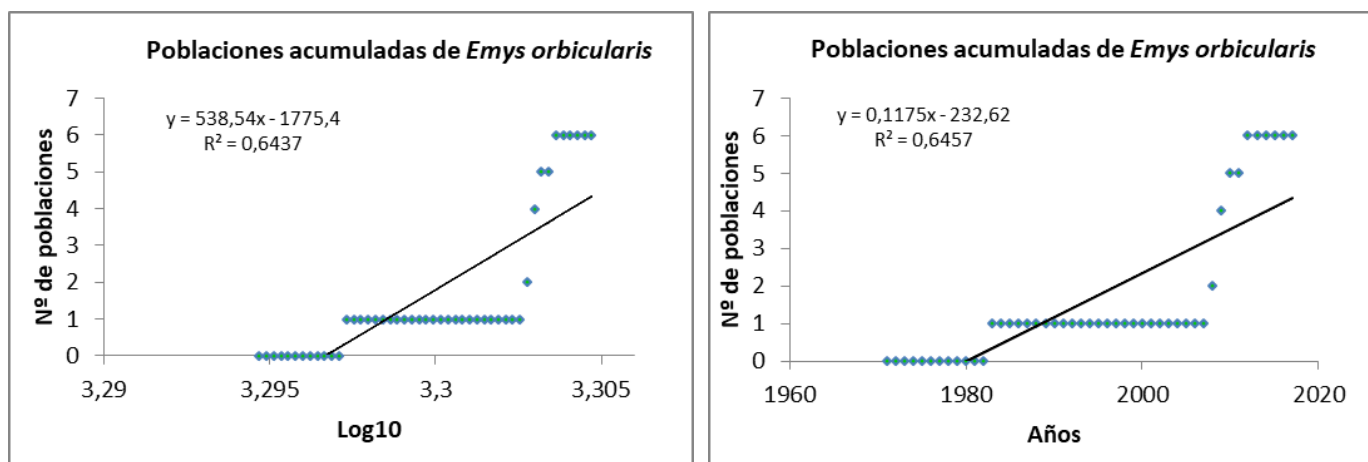
Figura 7. Mapa de distribución de *Emys orbicularis* según el número de ejemplares en el periodo 1971-2017.

En lo referente a las figuras producidas de citas acumuladas de *Emys orbicularis* (Figuras 8 y 9) se puede apreciar que  $R^2$  tiene un valor de 0,9078 cuando se utilizaron los valores originales, y de 0,9087 cuando se utilizó la transformada logarítmica de la variable independiente (años), aunque en ambos casos se situaron en valores muy próximos al 90%, lo que indica que un elevado porcentaje de la variación en los datos de las citas podía ser explicado por la variable independiente (años). Los coeficientes de regresión positivos indican que los avistamientos aumentan al progresar el tiempo. Al hacer el test de correlación se pudo comprobar que el valor de  $p=5,07E-25$  indica una correlación significativa al estar muy por debajo de 0,001. Es por ello que se pudo calcular el estadístico de Durbin-Watson que resultó en un valor de 0,219439897, indicándonos que los datos están sesgados y, aunque aumentan con el paso del tiempo, no lo hacen de una manera lineal sino que se dan grandes saltos temporales entre ellos.



Figuras 8 y 9. Citas acumuladas de *Emys orbicularis*.

En el caso de las poblaciones acumuladas de galápago europeo (Figuras 10 y 11), los datos expuestos tienen un coeficiente de determinación mucho menor, en torno al 65% en ambos casos. El valor de  $p=1,20E-11$  nos vuelve a indicar una correlación significativa, y calculando el valor de Durbin-Watson se reflejó un resultado de 0,109806309, mostrando de nuevo un sesgo marcado en los datos.

Figuras 10 y 11. Poblaciones acumuladas de *Emys orbicularis*.

Los resultados obtenidos tras realizar el correspondiente análisis con *MaxEnt* para la especie de galápago europeo fueron los siguientes:

Para las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 el valor del área bajo la curva o AUC dio un resultado de 0,763, lo cual nos indica un buen valor ya que es mayor de 0,7.

Sin embargo, para obtener un mayor valor de AUC y mayor poder de predicción se procedió a eliminar ciertas variables que pudieran estar correlacionadas, obteniendo finalmente Bio2 y Bio6. En este caso  $AUC=0,786$  indicando un mejor y más sencillo modelo predictivo.

A continuación se muestran las diferencias entre ambos modelos:

- Modelo con las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9:

La Tabla 3, expuesta a continuación, muestra que las variables con una mayor contribución porcentual al modelo, es decir, en cuánto participa cada una, son Bio6 y Bio8 con unos valores de 40,5% y 56,2% respectivamente. Las variables Bio2 y Bio9 apenas tienen contribución porcentual pero se encuentran al menos por encima del 1%. Como se ha mencionado, y a pesar de la elevada contribución de la variable Bio8, ésta no se incluyó en el modelo definitivo por las razones que se indicarán más adelante.

Tabla 3. Contribución al modelo de las variables escogidas Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 e importancia de la permutación para la especie *Emys orbicularis*.

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutacion
bio08	56.2	18.7
bio06	40.5	60.6
bio09	2	7.6
bio02	1.3	13.1

Si observamos la primera hilera de figuras generadas con *MaxEnt* (Figura 12), que indican los valores de cada variable interrelacionada con las demás, podemos comprobar que a partir de cierto valor la probabilidad de presencia de la especie de galápagos europeo aumenta, a excepción de la variable Bio9 en la que se observa una progresión lineal y un claro descenso a partir del valor 24,12. Sin embargo, observando la segunda hilera de figuras (Figura 13), en las que se muestran las variables por sí solas sin interrelación con las demás, se aprecian cambios en Bio2 y Bio9 con respecto a las primeras curvas. La variable Bio2 va aumentando hasta llegar a un punto (valor 13,88) en el que desciende de forma brusca, y la variable Bio9 en este caso aumenta rápidamente para después descender y volver a aumentar en el valor en que anteriormente disminuía.

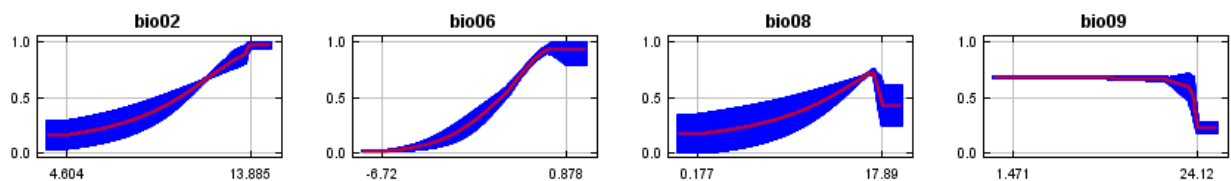


Figura 12. Curvas de respuesta marginal de las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 para *Emys orbicularis*.

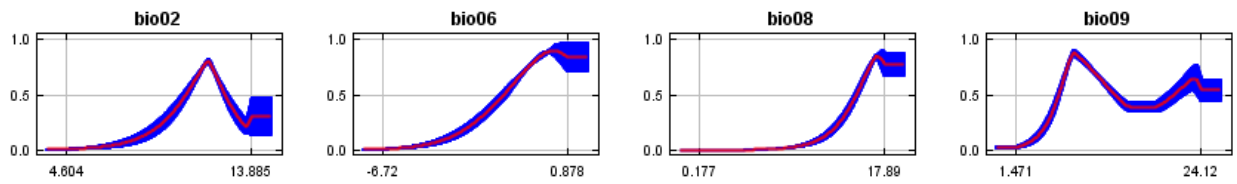


Figura 13. Curvas de respuesta para cada variable correspondiente de las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 para *Emys orbicularis*.

Por último, se tendrá en cuenta el test de ganancia de *Jackknife*, a fin de estimar cuáles son las variables más importantes en el modelo (Figura 14), en el cual se muestra en color azul oscuro el valor del poder predictivo de una variable por sí sola sin interrelación con las demás, en azul claro el valor predictivo del modelo sin la variable correspondiente y, en rojo, el poder de predicción del modelo incluyendo las cuatro variables dadas. De este modo, las variables cuyo valor en azul claro se encuentra por encima de la barra roja nos indican que el desempeño para la predicción mejora cuando estas variables no son utilizadas, a pesar de poder tener una mayor contribución por sí solas.

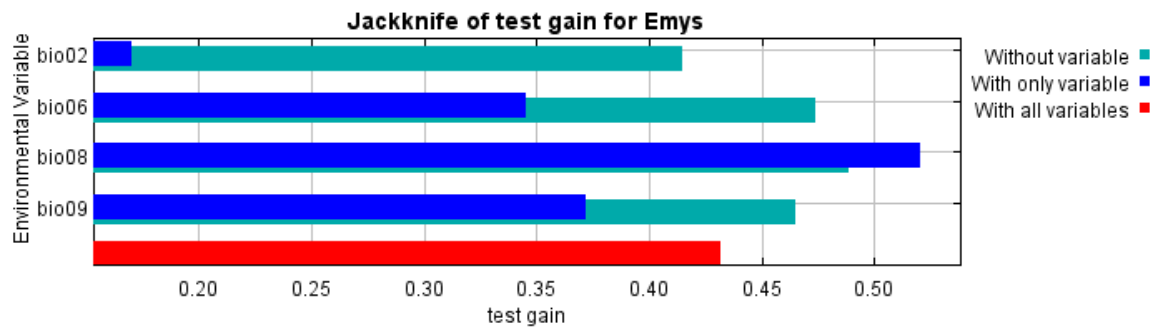


Figura 14. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Emys orbicularis* con las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9.

De esta manera se procedió a eliminar, en orden, las variables cuyo valor se encontraba más por encima del valor en rojo, a saber, en primer lugar Bio8, quedando el modelo predictivo de la siguiente manera (Figura 15):

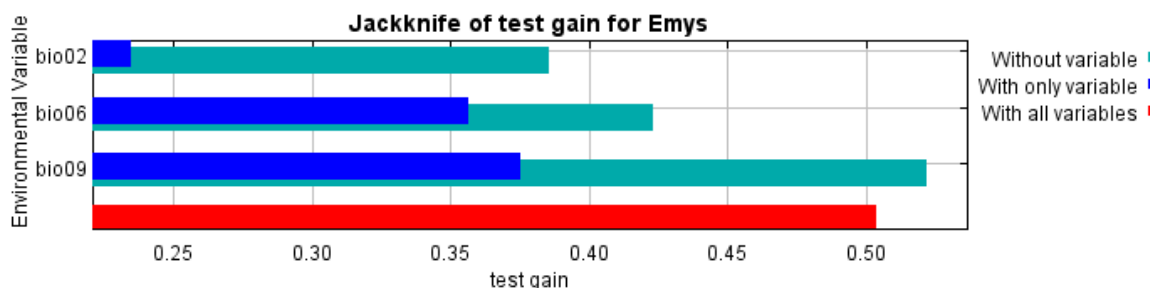


Figura 15. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Emys orbicularis* con las variables Bio2, Bio6 y Bio9.

Al eliminar la variable mencionada se aprecia un cambio en las variables Bio6 y Bio9, ya que, si en el anterior modelo era Bio6 la que más se alejaba de la barra roja después de Bio8,

quedando a poca distancia por encima de Bio9, en este modelo se observa que Bio6 queda por debajo del color rojo y es Bio9 la única que está por encima, por lo que se procede a eliminarla quedando un modelo con las variables Bio2 y Bio6.

- Modelo para las variables Bio2 y Bio6:

En este caso, como se observa en la Tabla 4, la contribución porcentual de Bio2 es del 15,9% y de Bio6 del 84,1%.

Tabla 4. Contribución al modelo de las variables escogidas Bio2 y Bio6 e importancia de la permutación para la especie *Emys orbicularis*.

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutacion
bio06	84.1	69.9
bio02	15.9	30.1

Para las figuras de cada variable interrelacionada con la otra (Figura 16), podemos ver que ambas presentan un crecimiento de manera que va aumentando la presencia de la especie a partir de ciertos valores. Por el contrario, para las figuras de cada variable por sí sola (Figura 17), apreciamos que en el caso de Bio6 también aumenta la presencia de la especie para valores más altos, pero, en el caso de Bio2 sobreviene un aumento y posterior descenso de los valores de presencia.

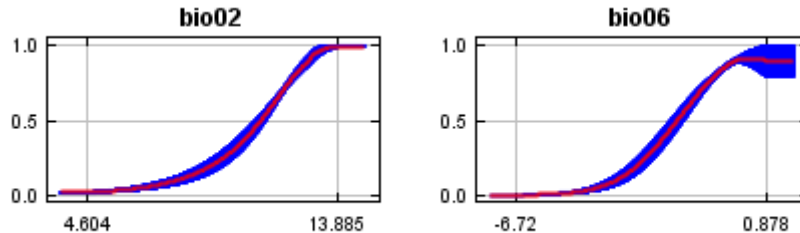


Figura 16. Curvas de respuesta marginal de las variables Bio2 y Bio6 para *Emys orbicularis*.

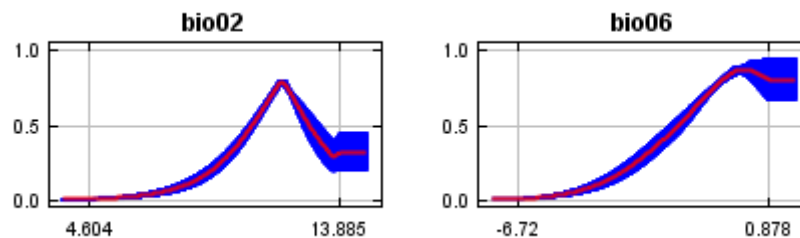


Figura 17. Curvas de respuesta para cada variable correspondiente de las variables Bio2 y Bio6 para *Emys orbicularis*.

En relación al test de ganancia de *Jackknife* (Figura 18), podemos comprobar que ninguna de las variables se encontraría por encima del valor en rojo, por lo que el modelo es bueno.

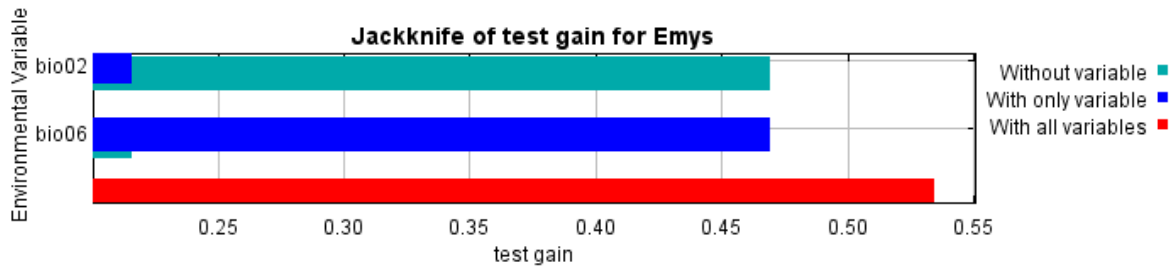


Figura 18. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Emys orbicularis* con las variables Bio2 y Bio6.

La variable Bio2 indica el intervalo diurno medio, es decir, el promedio de la temperatura mensual (la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima). Por su parte, Bio6 indica la temperatura mínima del mes más frío, lo que supondría como factor limitante para la presencia de la especie los meses de invierno. En un principio esto no es lo más adecuado para Aragón ya que la especie de galápago europeo es menos termófila que otras y se extiende hacia Navarra y áreas más frías de Europa, por lo que la variable limitante será alguna que esté correlacionada con ella como Bio1 (temperatura anual media), Bio10 (temperatura media del trimestre más cálido) y Bio11 (temperatura media del trimestre más frío). Sin embargo, se ha escogido esta variable para obtener una máxima variabilidad y una mayor divergencia en la correlación espacial, siendo un mejor modelo con resultados equivalentes a los de uno en que se utilizara alguna variable de las que están correlacionadas con Bio6.

Los mapas de idoneidad elaborados en *ArcMAP* para cada modelo (Figuras 19 y 20) adquirieron el siguiente aspecto:

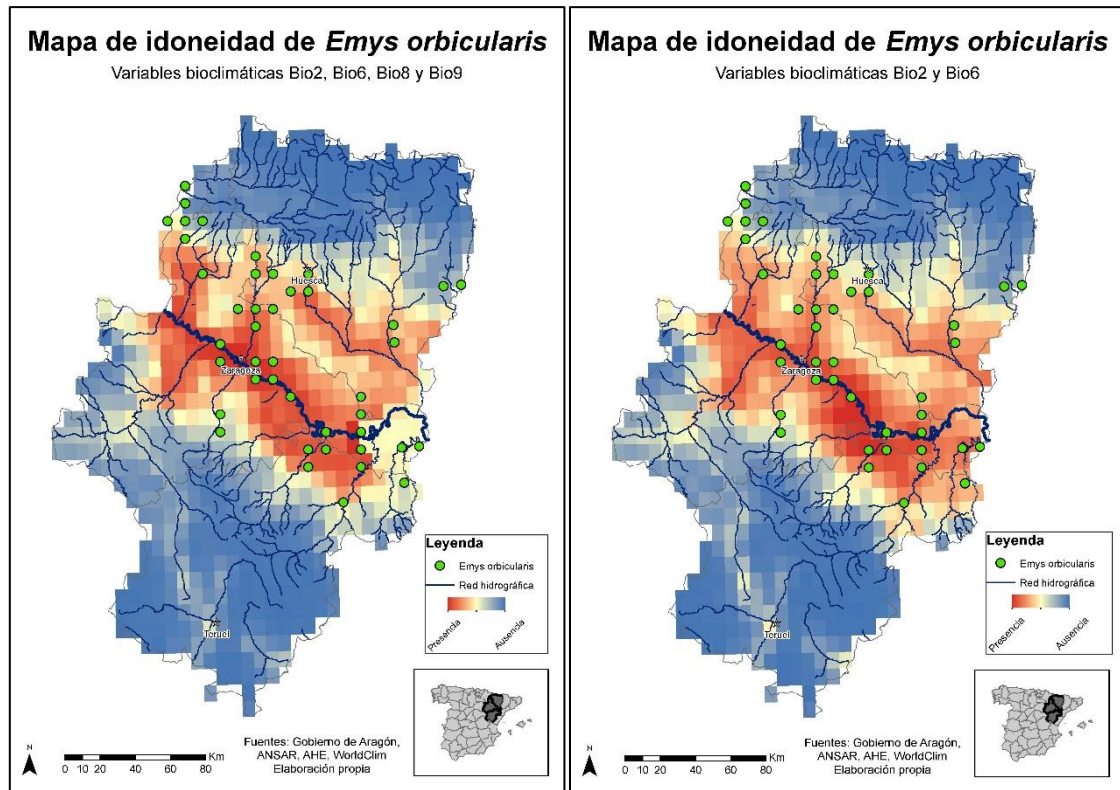


Figura 19 (izquierda). Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis* para el modelo con cuatro variables.

Figura 20 (derecha). Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis* para el modelo con dos variables.

Como vemos ambos mapas son bastante similares a excepción de pequeñas diferencias en la parte del valle del Ebro. Sin embargo, de manera general se observa una aumento de la presencia de la especie en el valle del Ebro, especialmente en la ribera, por estar más cercana al agua y haber una temperatura mayor, y un descenso de ésta de manera que nos acercamos a la zona de somontanos, hasta adquirir valores de ausencia total en las zonas montañosas de los Pirineos y el Sistema Ibérico. Si comparamos los valores de los mapas de idoneidad con los puntos en los que se encuentran los galápagos según la base de datos utilizada, corroboramos que la presencia de individuos y/o poblaciones de éstos se corresponde bastante bien con los valores de alta idoneidad en los mapas resultantes del análisis con *MaxEnt*. De esta manera, para ciertos valores de ausencia, la especie no se encontraría en un hábitat adecuado y, para otros en los que se daría la presencia, sí lo estaría.

## 4.2. *Mauremys leprosa*

Los mapas que aquí encontramos (Figura 21) representan la distribución de *Mauremys leprosa* (galápago leproso) en la Comunidad Autónoma de Aragón desde el año 1971 hasta el año 2017, es decir, el mismo intervalo de tiempo que en el caso del galápago europeo.

En el primer intervalo temporal desde el año 1971 hasta el año 1980 se pueden observar siete citas de galápago leproso localizadas en el medio natural y un dato correspondiente a una población localizada en Samper de Calanda, en la laguna de Valdellego, también en medio natural. Hasta el año 1990 se añaden bastantes nuevas citas y salta a la vista la representación de cuatro nuevas poblaciones en el galacho de la Alfranca, en la localidad de Mequinenza (en el embalse), y en las localidades de Caspe y de Casetas a orillas del río Ebro, de nuevo todas ellas encontradas en un estado de libertad en la naturaleza.

Llegando hasta el año 2000 se observa un gran aumento del número de datos representado, tanto de citas aisladas como del número de poblaciones, habiendo un número bastante mayor de ejemplares hallados en cautividad. Además, muchas de estas citas antes representadas como tal han pasado a convertirse en poblaciones lo que queda patente en el gran número de poblaciones en la ribera baja del Ebro en la zona de Calanda, y dos nuevas poblaciones en Peñalba y en Oliete. En lo referente al estado en que se encuentran los ejemplares se nota un incremento de las citas de galápagos en cautividad, predominando de igual manera los individuos en libertad.

En el intervalo de tiempo hasta 2010, se observa un notable incremento tanto de las citas como de las poblaciones, siendo la mayor parte de ellas de galápagos leprosos observados en medio natural pero resaltando la abundancia de éstos hallados en un estado de cautividad, mucho mayor respecto a los datos referentes al galápago europeo. Destacando la aparición de numerosas poblaciones en el área de Zaragoza, tanto en los galachos de la Alfranca y Juslibol como en las proximidades. También aparecen representadas nuevas poblaciones en Alcañiz, Fabara, Nonaspe y alrededores, en Zuera, Torrellas y, por último, en Rubielos de Mora.

En el último intervalo temporal hasta el año 2017, la distribución poblacional no conlleva grandes cambios a excepción de dos nuevas poblaciones representadas que se localizan en Fonz y Pueyo de Santa Cruz en consonancia con el río Cinca. Por último, hacer referencia a la nueva cita en estado de duda en los Pirineos, la cual resulta extraña por su localización, pero que fue un caparazón encontrado en un robledal marcescente, resaltando en observaciones lo extraño de esta cita.

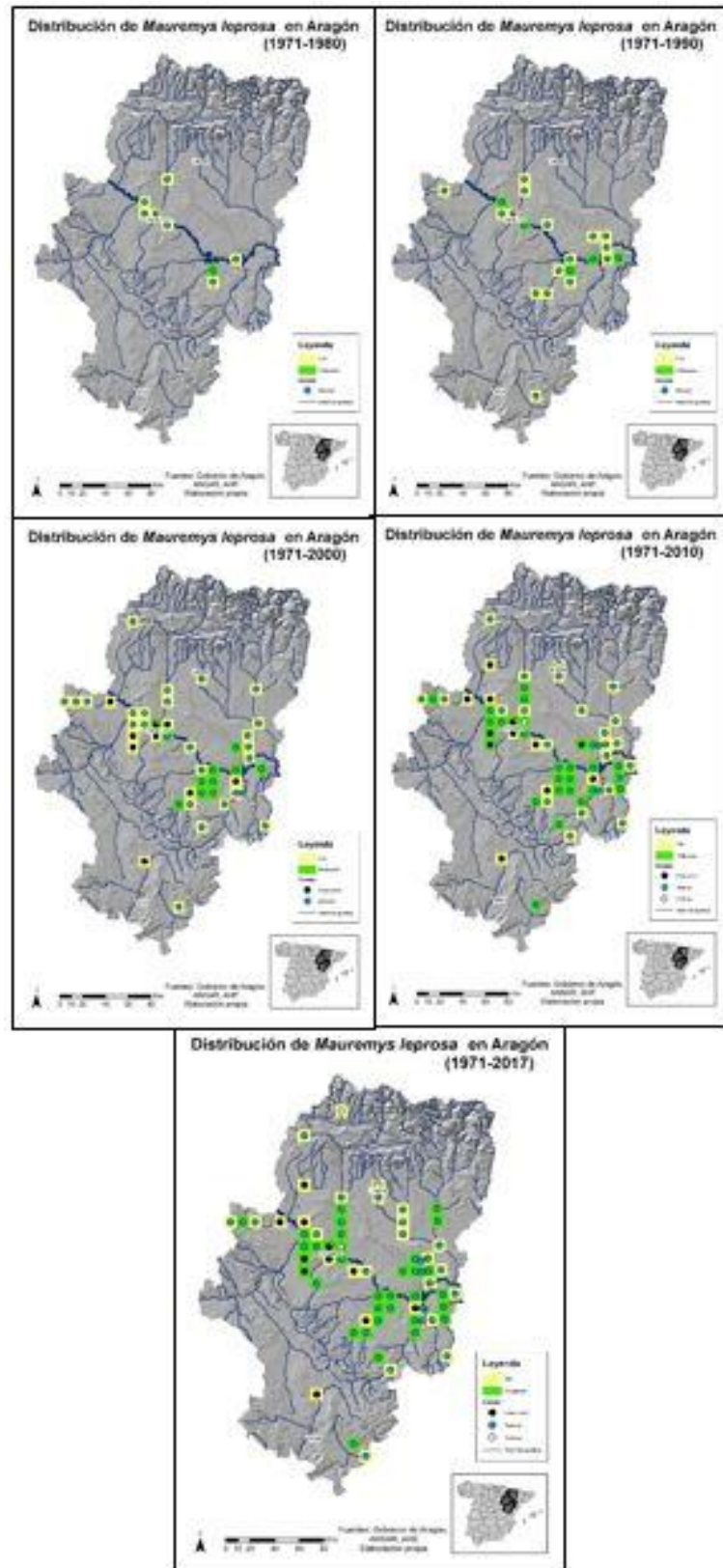


Figura 21. Mapas de distribución de *Mauremys leprosa* (citas y poblaciones) a lo largo del tiempo (1971-2017).



Observando el siguiente mapa de distribución por tamaño (Figura 22), de nuevo encontramos poblaciones con un buen número de ejemplares de nuevo en el área de la capital, en el galacho de Juslibol y en el galacho de La Alfranca. Encontramos también unas poblaciones grandes en Mezalocha, en Peñalba y Candanos, en Caspe y Nonaspe, en Alcañiz y en Fonz.

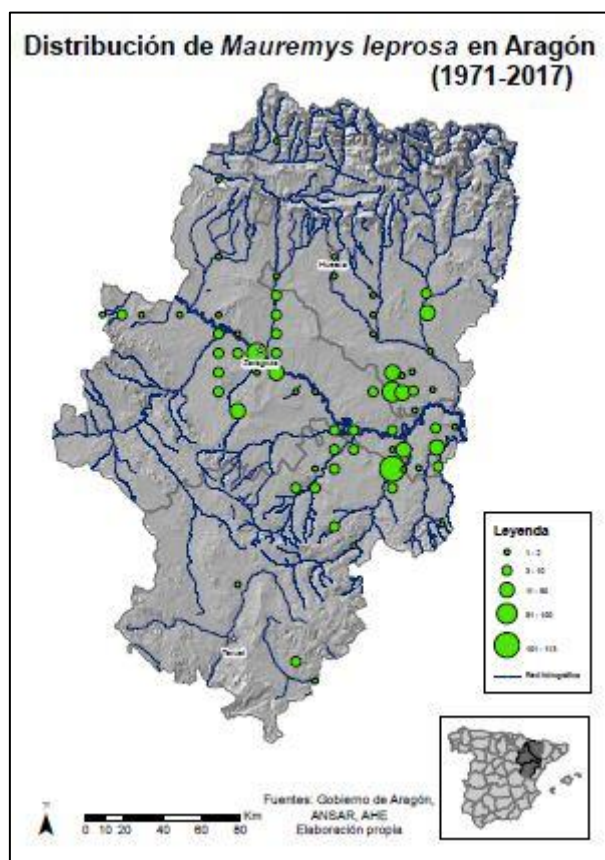
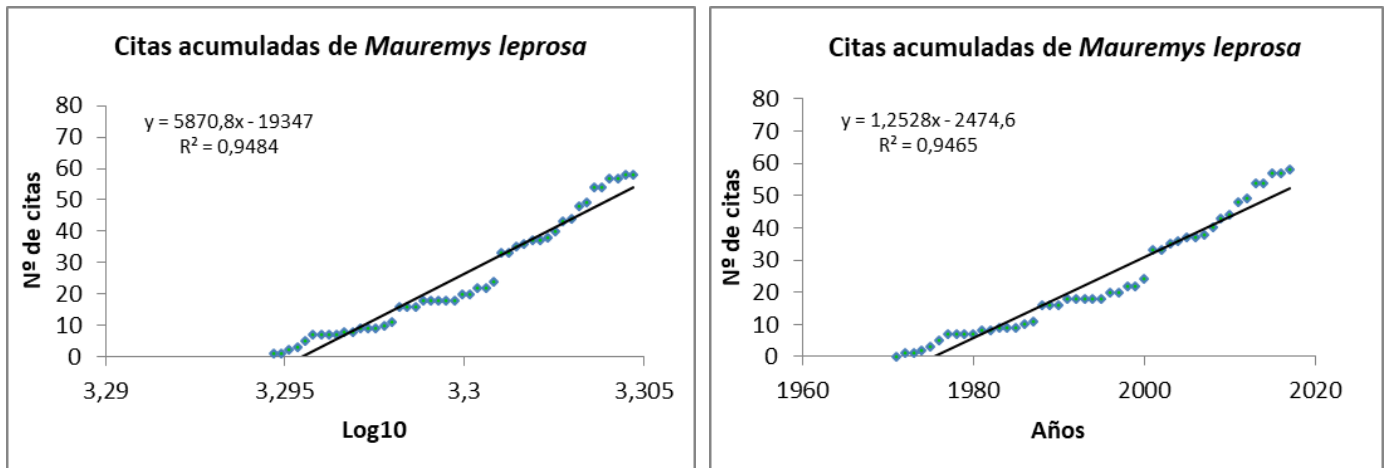
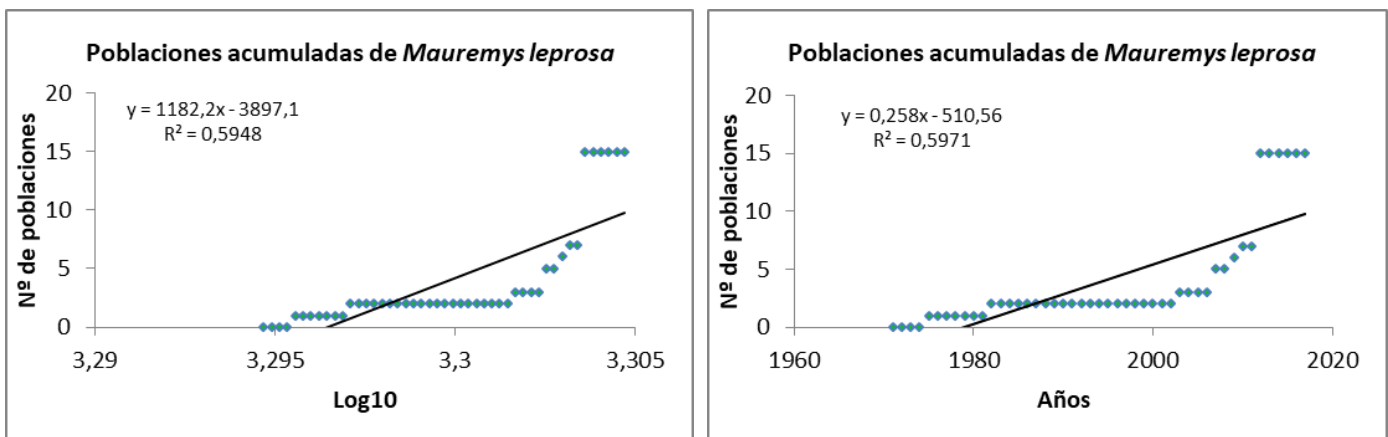


Figura 22. Mapa de distribución de *Mauremys leprosa* según el número de ejemplares en el periodo 1971-2017.

En el caso de la especie *Mauremys leprosa* el valor del coeficiente de determinación  $R^2$  se fija en torno a un 94% en el caso de las citas acumuladas (Figuras 23 y 24) y un 60% en el caso de las poblaciones acumuladas (Figuras 25 y 26). Los valores respectivos de  $p$  en cada caso fueron de  $1,33E-30$  y  $3,86E-10$  mostrando nuevamente una correlación significativa. En cuanto al estadístico de Durbin-Watson para las citas resultó un valor de 0,179455422 y de 0,175039826 para las poblaciones. Se vuelve a poder comprobar de esta manera que los datos recogidos están sesgados y no siguen una evolución lineal creciente.



Figuras 23 y 24. Citas acumuladas de *Mauremys leprosa*.



Figuras 25 y 26. Poblaciones acumuladas de *Mauremys leprosa*.

Los resultados alcanzados en el análisis con *MaxEnt* para el caso de la especie de Galápagos leproso fueron los siguientes:

Para las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 el valor del área bajo la curva o AUC dio un resultado de 0,794, lo cual indica de nuevo un buen valor ya que es mayor de 0,7.

Para obtener un mayor valor de AUC y mayor poder de predicción de la viabilidad de los galápagos en función de las variables bioclimáticas, se procedió a eliminar, de igual manera que en el caso anterior, las posibles variables correlacionadas, obteniendo finalmente Bio2 y Bio9. En este caso AUC=0,782, algo más baja que en el modelo con las cuatro variables, sin embargo, nos quedaríamos con el modelo para las dos variables a pesar de ello, ya que resulta un modelo más sencillo y fácil de interpretar, siendo también válido el modelo para las cuatro variables.

A continuación se muestran las diferencias entre ambos modelos:

- Modelo con las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9:

En el caso del galápagos leproso, la contribución porcentual mayor (Tabla 5) es de la variable Bio8 con un 74,9%. El resto de variables presentan valores mucho menores a esta primera, pero con un valor mínimo de contribución mayor que en el caso de Galápagos europeo, siendo 10,1% para Bio9, 8,2% para Bio6 y 6,7% para Bio2.

Tabla 5. Contribución al modelo de las variables escogidas Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 e importancia de la permutación para la especie *Mauremys leprosa*.

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutacion
bio08	74.9	6.9
bio09	10.1	35.8
bio06	8.2	14.8
bio02	6.7	42.5

Si se observan las primeras figuras de curvas de las variables en interrelación con las demás (Figura 27), se observa de nuevo un ascenso en los valores de presencia a partir de cierto valor, a excepción de la variable Bio8, en cuyo caso presenta un fuerte descenso en el valor 17,89.

En las segundas figuras de curvas para cada variable sin interrelación con las restantes (Figura 28), no se observan descensos demasiado bruscos para ninguna de ellas.

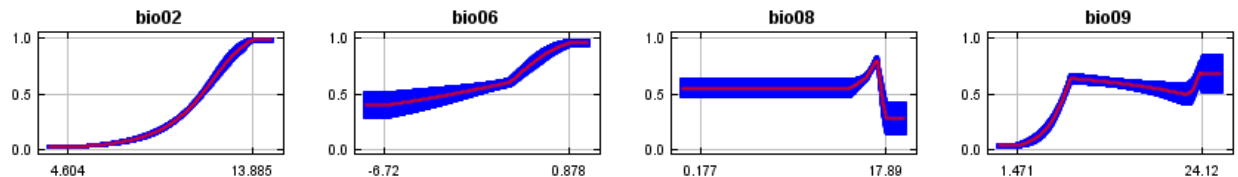


Figura 27. Curvas de respuesta marginal de las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 para *Mauremys leprosa*.

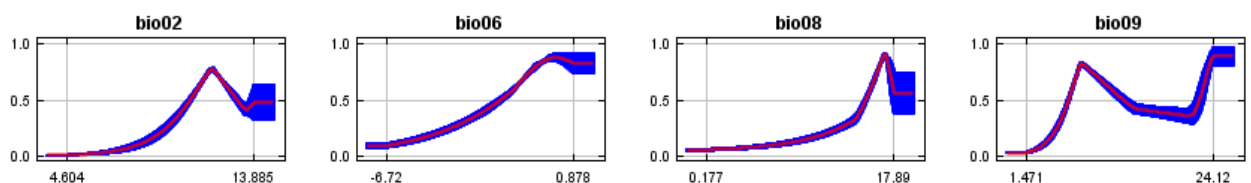


Figura 28. Curvas de respuesta para cada variable correspondiente de las variables Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9 para *Mauremys leprosa*.

En cuanto al test de ganancia de *Jackknife* podemos ver que las dos variables que exceden el valor de la barra roja son, en primer lugar Bio9, seguida de cerca de Bio8 (Figura 29):

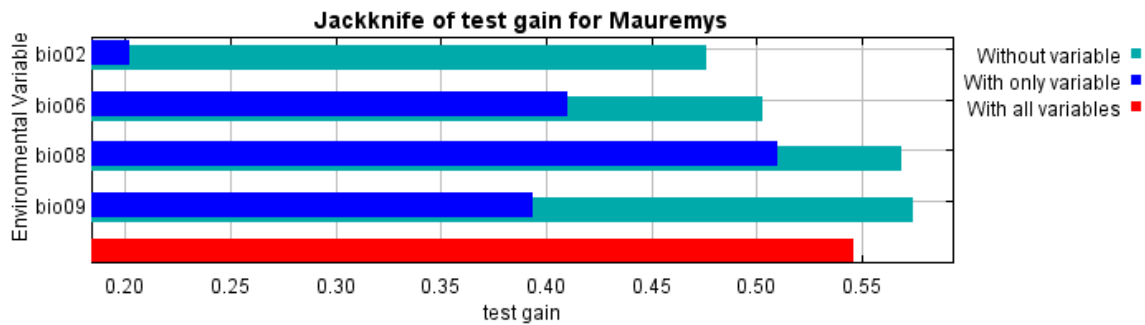


Figura 29. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Mauremys leprosa* con las variables Bio2, Bio6 Bio8 y Bio9.

Procediendo a eliminar Bio9 el modelo quedaría de la siguiente manera (Figura 30):

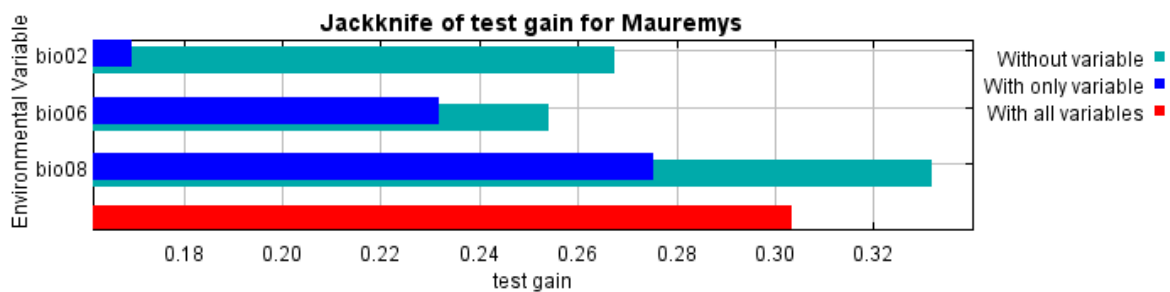


Figura 30. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Mauremys leprosa* con las variables Bio2, Bio6 y Bio8.

Siguiendo la lógica anterior, pasamos a eliminar la variable Bio8, quedando un modelo como el que sigue (Figura 31):

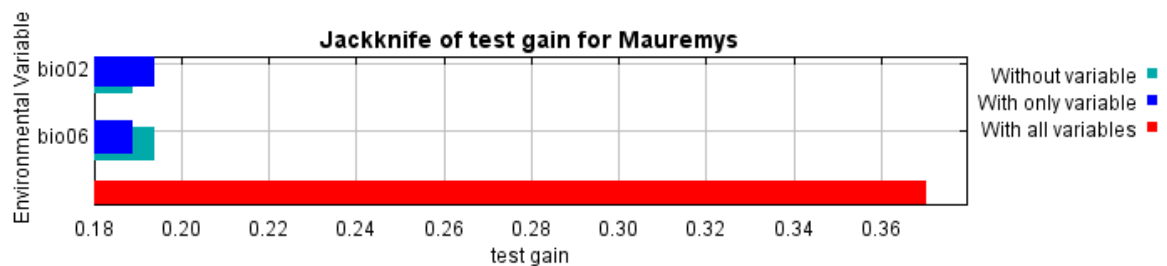


Figura 31. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Mauremys leprosa* con las variables Bio2 y Bio6.

Este modelo resultante no se consideraría válido ya que ambas variables, para los dos casos contemplados de incluirse solamente una de ellas o no incluirse, no contribuyen apenas al valor predictivo del modelo. Por ello, volvemos al modelo con cuatro variables y, en este caso, eliminamos la variable Bio8, quedando el modelo de esta forma (Figura 32):

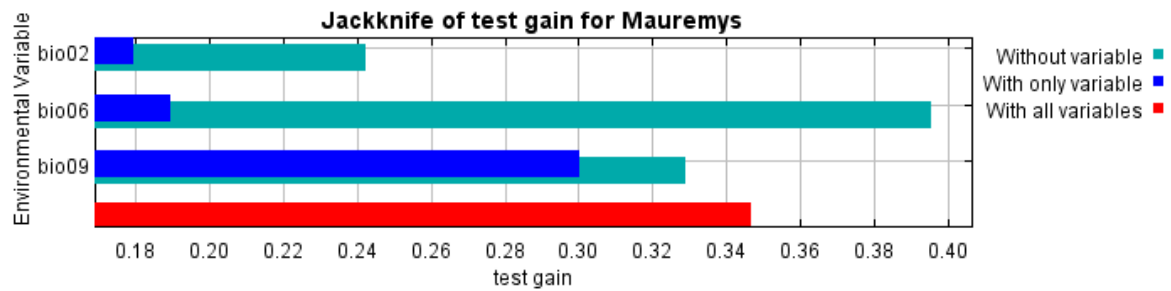


Figura 32. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Mauremys leprosa* con las variables Bio2, Bio6 y Bio9.

Para finalizar, eliminamos la variable Bio6, ya que es la única que sobrepasa el color rojo, obteniendo un modelo con las variables Bio2 y Bio9.

- Modelo con las variables Bio2 y Bio9:

Para este modelo la contribución porcentual de cada variable (Tabla 6) no presenta tanta diferencia con la otra, siendo un 62,6% para Bio9 y un 37,4% para Bio2.

Tabla 6. Contribución al modelo de las variables escogidas Bio2 y Bio9 e importancia de la permutación para la especie *Mauremys leprosa*.

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutacion
bio09	62.6	63.1
bio02	37.4	36.9

Se han obtenido por tanto dos modelos bastante diferentes ya que, en el que incluía las cuatro variables había una de ellas (Bio8) que tenía una contribución porcentual muy por encima de las demás, y, por el contrario, en este modelo con dos variables tenemos uno casi tan bueno como con cuatro a pesar de que el valor de AUC sea algo menor.

Las figuras generadas para las variables interrelacionadas entre sí (Figura 33) presentan, nuevamente, valores límite en los que la probabilidad de presencia de la especie aumenta. Para el caso de las curvas tomando a cada variable por sí sola (Figura 34), vemos también un aumento en la presencia a partir de cierto valor, con descensos poco significativos.

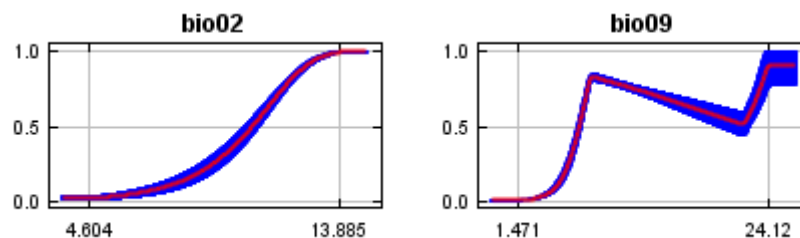


Figura 33. Curvas de respuesta marginal de las variables Bio2 y Bio9 para *Mauremys leprosa*.

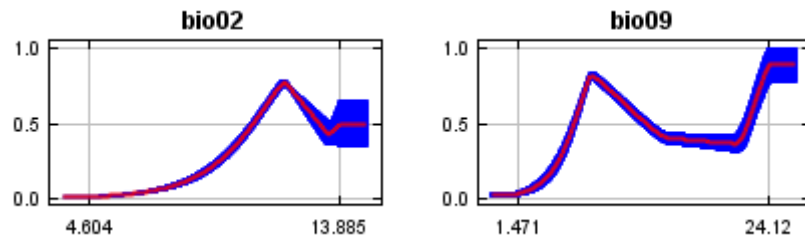


Figura 34. Curvas de respuesta para cada variable correspondiente de las variables Bio2 y Bio9 para *Mauremys leprosa*.

El test de ganancia de *Jackknife* (Figura 35) en este caso nos mostraría que ninguna de las variables se encuentra por encima de la barra roja, por lo que el valor del poder predictivo del modelo es bueno.

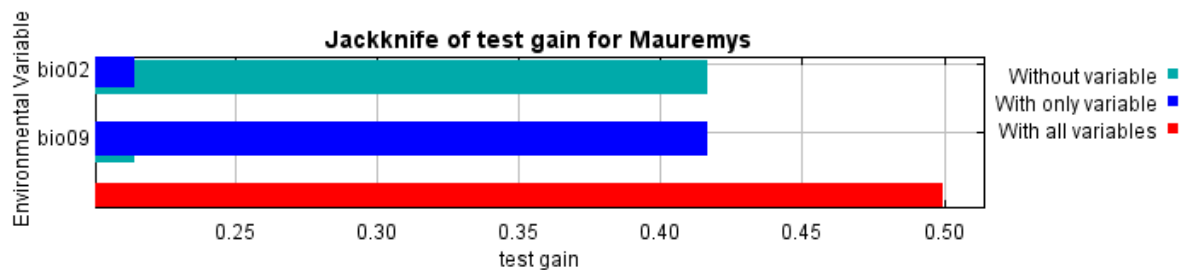


Figura 35. Test de ganancia de *Jackknife* para la especie *Mauremys leprosa* con las variables Bio2 y Bio9.

Como en el caso anterior, el modelo incluye la variable Bio2, que indica el intervalo diurno medio y, a diferencia de éste, la variable Bio9, que nos indica la temperatura media del trimestre más seco, es decir, la estación estival en el caso de Aragón y, por tanto, la más cálida.

La especie *Mauremys leprosa* es más termófila que *Emys orbicularis*, y una mayor temperatura sería un factor favorable para su presencia.

Los mapas de idoneidad elaborados en *ArcMAP* quedaron de esta manera (Figuras 36 y 37):

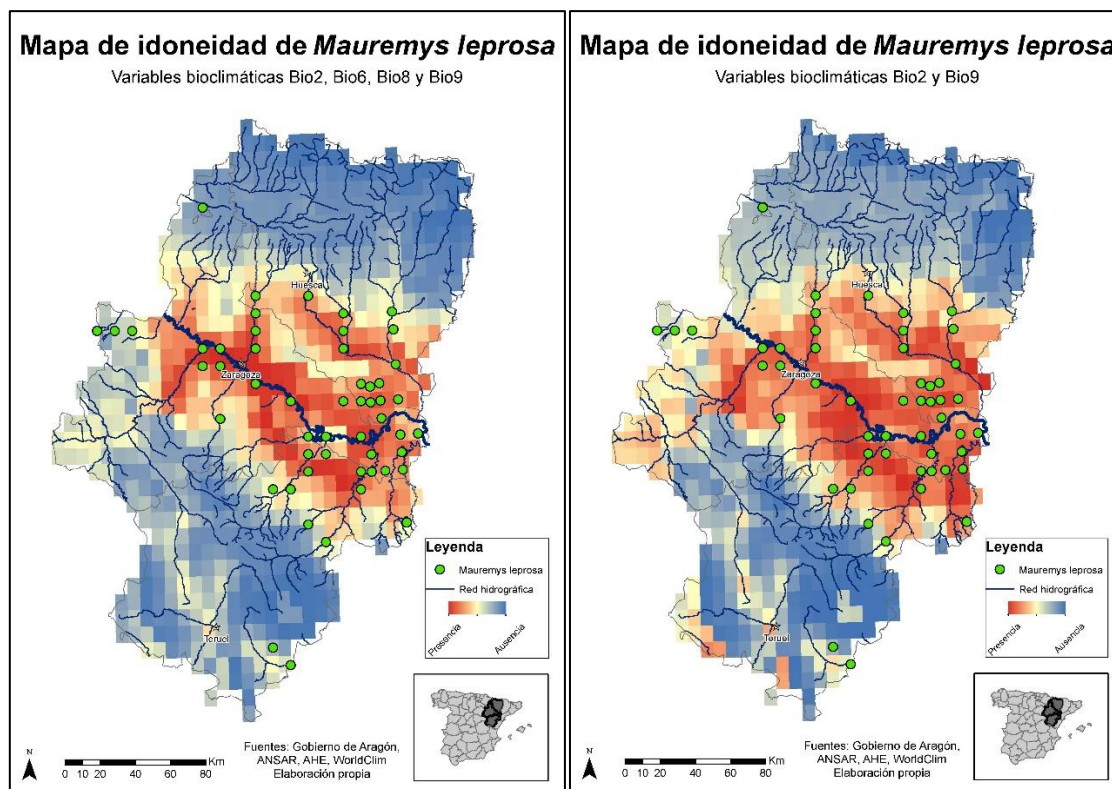


Figura 36 (izquierda). Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis* para el modelo con cuatro variables.

Figura 37 (derecha). Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis* para el modelo con dos variables.

Como en el caso del galápagos europeo, podemos ver dos mapas similares en los que los valores de presencia para el galápagos leproso aumentan en el valle del Ebro, como indican de igual manera los puntos de individuos y poblaciones representados en el mapa, con algunas excepciones. Por el contrario, en zonas montañosas, se da la ausencia de esta especie.

#### 4.3. *Trachemys scripta*

Los siguientes mapas (Figura 38) representan la distribución de *Trachemys scripta* (galápagos de Florida) en Aragón en un intervalo temporal desde el año 1998 hasta el año 2017. Como se puede apreciar, los datos recogidos comienzan en un año muy posterior respecto a los datos de galápagos europeo y galápagos leproso (que empiezan en el año 1971), lo que se debe a que el galápagos de Florida es una especie invasora introducida hace relativamente pocos años y cuyo estudio ha sido más tardío, trayendo como consecuencia un menor número de datos. He de resaltar que los datos representados de galápagos de Florida en medio natural se refieren a individuos que han sido introducidos en este medio natural.

Comenzando en el año 1998 y hasta el año 2000, podemos apreciar en el mapa de distribución la existencia de cuatro citas de galápagos de Florida, tres de ellas encontradas en el medio natural y una correspondiente a un estado de duda en la localidad de Belchite (en los depósitos del parque). Encontramos a su vez dos poblaciones en la naturaleza que se corresponden con el galacho de la Alfranca y el galacho de Juslibol. Hacia el año 2010 se



observan algunas nuevas citas y nuevas poblaciones en La Puebla de Alfindén, en Alhama de Aragón, en el pantano de Mezalocha y en la localidad de Estaña, en las lagunas.

Por último, el aumento tanto del número de citas como del número de poblaciones y ejemplares de estas poblaciones es considerable al llegar al año 2017, como queda representado en el último mapa, la mayor parte de ellas presentes en el medio natural a excepción de tres citas. El número de poblaciones aumenta considerablemente en el área de la ciudad de Zaragoza y se representan tres más de ellas en la zona de Alhama de Aragón y el embalse de la Tranquera, así como en Alcañiz siguiendo al río Guadalope y en el embalse del Arquillo. Para finalizar, queda claramente expuesto que la distribución del galápago de Florida se asocia con ciudades y pueblos de notable tamaño.

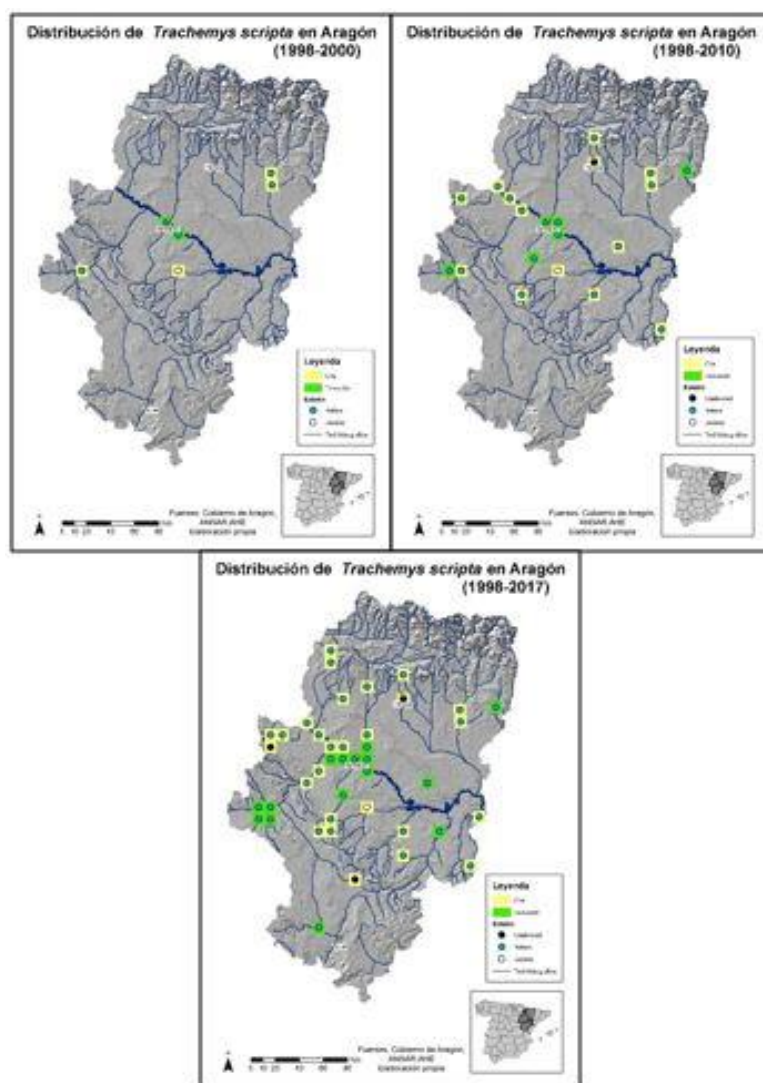


Figura 38. Mapas de distribución de *Trachemys scripta* (citas y poblaciones) a lo largo del tiempo (1998-2017).



Por último, en cuanto a la distribución por tamaño de *Trachemys scripta* (Figura 39), podemos encontrar de nuevo poblaciones con buen número de individuos en los galachos de Juslibol y La Alfranca, además de en Ateca, en Alcañiz y en Estaña. Como se puede apreciar las poblaciones de *Trachemys scripta* son de menor tamaño al ser una especie introducida, estar menos estudiada y encontrarse la mayoría de individuos aislados y en cautividad.

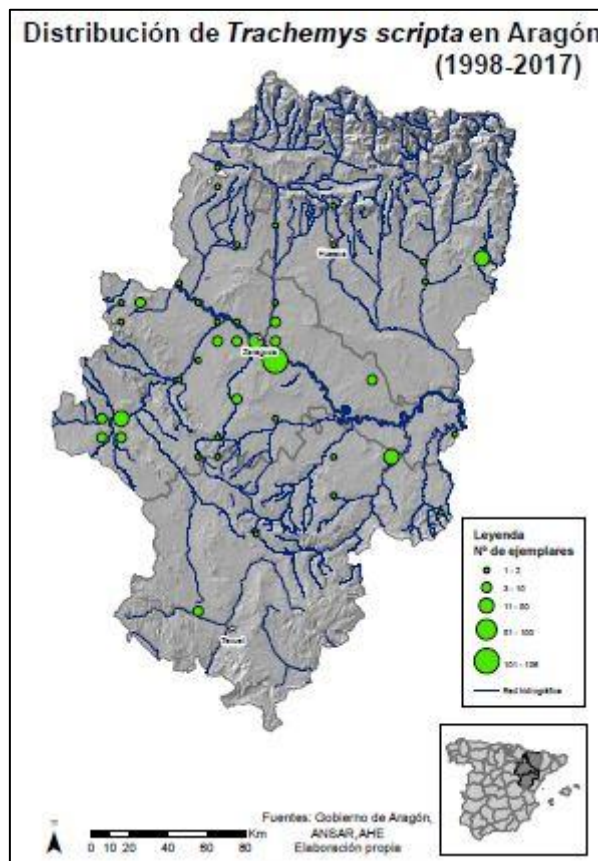
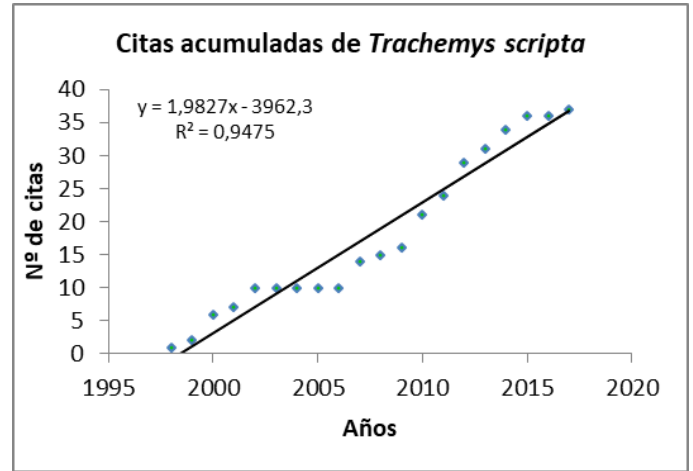
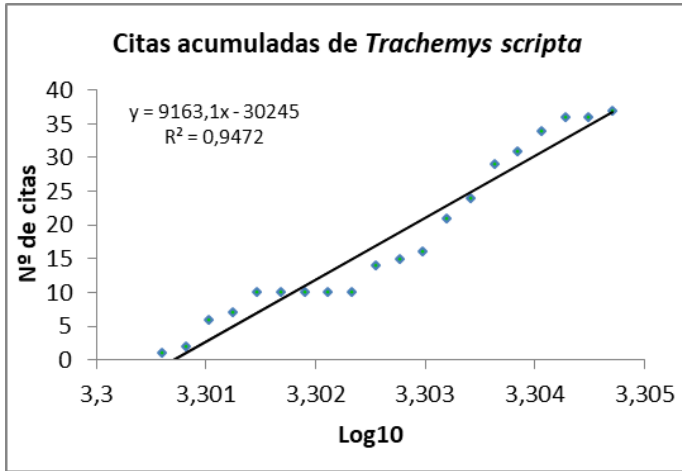
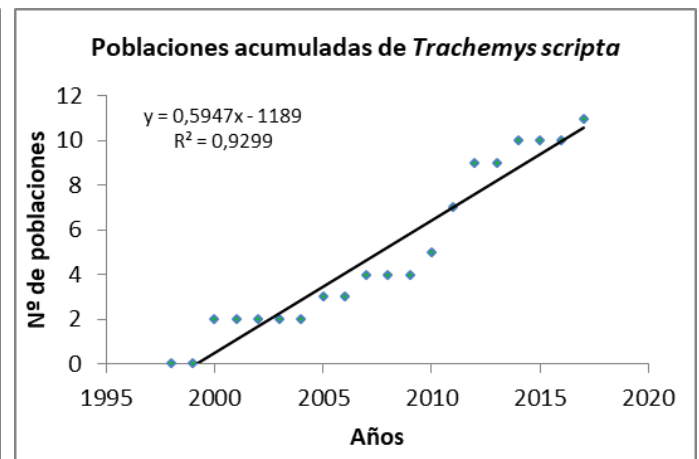
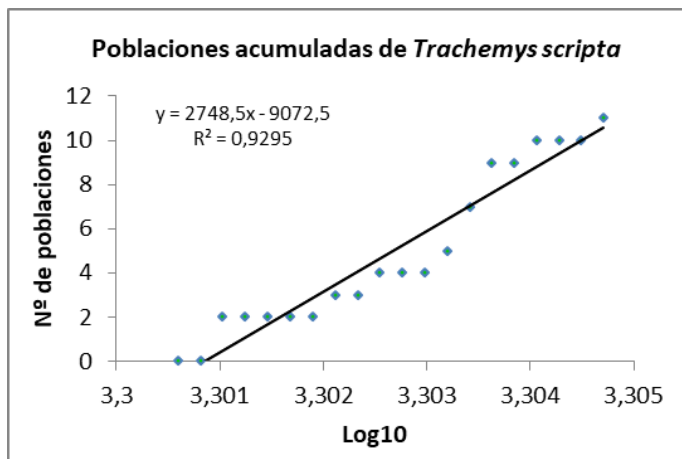


Figura 39. Mapa de distribución de *Trachemys scripta* según el número de ejemplares en el periodo 1998-2017.

Finalizando con el estudio estadístico de los datos de citas (Figuras 40 y 41) y poblaciones (Figuras 42 y 43) acumuladas de *Trachemys scripta* se puede observar un gran cambio en estas últimas con respecto a las especies anteriores, ya que ambos coeficientes de determinación ( $R^2$ ) se hallan en torno al 95% o 93%, respectivamente. Esto se deberá a que el intervalo de tiempo estudiado es menor y comienza en una etapa en la que ya se venían recogiendo numerosos datos, por lo que su progresión ha sido similar. El valor de p en el caso de las citas fue de  $6,10E-13$  y de  $8,24E-12$  para las poblaciones. En cuanto al valor de Durbin-Watson para ambos casos respectivamente fue  $0,362179352$  y  $0,589377446$  volviendo a representar unos datos sesgados pero con valores algo mayores respecto a las dos primeras especies, indicando un menor sesgo.



Figuras 40 y 41. Citas acumuladas de *Trachemys scripta*



Figuras 42 y 43. Poblaciones acumuladas de *Trachemys scripta*.

Como ya se había mencionado anteriormente, el análisis con *MaxEnt* para esta última especie no ha sido realizado por tratarse de una especie exótica invasora.

Dados los resultados obtenidos tanto en la representación de los mapas de distribución como en las figuras del análisis estadístico, podemos constatar que, a raíz de ciertas publicaciones como el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón, el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas y el Catálogo español de especies exóticas invasoras, hay una explosión en dichos años de la información, estudio y registro de estas tres especies de galápagos analizadas en el trabajo.

Estos años se corresponden sobre todo con las décadas de los años 90 y los 2000 hasta la actualidad, a partir de las cuales el creciente interés en estas especies ha generado un mayor estudio de sus poblaciones, obteniendo, de este modo, un mayor número de datos.

El Catálogo de Especies Amenazadas (C.EE.AA.) de Aragón es un registro público de carácter administrativo en el que se incluyen aquellas especies, subespecies o poblaciones de la flora y fauna silvestres que requieran medidas específicas de protección en el ámbito territorial de esta Comunidad Autónoma. Las Comunidades Autónomas, además, constituyen sus catálogos de especies amenazadas de ámbito regional. Dicho Catálogo aragonés se aprobó por el Decreto 49/1995, de 28 de marzo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (BOA Nº 42, de 7 de abril de 1995), que también define la información que debe incluir sobre cada una de ellas, y fue modificado por el Decreto 181/2005, de 6 de septiembre (BOA Nº 114, de 23 de septiembre de 2005). En este Catálogo se encuentra la especie *Emys orbicularis* en la categoría de fauna vulnerable.

En el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE-A-2011-3582), podemos encontrar dentro el listado las especies *Emys orbicularis* y *Mauremys leprosa*, aunque no están comprendidas en el Catálogo.

Por su parte, la especie *Trachemys scripta* está incluida en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras -BOE-A-2013-8565), con un ámbito de aplicación que abarca a todo el país y, en Aragón, se halla en una condición de peligrosidad alta.

## 5. Conclusiones

La conclusión principal de este proyecto es la confirmación de la hipótesis expuesta en el inicio de éste, es decir, se confirma la aparición progresiva de citas y poblaciones de galápagos de las tres especies estudiadas durante el intervalo de tiempo tratado. De este modo podemos afirmar que durante los últimos 40 años en Aragón el estudio de las especies de galápagos ha venido incrementándose de manera progresiva, quedando patentes numerosos saltos en periodos de tiempo como son los años 1990-2010, coincidiendo con la publicación de los Catálogos españoles de especies amenazadas e invasoras, respectivamente, y con la elaboración de las encuestas a los APN's antes citadas y de un mayor trabajo por parte de éstos. Tanto es así, que todos los mapas de distribución expuestos muestran un crecimiento del número de ejemplares de las especies tanto en el caso de citas aisladas como en el caso de poblaciones y de los individuos correspondientes a éstas. De igual manera, quedan cumplidos también los objetivos de análisis del estudio de galápagos mediante la elaboración de mapas de distribución y figuras en los que se muestra cómo la cantidad de datos recogidos ha ido aumentando en relación a un mayor interés por la naturaleza y la biodiversidad, por las especies amenazadas y protegidas, así como por las especies invasoras (el caso del galápagos de Florida) y el intento de llevar a cabo su erradicación por su peligrosidad para el medioambiente en Aragón y para las especies de galápagos autóctonas de la Comunidad Autónoma.

Sin embargo, los datos aportados en la elaboración de estos mapas de distribución no se corresponden con una distribución real, ya que en los últimos 40 años el número de galápagos no ha ido variando de manera significativa y, en todo caso, ha ido disminuyendo en Aragón debido a amenazas para los individuos y para su hábitat como se ha indicado anteriormente. Sin embargo, en todos los mapas y figuras expuestos tiende a haber un aumento del número de ejemplares, lo que es debido a que en los últimos años el interés por el estudio y el conocimiento de la naturaleza y de las especies de flora y fauna tanto en Aragón como en España sí que ha crecido en gran magnitud respecto a 40 años atrás, tanto por la comunidad científica como por la población del país, existiendo actualmente un gran número de movimientos ecologistas en pro de la protección de especies y del medioambiente. He de recalcar que los primeros mapas expuestos en los que quedan representados unos escasos datos, no implican que no hubiera mayor número de ejemplares y/o poblaciones de galápagos, sino que no se conocía su existencia.

Por todo ello, la labor realizada en Aragón en lo referente al estudio de galápagos ha sido significativa en especial desde los años 1990 y 2000, incrementándose de gran manera los datos aportados y pudiendo ser utilizados para realizar un mejor seguimiento de las dos especies protegidas (europeo y leproso) y de la especie invasora (Florida) y poder llevar a cabo una buena gestión de su conservación o erradicación, según el caso.

## 6. Salida de campo

El día 1 de junio de 2018 realicé un trabajo de campo de trampeo de galápagos en los galachos de la Alfranca y de la Cartuja con los Agentes para la Protección de la Naturaleza (APN's) Luis Ignacio Marín y Francisco Javier Sebastián Nogueras. Durante este día realizamos un seguimiento de galápagos basado en la utilización de métodos de trampeo con nasas de varios tamaños (Imagen 5) y trampas soleadero (Imagen 6) situados tanto en la orilla de los galachos como en mitad de la masa de agua (para lo cual se accedió a ellas en una barca de remos), atrayendo a los citados reptiles mediante la colocación de alimento en dichas trampas. Los ejemplares y datos que recogimos se muestran a continuación (Tabla 7):

Tabla 7. Extracto de la tabla de datos recogidos en la salida de campo.

Ubicación	Marca	Especie	Método	Sexo	Fecha	CL	CB	PL	Peso	Observaciones
Ca2	4827	Lepr.	Holland	M	1/06/18	Rec	apt	ura	258	4 pez gato, 2 pez sol, 6 cangrejos
Ca2	4017	Lepr.	Doñana	H	1/06/18	212	150	192	1270	8 pez gato, 2 pez sol, 4 cangrejos
Ca3	108	Lepr.	Doñana	H	1/06/18	221	163	203	1492	
Ca3	4015	Lepr.	Doñana	M	1/06/18	Rec	apt	ura	872	
Ca3	838	Eur.	Doñana	M	1/06/18	135	107	118	354	
C3	4897	Lepr.	Holland	J	1/06/18	61	50	54	35	
C3	4840	Lepr.	Holland	H	1/06/18	161	124	156	590	
<b>A3</b>	<b>4907</b>	<b>Lepr.</b>	<b>Holland</b>	<b>H</b>	<b>1/06/18</b>	<b>172</b>	<b>133</b>	<b>163</b>	<b>698</b>	<b>10 pez sol, 8 cangrejos</b>

A continuación se describen los parámetros utilizados en la tabla que rellenamos:

- Ubicación: lugar exacto de los galacho en que se situó la trampa.
- Marca: número de la marca. La marca 4907, destacada en negrita, fue un nuevo marcaje que pudimos realizar (mediante el código de Holland (1991)), es decir, un ejemplar que nunca antes había sido capturado. Resalta la marca número 108 que puede dar lugar a equívocos a pesar de ser correcta la captura ya que, seguramente, fue marcada hace muchos años.
- Especie: se capturaron siete galápagos leprosos y un galápago europeo.
- Código: Holland (1991) y Pérez (1978), en este caso denominado Doñana.
- Sexo: se capturaron tres machos, cuatro hembras y un juvenil.
- Fecha: 1 de junio del año 2018.
- CL: longitud recta del espaldar en milímetros.
- CB: anchura máxima del espaldar en milímetros.
- PL: longitud máxima del plastrón en milímetros.
- Peso: en gramos.
- Observaciones: otras especies capturadas que debieron ser eliminadas (peces gato, peces sol y cangrejos). En el caso de haber capturado algún galápago de florida también debería haber sido eliminado



Cabe destacar la dificultad de llevar a cabo un buen seguimiento, observación y captura de galápagos debido a que se trata de especies de animales esquivas y que gran parte del tiempo se encuentran en masas de agua a las que es difícil acceder, por lo que se debe realizar un trampeo sistemático y costoso. Tanto es así que durante las seis horas de la mañana en las que estuvimos trabajando tan solo se capturaron ocho ejemplares, entre los cuales un único ejemplar de galápago europeo y únicamente un ejemplar de nuevo marcaje ya que, lamentablemente, varias de las trampas que se habían colocado se encontraban vacías.

Considero esta experiencia algo muy positivo a la hora de haber podido conocer en primera persona los métodos de trampeo de galápagos así como su identificación, marcaje y los procesos a seguir en su captura, liberación y en cuanto a la eliminación de especies invasoras.

Algunas fotografías tomadas de galápagos, nasas y soleaderos fueron las siguientes:



Imagen 5 (arriba izquierda). Nasa de gran tamaño.

Imagen 6 (derecha). Trampa soleadero.

Imagen 7 (abajo izquierda). Ejemplar capturado de galápago leproso.

## 7. Bibliografía

- Allouche, O., Tsoar, A., Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic. *Journal of applied ecology*, 43(6), 1223-1232.
- Asso y del Río, I.J.C. (1784). *Introductio in oryctographiam, et zoologiam Aragoniae. Accedit Enumeratio flirpium in eadem Regione noviter detectarum*. Madrid: Biblioteca Nacional de España.
- Ayres, C. (2015). Galápagos europeo – *Emys orbicularis*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Extraído de <http://www.vertebradosibericos.org/>.
- Boscá, E. (1877). Catálogo de los reptiles y anfibios observados en España, Portugal e Islas Baleares. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 6, 39-68.
- Cagle, F.R. (1939): A system of marking turtles for future identification. *Copeia*, 1939(3), 170-173.
- Decreto 49/1995, de 28 de marzo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (BOA Nº 42, de 7 de abril de 1995).
- Decreto 181/2005, de 6 de septiembre (BOA Nº 114, de 23 de septiembre de 2005).
- Decreto-Legislativo 2/2013, de 3 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de creación del Consejo de Protección de la Naturaleza (BOA Nº 244, de 13 de diciembre de 2013).
- Díaz-Paniagua, C., Andreu, A. C., Keller, C. (2015). Galápagos leproso – *Mauremys leprosa*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Extraído de <http://www.vertebradosibericos.org/>.
- Duan, R-Y., Kong, X-Q., Huang, M-Y., Fan, W-Y., Wang, Z-G. (2014). The Predictive Performance and Stability of Six Species Distribution Models. *PLOS ONE*, 9 (11), e112764.
- Falcón, J.M. (1982). *Los anfibios y reptiles de Aragón*. Zaragoza: Librería General.
- Holland, D. C. (1991). A synopsis of the ecology and current status of the western pond turtle (*Clemmys marmorata*) in 1991. *Report to United States Fish and Wildlife Service, National Ecology Research Center*, San Simeon, California.
- Keller, C. (1997). *Ecología de poblaciones de Mauremys leprosa y Emys orbicularis en el Parque Nacional de Doñana*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, 197 pp. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/73432>.
- Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre (BOE-A-1989-6881).
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE-A-2007-21490).

- Martínez-Silvestre, A., Hidalgo-Vila, J., Pérez-Santigosa, N., Díaz-Paniagua, C. (2015). Galápago de Florida – *Trachemys scripta*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Phillips, S. (2009). A Brief Tutorial on Maxent. *Lessons in Conservation*, 3, 108-135.
- Pleguezuelos, J. M. (1997). *Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles en España y Portugal*. Universidad de Granada, 542 pp. Disponible en [https://www.lacerta.de/AS/Bibliografie/BIB\\_2889.pdf](https://www.lacerta.de/AS/Bibliografie/BIB_2889.pdf).
- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R. y Lizana, M., (Eds.) (2002). *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España* (2ª impresión). Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Asociación Herpetológica Española.
- Real decreto de 16 de agosto de 1918 creando el Parque Nacional del Valle de Ordesa o del río Ava, en el Pirineo del Alto Aragón, fijando sus límites y extensión y los del Parque Nacional de Covadonga (BOE-A-1918-4414).
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE-A-2011-3582).
- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras (BOE-A-2013-8565).
- Reglamento (CE) N° 338/97 del consejo de 9 de diciembre de 1996 relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio. (Diario Oficial N° L 061 de 03 marzo de 1997, 1997R0338-ES-20.12.2014-018.001-1).
- Serrano, F.J., Torrijo, A., Cano, J.L., Lagares, J.L., Liberos, C., Martín, M.A., Pueyo, J.M., Rosado, F., Ruiz, J. y Sánchez, J.A. (2001). Atlas provisional de anfibios y reptiles de la provincia de Teruel. *Boletín Asociación Herpetológica Española*, 12(2), 62-70.
- Sierra, A., Pérez, F., Picazo, J.V., Peña, J.L., Sampietro, M.M. (2016). Estudio de los restos faunísticos de los silos altomedievales de los Pedregales (Lupiñén-Ortilla, Huesca). En Lorenzo, J.I., y Rodanés, J.M. (Eds), *Actas del I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*. (pp. 487-496). Zaragoza: Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón.
- Swets, J.A. (1988) Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. *Science*, 240, 1285-1293.
- 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, 251 pp.

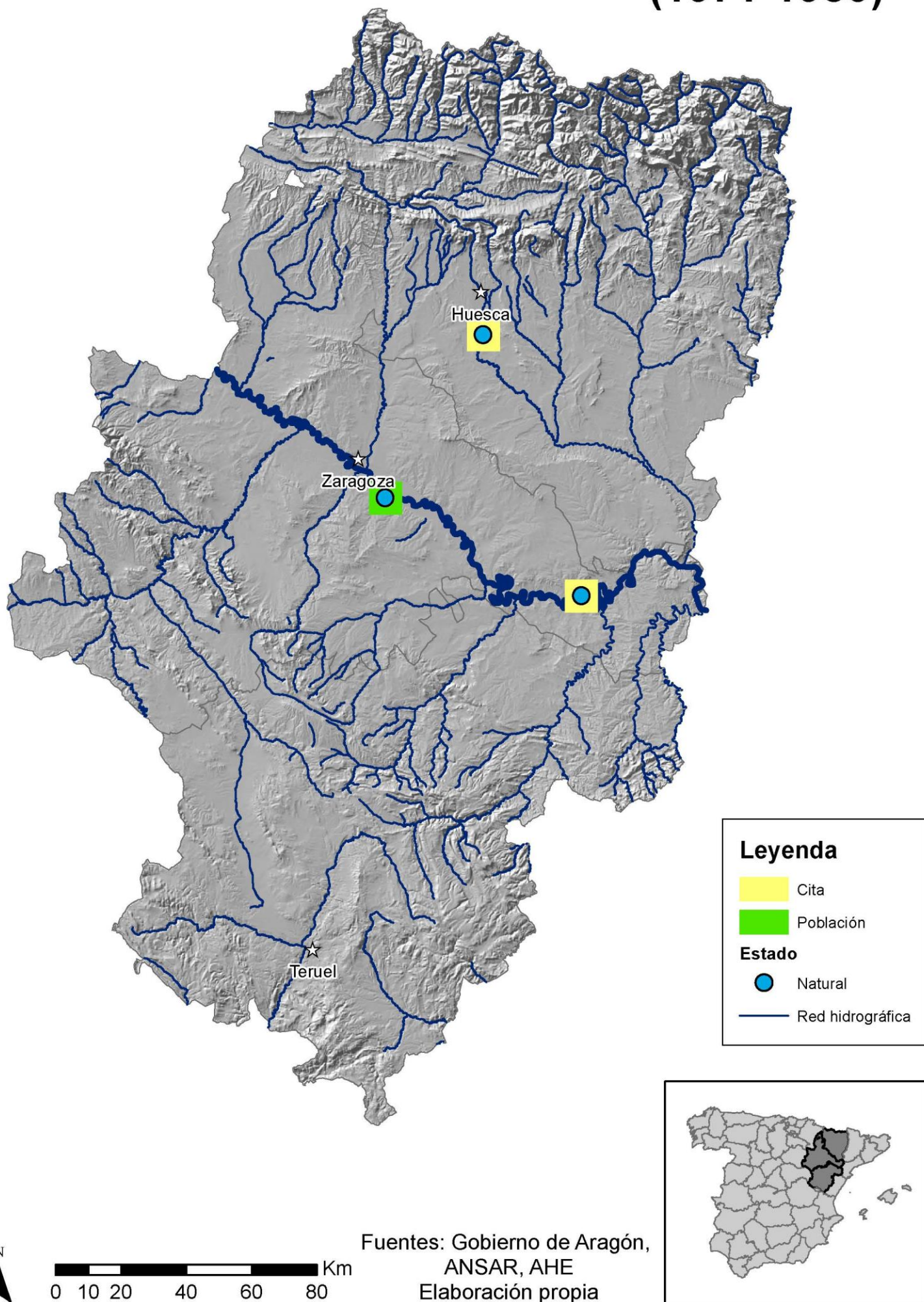


Enlaces web:

- Acceso al derecho de la Unión Europea (<https://eur-lex.europa.eu>).
- Boletín Oficial de Aragón (<http://www.boa.aragon.es/#/>).
- Boletín Oficial del Estado (<https://www.boe.es>).
- Confederación Hidrográfica del Ebro (<http://www.chebro.es>).
- Confederación Hidrográfica del Júcar  
(<https://www.chj.es/es-es/Organismo/Paginas/Organismo.aspx>).
- Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles (<http://www.vertebradosibericos.org/>).
- Gobierno de Aragón (<https://www.aragon.es>).
- Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (<https://idearagon.aragon.es/portal/>).
- *WorldClim* (<https://www.worldclim.org>).

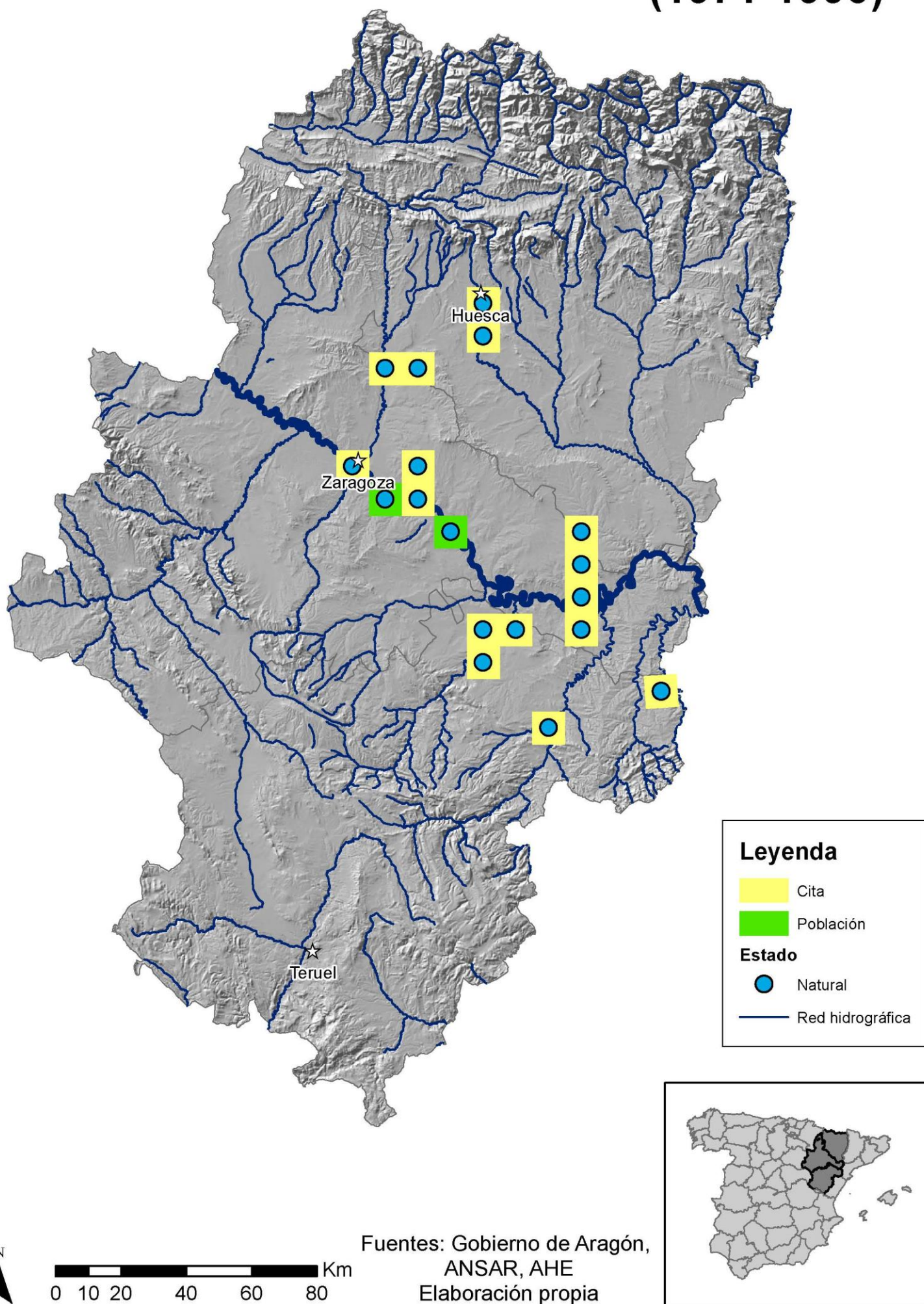
## 8. Anexos

# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-1980)



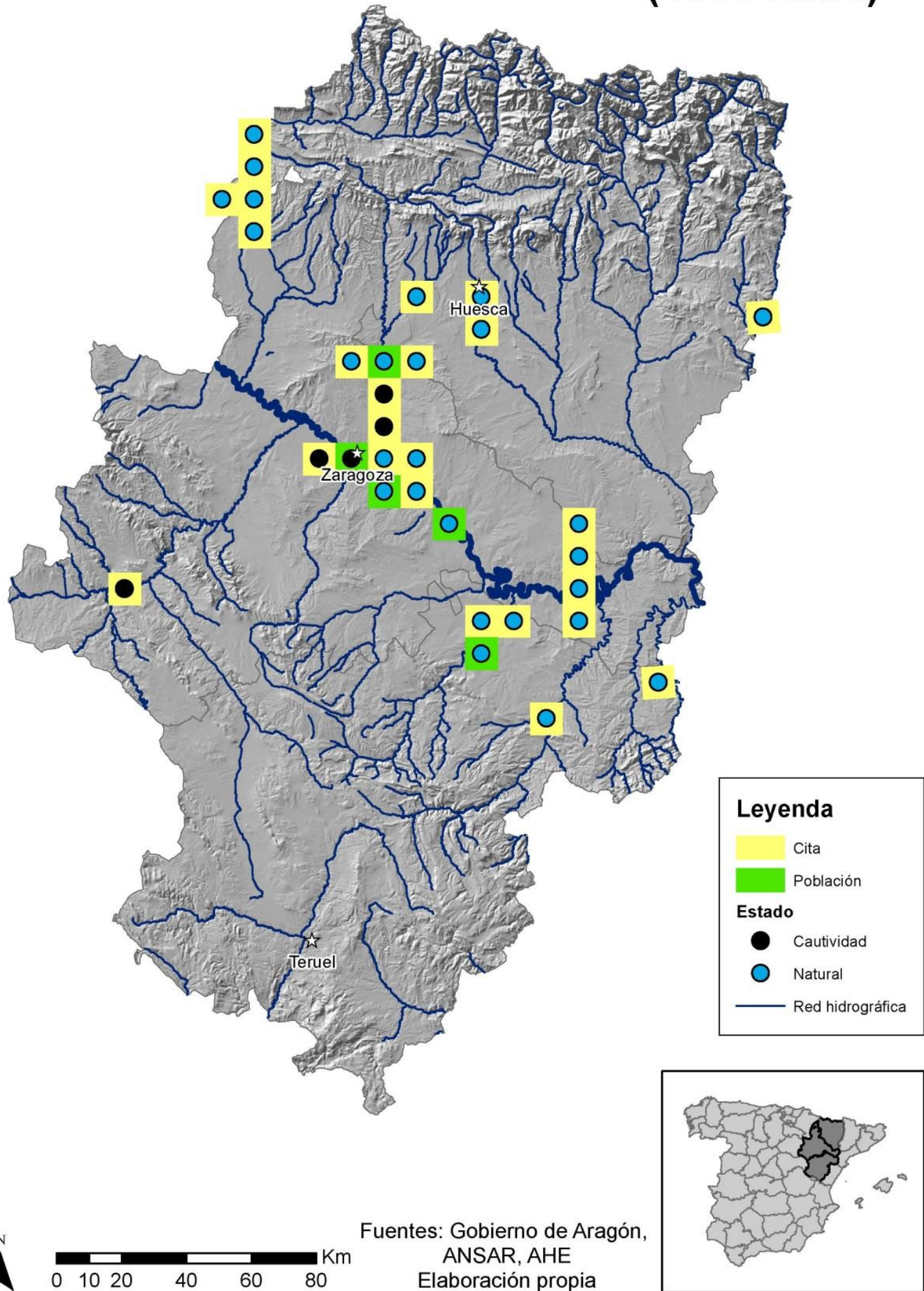


# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-1990)



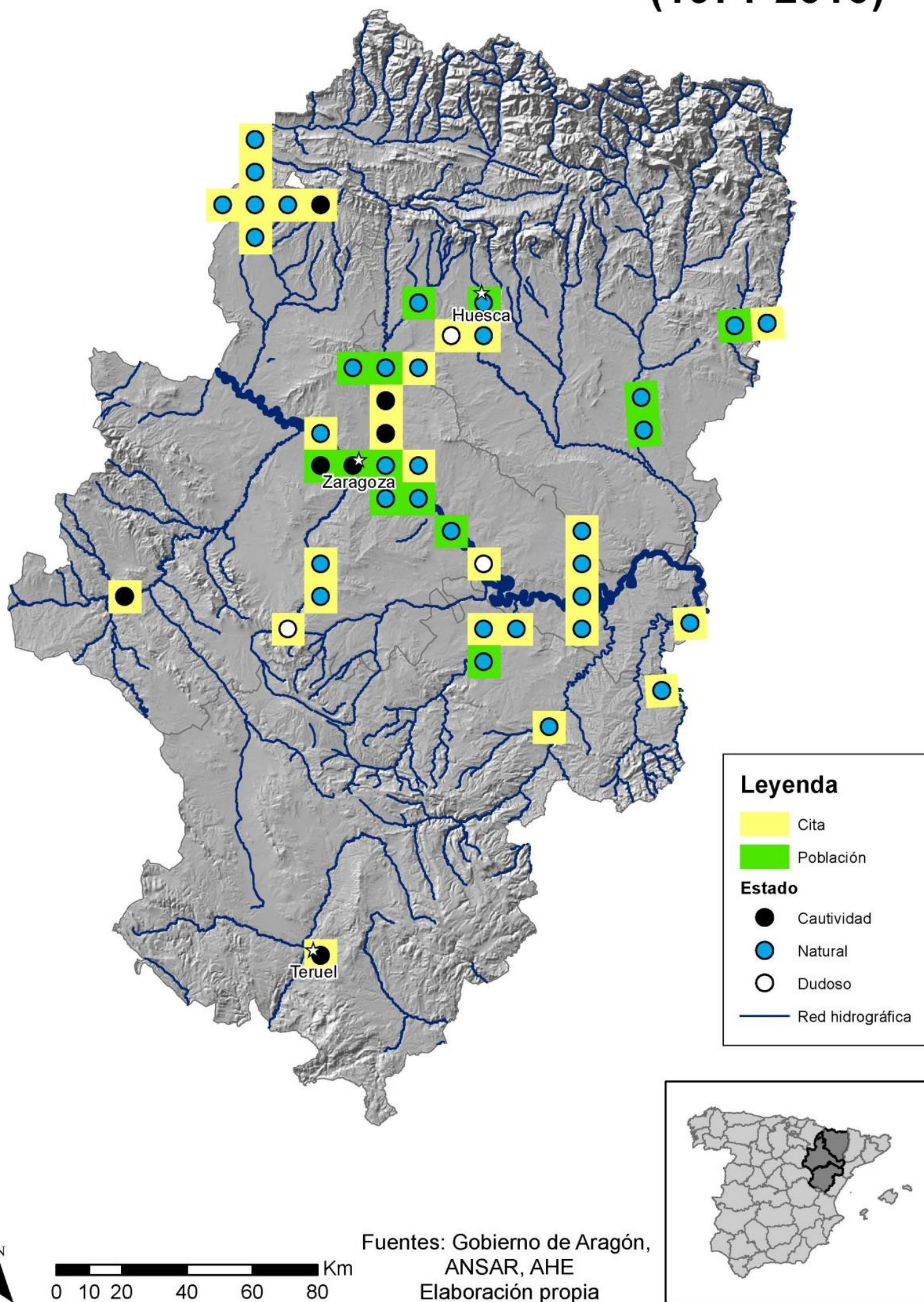


# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-2000)



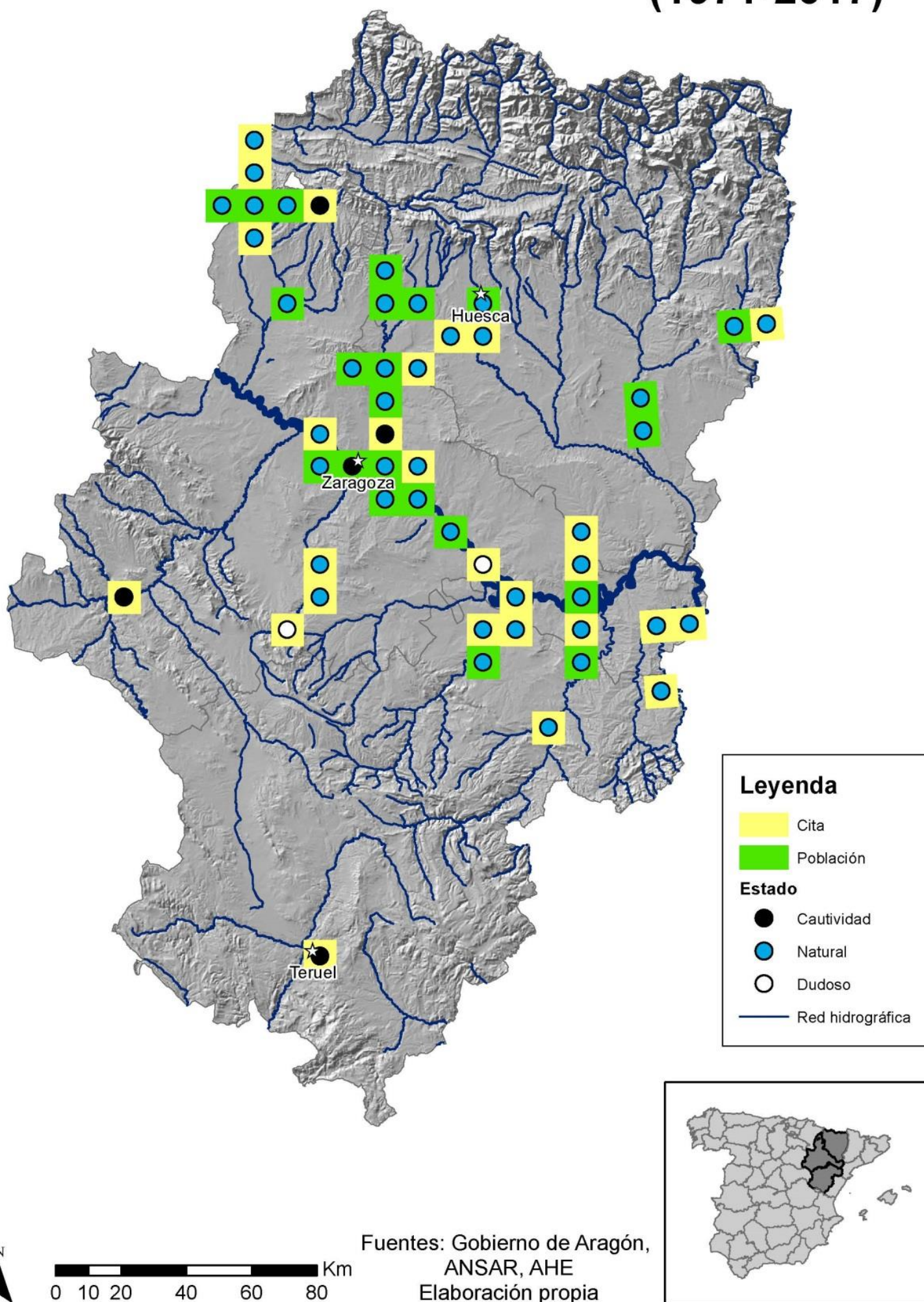


# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-2010)



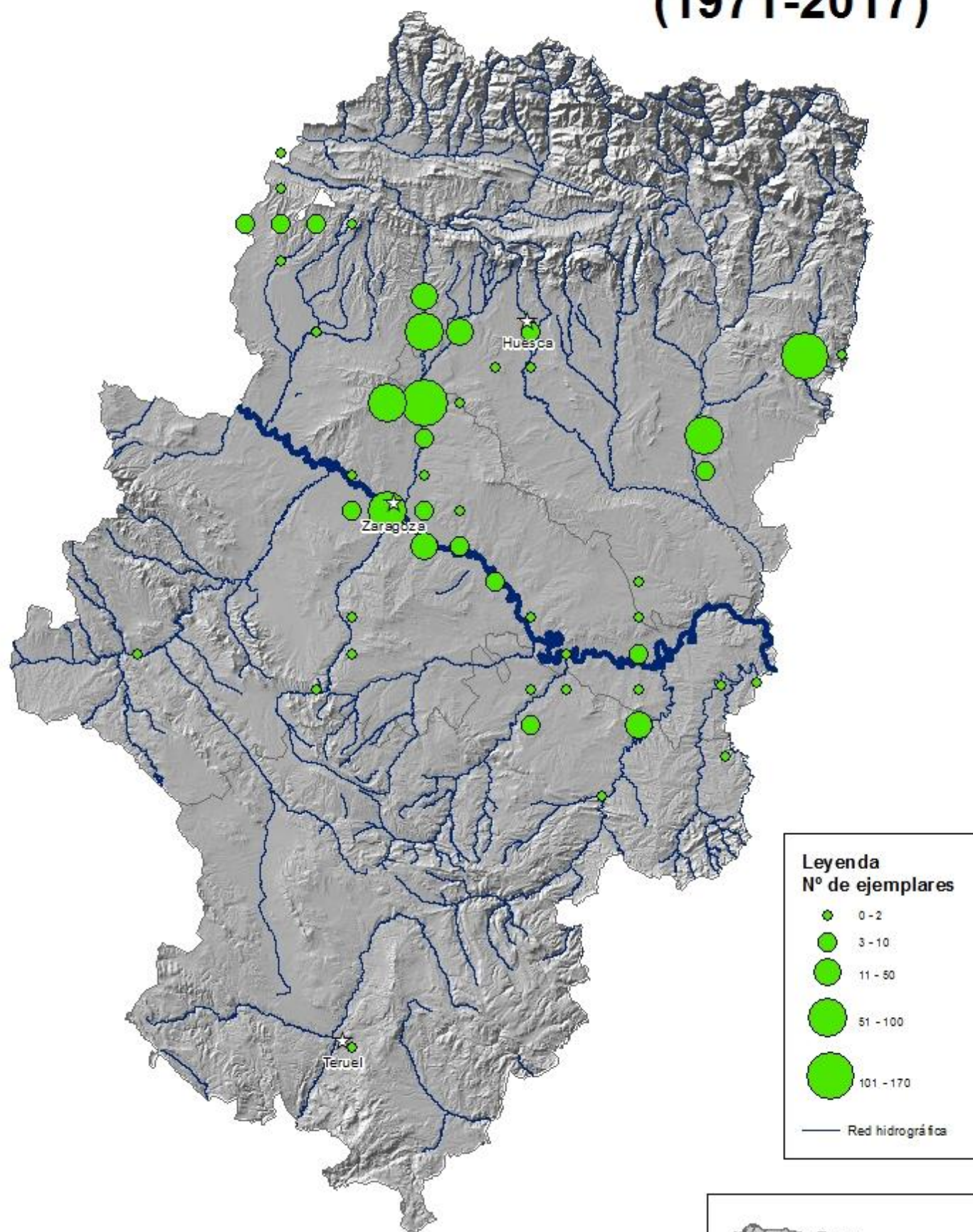


# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-2017)



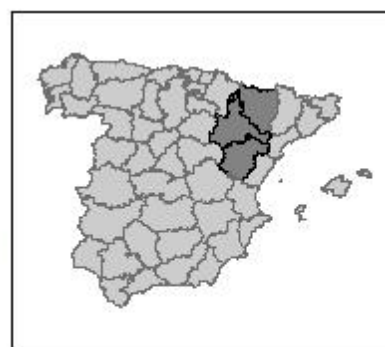


# Distribución de *Emys orbicularis* en Aragón (1971-2017)



0 10 20 40 60 80 Km

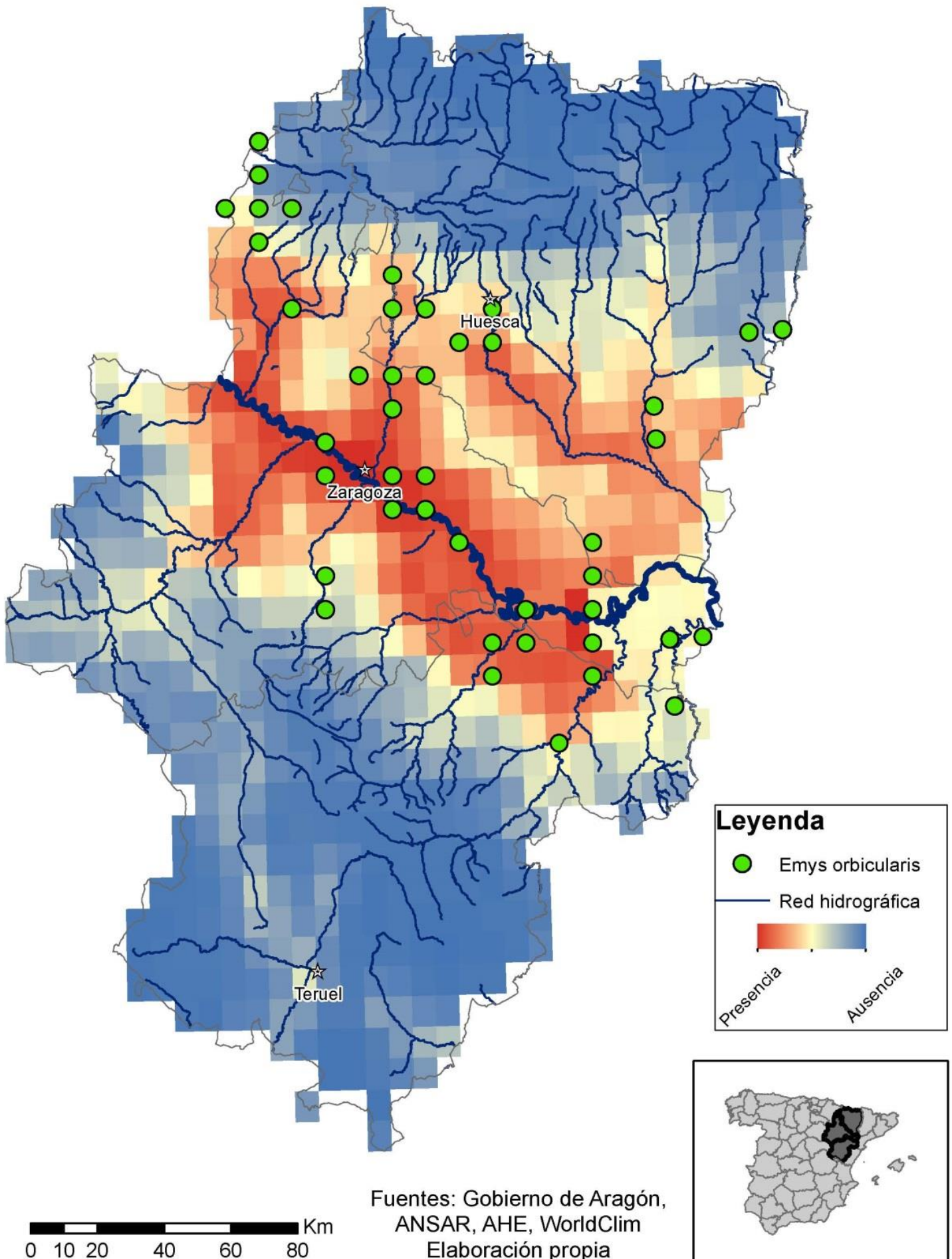
Fuentes: Gobierno de Aragón,  
ANSAR, AHE  
Elaboración propia





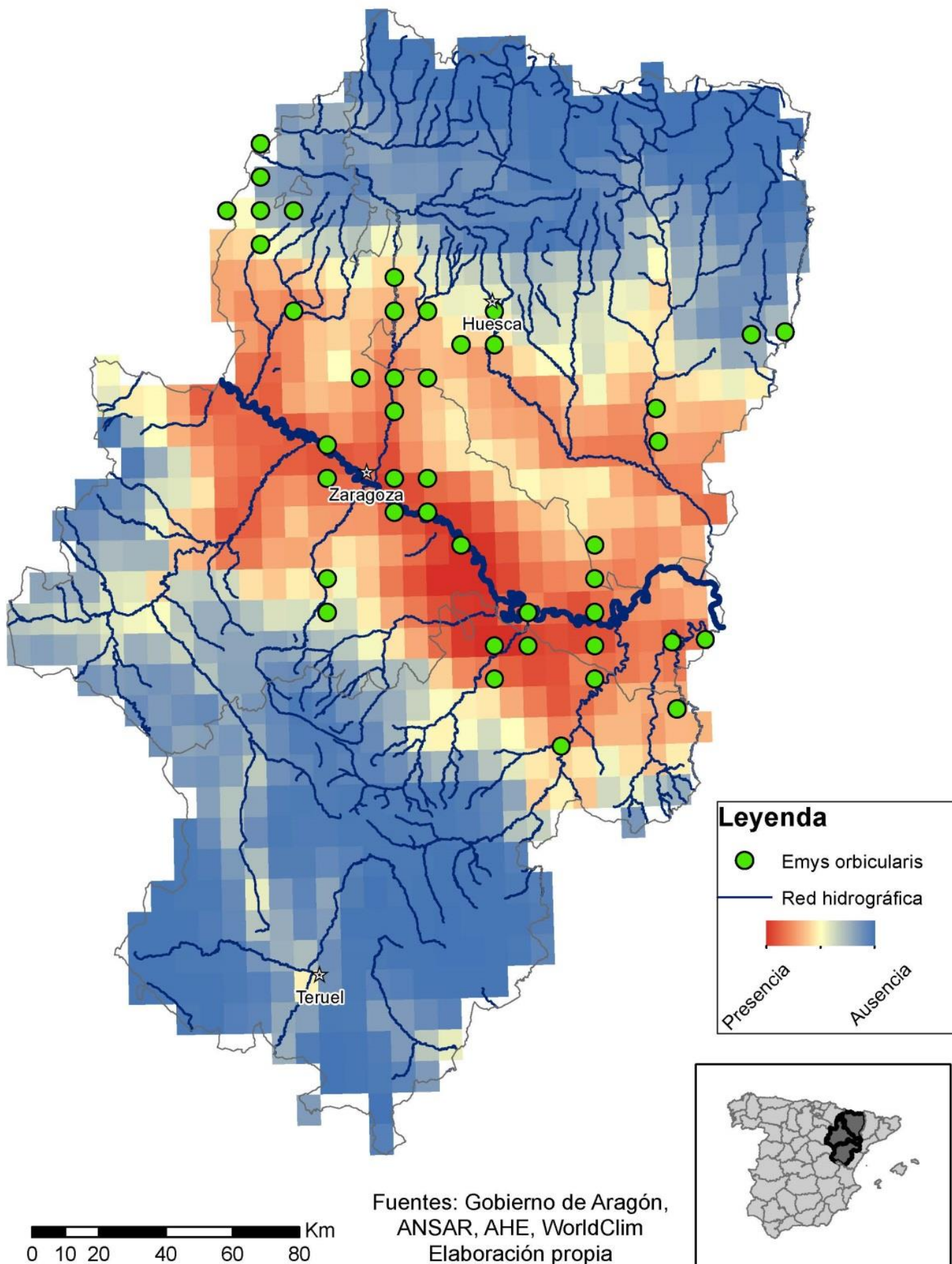
# Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis*

Variables bioclimáticas Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9



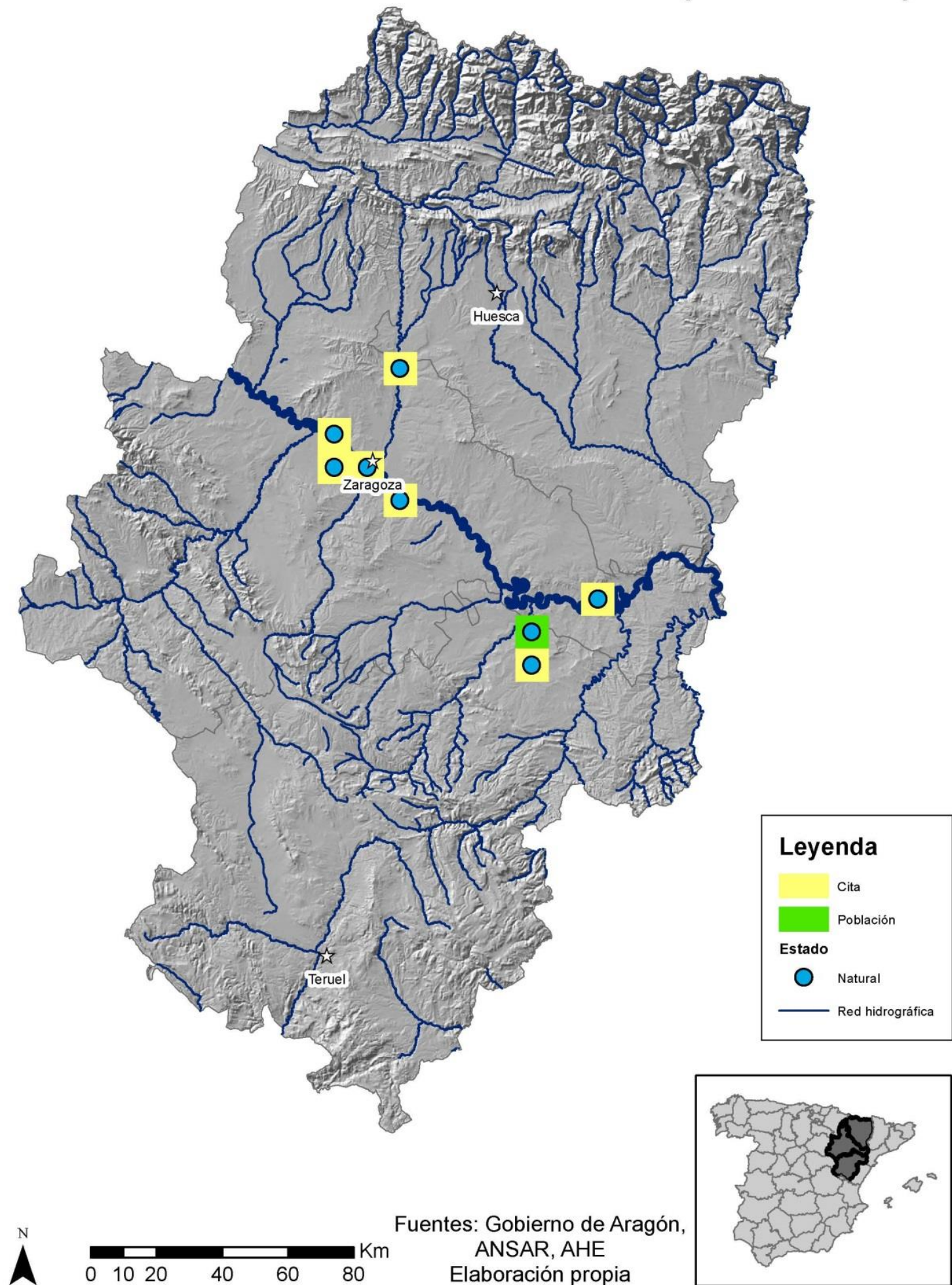
# Mapa de idoneidad de *Emys orbicularis*

Variables bioclimáticas Bio2 y Bio6



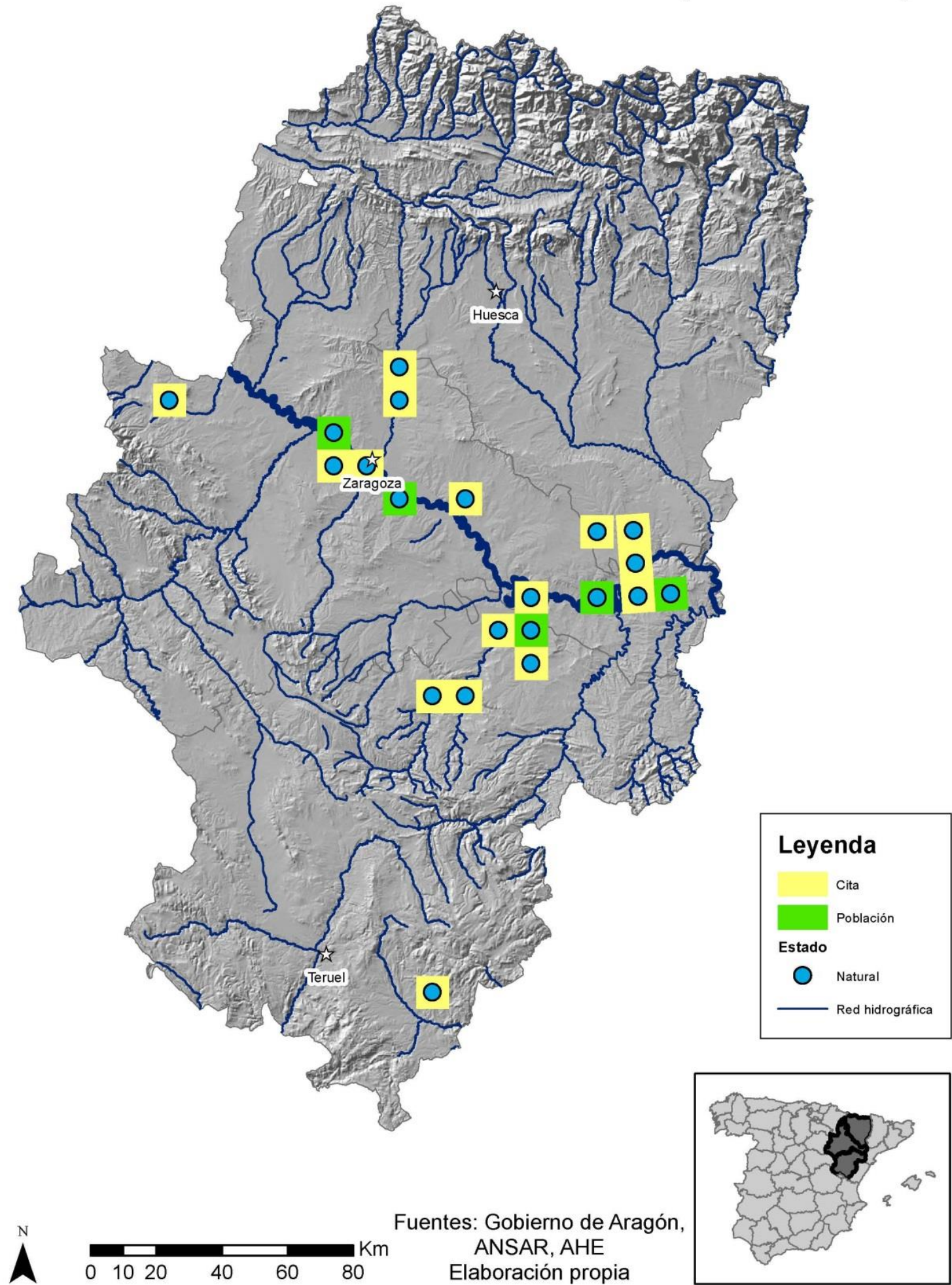


# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-1980)



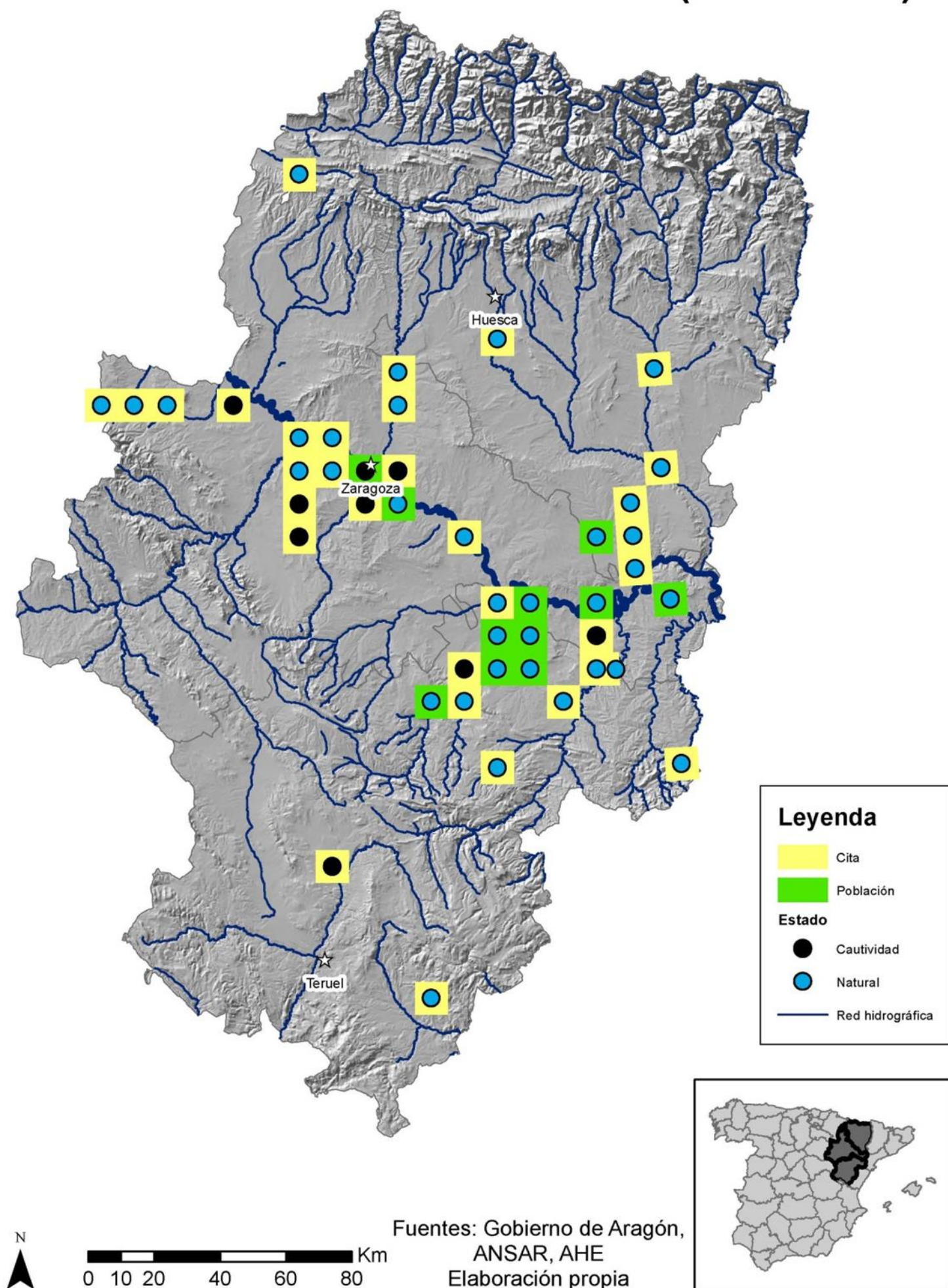


# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-1990)



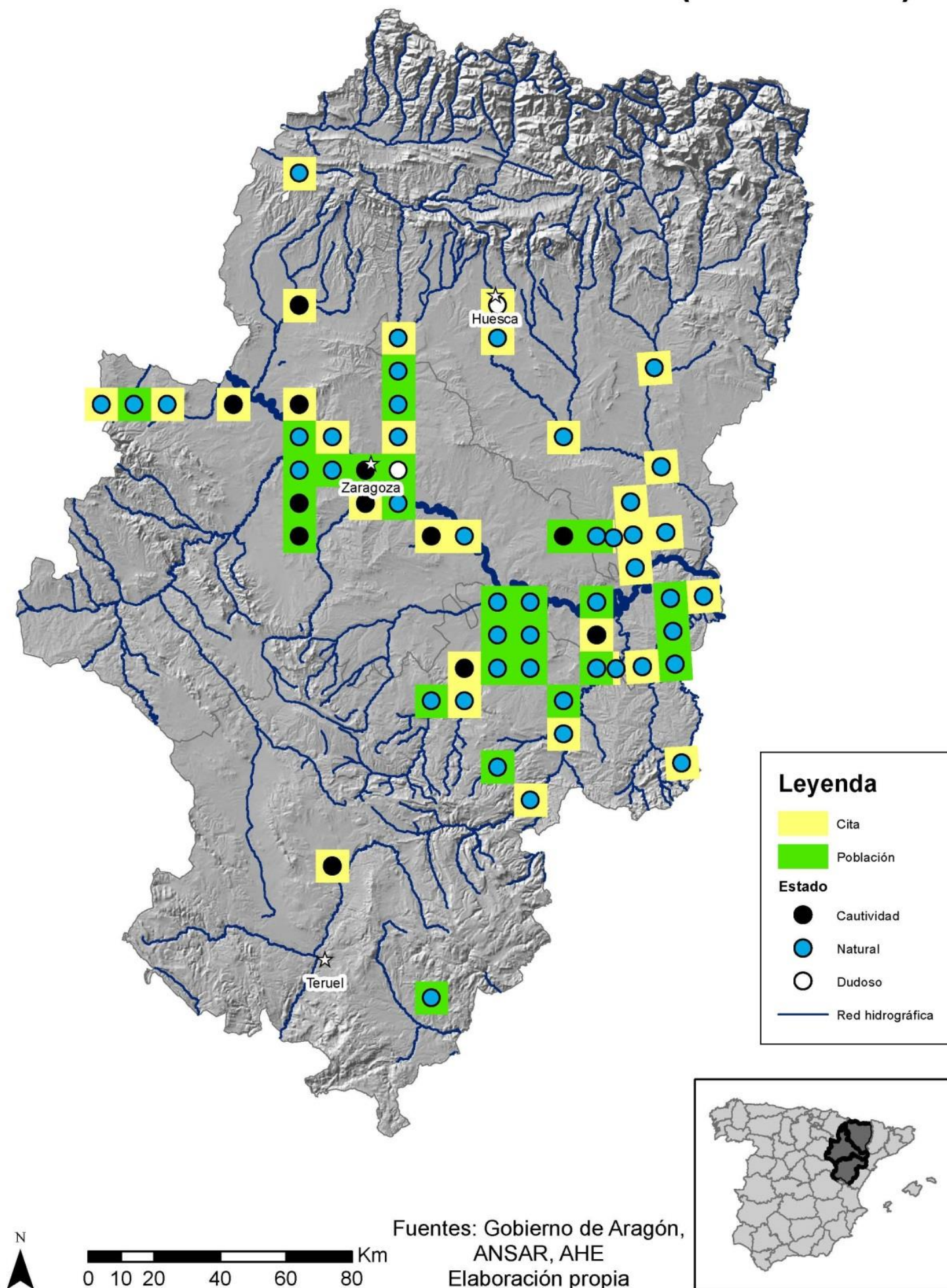


# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-2000)



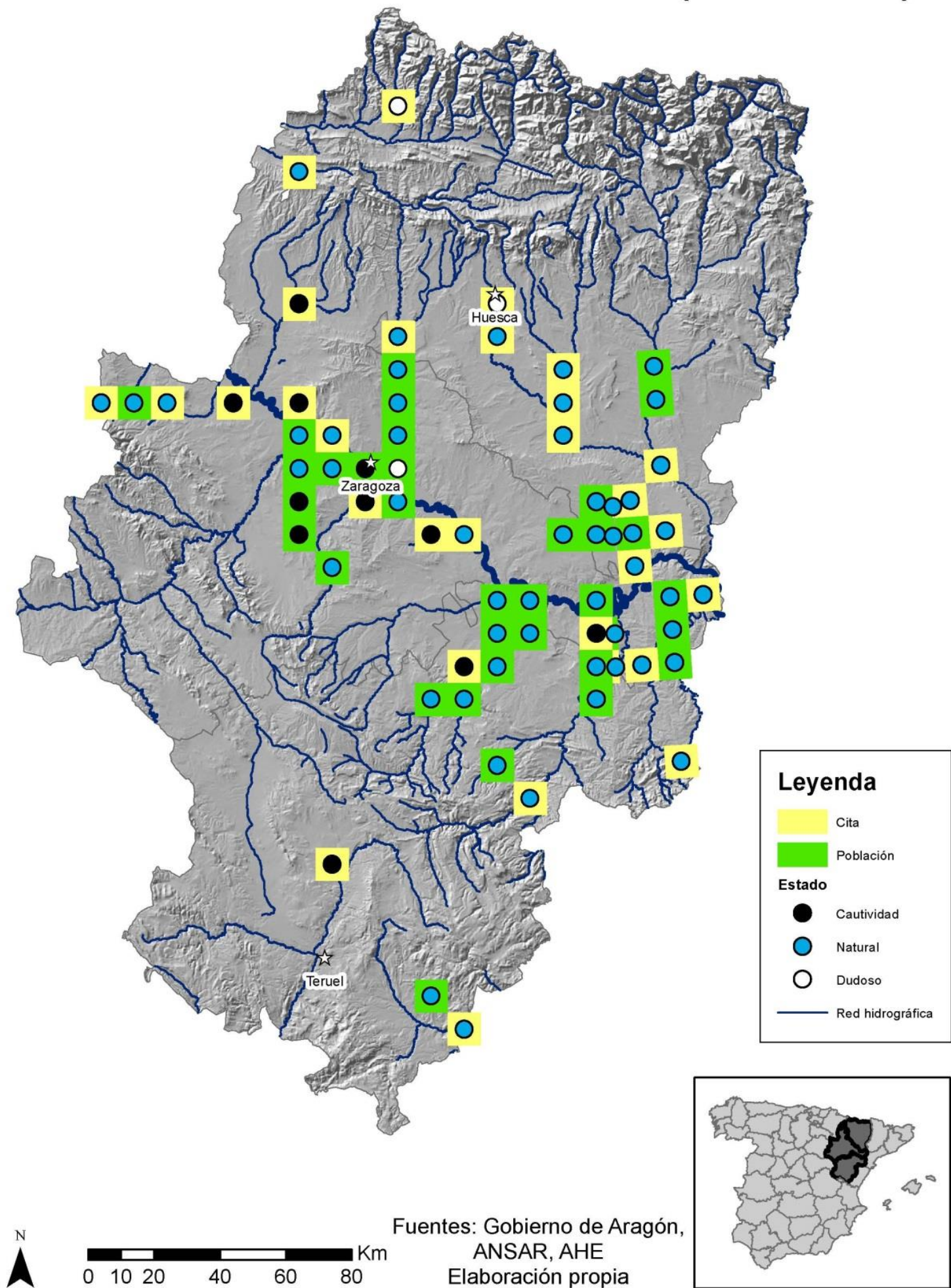


# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-2010)



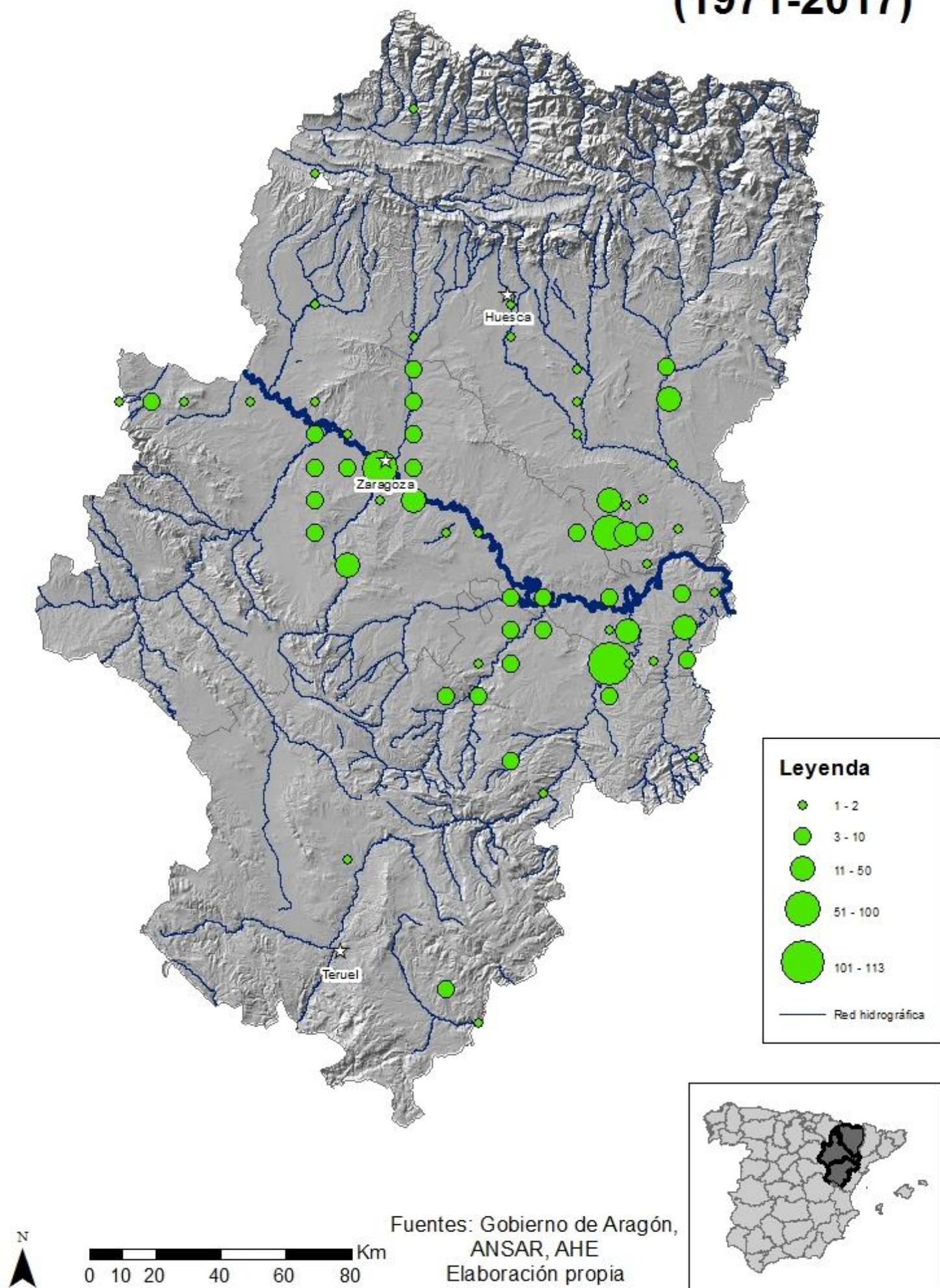


# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-2017)





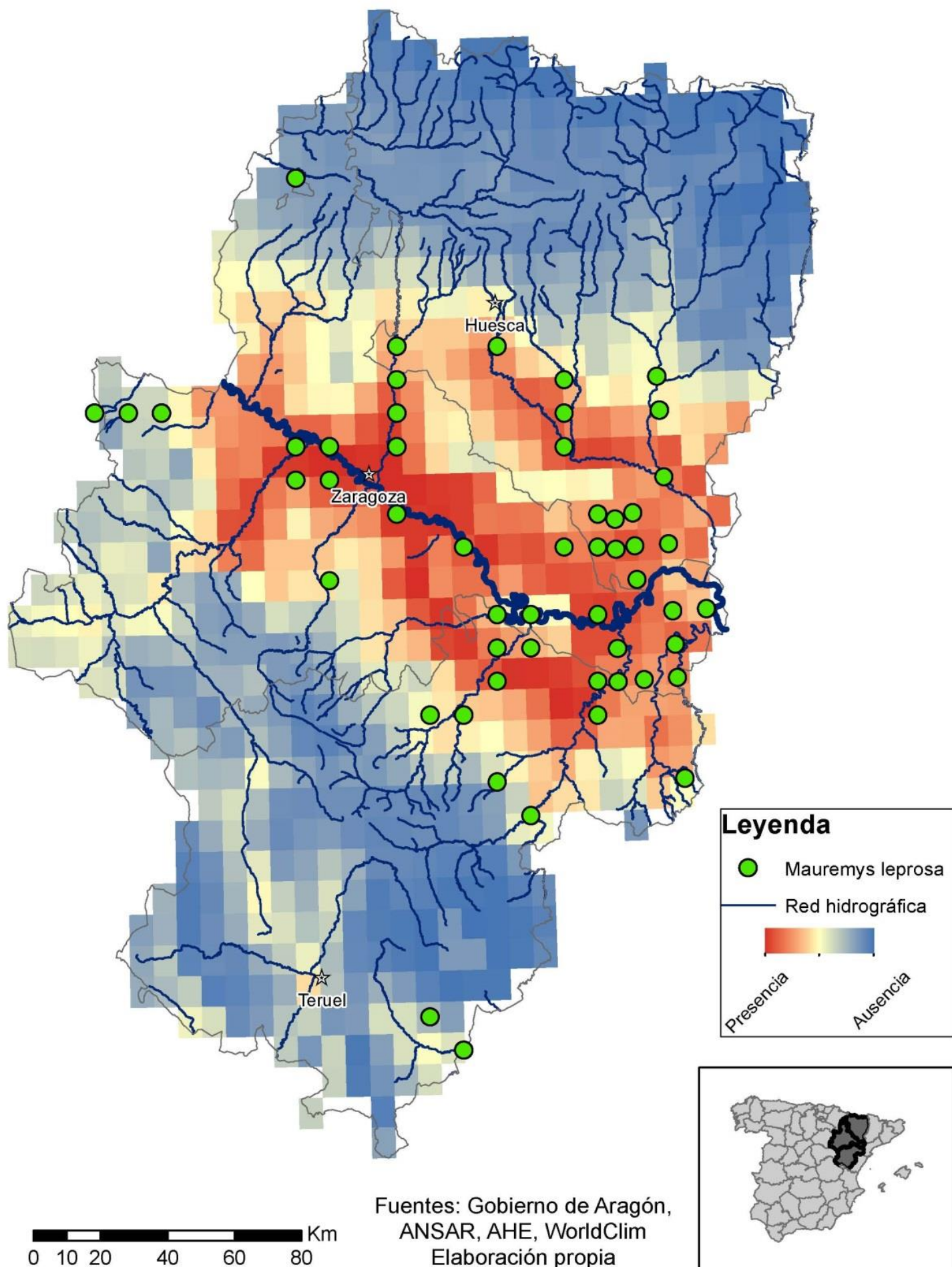
# Distribución de *Mauremys leprosa* en Aragón (1971-2017)





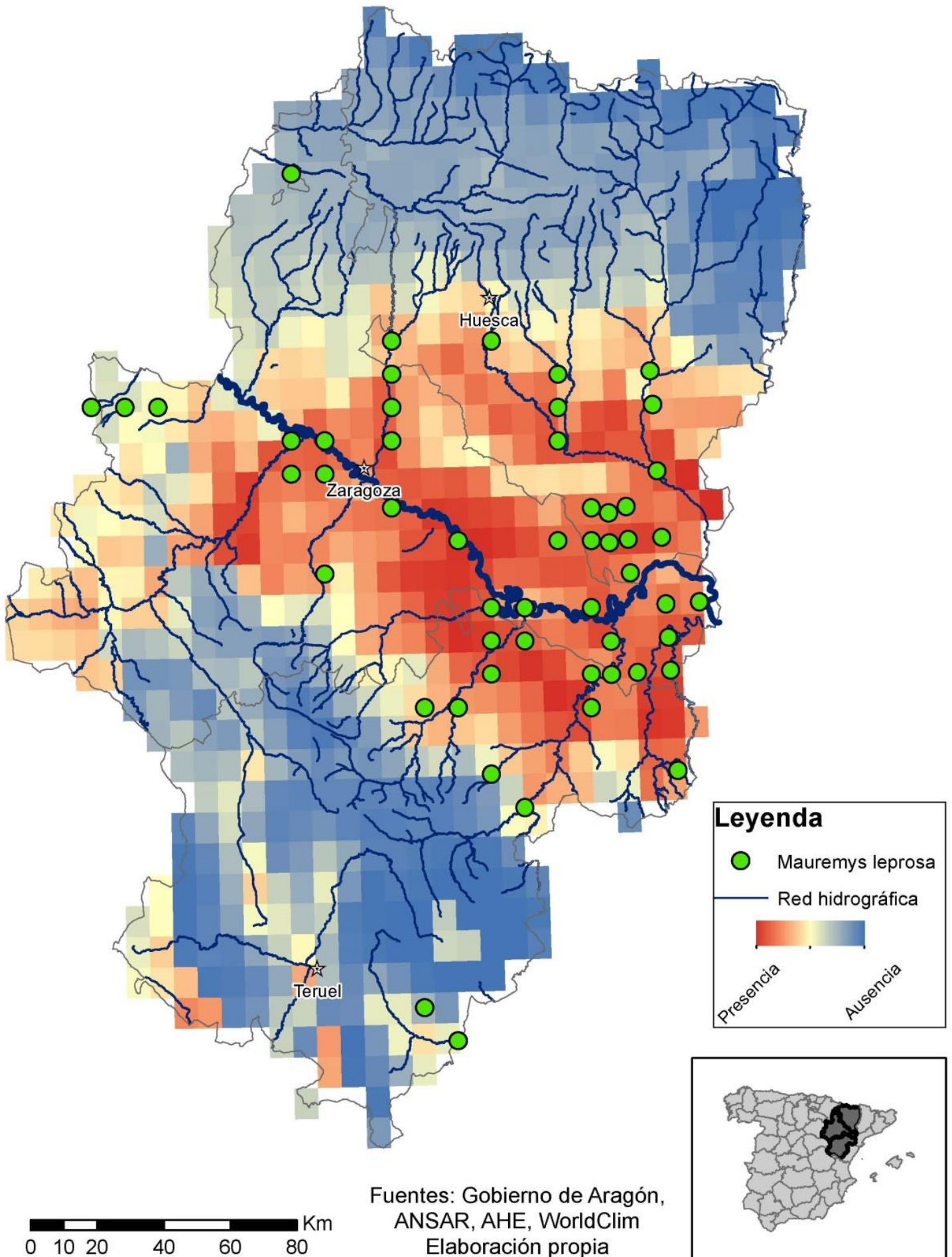
# Mapa de idoneidad de *Mauremys leprosa*

Variables bioclimáticas Bio2, Bio6, Bio8 y Bio9



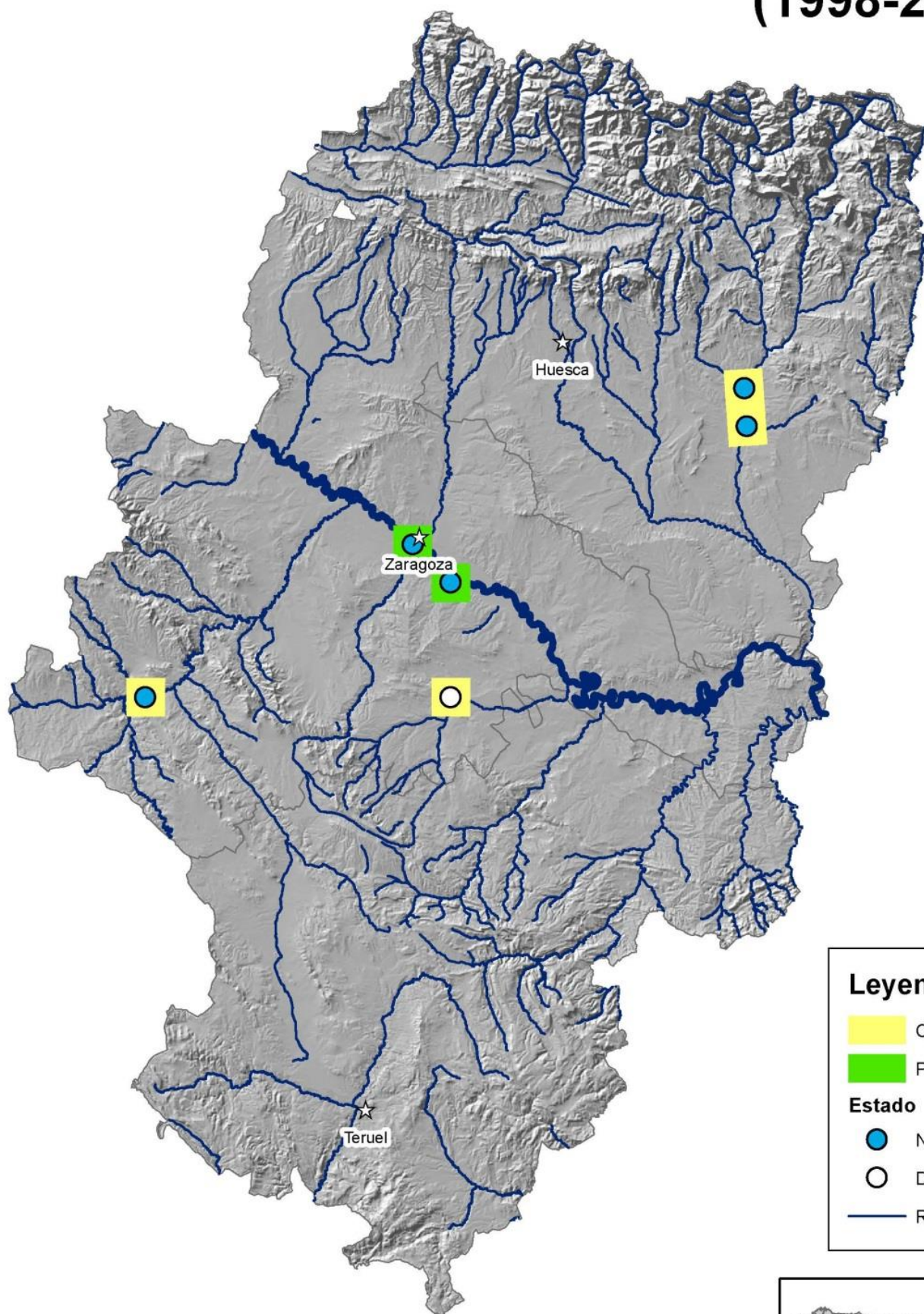
# Mapa de idoneidad de *Mauremys leprosa*

Variables bioclimáticas Bio2 y Bio9





# Distribución de *Trachemys scripta* en Aragón (1998-2000)



**Legenda**

Cita

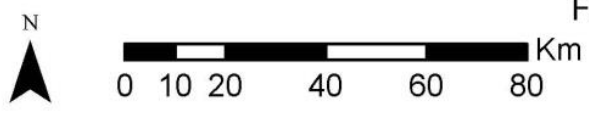
Población

**Estado**

Natural

Dudoso

Red hidrográfica

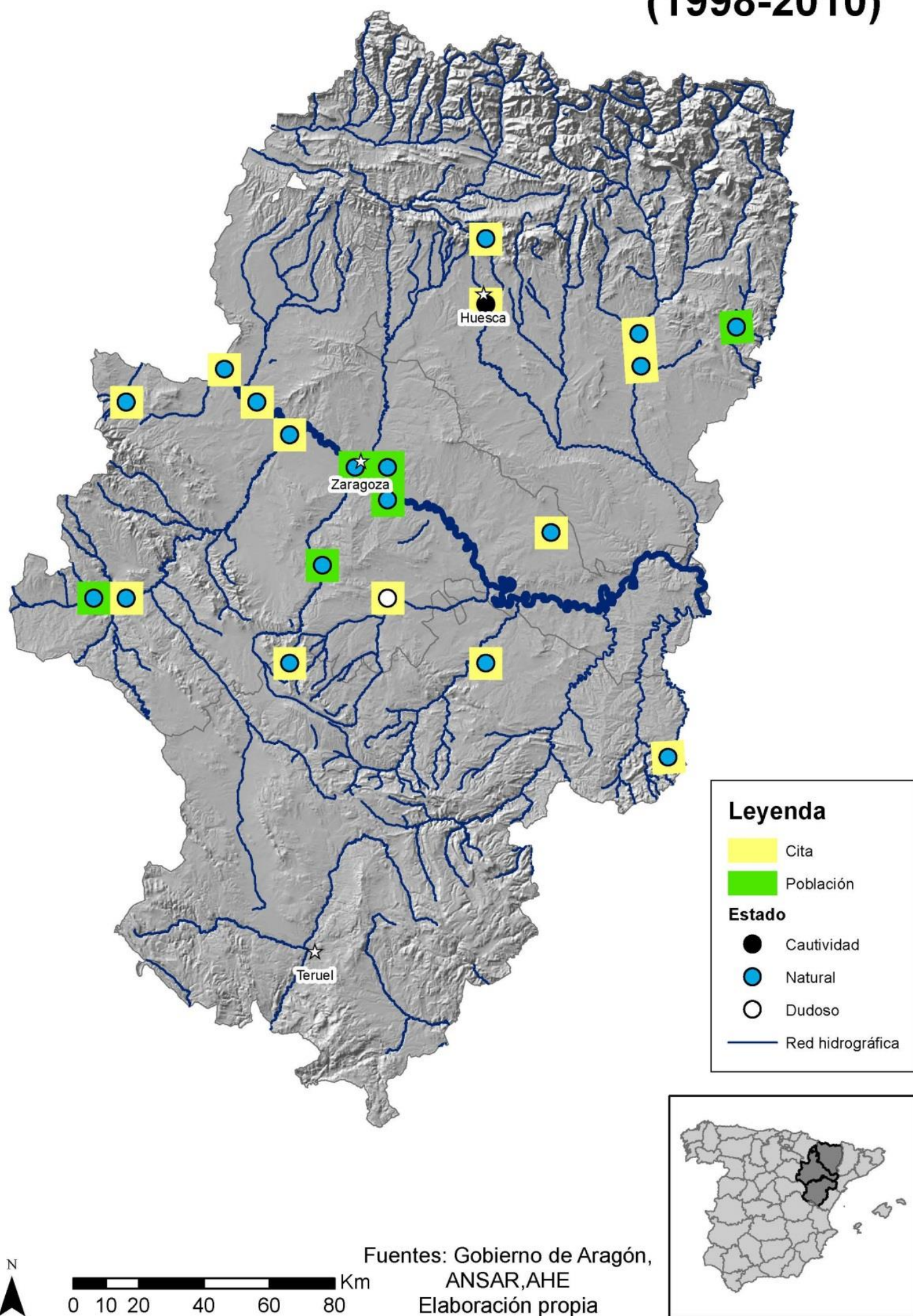


Fuentes: Gobierno de Aragón,  
ANSAR, AHE  
Elaboración propia



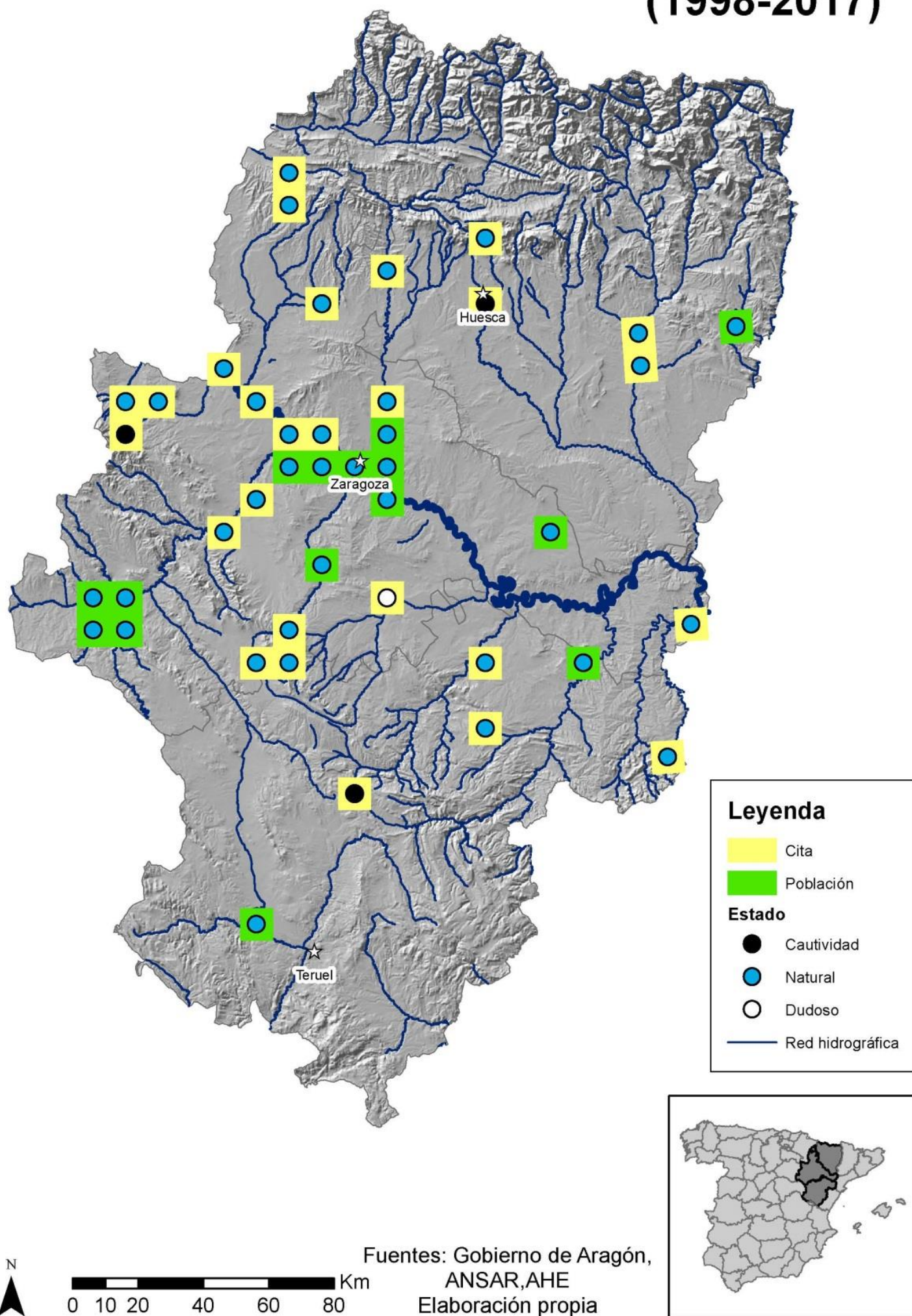


# Distribución de *Trachemys scripta* en Aragón (1998-2010)





# Distribución de *Trachemys scripta* en Aragón (1998-2017)





# Distribución de *Trachemys scripta* en Aragón (1998-2017)

