



DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE OCUPADA' POR LAS FORMACIONES TOBÁCEAS

Juana Vegas
Luis Carcavilla



Madrid, 2019



DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE OCUPADA' POR LAS FORMACIONES TOBÁCEAS





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

El presente documento fue realizado en el marco del proyecto *Establecimiento de un sistema estatal de seguimiento del Estado de Conservación de los Tipos de Hábitat en España*, promovido y financiado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desarrollado entre 2015 y 2017.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Realización y producción

Tragsatec

Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo² y Juan Carlos Simón Zarzoso²

Coordinación científica

Juana Vegas Salamanca³

Autores

Juana Vegas Salamanca³

Luis Carcavilla Urqui³

Coordinación y revisión editorial

Jara Andreu Ureta²

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan²

¹ Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Vegas J & Carcavilla L. 2019. Descripción de métodos para estimar las tasas de cambio del parámetro 'Superficie ocupada' por las formaciones tobáceas. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 17 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 638-19-088-X

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. CARTOGRAFÍA DISPONIBLE	7
3. CÁLCULO DE TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE OCUPADA'	8
3.1. Premisas técnicas para determinar la superficie ocupada por las formaciones tobáceas	8
3.2. Metodología para calcular el parámetro 'Superficie ocupada'	9
3.3. Criterios a considerar para evaluar la superficie ocupada por las formaciones tobáceas.....	10
4. REFERENCIAS	12
ANEXO I: Casos prácticos: sistemas tobáceos de ladera, fluviales y lacustres	13
I.1. Sistema tobáceo de la laguna de Taravilla (Guadalajara).....	13
I.2. Sistema tobáceo del río Cabriel (Cuenca).....	14
I.3. Sistema tobáceo de la Higuera Vindel (Cuenca).....	16
I.4. Referencias	17



1. INTRODUCCIÓN

Las tobas calcáreas están ampliamente distribuidas por nuestro país. Están vinculadas a acuíferos carbonatados en su mayor parte, aunque también pueden estar asociadas a acuíferos de naturaleza mixta y se asientan sobre sustratos diferentes (no exclusivamente carbonatados). Son especialmente abundantes en ríos y surgencias o manantiales de agua del ámbito mediterráneo, tanto interior como costero, aunque también se presentan en menor grado en el ámbito atlántico interior. Las provincias de Albacete, Ciudad Real, Alicante/Alacant, Valencia/València, Castellón/Castelló, Málaga, Murcia, Granada, Jaén, Cuenca, Teruel, Zaragoza y Guadalajara poseen importantes sistemas tobáceos, además de estar presentes también en otros lugares.

Generalmente, las tobas calcáreas forman tipos de hábitat de pequeñas dimensiones. En España hay ejemplos muy excepcionales como las lagunas de Ruidera (Ciudad Real) que conforman un entramado tobáceo activo de alto valor geomorfológico, sedimentológico, ecológico y paisajístico, al igual que el entorno del río Piedra (Zaragoza) con numerosos saltos y espectaculares cascadas. Por otro lado, existen núcleos de población que se emplazan y se asientan sobre grandes depósitos tobáceos con el consiguiente riesgo geotécnico, como ocurre en Letur (Albacete), Brihuega (Guadalajara), etc.

En muchos casos solo una parte del sistema tobáceo está activo en la actualidad y es funcional como ecosistema. Así, las acumulaciones actuales son un relicto alimentado por las mismas surgencias del pasado, hoy con caudales mucho más disminuidos e incluso solo rezumantes en momentos puntuales. De aquí se deriva que en las regiones más secas muchos brofitos ofrezcan un recubrimiento discontinuo temporalmente, lo que genera problemas para su representación cartográfica como sistemas funcionales. Por ello, es fundamental en la cartografía identificar la parte activa dentro del sistema y de ella destacar la parte activa estacionalmente (o intermitentemente) de la definitivamente inactiva.

Por otro lado, los depósitos carbonáticos inactivos o antiguos, incluso algunos de ellos ya están integrados en el registro geológico, son indicadores de hábitats en el pasado y pueden constituir un sustrato singular sobre el que se asienten y desarrollen especies botánicas de interés. Pero al no ser estas las contempladas en este tipo de hábitat, se considera que tienen un interés secundario.

2. CARTOGRAFÍA DISPONIBLE

A pesar de su ubicuidad en la mitad oriental de la península ibérica, no existe en España un inventario exhaustivo de formaciones tobáceas que pueda ser utilizado como base para la realización de una cartografía de referencia. A este hecho hay que sumar algunas dificultades intrínsecas a la hora de inventariar y cartografiar estos sistemas naturales, como que con frecuencia los ambientes tobáceos se suceden y/o se interrelacionan en los valles de las cuencas kársticas, motivando infinidad de parajes puntuales de pequeña entidad que hacen muy complicada su delimitación en mapas de pequeña escala. Otra dificultad es que no se cuenta con datos suficientes para discernir si en las formaciones tobáceas incluidas en la cartografía está presente *Cratoneuron commutatum*. Tampoco se dispone de datos actualizados que permitan estimar qué porcentaje del sistema tobáceo está activo y cuál no.

Actualmente no existe ninguna cartografía digital unificada que recopile la información de los ecosistemas tobáceos en España. Sí existen muchos trabajos dedicados a su estudio, pero ninguno con vocación de recopilación, ni una cartografía sistemática. Sin embargo, es fácil identificar que el máximo



desarrollo de estos sistemas naturales se sitúa en la cordillera Ibérica y en las cordilleras Béticas. Por ello, el sistema de cartografía se va a ensayar en los sistemas tobáceos de estos conjuntos montañosos, para luego extender su aplicación al resto de casos nacionales (ver Anexo I).

3. CÁLCULO DE TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE OCUPADA'

3.1. Premisas técnicas para determinar la superficie ocupada por las formaciones tobáceas

Para realizar la cartografía de los sistemas tobáceos se propone seguir las siguientes premisas técnicas:

- Se cartografiarán los sistemas activos permanentes con precipitación de carbonato. La escala de trabajo recomendada es 1:10.000 y 1:5.000.
- Se cartografiarán los sistemas activos estacionales o intermitentes a la misma escala que los sistemas activos.
- No se cartografiarán los sistemas carbonáticos relictos, que estén desconectados de cualquier dinámica activa (incorporados al registro geológico). Esto es importante porque muchas cartografías de formaciones tobáceas están realizadas desde el punto de vista geomorfológico y, por lo tanto, incluyen tobas fósiles.
- En los casos en los que coexistan ambos tipos, se hará énfasis en la parte activa, aunque también se recomienda incluir en la cartografía la parte inactiva que pueda tener una relación en la dinámica del sistema.
- En los casos de tobas asociados a una surgencia se incluirá en el perímetro cartografiado de dicho manantial.
- En los casos de sistemas fluviales se cartografiarán los tramos fluviales de mayor ocurrencia de tobas.
- En los casos de sistemas lacustres y/o palustres se cartografiará la cubeta lacustre, incluyendo los depósitos laterales y de represa, pues en el fondo de la laguna también se produce la acumulación de lodos carbonatados de origen tobáceo.
- Debe tenerse precaución a la hora de establecer el tamaño de la formación tobácea a partir de ortofotografía (superficie), ya que puede ser muy reducido en comparación con su volumen (especialmente las que generan edificios en cascada o en manantiales en las laderas).

Respecto a la periodicidad de la cartografía para la revisión del estado de conservación, se referirá únicamente a los sistemas tobáceos activos (o partes activas de sistemas complejos). Debido a la dinámica de estos tipos de hábitat, se está analizando un periodo óptimo de revisión que, en ningún caso, debería exceder los 6 años.



3.2. Metodología para calcular el parámetro 'Superficie ocupada'

Debido a la particular morfología de las formaciones tobáceas, antes de discutir la metodología de delimitación es importante tratar los aspectos relacionados con el volumen y superficie de las formaciones y su dinamismo, aspectos ya introducidos en Carcavilla *et al.* (2019).

A la hora de considerar las formaciones tobáceas como tipos de hábitat es necesario discernir qué se considera de interés y qué no. Así, las formaciones tobáceas fósiles serán descartadas ya que no constituyen tipos de hábitat actuales, ni reales, ni potenciales. Solamente se considerarán las tobas fósiles que estén relacionadas con una formación tobácea activa, ya que son excelentes registros de la evolución del tipo de hábitat y siempre guardarán relación hidrológica e hidrogeológica. En estos casos son formaciones tobáceas que contienen partes activas, partes inactivas y partes fósiles. Esta situación ocurre en edificios tobáceos de grandes dimensiones y perfil escalonado en el que las terrazas actuales aún mantienen la precipitación activa pero las terrazas antiguas, que están desconectadas de la actual red fluvial y de las aguas subterráneas (algunas incluso pueden estar colgadas centenas de metros por encima de la red actual), son elementos fósiles. Esto es importante porque muchas cartografías de formaciones tobáceas están realizadas desde el punto de vista geomorfológico y, por lo tanto, incluyen las tobas fósiles. Eso significa que las cartografías existentes de formaciones tobáceas deben reconsiderarse y no se puede realizar una extrapolación directa como cartografía de este tipo de hábitat.

Por otro lado, a la hora de identificar la superficie de las formaciones tobáceas, debe tenerse en cuenta que muchas de ellas generan edificios en cascada sobre laderas, de manera que, aunque la superficie en planta no sea mucha, el volumen total de la formación tobácea puede ser muy considerable. El problema es que desde una cartografía sobre ortofotografía es imposible determinar el volumen real, así que debe tenerse precaución a la hora de establecer el tamaño de la formación tobácea solo estimando la superficie.

Las formaciones tobáceas se forman por la precipitación de carbonato cálcico. Requieren, por tanto, aguas carbonatadas con concentraciones cercanas a la saturación, de manera que los agentes biológicos o condicionantes físicos (como la desgasificación por saltos de agua, turbulencia, etc.) produzcan la precipitación. Sin embargo, y aunque son mayoritarias las formaciones que sí lo están, no se limitan a zonas kársticas, ya que la circulación subterránea puede provocar que las surgencias de manantiales de aguas enriquecidas al atravesar terrenos carbonáticos se sitúen sobre otro tipo de litologías. Por eso se dan también sobre otros tipos de terrenos, como volcánicos, yesíferos y metamórficos, donde eso sí, es previsible que no sean de gran tamaño, ni ocupen grandes superficies.

Por todo lo explicado hasta ahora, para la delimitación precisa de cada formación tobácea será necesario, en primer lugar, realizar una búsqueda bibliográfica de publicaciones científicas sobre estas formaciones, que suelen incluir la localización y algún tipo de mapa de las formaciones tobáceas. Un manual básico de consulta es el libro "Las tobas en España" (González-Martín & González-Amuchastegui 2014). Otro tipo de información complementaria también podría ser de ayuda, como son los inventarios de puntos de aguas, especialmente si se pueden discernir los de composición carbonatada; o la cartografía geológica y geomorfológica a escala 1:50.000 de la serie Mapa Geológico Nacional (MAGNA 50)¹, editada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). A continuación, y una vez localizadas las formaciones tobáceas activas, se establecerá una delimitación digital mediante ortofotografía. A

¹ <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx>



continuación, será necesario diseñar una campaña de campo que verifique y complemente la cartografía digital, estableciendo los límites reales de los tipos de hábitat, la extensión y cobertura de las comunidades vegetales, la forma y extensión de las formaciones activas y el estado de conservación, aspecto que no es posible identificar mediante ortofotografía y requiere de trabajo de campo, así como una evaluación de todo el sistema funcional del tipo de hábitat. Posteriormente, esta información georreferenciada se incorporará a una base cartográfica.

Para analizar el estado de conservación actual y las previsiones de futuro puede ser muy útil buscar información acerca de la formación tobácea en el pasado. Muchas de ellas se vieron afectadas por diversas acciones como la construcción (p. ej. sobre ellas o utilizando la roca tobácea como material constructivo), la instalación de infraestructuras (carreteras, canalizaciones, derivaciones de caudal, captaciones subterráneas, drenajes, etc.) o la afección parcial o total en repoblaciones forestales, limpiezas de bosque y de riberas, etc. Por ello, es posible encontrar fotografías o informes que atestigüen su estado anterior y permitan extrapolar la situación en el futuro.

El objetivo de esta fase es localizar la formación tobácea, caracterizarla y poder determinar qué está sucediendo (posibles afecciones). También, deducir lo que previsiblemente pueda ocurrir con el tipo de hábitat en el futuro, respecto a si está ganando o perdiendo superficie, si su estado de conservación es mejor, estacionario o previsiblemente empeorará y cómo están evolucionando las comunidades asociadas. Para lograr este conocimiento, será necesario combinar actividades de campo y técnicas de imágenes de alta resolución, por ejemplo, con la utilización de drones para mejorar las cartografías resultantes.

3.3. Criterios a considerar para evaluar la superficie ocupada por las formaciones tobáceas

A continuación, se presentan los criterios para evaluar el parámetro 'Superficie ocupada' por los tipos de hábitat de formaciones tobáceas.

1. Superficie total del tipo de hábitat de formaciones tobáceas

- a. Quedará limitada por:
 - i. Presencia de tobas carbonáticas y/o travertinos activos (al menos de manera estacional).
 - ii. Zonas con presencia de vegetación asociada a este tipo de formaciones (briofitas y plantas vasculares) y otros microorganismos (algas, bacterias, etc.).
- b. Dado el objetivo de valoración de la superficie ocupada (registrar la evolución del tipo de hábitat), también será necesario identificar, catalogar y cuantificar la ocupación de los diferentes microambientes (comunidades vegetales y, flujo y composición de agua), ya que las modificaciones en sus tamaños y número pueden indicar cambios positivos o negativos en el tipo de hábitat sin que este sufra necesariamente una reducción o incremento de superficie.



4. REFERENCIAS

Carcavilla L, Vegas J & Cabrera A M. 2019. Establecimiento de una tipología específica de formaciones tobáceas. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 20 pp.

González-Martín J A & González-Amuchastegui M J. 2014. Las tobas en España. Sociedad Española de Geomorfología. 340 pp.



ANEXO I: Casos prácticos: sistemas tobáceos de ladera, fluviales y lacustres

I.1. Sistema tobáceo de la laguna de Taravilla (Guadalajara)

La laguna de Taravilla es un humedal ubicado en el Alto Tajo (Guadalajara) a una cota de 1140 metros sobre el nivel del mar. Pertenece a la cuenca hidrográfica del mismo río y también se denomina de la Parra. Tiene una profundidad máxima de 11 metros y tiene una superficie de 2,1 hectáreas y una zona palustre anexa mucho más amplia. Se trata de un lago kárstico represado por una barrera tobácea (marcado en naranja en la Figura I.1) por la que discurre la pista forestal que comunica la laguna con el Puente del Martinete. La alimentación hídrica es fundamentalmente por manantiales kársticos (que a su vez originan tobas calcáreas de ladera, marcadas en la Figura I.1 en amarillo) y un arroyo efímero.

El clima de la región es continental mediterráneo con una precipitación media de 560 mm anuales. Las dataciones muestran que las tobas de ladera asociadas a manantiales comenzaron a formarse hace unos 140 000 años, mientras que la barrera que represa la laguna lo hicieron hace unos 11 000 años (Valero *et al.* 2008).

Las aguas de la laguna están mezcladas y constituyen un sistema abierto hidrológicamente, con escasa evolución de las aguas meteóricas de baja mineralización (conductividad 0,5– 0,6 mS/cm), con aguas carbonatado-cálcicas, con bajo sulfato y alcalinas (pH en la laguna de 7,8 y pH de 7,5 en los manantiales; Valero *et al.* 2008). La cubeta posee un fondo plano y unos márgenes abruptos.

La laguna de Taravilla constituye un ejemplo interesante por la coexistencia de diferentes tipos de formaciones tobáceas y tipos de hábitat. Por un lado, existe una serie de surgencias kársticas de ladera que originan formaciones tobáceas cuya actividad es estacional y cuya agua aportará parte del caudal de la laguna (marcado en amarillo en la Figura I.1). Estas formaciones tobáceas son las que, en una interpretación estricta de la definición de este tipo de hábitat, deberían considerarse. Por otro lado, existe una zona palustre alrededor del vaso de la laguna donde se produce precipitación de toba de manera permanente y una barrera tobácea que represa el humedal y que origina una toba en cascada aguas afuera (marcado en naranja en la Figura I.1). Esta cascada es funcional solo en épocas esporádicas de grandes precipitaciones porque la pista forestal la cruza de lado a lado, impidiendo el drenaje por encima de ella, pero permitiendo cierto drenaje interno. La zona palustre ubicada aguas arriba de la laguna (cartografiada en verde en la Figura I.1 de manera aproximada) guarda una estrecha relación con la formación de tobas calcáreas, con superposición parcial de sus superficies. La propuesta de delimitación del rango o unidad funcional del ecosistema engloba todos estos elementos, porque, aunque la parte activa del tipo de hábitat sea exclusivamente la zona delimitada entre las dos líneas naranjas, los otros sectores aledaños guardan una estrecha relación que condiciona su desarrollo y dinamismo.

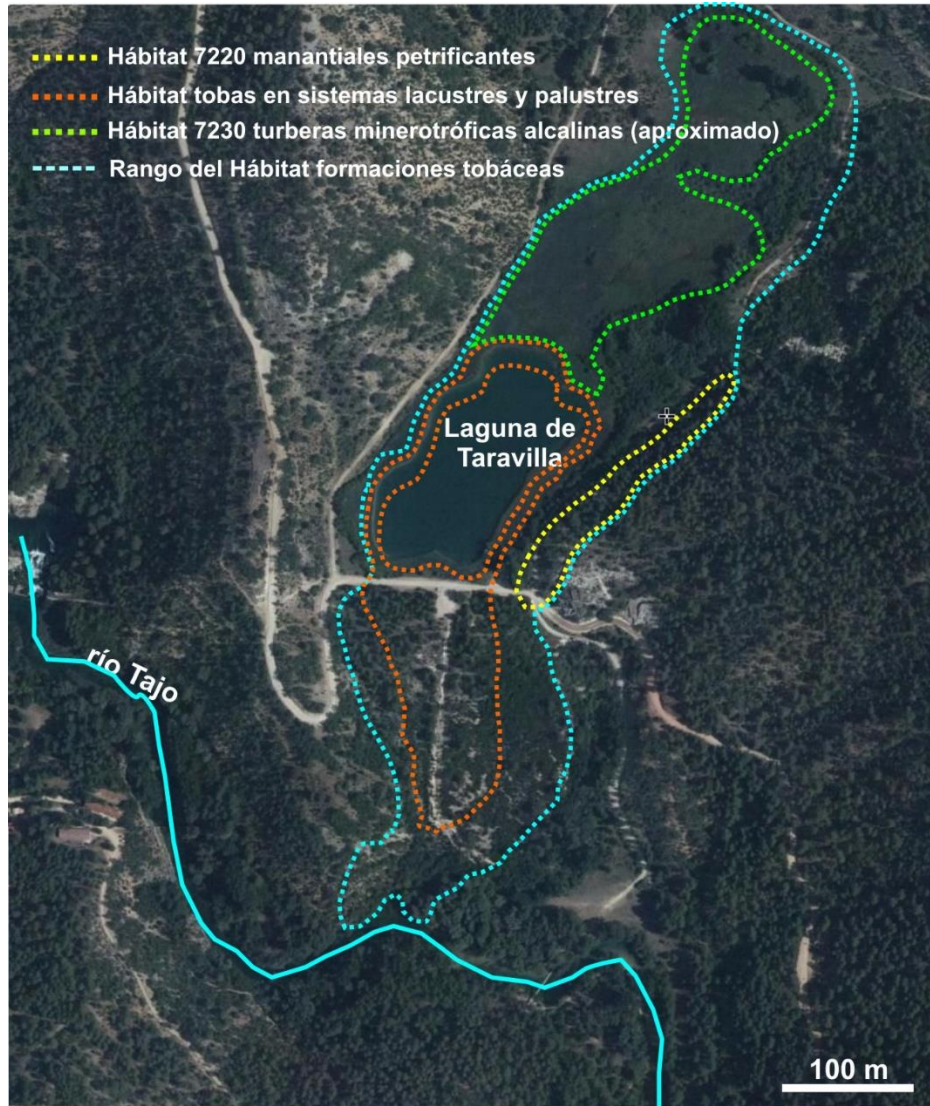


Figura I.1 Cartografía de los tipos de hábitat de formaciones tobáceas en la laguna de Taravilla (Guadalajara). Fuente: elaboración propia a partir de la ortofotografía del Plan Nacional de Ortofotografía aérea de España (PNOA) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

I.2. Sistema tobáceo del río Cabriel (Cuenca)

Las Chorreras del río Cabriel se encuentran entre los términos municipales de Enguídanos y Villora en la provincia de Cuenca. En 2019 ha sido declarado Monumento Natural de Las Chorreras del río Cabriel por la Junta de Castilla-La Mancha (Decreto 52/2019, de 18 de junio, por el que se declara el Monumento Natural Chorreras del Cabriel en los términos municipales de Enguídanos y Villora, provincia de Cuenca).

Este tramo del río Cabriel contiene un conjunto de saltos de agua, cascadas, cuevas laterales, pozas y gargantas grabadas sobre un sistema tobáceo cuaternario, que se apoya sobre un lecho de calizas jurásicas de gran interés geológico (Figura I.2). El río Cabriel ha depositado carbonatos de agua dulce en tal cuantía que supone el cuarto sistema fluviolacustre más importante de la Península de estas características. Está formado por tres unidades en la zona, de las cuales destaca una superficie



escalonada a lo largo de 1000 m de tramo de cauce fluvial, con estromatolitos aún funcionales, que son únicos en la Península por la variedad y abundancia de improntas de hojas, piñas, potencia de los domos de estromatolitos (de hasta 4 m de potencia), y por la amplia tipología de bandeados, que oscilan en grosor del orden milimétrico al centimétrico, incluyendo numerosas superficies de truncamiento por erosión. El pH del agua en este tramo de río varía entre 7,4 y 7,8 en las zonas donde hay precipitación efectiva.

Este tipo de hábitat presenta además un importante interés botánico, con presencia de diferentes tipos de hábitat: saucedas arbustiva, alameda blanca, arbusteda caducifolia espinosa, etc., algunos de los cuales son también tipos de hábitat de interés comunitario (THIC). Destaca especialmente el THIC 7220* Manantiales petrificantes con formación de tuf (*Cratoneurion*), en adelante Formaciones tobáceas generadas por comunidades briofíticas en aguas carbonatadas, así como comunidades sumergidas de grandes caráceas (THIC 3140), saucedas y alamedas (THIC 92A0); y especies de flora incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha como *Dactylorhiza elata*, *Epipactis palustris* o *Prunus mahaleb*.

No es posible contrastar esta información ni retrospectiva ni prospectivamente ya que no existe para las Chorreras del Cabriel. Esta información, hacia el futuro, solo puede ser obtenida a partir de trabajos de seguimiento de campo, y más recientemente se están aplicando tecnologías cartográficas como los modelos digitales de elevaciones obtenidos con drones, que aportan una información de base para elaborar una cartografía detallada de las diferentes unidades del sistema tobáceo. El objetivo de esta cartografía por unidades dentro del sistema es una mejor caracterización del estado de conservación de cada una de ellas, y la ubicación de las principales amenazas que existen.

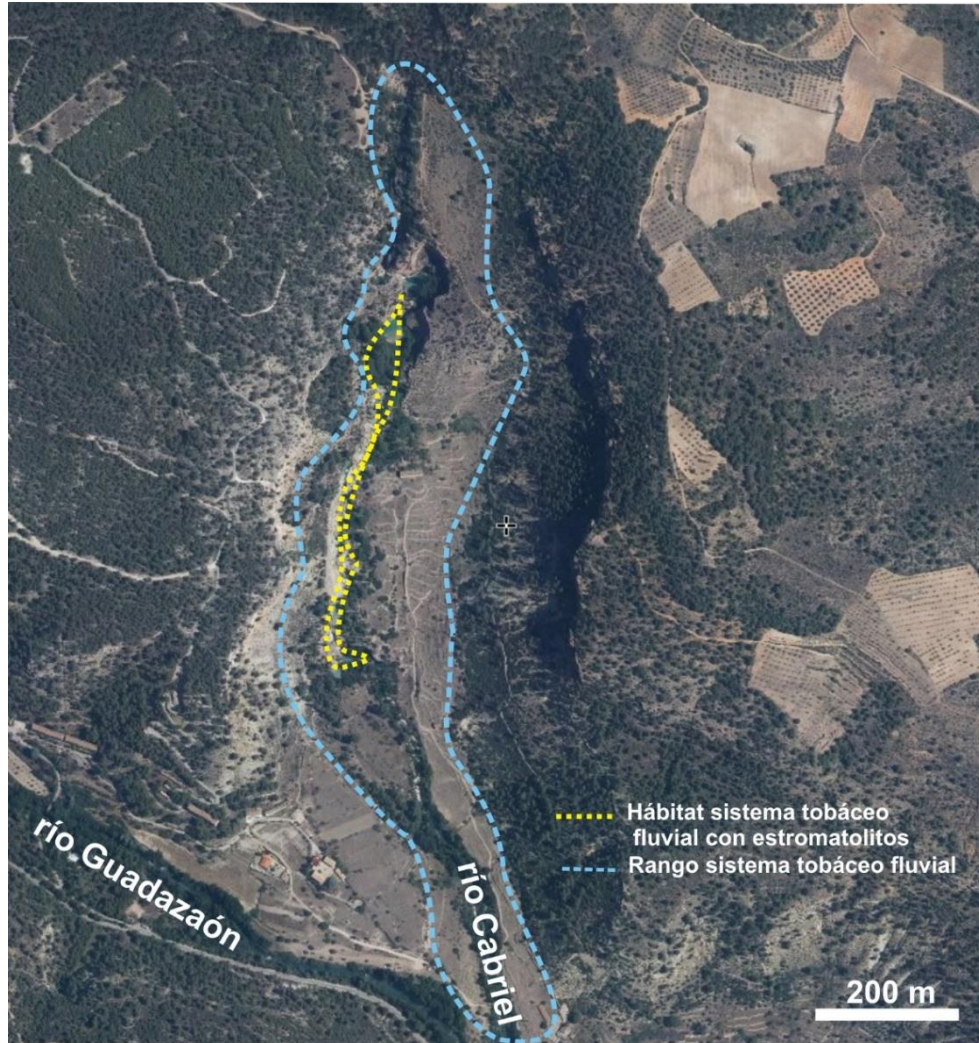


Figura I.2 Cartografía de los tipos de hábitat de formaciones tobáceas en las Chorreras del río Cabriel (Cuenca). Fuente: elaboración propia a partir de la ortofotografía del PNOA del IGN.

I.3. Sistema tobáceo de la Higuera Vindel (Cuenca)

Se ha elegido la cascada del manantial del Ojo la Higuera, en el municipio de Vindel (provincia de Cuenca, Castilla-La Mancha) como ejemplo de un tipo de hábitat tipificado dentro de la categoría del THIC 7220* Formaciones tobáceas generadas por comunidades briofíticas en aguas carbonatadas, pero que sin embargo por sus reducidas dimensiones y su carácter estacional no se dispone de datos sobre él.

Se establece a partir de una surgencia en el escarpe de una ladera, donde descarga el acuífero de forma estacional y no tiene un caudal continuo a lo largo del año. La surgencia actual alumbrada a partir de dos cavidades en el salto del escarpe de la ladera.

Ha formado un sistema de cascada, con un pie en colada, donde se diferencia muy bien la parte inactiva (entre la línea azul discontinua y la amarilla; Figura I.3) y la parte del tipo de hábitat activa (dentro de la línea amarilla; Figura I.3). En este ejemplo es dónde hay que hacer una labor básica de reconocimiento



a partir de la ortofotografía, y completarse con los datos del trabajo de campo debido a su pequeño tamaño.

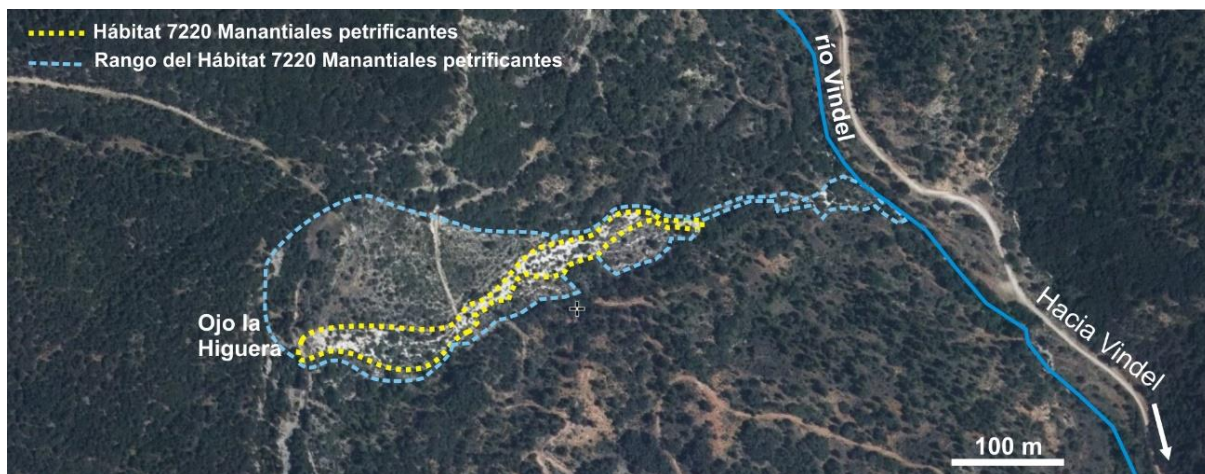


Figura I.3 Cartografía de los tipos de hábitat de formaciones tobáceas en la Higuera Vindel (Cuenca). Fuente: elaboración propia a partir de la ortofotografía del PNOA del IGN.

I.4. Referencias

Valero B L, Moreno A, Navas A, Mata P, Machín J, Delgado A, González-Sampérez P, Schwalb A, Morellón M, Cheng H & Edwards R L. 2008. The Taravilla lake and tufa deposits (Central Iberian Range, Spain) as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 259: 136–156.