

Cartografía

territorial y caracterización
de suelos tipo
del municipio de Tauste

Leticia Gaspar Ferrer¹
Leticia Palazón Tabuena²
Laura Quijano Gaudes²
Ana Navas Izquierdo²

1. University of Northern British Columbia, 333 University Way, Prince George, BC V2N 4Z9, Canada. leticia.gaspar.ferrer@gmail.com

2. Estación Experimental de Aula Dei. Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei, EEAD-CSIC. Avda. Montañana 1005, 50080. Zaragoza, España

RESUMEN

La realización de una serie cartográfica para el municipio de Tauste, así como el estudio y caracterización de los suelos tipo que predominan en el término municipal, es el resultado del trabajo de investigación desarrollado gracias a la concesión de la XII beca de investigación "Villa de Tauste" que la Asociación Cultural "EL PATIAZ", en colaboración el Área de Cultura del Ayuntamiento de Tauste, convoca cada año.

Se presenta una completa serie cartográfica restringida al municipio de Tauste formada por 19 mapas en los que se incluye información sobre los tipos y usos del suelo, la litología y geomorfología del término municipal, el modelo digital de elevaciones del terreno y otros mapas derivados como el mapa de pendientes, así como la situación de los Lugares de Interés Comunitarios LIC y Puntos de Interés Geológicos PIG, entre otros aspectos de temática ambiental. Esta serie cartográfica es el resultado de la recopilación de información ya disponible en servidores de descarga, su tratamiento y reelaboración, así como de la elaboración de nuevos mapas con información inédita derivados de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, SIG. Todo ello con el objetivo de dar a conocer y divulgar de una forma accesible la información cartográfica local de Tauste, así como generar en soporte impreso y en formato digital un material de consulta que entrará a formar parte del repositorio digital y los fondos de la biblioteca de la Asociación El Patiaz.

Asimismo se presentan las propiedades y características de tres suelos tipo muestreados en el municipio de Tauste, un suelo tipo Fluvisol, Calcisol y Regosol, tras una completa caracterización físico-química realizada en los laboratorios del grupo de Erosión y Evaluación de Suelo y Agua en la Estación Experimental de Aula Dei-CSIC. Todo ello con el fin de entender como el uso de técnicas analíticas estándar y de vanguardia dentro del mundo de la

investigación nos permiten conocer las propiedades físico-químicas de los suelos e inferir información sobre la calidad de los mismos. Una información de vital importancia en un contexto actual de conservación y protección del suelo dentro de las políticas de sostenibilidad de la nueva PAC, especialmente en estas zonas vulnerables a los procesos de degradación y erosión, en las que mantener la productividad del suelo es un problema de primer orden.

PRÓLOGO

La Política Agrícola Común (PAC) es una de las políticas más importantes y uno de los elementos esenciales del sistema institucional de la Unión Europea (UE), que se encarga de gestionar las subvenciones que se otorgan a la producción agrícola en la Unión Europea. En la actualidad, la nueva reforma de la PAC en el horizonte 2020 se contextualiza en base a tres elementos fundamentales: i) la entrada en vigor del Tratado de Lisboa, ii) el actual marco presupuestario que finaliza en 2013 y que ha de redefinirse para el periodo 2014-2020 y iii) una nueva política agraria destinada a favorecer el crecimiento económico de la UE en la próxima década.

La nueva reforma de la PAC plantea significativos cambios entre los que destacan la “regionalización”, la figura del agricultor activo y los llamados pagos verdes ligados a un incremento de los requisitos medioambientales en el sector agrario. La Comunidad Europea apuesta por la mejora de la sostenibilidad y propone introducir, como primer pilar de su nueva política, la idea del “componente verde”. Un nuevo enfoque y estrategias beneficiosas para el medio ambiente que en definitiva ayudarán a la protección de los agrosistemas y a la lucha contra los efectos del cambio climático, sin que ello afecte a la sostenibilidad económica de las explotaciones agrarias.

El pasado 12 de octubre de 2011 la Comisión Europea presentó un conjunto de propuestas que constituyen el borrador de la nueva PAC que entró en vigor el 1 de enero de 2014 y es la norma a seguir hasta finales de 2020 (texto completo en: http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/legal-proposals/index_en.htm).

Una de las grandes novedades es el llamado pago ecológico o “Greening”, que se concederá por hectárea y que beneficiará a los agricultores que tengan derecho al pago básico y que apliquen alguna de estas tres prácticas agrícolas: i) diversificación de cultivos, ii) mantenimiento de pastos permanentes ó iii) dejar al menos un 7% de las tierras del agricultor como

superficie de interés ecológico (zonas forestales o arbustivas que sirvan de hábitat a la flora y fauna local). Es el llamado pago verde al que se destinarán el 30% del presupuesto anual nacional o regional.

En este contexto actual de políticas más sostenibles y cambio climático, la conservación y protección de los suelos se plantea vital debido a que la degradación de los mismos compromete la productividad de los suelos y la sostenibilidad económica de las explotaciones agrarias.

El suelo es el soporte físico de los ecosistemas, de la biodiversidad y de las áreas de cultivo y ganadería. Es un medio extremadamente complejo y variable, esencialmente no renovable por su baja velocidad de formación, y está sujeto a una serie de procesos de degradación como son la erosión, la pérdida de materia orgánica y nutrientes, la contaminación, la compactación y la salinización.

La Unión Europea considera que la erosión del suelo es un fenómeno preocupante y uno de los principales factores de la degradación física del suelo (COM, 2012). Según la Organización de Naciones Unidas (ONU) el Mediterráneo es una de las cuatro zonas del planeta más afectadas por la desertificación, siendo España uno de los países con mayor riesgo que afecta ya al 53% del territorio, principalmente a las zonas de cultivo de Canarias, Murcia, Valencia y Aragón. Es necesario, por tanto, contrarrestar los efectos de la erosión promoviendo medidas de manejo sostenible que aseguren la conservación y productividad de los suelos. Para ello, es imprescindible un conocimiento y caracterización de los suelos y de sus propiedades fisicoquímicas.

El municipio de Tauste cuenta con una población de 7.503 habitantes (18 hab. /Km²) y es un territorio muy transformado por el hombre, en el que existe un predominio de las tierras de uso agrícola especialmente de regadío y cultivos de secano (fuente: Diputación de Zaragoza). A pesar de que muchos municipios de la Ribera del Ebro han desarrollado otras actividades en el sector servicios e industria, en Tauste esta tendencia ha sido menor y no se ha notado un brusco abandono de las tierras de cultivo, siendo la agricultura la principal actividad económica.

Las tierras de cultivo representan un 61% de la superficie de suelo del municipio de Tauste, de las cuales un 47% se corresponde con cultivos de secano (11.668 ha) y el 53% restante a cultivos de regadío (13.123 ha). Las zonas forestales representan un 21% de la superficie y los prados y pastizales el 5%, todas ellas catalogadas como mosaico de cultivos agrícolas en secano con zonas de vegetación natural y semi-natural (DPZ).

La intensa actividad agrícola desarrollada en el término municipal de Tauste y la presencia de Lugares de Interés Comunitario (LIC) como la Loma Negra, un ecosistema propio de zonas esteparias, convierten al municipio de Tauste en una zona vulnerable a los problemas de erosión, en la que las medidas de conservación del suelo son y serán un problema de primer orden para evitar su degradación en el futuro.

Bajo este contexto actual de sostenibilidad del medio ambiente se desarrolla este trabajo de investigación, con el objetivo de:

1. Elaborar una completa serie cartográfica digital y georeferenciada de temática medioambiental para el término municipal de Tauste.

Esta serie cartográfica se presenta de forma depurada y restringida al término municipal de Tauste con el objeto principal de la difusión en formato papel y digital de los datos existentes o inéditos, en lo que pretende ser una base de información para su posterior uso como herramienta de consulta o de utilidad para la planificación y gestión del territorio.

2. Caracterización fisicoquímica de tres suelos tipo representativos del municipio de Tauste.

La aplicación de técnicas analíticas estándar y de vanguardia dentro del mundo de la investigación en los suelos seleccionados del municipio de Tauste permitirá conocer y caracterizar los suelos y darnos una idea a través de sus propiedades de la calidad del suelo.

1. SERIE CARTOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE TAUSTE

1.1. Introducción

Las series cartográficas responden a la necesidad de facilitar a la sociedad información geográfica, espacial y temática válida para un territorio, ofreciendo un conjunto de mapas individuales, impresos o librerías digitales, cuya publicación y difusión sirven como fuente de información y conocimiento, así como el soporte para el desarrollo de otras investigaciones. Todos los mapas de una serie cartográfica deben de ser homogéneos en cuanto a su representación para que, si es preciso, puedan ser combinados con objeto de integrar y derivar información sobre el territorio.

El objetivo de este primer capítulo es elaborar una completa serie cartográfica, digital y georeferenciada, de temática ambiental restringida al término municipal de Tauste. Todo ello con el objetivo de tener una librería digital georeferenciada para su consulta, divulgación y su futura utilización si es preciso, utilizando los programas informáticos conocidos como Sistemas de Información Geográfica, SIG (archivos vectoriales y raster, proyectados). Asimismo, se facilita en versión impresa una copia en formato papel DIN A4 y DIN A3 de todos los mapas temáticos propios para el municipio de Tauste que forman esta serie cartográfica. .

En este trabajo se presenta una serie cartográfica compuesta por un total de 19 mapas a una resolución digital de 5 y 25 m, en función de la temática, con una calidad de impresión que permite su publicación en papel sin perder gran detalle.

La información que se presenta en este proyecto de investigación es de utilidad para el conocimiento y divulgación de datos que, por un lado están disponibles en servidores de acceso libre como el Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR) o el servicio de descarga cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), pero que son de compleja difusión para el usuario que demanda una información sin necesidad de conocer los mencionados Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, se añaden nuevos datos e información inédita que se ha derivado ex profeso para este trabajo de investigación mediante la utilización de herramientas SIG.

Esta primera parte del proyecto ha consistido en una labor de recopilación, descarga y tratamiento de la información existente de forma libre y gratuita en los portales oficiales (SITAR - IGN), y su utilización para derivar nueva información mediante las herramientas SIG. Todo ello restringiendo y depurando el material digital al término municipal de Tauste, con el fin de obtener los mapas propios que forman esta serie cartográfica exclusiva y original para el municipio de Tauste.

Junto a esta memoria de investigación se presenta a modo de anexo i) todo el material digital que sirve para crear los mapas así como ii) los mapas impresos. Todo ello entrará a formar parte de los fondos de la biblioteca de la Asociación Cultural "El Patiaz" como material digital y fondos impresos para su divulgación y uso en cuestiones medioambientales y de ordenación del territorio.

1.2. Área de estudio

Este trabajo de investigación se lleva a cabo para el término municipal de Tauste que ocupa una superficie aproximadamente 405 km². La villa de Tauste es un municipio aragonés situado en la provincia de Zaragoza, pertenece a la comarca de las Cinco Villas y está situado a una altitud de 274.7 m por encima del nivel del mar (Figura 1). Es la más meridional de las Cinco Villas de Aragón y se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Arba próximo a su desembocadura en el río Ebro. Limita al norte con Ejea de los Caballeros y Castejón de Valdejasa, al sur con Gallur, Pradilla de Ebro y el río Ebro, al este con Zaragoza y Remolinos, y al oeste con las Bardenas de Navarra.

El clima es Mediterráneo con una cierta continentalidad, con una precipitación y temperatura media anual de 397 mm y 14.6 °C (AEMET). El municipio participa de cuatro ámbitos naturales bien diferenciados: i) las riberas del río Ebro y Arba donde se localizan los campos de cultivo en regadío, ii) las zonas de secano que han sido transformadas en regadío, iii) el secano como tal y iv) los relieves estructurales formados por muelas y las sierras, entre las que destacan las estribaciones de los llamados Montes de Zuera y El Castellar.

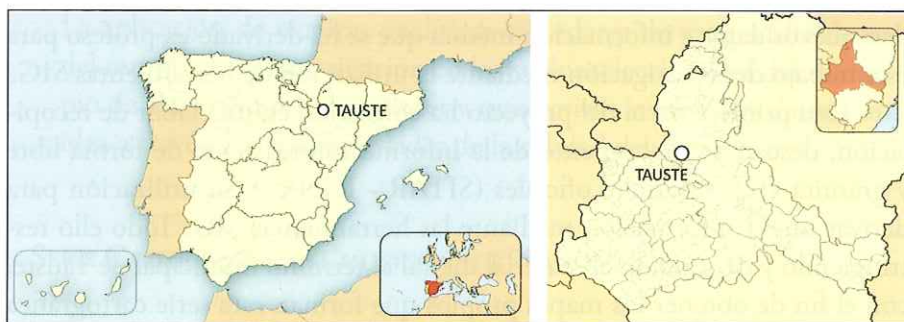


Figura 1. Ubicación del municipio de Tauste, provincia de Zaragoza, España.

1.3. Metodología

Delimitada la zona de trabajo al término municipal de Tauste, se ha recopilado la toda la información temática y cartográfica necesaria disponible en los servicios públicos de descarga. Para este trabajo se han consultado las bases de datos e información disponible por el SITAR y el

servicio de documentación geográfica del IGN, accediendo a sus portales de descarga mediante sus respectivas páginas web: SITAR Sistema de información territorial de Aragón (<http://sitar.aragon.es/>), IGN Instituto Geográfico Nacional (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

Para generar los 19 mapas que forman la serie cartografía objeto de esta investigación se ha requerido el uso de los Sistemas de Información Geográfica SIG, mediante el uso del programa informático ArcGIS 9.2 - ArcMap.

En función del tipo de mapa resultante, se ha contado con tres metodologías diferentes de trabajo, en función de si el mapa se corresponde a figura 2.

I. Mapa Ortofoto

Para la que se han utilizado las 69 ortofotos a resolución de 5 m del vuelo del 2006 que cubren el territorio municipal de Tauste y que están disponibles, de forma gratuita en la actualidad, en el SITAR.

II. Mapas derivados del MDE

Parámetros topográficos inéditos para el área de estudio derivados de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 9.2) sobre el modelo digital de elevación del terreno (MDE) descargado del IGN.

III. Mapas temáticos reclasificados

Mapas temáticos resultado de una reclasificación, revisión y tratamiento de los mapas existentes a escala de Aragón facilitados por el SITAR.

I. Mapa Ortofoto	III. Mapas temáticos reclasificados
1. Mapa Ortofoto	8. Mapa de suelos (FAO)
	9. Mapa Litológico
	10. Mapa Geomorfológico
II. Mapas derivados del MDE	11. Mapa de Ocupación de suelo (Corine Land Cover - SIOSE)
2. Modelo Digital del Terreno	12. Mapa de Riesgos de Erosión
3. Mapa de Elevaciones	13. Mapa de Vulnerabilidad
4. Mapa de pendientes	14. Mapa de Permeabilidad
5. Mapa de pendientes (rangos)	15. Mapa de Lugares de Interés Comunitario (LIC)
6. Mapa de Aspecto	16. Mapa de Puntos de Interés Geológico (PIG)
7. Mapa de Acumulación de flujo	17. Mapa de Zonas de Monte
	18. Mapa de Terrenos Cinegéticos
	19. Mapa de Zonas de especial Protección para las Aves

Figura 2. Resumen de la Serie Cartográfica.

1.3.1. Ortofoto del territorio

A partir de la información disponible en el servidor de descargas del SITAR se han seleccionado las 69 subhojas que cubren el término municipal de Tauste para obtener el mapa con la ortofoto a resolución de 5 m del área de estudio (Figura 3). El mapa está formado por un mosaico de ortofotografías obtenidas por rectificación de imágenes aéreas, dentro del espectro visible, con una resolución de 50 cm. Se definen como una imagen métrica del terreno que fija el estado del mismo a una fecha determinada, en este caso se corresponden al vuelo de 2006.

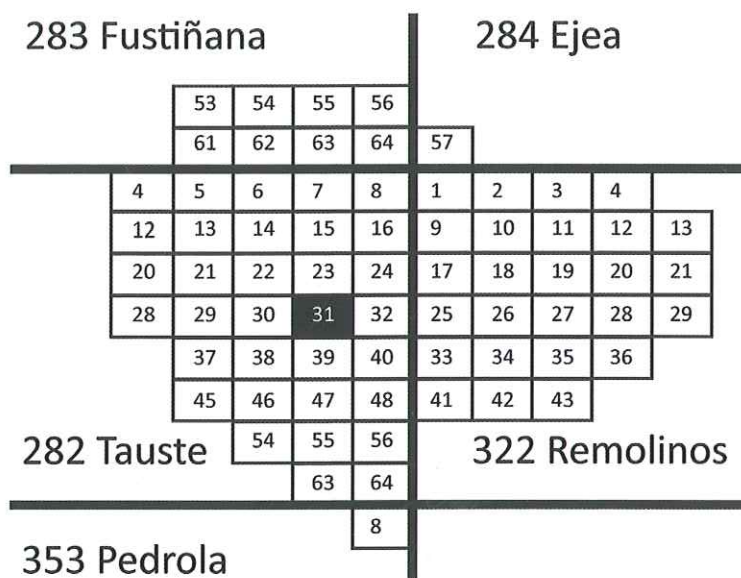


Figura 3. 69 orto-fotos de las sub-hojas de la serie cartográfica 1:5.000 (fuente: SITAR).

1.3.2. Modelo digital del terreno y parámetros topográficos derivados

La metodología utilizada para crear los mapas derivados del modelo digital de elevaciones del territorio (MDE) se presenta en la figura 4. Tomando como información de partida el MDE de la serie cartográfica escala 1:50.000 descargado en el IGN, se han derivado el mapa de elevación (m) y diferentes mapas de propiedades topográficas e hidrológicas.

Para elaborar estos mapas se han utilizado los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en concreto las extensiones Arc Hydro, y las

herramientas de análisis de superficies (Surface Analyst en Spatial Analyst y 3D Analyst del Arc Tools Box del programa) del programa ArcGIS 9.3 (ArcMap). El resultado son la obtención de 6 mapas temáticos derivados del mde a un detalle o resolución de 25 x 25 m.

1.3.3. Mapas temáticos reclasificados

La serie cartográfica se completa con los mapas de temática ambiental restringidos al municipio de Tauste, reclasificados a partir de la descarga de los mapas temáticos a escala de Aragón disponible en el SITAR. Mediante herramientas SIG se ha extraído la información temática referente al municipio y se han elaborado los nuevos mapas en los que la información ha sido revisada y modificada para el término municipal, obteniendo los 12 mapas temáticos reclasificados para el municipio de Tauste. En la figura 5 se muestra un esquema de la metodología utilizada para la creación de los mapas reclasificados a partir de los mapas a escala de Aragón.

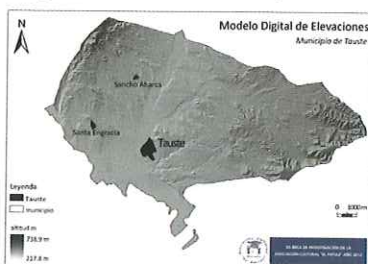
Utilizando los Sistemas de Información Geográfica SIG, en concreto la herramienta "Clip" (Geoprocessing ArcToolbox) de la aplicación ArcMap 9.3, se ha aislado y extraído la información referente al municipio de Tauste utilizando el contorno del límite municipal. Toda la información ha sido revisada y modificada mediante herramientas de edición (Creating and Editing Shapefiles en ArcMap) en base a información de mayor detalle de la zona de estudio y el reconocimiento de campo, adaptando las leyendas al contenido y homogeneizando la presentación de los diferentes mapas a la sistemática elegida en esta investigación y para la elaboración de esta serie cartográfica del municipio de Tauste.

A partir de la información en IGN



Escala 1:50.000

Modelo digital del territorio (resolución 25 m)



Mapas digitales y temáticos del municipio de Tauste

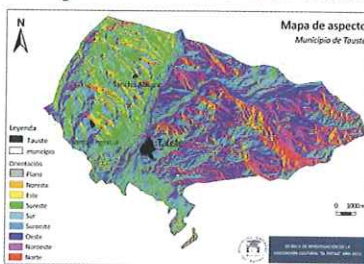


Figura 4. Esquema metodológico para generar los mapas derivados del mdt utilizando herramientas SIG (fuente: IGN).

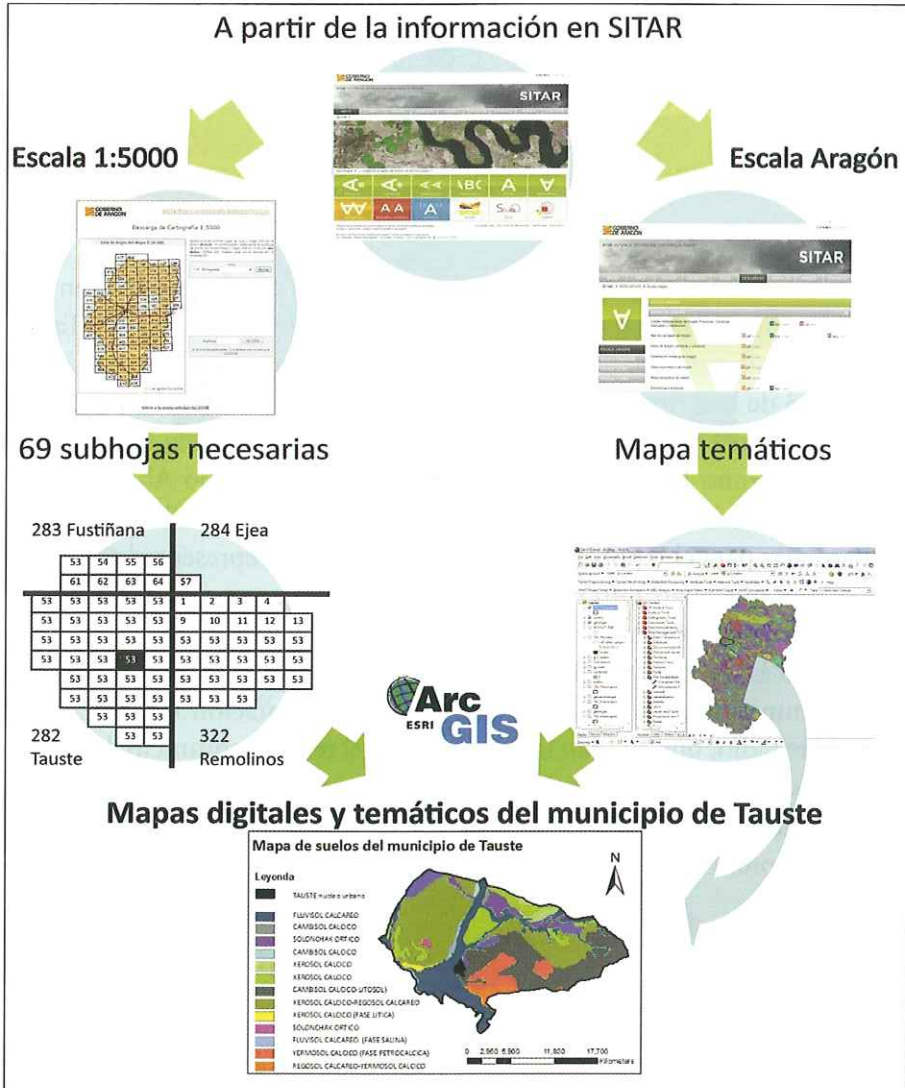


Figura 5. Esquema metodológico para generar el mapa de la orto-imagen y los mapas temáticos del término municipal de Tauste (fuente: SITAR).

1.4. Serie cartográfica para el municipio de Tauste

A continuación se describen cada uno de los 19 mapas de la serie cartográfica del municipio de Tauste.

1.4.1. Mapa Orto-imagen del municipio de Tauste

MAPA 1. Mapa Ortofoto

El primer de los mapas de la serie cartográfica que se presenta en este proyecto se corresponde con la imagen continua del municipio de Tauste (Figura 6), reconstruida a partir de 69 ortofotos de las hojas 283, 284, 282, 322 y 353 de la serie cartografía a escala 1:5.000 de España (Figura 3).

Dentro del término municipal de Tauste se incluyen la localidad de Tauste, así como las pedanías de Santa Engracia y Sancho Abarca, construidas a mediados de los años cincuenta con motivo del Plan de Riegos de Bardenas para el repoblamiento de la zona. Se ha representado el límite municipal, que abarca 405 km², en el que confluyen una gran diversidad de paisajes: i) las zonas de ribera en las proximidades al curso meandriforme del río Ebro, con orientación NO-SE, que se identifican en el borde sur del municipio, y al curso del río Arba, con orientación NE-SW, ii) las áreas de regadío, que ocupan la mitad oeste del término municipal y que se identifican en la orto-imagen con tonos verdosos en los que se distinguen las diferentes parcelas de cultivo, y iii) las zonas esteparias en la mitad este del municipio.

1.4.2. Mapas derivados del modelo digital de elevaciones

MAPA 2. Modelo Digital del Terreno

El modelo digital del terreno (mdt) o modelo digital de elevaciones (mde) utilizado para este proyecto se ha descargado del servicio de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN). El mdt del municipio de Tauste presenta una resolución de 25 m y se han necesitado los fragmentos de 5 hojas de la serie a escala 1: 50.000 para cubrir todo el término municipal (Figura 7).

El rango de elevación varía entre altitudes mínimas de 217.8 m hasta valores máximos de 738.9 m, con un valor medio de elevación de 347.1 m. La localidad de Tauste se sitúa a una altitud de 267 m sobre el nivel del mar.

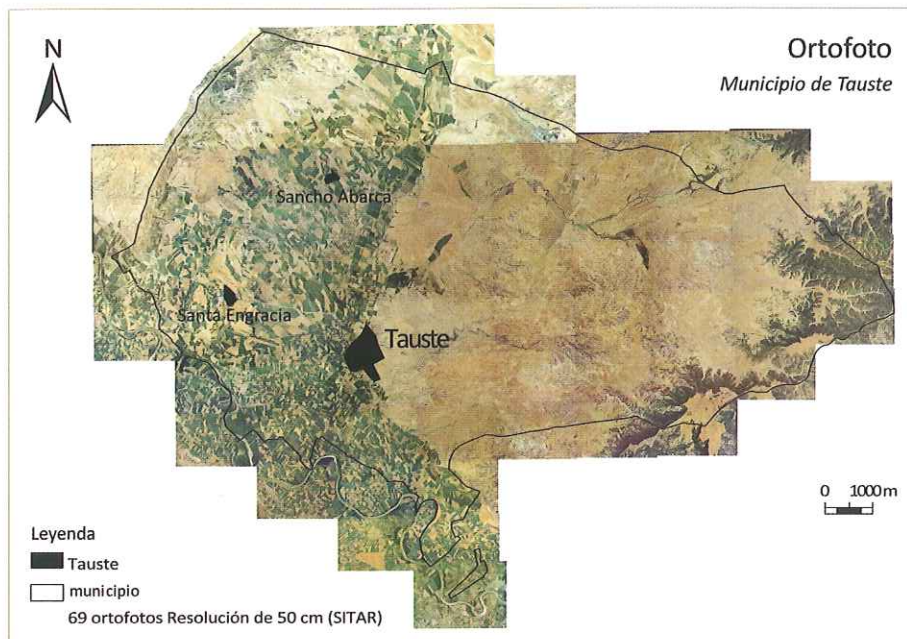


Figura 6. Mapa con la fotografía aérea del municipio de Tauste formado por la composición de 69 ortofotos con una resolución de 50 cm (fuente de los datos de origen: SITAR).

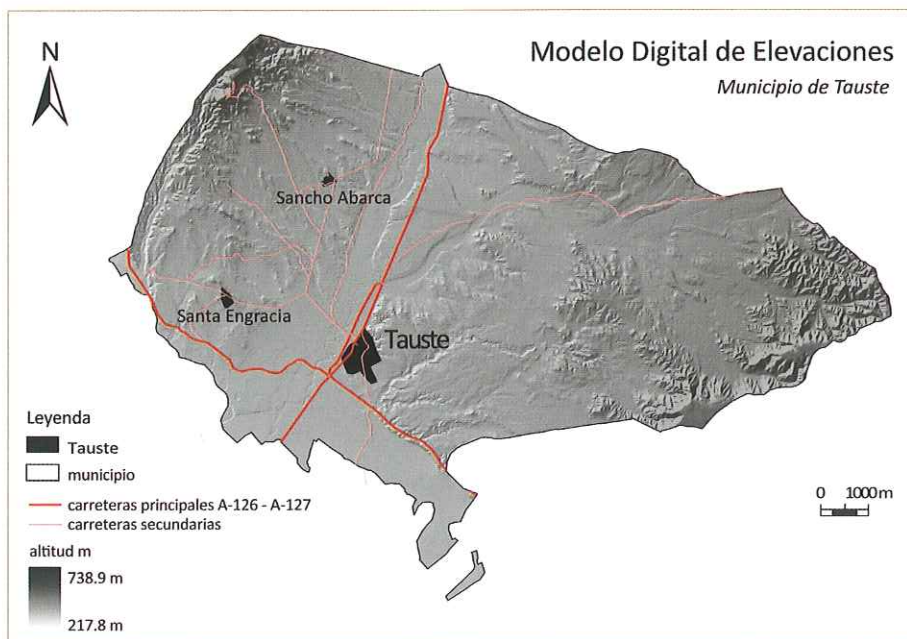


Figura 7. Modelo digital del terreno (mdt) para el municipio de Tauste a resolución de 25 m (fuente de los datos de origen: IGN).

MAPA 3. Mapa de Elevaciones

Al reclasificar este mapa en rangos o bandas de elevaciones de 100 metros (Figura 8), se observa un predominio de zonas con altitudes menores a 300 m (165.9 km²) y entre 300 y 400 m (149.1 km²), seguidas de las zonas situadas entre 400-500 m de altitud, que ocupan una superficie de 53.1 km². Menor extensión ocupan las zonas situadas entre los 500-600, 600-700 y mayores a 700 m, que representan respectivamente 21.5, 12.9 y 2.7 km².

La distribución de las bandas o rangos de elevación sigue un patrón ligeramente simétrico, con un predominio de las zonas de menor altitud en la zona centro del término municipal y un aumento de la altitud hacia los extremos oeste y este del municipio, perdiendo poco a poco entidad en cuanto a su extensión, y alcanzando las mayores altitudes en el borde este del municipio.

Para trabajos en los que se requiera una escala de trabajo de mayor detalle, el SITAR permite la descargar del mdt con una resolución de 5 m. Para cubrir todo el término municipal se requerirá la descarga de los 69 mdt correspondientes a las sub-hojas de la serie cartográfica a escala 1:5000 utilizadas anteriormente para componer la orto-imagen de la figura 6. Con el mdt del municipio de Tauste como fuente de partida y utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para derivar parámetros topográficos e hidrológicos, se han elaborado los mapas de pendiente, aspecto y flujo acumulado. Para ello se ha utilizado el software ArcGIS 9.3 (Arc Map), introduciendo el mdt en formato raster, con una resolución de pixel de 25 m (cada celda 625 m²) y proyectando la capa en el sistema de coordenadas European Datum 1950, GCS_ED_50 (UTM zona 30 N).

MAPA 4. Mapa de Pendientes

El mapa de pendientes (Figura 9) se ha generado a partir del mdt del municipio de Tauste utilizando la extensión *Spatial Analyst Tools* de ArcGIS 9.3 (*Slope*), obteniendo un mapa de valores continuos de pendiente expresado en porcentajes.

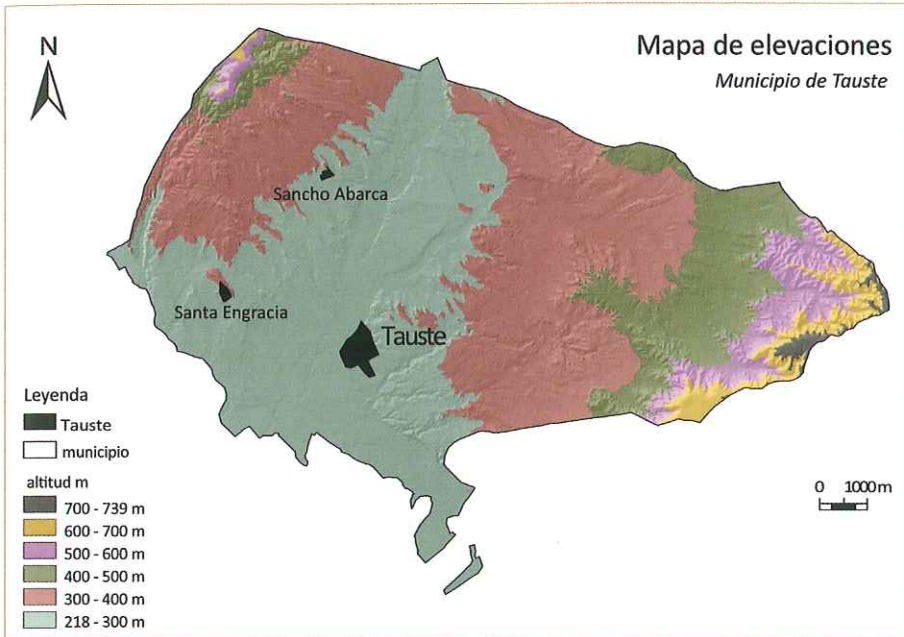


Figura 8. Mapa con las bandas de elevación cada 100 m (fuente de los datos de origen: derivado del mdt).

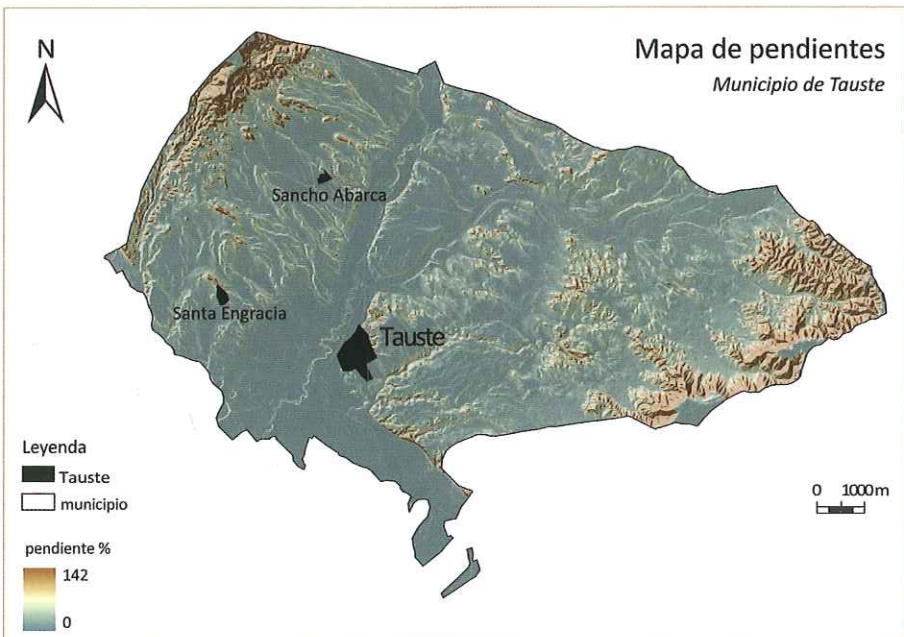


Figura 9. Mapa de pendientes para el municipio de Tauste (fuente: derivado del mdt).

MAPA 5. Mapa de Pendientes (rangos)

El mapa de pendientes reclasificado o en rangos (Figura 10) es una reelaboración de los resultados obtenidos del mapa de pendientes, agrupando los resultados en tres niveles diferenciados para identificar la zonas de baja (0-3%), media (3-12%) y alta pendiente (> 12%).

Las zonas de baja pendiente representan un 45% de la superficie estudiada (183.5 km²), las zonas de media pendiente ocupan una extensión de 153.8 km² (38% de la superficie), mientras que las zonas de alta pendiente sólo suponen un 17% de la superficie de término municipal (67.9 km²). En cuanto a su distribución, las pendientes bajas se relacionan con el fondo de valle y las áreas de menor altitud, mientras que las pendiente mayores al 12% se identifican en los máximos de elevación relativos en la zona centro del área de estudio y en los bordes oriental y occidental del término municipal.

MAPA 6. Mapa de Aspecto

El mapa de aspecto (Figura 11) representa la orientación de cada pixel dentro de la rosa de los vientos, de tal modo que el 31% de la superficie del término municipal de Tauste tiene orientación norte, y un 45.3% orientación sur, mientras que un 8% de la superficie se orienta al este y un 15.7% al oeste.

MAPA 7. Mapa de Acumulación de flujo

Finalmente se han calculado los parámetros hidrológicos de dirección de la corriente y del volumen de flujo acumulado, teniendo en cuenta el área de la superficie de estudio y restringido al área de drenaje del termino municipal.

Para elaborar el mapa de flujo acumulado (Figura 12) se ha utilizado la extensión *Spatial Analyst Tools* de ArcGIS 9.3. (*Hydrology - Flow accumulation*). Para obtener el mapa final, primero se ha de calcular el mapa de dirección de flujo a partir del mdt y a continuación el mapa de flujo acumulado.

Debido a un predominio de bajas pendientes en el área de estudio se observa un mapa en el que predominan zonas con flujo disperso, mientras que la concentración de flujo coincide con zonas de incisión donde el valor de la pendiente tiene mayor importancia.

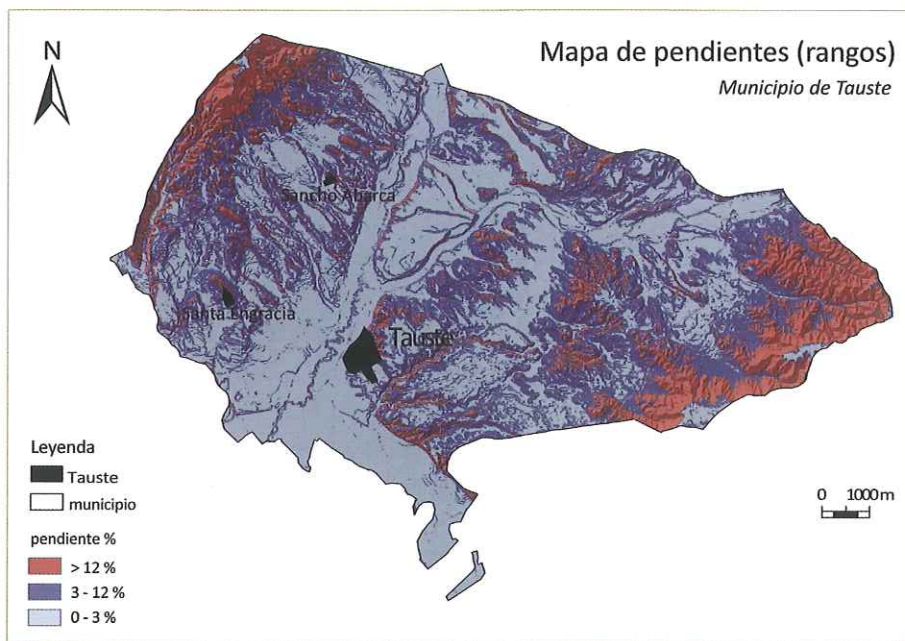


Figura 10. Mapa de pendientes para el municipio de Tauste diferenciando zonas llanas (> 3 %), medias (3-12 %) y de alta pendiente (> 12%) (fuente: derivado del mdt).

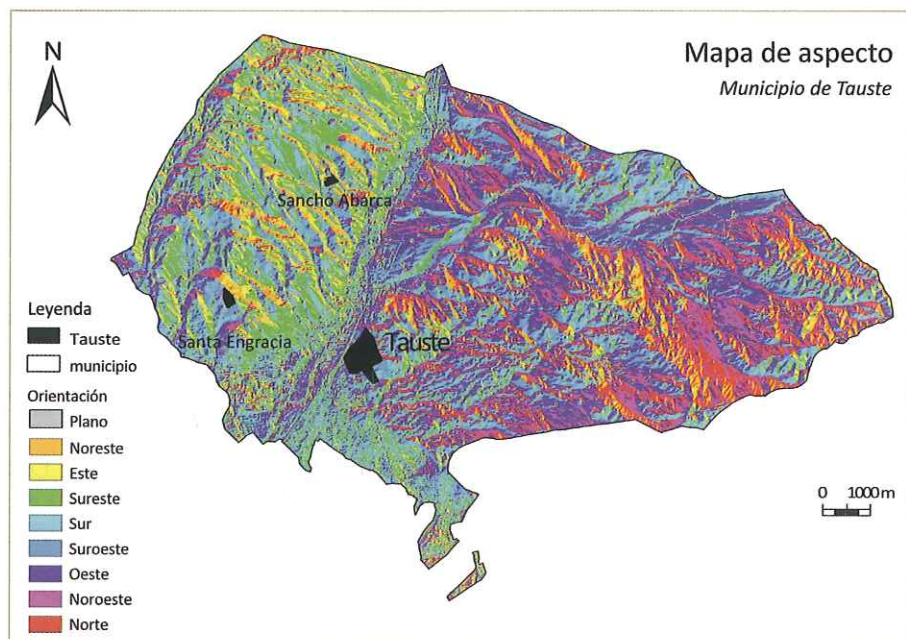


Figura 11. Mapa de aspecto para el municipio de Tauste (fuente: derivado del mdt).

1.4.3. Mapas temáticos reclasificados

MAPA 8. Mapa de Suelos (FAO)

En la figura 13 se presenta el mapa de tipos de suelos para el municipio de Tauste. Este mapa se ha reclasificado siguiendo la clasificación de la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), una base de referencia mundial del recurso suelo, y que es de uso internacional.

En el término municipal predominan los denominados "Calcisoles" que ocupan un 46.3% de la superficie del municipio. Los Calcisoles se definen como un tipo de suelos asociado con un clima árido o semiárido, y en latín significa calcáreo, haciendo alusión a la sustancial acumulación de caliza secundaria. El material original lo constituyen depósitos aluviales, coluviales o eólicos de materiales alterados ricos en bases. Se caracterizan por tener un perfil de suelo de tipo ABC. El horizonte superficial es de color pálido y de tipo ócrico; el B es cámbico o árgico impregnado de carbonatos, e incluso vértico. En el horizonte C siempre hay una acumulación de carbonatos. La sequía, la pedregosidad de algunas zonas, y la presencia de horizontes petrocálcicos someros, son las principales limitaciones a su utilización agrícola. Cuando se riegan y se fertilizan, es necesario que tengan buen drenaje para evitar la salinización, pueden tener una alta productividad para una gran diversidad de cultivos. Las zonas en pendiente se usan preferentemente para pastizal con baja carga de pastoreo. Encontramos diferentes tipos de calcisoles, entre los que predominan los "Calcisoles - Regosoles calcáreos", que representan un 30.9% de la superficie al norte y oeste del término municipal, los "Calcisoles en fase petrocálcica" representan un 8.1% de la superficie y de forma minoritaria los "Calcisoles ss." (1.9%) y "Calcisoles en fase lítica" (0.5%).

Un 22.3% de la zona centro y borde este del término municipal está cubierto por los suelos denominados "Cambisoles". El término Cambisol deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros. Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. Presentan un perfil de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica

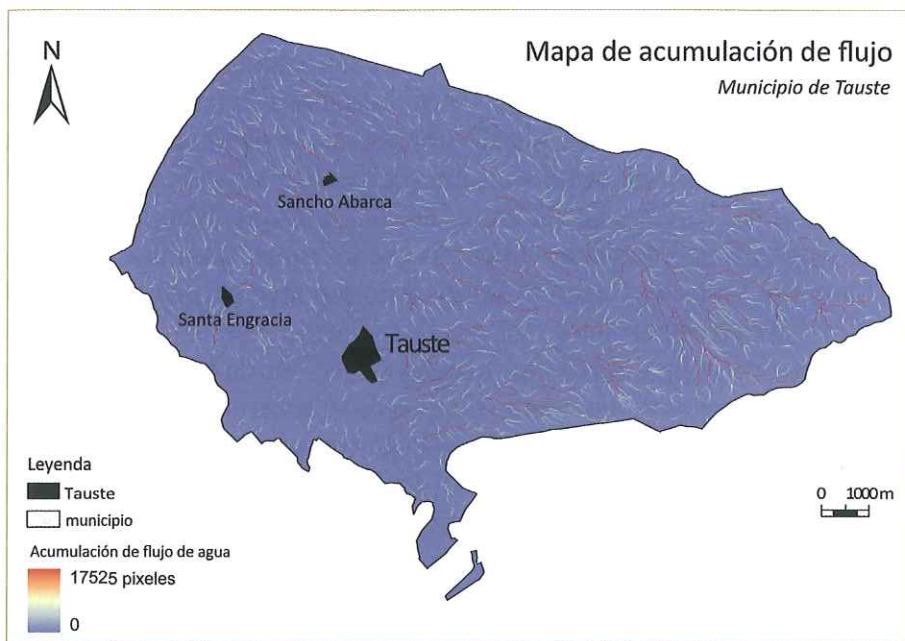


Figura 12. Mapa de acumulación de flujo en el municipio de Tauste (fuente: derivado del mdt).

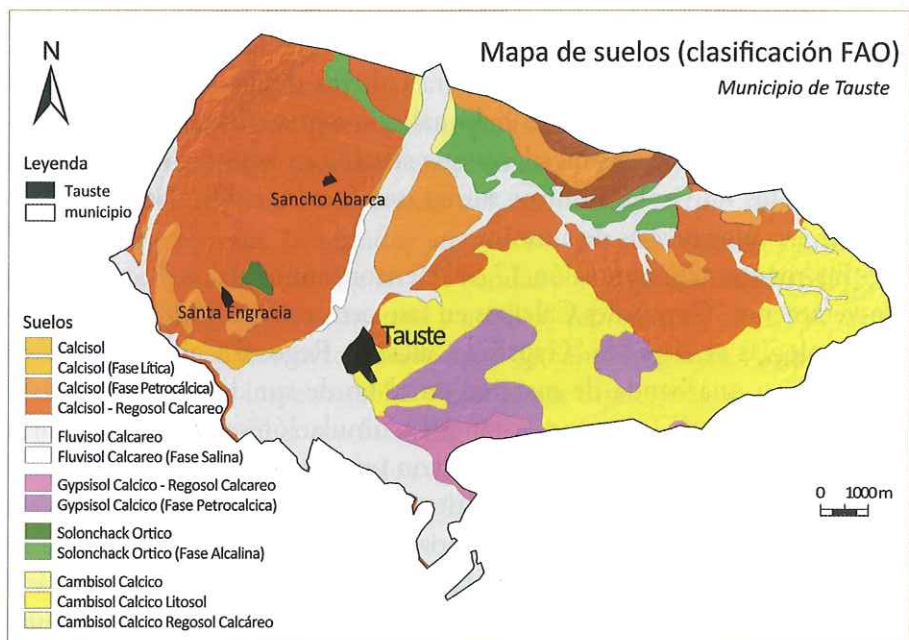


Figura 13. Mapa de suelos (Clasificación de la FAO) para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

y compuestos de hierro y aluminio. Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal como se observa al comprobar los diferentes mapas de pendiente, usos del suelo y tipo de suelo para el área de estudio. El "Cambisol Calcico Litosol" es el tipo predominante que cubre el 21.8% del municipio, mientras que los tipos "Cambisol Calcico" y "Cambisol Calcico - Regosol Calcareo" no suponen más de 0.5%, unas 95 y 117 hectáreas cada uno.

Por su parte los "Fluvisoles" ocupan un 19.7% de la superficie, restringidos a las zonas de aluviones y fondos de valle, siendo predominantes los "Fluvisoles calcáreos" (19.3%) y de carácter puntual el afloramiento de "Fluvisoles calcáreos en fase salina" (0.5%). El término fluvisol deriva del vocablo latino "fluvius" que significa río, haciendo alusión a que estos suelos están desarrollados sobre depósitos aluviales. El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino. Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos. El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes. Los rasgos redoximórficos son frecuentes, sobre todo en la parte baja del perfil. Los Fluvisoles suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente, para pastos. Es habitual que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío. Cuando se drenan, los Fluvisoles tiónicos sufren una fuerte acidificación acompañada de elevados niveles de aluminio.

En menor representación (7.5%) encontramos a los "Gypsisoles", concretamente "Gypsisoles Calcicos en fase petrocalcica" (5.9%) asociadas a las litologías yesíferas, y "Gypsisol Calcico - Regosol Calcareo" (1.6%) restringido a una banda de material en el borde sur del municipio. Los Gypsisoles son suelos con una sustancial acumulación secundaria de sulfato de calcio (del Latín. gypsum, yeso) con un material parental principalmente compuesto por sedimentos aluviales no consolidados, coluviales, depósitos eólicos de material intemperizado ricos en bases. La mayoría se forman en tierras planas y/o accidentadas o depresiones de las regiones áridas; con una vegetación natural que suele ser escasa y dominada por arbustos xerofíticos y/o hierbas efímeras. Presentan un perfil del tipo A-B(T)-C

con un horizonte superficial Ótrico pardo amarillento superpuesto a otro Cámbico pardo, pálido o blancuzco (Réico) y un horizonte Árgico subsuperficial. Las acumulaciones de sulfato de calcio, con o sin carbonatos, se suelen ubicar dentro y por debajo del horizonte B.

Finalmente y en menor proporción o representación en el término municipal (4.2%) encontramos los suelos denominados "Solonchak". El término solonchak deriva de los vocablos rusos "sol" que significa sal y "chak" que significa área salina, haciendo alusión a su carácter salino. El material original lo constituye, prácticamente, cualquier material no consolidado. Se encuentran en regiones áridas o semiáridas, principalmente en zonas permanentemente o estacionalmente inundadas. La vegetación es herbácea con frecuente predominio de plantas halófilas; en ocasiones aparecen en zonas de regadío. El perfil es de tipo AC o ABC y, a menudo, con propiedades gleicas en alguna zona. Los Solonchaks presentan una capacidad de utilización muy reducida, solo para plantas tolerantes a la sal. Muchas áreas son utilizadas para pastizales extensivos y muy limitado al uso agrícola. En el término municipal un 3.9% de la superficie corresponde con los "Solonchak Órtico en fase alcalina" distribuidos a lo largo de la zona norte en un bandeado oeste-este, y un 0.3% con "Solonchak Órtico" restringido a unas 118 hectáreas al norte de Santa Engracia.

MAPA 9. Mapa Litológico

En la figura 14 se presenta el mapa Litológico para el municipio de Tauste. Los materiales predominantes son los "yesos y sales" que representan casi el 20% de la superficie del municipio, lo que suponen una 7867.2 ha de terreno, localizados en la zona este del término municipal distribuidos mayoritariamente en dos bandas con una orientación SO-NE. Por el contrario, los "yesos, margas y arcillas" representan un 2.5% de la superficie y se localizan en los alrededores de Santa Engracia. Ambos coinciden con las zonas impermeables y con zonas catalogadas de baja o muy baja vulnerabilidad. El grupo formado por "glacis, cantos, arenas y arcillas" junto con el de "aluviales y fondos de valle, gravas, arenas y arcillas" representan respectivamente el 17.9 y 17.5% de la superficie del municipio. Los glacis se localizan en los alrededores de los cursos fluviales donde la superficie adquiere un mayor grado de pendiente, mientras que los aluviones y fondos de valle como su propio nombre indica, se sitúan siguiendo el curso del río Arba y afluentes, y el río Ebro a su paso por el término municipal.

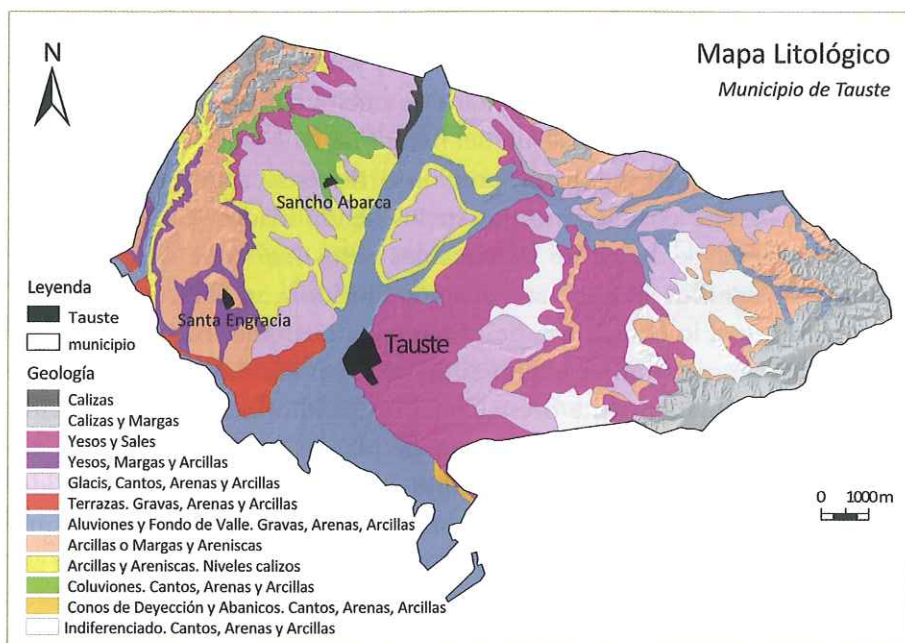


Figura 14. Mapa litológico para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

Las “arcillas o margas y areniscas” representan el 14.6% de superficie localizados en el borde oeste de municipio y puntualmente la zona norte noreste donde la pendiente adquiere mayor entidad. Las “arcillas y areniscas. Niveles calizos” y representan un 9.1% de la superficie localizados en la zona media del municipio, mientras que las “calizas y margas” que ocupan un 8.0% del territorio se identifican en los máximos topográficos del margen este y oeste del término municipal. El denominado “material indiferenciado, cantos, arenas y arcillas” se sitúa en la zona central de la mitad oriental del término municipal abarcando un 6.3% de la superficie. Con una menor entidad, menor al 3% de superficie, aparecen los “coluviones, cantos, arenas y arcillas” (2.1%) puntualmente localizados en la zona noreste junto a Sancho Abarca, las “terrazas, gravas, arenas y arcillas” (2%) al sur de la localidad de Tauste en la confluencia entre el río Arba y río Ebro, y finalmente los “conos de deyección y abanicos, cantos, arenas y arcillas” (0.3%) que representan 133 hectáreas de terreno dentro de los coluviales al norte de Sancho Abarca.

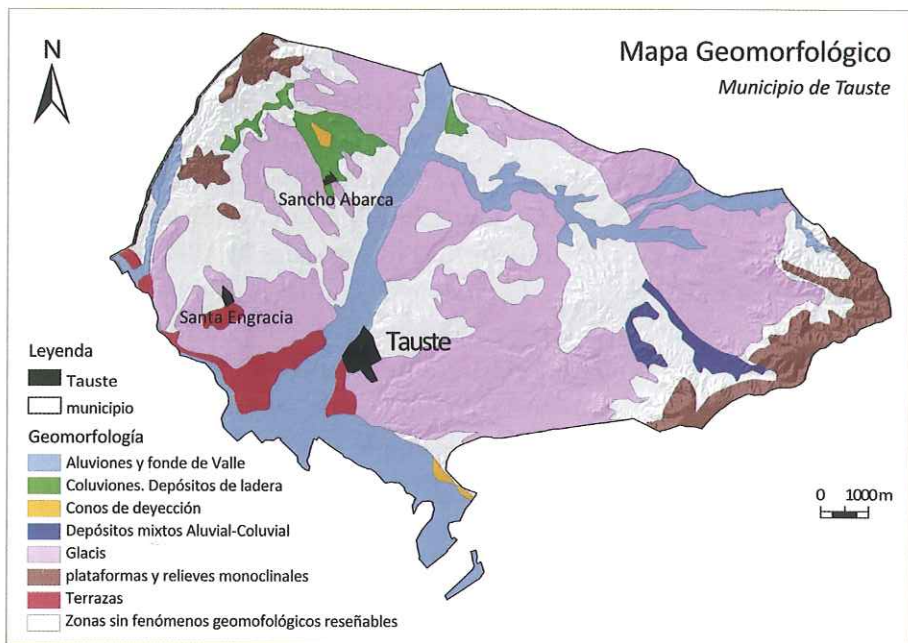


Figura 15. Mapa geomorfológico para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

MAPA 10. Mapa Geomorfológico

En la figura 15 se presenta el mapa Geomorfológico para el término municipal. En un 31% del territorio no se identifican fenómenos geomorfológicos reseñables, mientras que en el 40% restante está representado por los Glacis, que se identifican y se distribuyen a lo largo del todo el territorio. Otros elementos geomorfológicos, que coinciden con las litologías, son las zonas de “aluviones y fondos de valle”, “las terrazas”, los “coluviales y depósitos de ladera” y los “conos de deyección” de los que ya hemos dado su representación en el territorio y localización. Ocupando un 6.2% de la superficie y coincidiendo con las zonas de máxima altitud y materiales calizos, se identifican las “plataformas y relieves monoclinales” y finalmente, los llamados “depósitos mixtos aluvión-coluvial” representan un 1.5% del terreno localizados en la margen oriental del término municipal.

MAPA 11. Mapa de Ocupación de Suelo (Corine Land Cover – SIOSE)

En la figura 16 se muestra el mapa de ocupación del suelo, creado con las bases de datos del conocido “Corine Land Cover” y el mapa “SIOSE” (*El Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España*)

del Instituto Geográfico Nacional. Este mapa corresponde al año 2006 y se observa como un 84.5% del territorio está destinado a un uso agrícola del suelo, en los que rápidamente se diferencian los terrenos de regadío permanentes que ocupan la margen oeste del término municipal con una extensión de 15515 hectáreas (el 38.3% de la superficie), mientras que las tierras de labor en secano ocupan 13800 hectáreas (34.1%) y se localizan en la margen este del municipio. Los arrozales (1.3%) se sitúan en las proximidades del río Arba. El bosque de coníferas (6.6%) se restringe a las zonas de mayor altitud, especialmente en el borde este y localmente en la zona más noroccidental del término municipal. Las zonas de matorral esclerófilo (1.2%), matorral boscoso o de transición (1.2%) y los espacios de escasa vegetación se salpican a lo largo del mosaico de cultivos coincidiendo con zonas de mayor pendiente o litologías más yesíferas o calizas. En este mapa se identifican también las zonas pantanosas o humedales (0.8%) localizados al norte, los tejidos urbanos de Tauste, Santa Engracia y Sancho Abarca (que suponen un 0.5% del territorio) así como las zonas de industria y extracción minera en las proximidades a Tauste (0.3).

MAPA 12. Mapa de Riesgo de Erosión

En la figura 17 se presenta el mapa de riesgo de erosión del municipio de Tauste. En este mapa se representan clasificados en tres niveles, aquellas zonas con riesgo de erosión baja, media y alta. El significado de este mapa está muy relacionado con parámetros topográficos como son el grado de pendiente del terreno, así como el uso que se le da al suelo. Las zonas de baja erosión representan el 46% del municipio y se asocian a zonas de baja pendiente cubriendo el territorio con menor altitud. Las zonas de riesgo de erosión medio suponen el otro 45.6% de la superficie de Tauste y se asocian a las zonas en las que altitud y grado de pendiente van adquiriendo entidad. Entre otras, las litologías yesíferas estarían incluidas dentro de estas zonas de riesgo de erosión media. Finalmente las zonas de riesgo de erosión alto se localizan en las zonas topográficamente más altas, donde a pesar de tener ser materiales de calizas y margas la altas pendiente y exposición lo convierten en las zonas más vulnerables, coincidiendo con las plataformas y relieves monoclinales que presentan permeabilidad alta por fisuración.

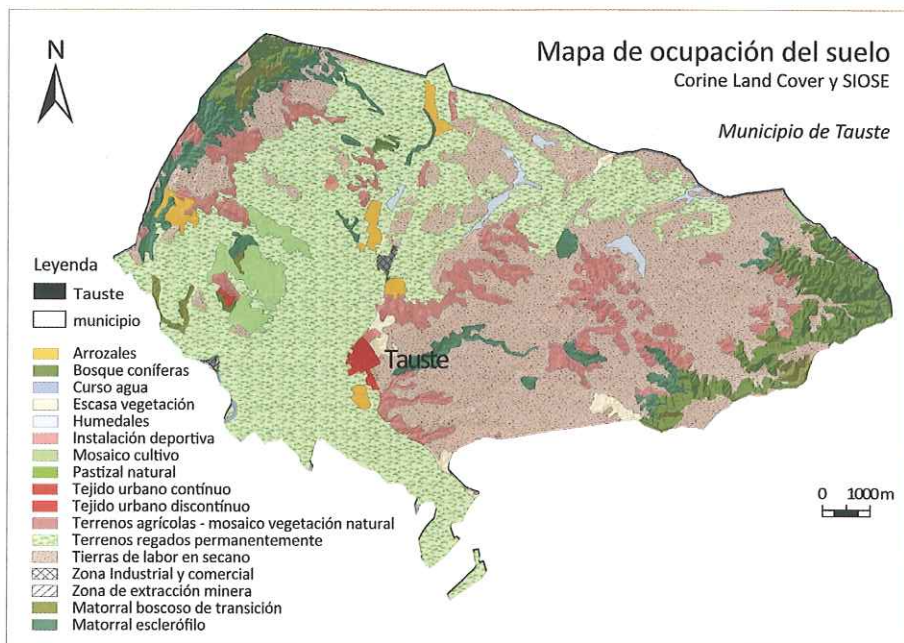


Figura 16. Mapa de ocupación del suelo para el municipio de Tauste. Mapa del Corine Land Cover y Mapa SIOSE (fuente de los datos de origen: IGN).

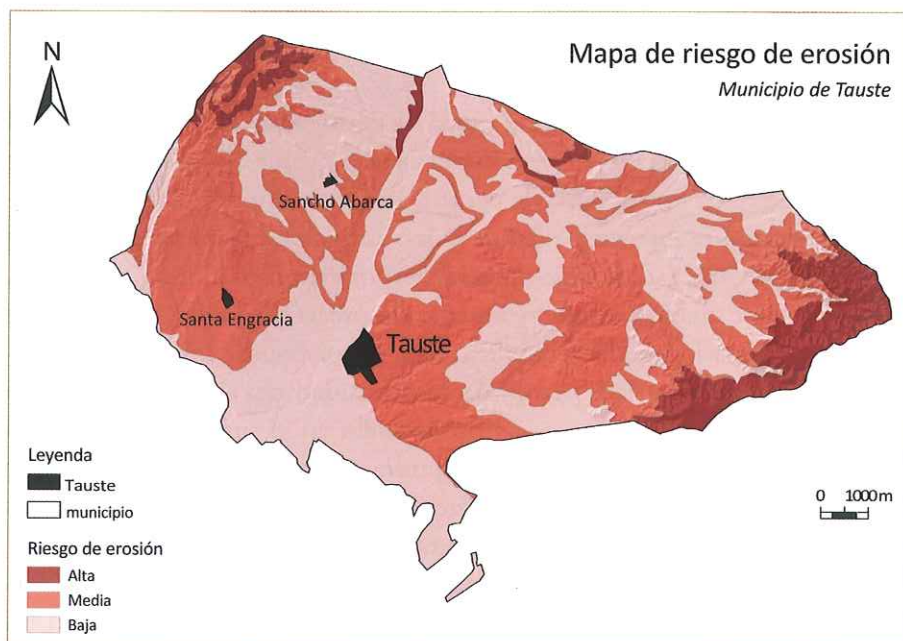


Figura 17. Mapa de riesgo de erosión para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

MAPA 13. Mapa de Vulnerabilidad

En la figura 18 se presenta el mapa de vulnerabilidad para el municipio de Tauste. Este mapa responde a la combinación de diferentes factores y procesos que en función del tipo de suelo, litología y especialmente uso del mismo puede adquirir un grado de vulnerabilidad baja, media, alta o muy alta. Dada la gran ocupación del territorio al uso agrícola, lo que suponen un riesgo para la degradación del suelo, no es de extrañar que el grupo denominado “muy alta vulnerabilidad” sea el de mayor entidad en el término municipal, representando un 46.4% del mismo. Estas zonas coinciden con zonas de erosión baja mayoritariamente, pero su uso exclusivamente agrícola y las zonas más expuestas a la alteración humana, hacen que su vulnerabilidad sea elevada. En el municipio de Tauste predominan. Las zonas denominadas de vulnerabilidad “alta” coinciden esta vez sí con zonas de elevado grado o riesgo de erosión y suponen un 8% del territorio. Las zonas de vulnerabilidad “media” representan un 23.7% de la superficie y se identifican o relacionan con zonas de pendiente media pero con un uso del suelo agrícola de regadío permanente y una permeabilidad baja por porosidad, mientras que las zonas de vulnerabilidad “baja”, que representan un 21.9%, también presentan una pendiente media pero se relacionan con tierras agrícolas de secano con una litología yesíferas.

MAPA 14. Mapa de Permeabilidad

En la figura 19 se presenta el mapa de permeabilidad del suelo para el municipio de Tauste. La permeabilidad es una propiedad que depende de la capacidad que tiene el suelo de permitirle que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se define como suelos permeable si deja pasar a través de una cantidad de flujo apreciable (por ejemplo calizas y areniscas), e impermeable cuando es prácticamente despreciable o nulo el fluido que pudiese atravesarlo (arcilla y basalto). Esta propiedad de los suelos depende de tres factores básicos como son la porosidad del suelo, por lo tanto directamente relacionado con el tipo de suelo en el sustrato, la densidad del fluido y la presión a la que es sometido. Además, la permeabilidad de un terreno suele aumentar por la existencia de elementos geomorfológicos como fallas, grietas o defectos estructurales.

En el municipio de Tauste encontramos zonas de “permeabilidad media y baja por porosidad” igualmente representadas en el terreno con un 23.8% de la superficie. Las zonas de “permeabilidad baja por porosidad”

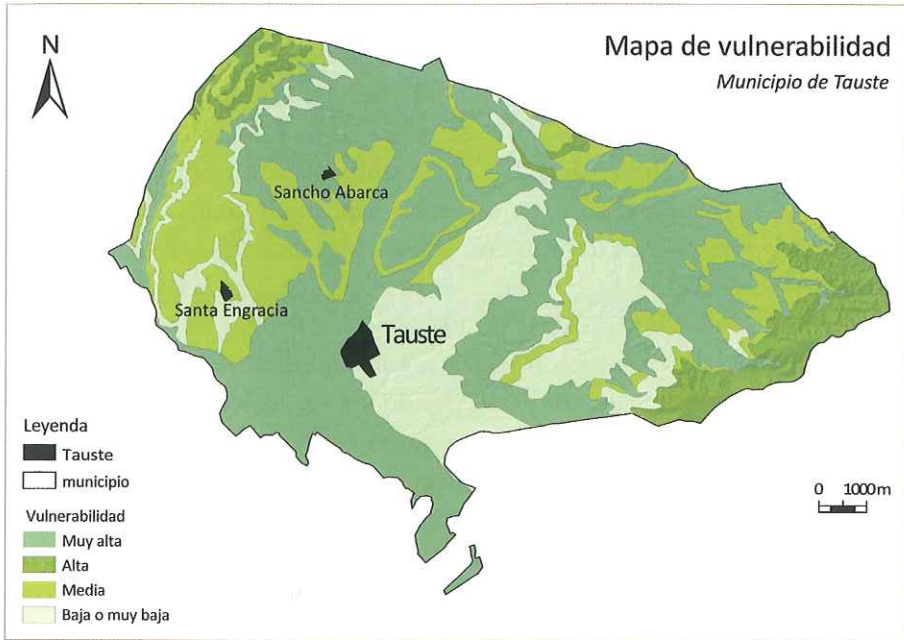


Figura 18. Mapa de vulnerabilidad para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

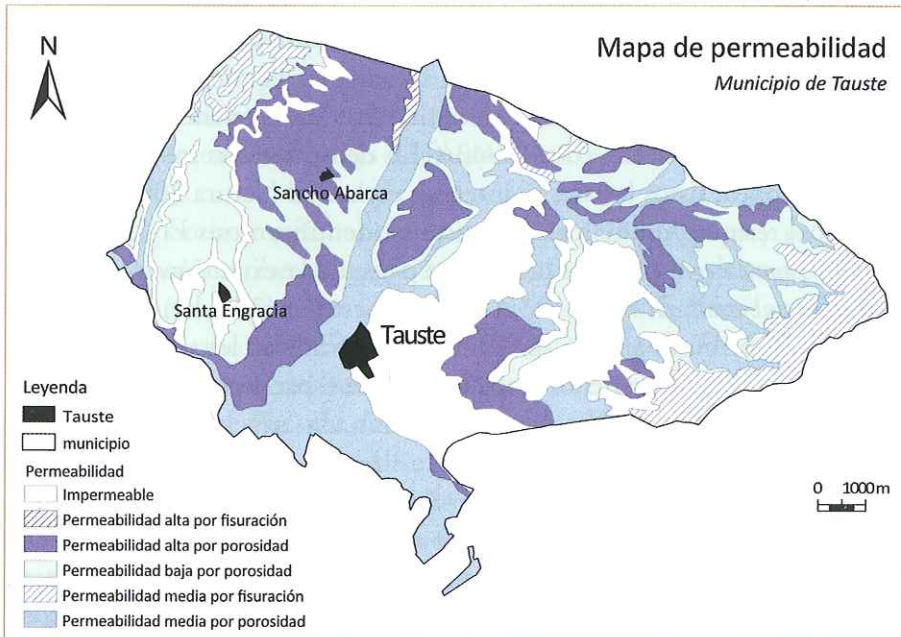


Figura 19. Mapa de permeabilidad para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

se localizan en la zona oeste del término municipal coincidiendo con suelos Calcisoles y litologías margosas con contenido de margas y arenas. Las zonas de “permeabilidad media por porosidad” se identifican en las zonas de los aluviones y fondos de valle en suelos tipo Fluvisol, siguiendo los cauces de los ríos Arba y Ebro. La “permeabilidad alta por porosidad” representa un 22.3% de la superficie y se identifican en suelos con litologías arenosas, las zonas de las terrazas con alto contenido de gravas y arenas, las zonas de glacis con cantos y arenas y los niveles calizos en las proximidades de Sancho Abarca y al norte de la localidad de Tauste. Por su parte las zonas “impermeables” representan un 21.9% de la superficie del municipio y se restringen a los materiales yesíferos, donde los yesos, sales, margas y arcillas son predominantes. Finalmente, y no por efecto de la porosidad sino por procesos de fisuración, se identifican zonas de “permeabilidad media y alta por fisuración”, las cuales no suponen más del 8.3% de la superficie (8 y 0.3% respectivamente) y que se localizan en las calizas y margas de las plataformas y relieves monoclinales sobre suelos tipo Cambisoles Calcicos.

MAPA 15. Mapa de Lugares de Interés Comunitario (LIC)

En la figura 20 se presenta el mapa de Lugares de Interés Comunitario (LIC) del término municipal de Tauste.

Los LIC son todos aquellos ecosistemas protegidos con objeto de contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en el territorio consideradas prioritarias por la directiva 92/43/CEE de los estados miembros de la Unión Europea. Estos lugares se integran en la Red Natura 2000 europea.

En el término municipal de Tauste se identifican tres LIC*, el denominado *Loma negra* (1077.4 ha), y una parte de la extensión que ocupan los *Sotos y mejanas del Ebro* (103.4 ha) y el *Castellar* (27.3 ha).

EL LIC *Loma negra* (ES2430079) está ubicado en los términos municipales de Tauste y Ejea de los Caballeros. Este espacio se corresponde con una superficie elevada sobre el valle, denominada “muela”, con una altura máxima de 642 metros. Son superficies aisladas dada la poca accesibilidad de la ladera, lo que favorece su conservación y su importancia como refugio y reducto de numerosas especies no presentes en el fondo del valle.

Es una zona destinada a usos agrícolas debido a una topografía plana, con el desarrollo de formaciones boscosas y zonas de matorral esclerófilo mediterráneo en los márgenes de los campos de cultivo. El pastoreo y

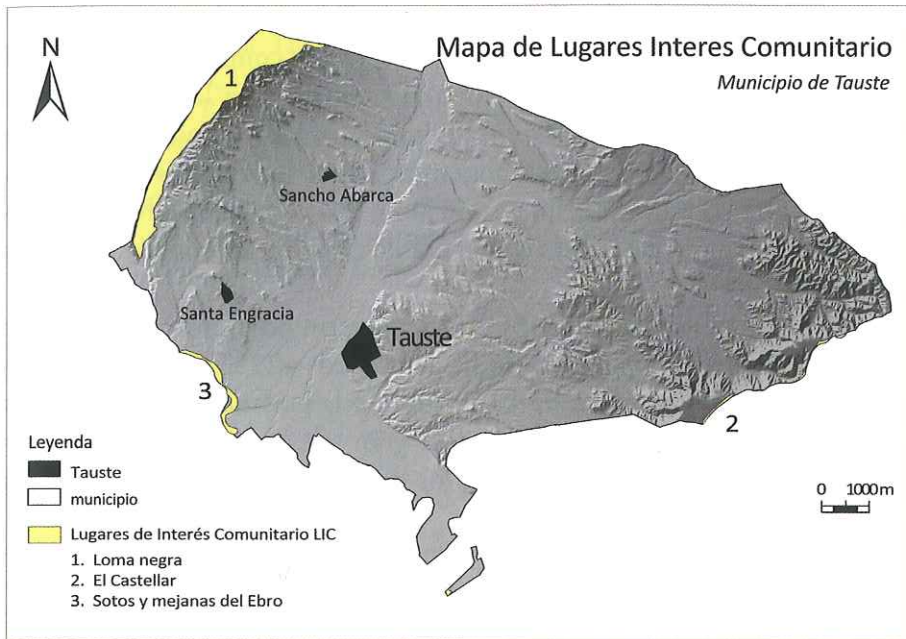


Figura 20. Mapa de Lugares de Interés Comunitario (LIC) para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

la caza son las actividades más frecuentes y su importancia radica en su carácter de isla-refugio respecto a zonas más antropizadas del fondo del valle. Las formaciones vegetales son de gran interés por su variedad y por albergar a numerosas especies de fauna silvestre, destacando Águila real y Alimoche.

El LIC Sotos y mejanas del Ebro (ES2430081) agrupa y protege los restos de bosques ribereños que se localizan a lo largo del cauce del río Ebro en Aragón. Abarca las localidades de Novillas, Gallur, Tauste, Pradilla de Ebro, Boquiñeni, Luceni, Remolinos, Alcalá de Ebro, Cabañas de Ebro, Alagón, Torres de Berrellén, Sobradiel, Utebo, Zaragoza, El Burgo de Ebro, Alfajarín, Fuentes de Ebro, Osera de Ebro, Pina de Ebro, Velilla de Ebro y La Zaida.

La palabra *soto* hace referencia a una arboleda junto al río, mientras que el nombre la *mejana* se utiliza para denominar a las islas que aparecen en el lecho fluvial. Son suelos fértiles y húmedos que permiten el desarrollo de especies caducifolias y donde encontramos carrizales, frondas de sauces, álamos y chopos, tamarices, olmos y fresnos. Ocupan bandas paralelas

al río en las zonas de ribera, pero debido a la presión humana y la presión de las avenidas ya no constituyen un corredor continuo a lo largo del río. Estos espacios naturales actúan como refugio para la fauna silvestre destacando por su apoyo trófico y cobijo a una gran variedad de aves de pequeño tamaño en el proceso migratorio. Son importantes ecosistemas fluviales con una estructura lineal que junto a la vegetación silvestre mantiene la función de islas verdes con la presencia de meandros abandonados o galachos.

El LIC El Castellar (ES2430080) en el término municipal de Tauste sólo está representado por unas 28 ha del total de 12957 ha. Son plataformas tabulares de naturaleza carbonatada con la presencia de formaciones evaporíticas en laderas. Son espacios de gran relevancia para las comunidades gipsícolas ligadas a afloramientos de yesos, en las que destacan las comunidades rupícolas.

*http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/AreasTematicas/MA_Biodiversidad/RedNaturaleza2000/ci.02_Lugares_Importancia_Comunitaria.detalleDepartamento & <http://www.natmaps.com/index.php?>

MAPA 16. Mapa de Puntos de Interés Geológico (PIG)

En la figura 21 se presenta el mapa puntos de interés Geológico - PIG para el municipio de Tauste. El único punto que se incluye como PIG dentro del término municipal es el *Yacimiento de la Balsa de Tamariz*.

Este PIG no está catalogado como punto de importancia nacional, por lo que en muchos registros PIG no está incluido, pero sí se incluye en los inventarios de puntos de interés geológico con carácter regional*. Este yacimiento arqueológico situado a unos 2.5 km al noreste de Sta. Engracia, está clasificado como punto de interés Científico-Cultural y ha sido estudiado desde el punto de vista arqueológico y paleontológico por diferentes autores a lo largo de las últimas décadas. Para más información consultar la bibliografía adjunta.

BIBLIOGRAFÍA sobre el Yacimiento de la Balsa de Tamariz

José Ignacio Royo Guillén y Javier Rey Lanaspá. 1993. Balsa La Tamariz: una aportación al estudio del poblamiento estable de la Edad del Bronce en las Cinco Villas. *Suessetania*, 13, pp. 47-59.

José Ignacio Royo Guillén y Javier Rey Lanaspá. 1993. Balsa la tamariz: un yacimiento de la edad del bronce en la comarca de las cinco villas. *Revista de arqueología- Archaeology Magazine*, 147, pp. 18-27. ISSN 0212-0062.

http://www.academia.edu/3821717/Revista_Arqueologia_147._El_yacimiento_de_Balsa_la_Tamariz._1993._Archaeology_Magazine_147._The_site_of_Balsa_la_Tamariz._1993

José Ignacio Royo Guillén y Javier Rey Lanaspá. 1992. El yacimiento de Hoyos de la Edad de Bronce de la "Balsa de la Tamariz" (Tauste, Zaragoza). *Boletín del Museo de Zaragoza*, 11, pp. 13-38. ISSN 0212-548X.

Gloria Cuenca Bescos y César Laplana Conesa. 1995. Los microvertebrados (anfibios, reptiles y mamíferos) asociados al yacimiento de la Edad del Bronce de La Balsa la Tamariz (Tauste, Zaragoza). *Coloquios de Paleontología*, 47. ISSN 1132-1660.

María Fernanda Blasco Sancho. 1997. Estudio arqueozoológico del yacimiento de la Edad del Bronce de la "Balsa la Tamariz" (Tauste, Zaragoza). *International Journal of archaeozoology*, 6, pp. 115-121. ISSN 1132-6891.

*http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDEQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.icog.es%2F_portal%2Fuploads%2Faragon%2FPIGARagonyotrosart%25C3%25ADculos.pdf&ei=ZEp1UrvnI5GrhQeA9oCoCw&usq=AFQjCNF0FtVmI3Q1pmv_9KLDv1LHGrdosA&sig2=bLWkaNis3x8b18cs5j9LIA&bvum=bv.55819444,d.d2



Figura 21. Mapa de Puntos de Interés Geológico (PIGS) para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

MAPA 17. Mapa de Zonas de Monte

En la figura 22 se presenta el mapa de zonas de monte. Para la elaboración de este mapa se han cartografiado y delimitado las 4205 ha de zonas de monte que se identifican dentro del municipio. Se concentran mayoritariamente en las zonas de mayor altitud en el límite oriental del término municipal y en la parte noroeste coincidiendo como parte de la zona de la *Loma Negra*.

MAPA 18. Mapa de Terreno Cinegéticos

En la figura 23 se presenta el mapa de terrenos cinegéticos, es decir, los terrenos susceptibles de aprovechamiento para la caza que están declarados y reconocidos por la autoridad competente.

El instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) facilita toda la información sobre los terrenos cinegéticos de Aragón, facilitando el acceso a la información de cotos de caza con objeto de acceder a las especies autorizadas en el plan anual para su caza. En la memoria completa de este proyecto se muestra los detalles de los planes de actuación, tanto del plan técnico, el cual fija las directrices de gestión y aprovechamiento cinegético de los cotos y reservas de caza y tiene una validez de 9 años para los cotos de caza mayor y de 5 años para los de caza menor, como del *plan anual de aprovechamiento*, el cual se concreta para cada temporada cinegética y tiene como referencia las conclusiones del seguimiento realizado en la temporada anterior. (Planes de actuación de los terrenos cinegéticos de Aragón <http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Organismos/InstitutoAragonesGestionAmbientall/AreasTematicas/Caza-y-Pescal/ci.TerrenosCinegeticos.detalleDepartamento?channelSelected=fceec15d4ed80310VgnVCM2000002f51bacRCRD>)

Para elaborar el mapa cinegético del municipio de Tauste se han co los datos del mapa a escala de Aragón con la información disponible en la aplicación INACOTOS del Gobierno de Aragón con objeto de verificar y modificar la información cartográfica. Se observa que el municipio está ocupado mayoritariamente por el coto deportivo de caza mayor de la *Sociedad de Cazadores de Tauste* (matrícula: Z 10086 D, nº registro: RTC000965). En la página <https://servicios.aragon.es/inacotos/> se pueden consultar todos los detalles referentes a las especies autorizadas, los resultados de caza, las especies autorizadas en el plan extraordinario y los datos generales de este terreno cinegético que presenta una superficie de 37977.8 Ha y un perímetro de 107.7 Km.

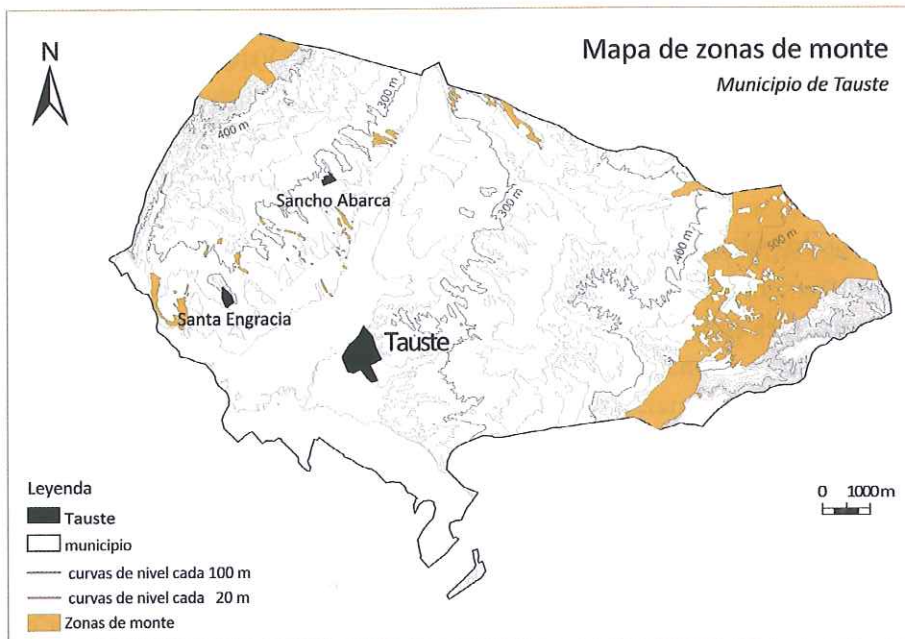


Figura 22. Mapa de zonas de monte para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón). de origen: SITAR escala Aragón).

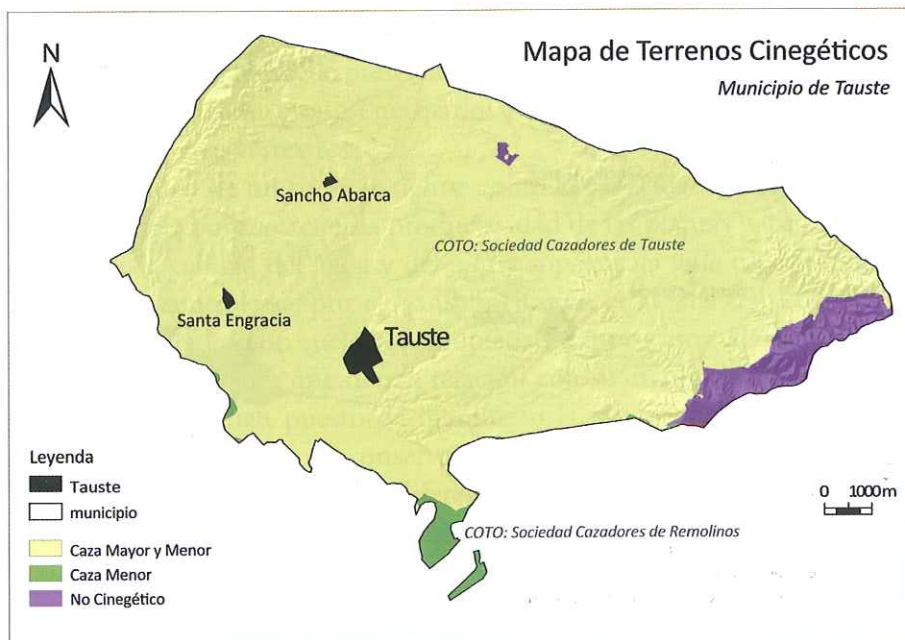


Figura 23. Mapa de terrenos cinegéticos para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

Por su parte, una pequeña área del coto de la *Sociedad de Cazadores de Remolinos* (matrícula: Z 10181 D, nº registro: RTC001051) ocupa la zona sur del término municipal, mientras que las zonas no cinegéticas se localizan en el límite oriental, en las zonas de mayor altitud y con pendientes elevadas, así como en una pequeña zona restringida al norte del municipio.

MAPA 19. Mapa de Zonas de Especial Protección para las Aves

Una Zona de especial protección para las aves (ZEPA) es una categoría de área protegida catalogada por los estados miembros de la Unión Europea como zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción, de acuerdo con lo establecido en la directiva comunitaria 79/409/CEE. Bajo la Directiva, los estados miembros de la Unión Europea asumen la obligación de salvaguardar los hábitats de aves migratorias y ciertas aves particularmente amenazadas. En las zonas de protección se prohíbe o limita la caza de aves (en sus fechas y sus técnicas), se regula la posible comercialización, y los estados están obligados a actuar para conservar las condiciones medioambientales requeridas para el descanso, reproducción y alimentación de las aves.



Figura 24. Mapa de zonas de especial protección para las aves en Aragón para el municipio de Tauste (fuente de los datos de origen: SITAR escala Aragón).

Las ZEPA forman una red de lugares protegidos por toda la Unión Europea, llamada Natura 2000.

El término municipal de Tauste cuenta en la actualidad (2013) con dos zonas de especial protección para las aves con presencia de avifauna protegida (Figura 24). Una de ellas se localiza en el límite oriental del término municipal coincidiendo en parte con zonas no cinegéticas, denominada por el SITAR como *Montes de Zuera, Castejón de Valdejasa El Castellar*, y con una extensión de 1899.3 ha. Por su parte la denominada Loma la Negra - Bardenas, con una extensión de 1996.9 ha, se localiza en el límite superior occidental del término.

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS SUELOS DE TAUSTE

2.1. Introducción

En los últimos años existe una preocupación creciente sobre la pérdida y degradación de los suelos a nivel global (Pimentel, 2006). El suelo es uno de los constituyentes fundamentales de la biosfera y su degradación favorece la pérdida de su estabilidad intensificando los procesos de erosión, aumentando las tasas de pérdida de suelo y disminuyendo su productividad. Por ello, estudios sobre el estado de conservación del suelo para implementar estrategias de preservación del suelo e intensificar la calidad y sostenibilidad del mismo son necesarios y de interés para mejorar el futuro de los ecosistemas terrestres.

La calidad de un suelo se define como la capacidad de un tipo específico de suelo para sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener la calidad del agua y del aire y soportar la vida en condiciones naturales o controladas por el hombre (Karlen et al., 1997). Los indicadores de calidad de un suelo son propiedades o procesos edáficos, físicos, químicos y biológicos que tienen relación con su estado de conservación. Trabajos previos han puesto de manifiesto la importancia de abordar el estudio de indicadores de conservación del suelo que permiten conocer la estabilidad de un suelo con diferentes coberturas vegetales para implementar estrategias adecuadas de preservación de los suelos en el Prepirineo Aragonés (Quijano et al., 2012).

En este proyecto se ha realizado una completa caracterización físico-química de tres suelos característicos del municipio de Tauste, en los que se han analizado diferentes propiedades que sirven como indicadores del

suelo para describir la calidad del mismo, entre los que destacan, el contenido de carbono orgánico del suelo (SOC) así como el contenido y distribución en el suelo del radioisótopo ^{137}Cs y los minerales magnéticos. El SOC es el constituyente fundamental de la materia orgánica y se considera un excelente indicador de la calidad de un suelo (Reeves, 1997; Haynes, 2005; Navas et al., 2012) puesto que está relacionada con su estabilidad estructural y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo (Doran et al., 1996). Por su parte la distribución de los minerales magnéticos en un perfil de suelo ayuda a estimar el grado de degradación de un suelo (Sadiki et al., 2009), siendo la susceptibilidad magnética la propiedad que se relaciona directamente con la concentración de los minerales magnéticos presentes en el suelo. Por su parte, las técnicas radiométricas, y en concreto la aplicación del radioisótopo artificial ^{137}Cs , ha sido utilizada en numerosos estudios a nivel mundial como marcador de los procesos de erosión del suelo, incluidos los suelos aragoneses (Navas, 1995; Navas et al. 2005; Gaspar 2011; Gaspar et al., 2013), en el que la redistribución del suelo contribuye a la variabilidad espacial de la calidad del suelo (Pennock, 2000). Todas estas técnicas, y en líneas generales, sugieren que si un suelo no está degradado presentará una evolución creciente del carbono orgánico, la susceptibilidad magnética y de ^{137}Cs desde la base del perfil del suelo hasta la superficie.

El objetivo de esta parte del proyecto es realizar una completa caracterización físico-química de tres perfiles de suelos característicos de la zona, muestreados en el término municipal de Tauste: un suelo tipo Gypsisol, un Calcisol y un Fluvisol. Pretende ser un ejemplo de cómo aplicar técnicas de análisis de suelos, tanto estándares como de vanguardia dentro del mundo de la investigación, para su transferencia desde los centros de investigación a empresas gestoras y agricultores, con objeto de proponer indicadores que ayuden a caracterizar los suelos y sirvan de información para abordar problemas medioambientales como el grado de conservación de suelos. Todo ello con el fin de potenciar las prácticas de un manejo apropiado del suelo, con objeto de optimizar y mejorar el funcionamiento de los ecosistemas.

El análisis de estas propiedades en los perfiles de suelo tipo seleccionados nos permitirá i) realizar la caracterización de estos tres tipos de suelos del municipio de Tauste, mientras que los resultados obtenidos del contenido de SOC, SM y ^{137}Cs , aportarán información como indicadores de calidad sobre i) los procesos de mineralización del carbono, ii) el estado de

degradación del suelo mediante el contenido del análisis de susceptibilidad magnética y iii) los procesos erosivos del suelo mediante la aplicación de técnicas radiométricas.

2.2. Área de estudio y suelos seleccionados

Se han seleccionado tres suelos tipo del municipio de Tauste, un Gypsisol (P1), un Calcisol (P2) y un Fluvisol (P3). Estos tres tipos de suelos además de ser los más representativos del municipio son de los suelos más vulnerables de la zona de estudio (Navas et al., 1998; Machín y Navas, 1989) (Tabla 1).

Suelo	Perfil %	Huso	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud m	Profund. cm	Muestras
Gypsisol	P 1	30	0645704	4640015	258	25	5
Calcisol	P 2	30	0646912	4648387	284	20	4
Fluvisol	P 3	30	0643274	4641343	241	25	1

Tabla 1. Características de los 3 perfiles tipo de suelos del municipio de Tauste.

La extracción de los perfiles de suelo inalterados se ha llevado a cabo con un muestreador manual. De los tres perfiles de suelo muestreados, el Gypsisol (P1) y el Calcisol (P2) fueron seccionados a intervalos de 5 cm para conocer la distribución en profundidad de las diferentes propiedades físico-químicas ya que corresponden con suelos no cultivados por lo que mantendrán su perfil en profundidad inalterado y podremos analizar la distribución de los parámetros analizados. Por su parte el Fluvisol (P3) que corresponde con un suelos cultivado se muestreó como un único testigo sin seccionar ya que las labores agrícolas de labranza homogenizan el perfil de suelo y hacen que los parámetros analizados muestren una distribución homogénea a lo largo del perfil arado (que en ocasiones puede alcanzar los 20 cm).

En la figura 25 se observa la localización de los tres puntos de muestreo así como la profundidad que se ha alcanzado y el número de intervalos seccionados a 5 cm de profundidad. El Gypsisol no cultivado (P1) alcanza los 25 cm de profundidad y está compuesto por 5 muestras de suelos, por su parte el Calcisol no cultivado (P2) alcanza una profundidad de 20 cm, con 4 muestras seccionadas de suelos, mientras que el Fluvisol cultivado (P3), sin seccionar, que alcanza una profundidad de 25 cm.

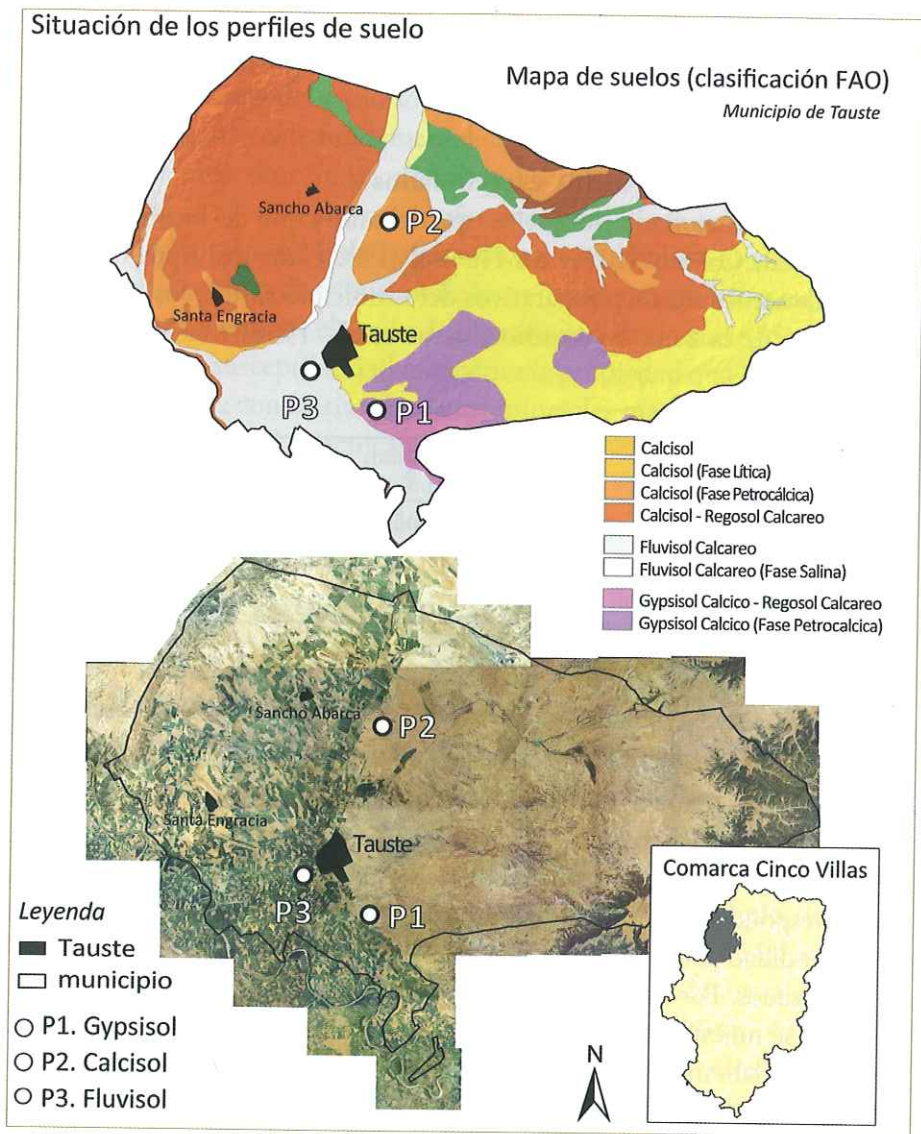


Figura 25. Situación de los puntos de muestreo.

En la figura 25 se localiza, dentro del término municipal de Tauste, la situación de los puntos de muestreo sobre los mapas de tipo de suelo y sobre la ortofoto, ambas de la serie cartográfica generada en el capítulo 1 de este proyecto de investigación.

En las figuras 26.a, 26.b, 26.c se presenta en detalle cada punto muestreado y se ofrece una breve descripción de los tipos de suelo seleccionados.



Figura 26. Fotografía de la extracción de los tres suelos tipo en el municipio de Tauste: a) P1 Gypsisol, b) P2. Calcisol y c) P3. Fluvisol.

Los Gypsisoles (Figura 26.a | P1 Gypsisol) son suelos con una acumulación secundaria sustancial de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Estos suelos se encuentran en la parte más seca de la zona de clima árido, lo que explica que los sistemas líderes de clasificación de suelos hayan denominado a muchos de ellos como suelos de desierto (antigua Unión Soviética), y Yermosoles o Xerosoles (FAO–UNESCO, 1971–1981).

Según la descripción resumida de Gypsisoles que proporciona la FAO (2007), son suelos con acumulación sustancial de sulfato de calcio secundario; del griego gypsos, yeso. El material parental son principalmente depósitos aluviales, coluviales y eólicos no consolidados de material meteorizable rico en bases. Predomina en áreas de tierras llanas hasta con colinas y depresiones (e.g. antiguos lagos interiores) en regiones de clima árido. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos y árboles xerófitos y/o pastos efímeros. En cuanto al desarrollo del perfil: Horizonte superficial



Figura 26. Fotografía de la extracción de los tres suelos tipo en el municipio de Tauste: a) P1 Gypsisol, b) P2. Calcisol y c) P3. Fluvisol.

de color claro; acumulación de sulfato de calcio, con o sin carbonatos, concentrada en el subsuelo

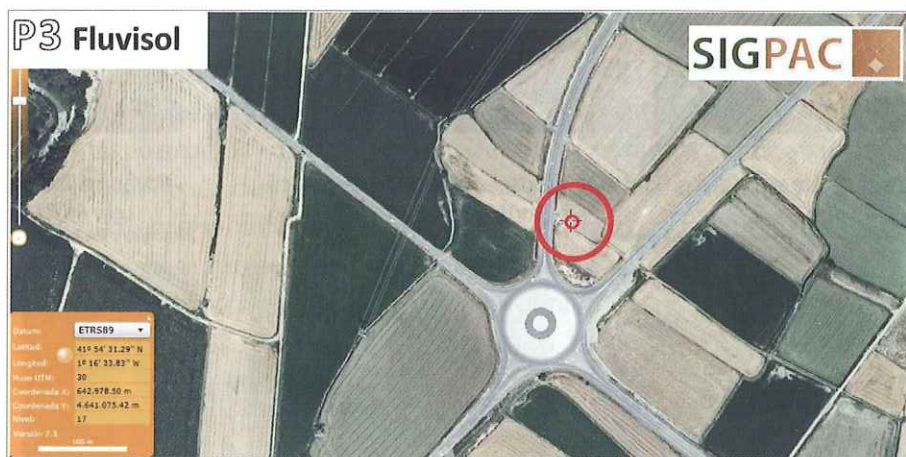
Los Calcisoles (Figura 26.b | P2 Calcisol) comprenden suelos en los cuales hay una acumulación secundaria sustancial de calcáreo. Los Calcisoles están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados con materiales parentales altamente calcáreos. Los nombres de suelos utilizados anteriormente para muchos Calcisoles incluyen Suelos de desierto (Desert soils) y Takyr. En la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, la mayoría de ellos pertenecen a los Calcides.

Según la descripción resumida de Calcisoles que proporciona la FAO (2007), son suelos con sustancial acumulación de calcáreo secundario; del latín calx, calcáreo. El material parental es principalmente depósitos aluviales, coluviales y eólicos de material meteorizado rico en bases. Los ambientes en los que predomina son tierras llanas hasta con colinas en regiones áridas y semiáridas. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos y

árboles xerófitos y/o pastos efímeros. Desarrollo del perfil: Los Calcisoles típicos tienen un horizonte superficial pardo pálido; la acumulación sustancial de calcáreo secundario ocurre dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

Los Fluvisoles (Figura 26.c | P3 Fluvisol) acomodan suelos azonales genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales. El nombre Fluvisoles puede ser confuso en el sentido de que estos suelos no están confinados sólo a los sedimentos de ríos.

Según la descripción resumida de Fluvisoles que proporciona la FAO (2007), son suelos desarrollados en depósitos aluviales; del latín *fluvi*, río.



P3. Fluvisol



Figura 26. Fotografía de la extracción de los tres suelos tipo en el municipio de Tauste: a) P1 Gypsisol, b) P2. Calcisol y c) P3. Fluvisol.

Como material parental predominan los depósitos recientes, fluviales. Se dan en ambientes de planicies aluviales, abanicos de ríos en todos los continentes y en todas las zonas climáticas; muchos Fluvisoles bajo condiciones naturales se inundan periódicamente. Respecto al desarrollo del perfil: Perfiles con evidencia

de estratificación; débil diferenciación de horizontes pero puede haber presente un horizonte superficial diferente. Los rasgos redoximórficos son comunes, en particular en la parte inferior del perfil.

2.3. Parámetros de suelo analizados y técnicas analíticas



Figura 27. Muestreador de suelos, preparación de las muestras de suelo y las diferentes técnicas utilizadas en el laboratorio de suelos de la EEAD – CSIC.

Un total de 10 muestras de suelo fueron secadas en una estufa a 35° C y posteriormente se pasaron por un tamiz con una luz de malla de 2 mm separando la fracción fina (<2 mm) de la fracción gruesa (>2 mm), denominada piedras o pedregosidad. La medida de las propiedades físico-químicas del suelo se ha realizado sobre la fracción menor de 2 mm. A continuación se describen brevemente las diferentes técnicas analíticas utilizadas (Figura 27).

2.3.1. Carbono Orgánico e Inorgánico

El carbono, orgánico e inorgánico, del suelo se ha determinado con un analizador elemental Leco RC-612. El método se basa en una combustión seca a altas temperaturas mediante gas oxígeno de unos 0.1500 g de la fracción <2mm de suelo seco y molido. Los gases resultantes de la combustión pasan por las celdas de detección de carbono que determinan todas las formas de carbono en función de su temperatura de oxidación. El porcentaje de carbono orgánico total (TOC) en la muestra de suelo analizada corresponde a todo el carbono oxidado a la temperatura de 0 a 550 °C. Este método nos permite a su vez determinar el porcentaje de carbono inorgánico total (TIC) en la muestra de suelo, y que corresponde al porcentaje al carbono calcinado entre los 550 y 950 °C. El sumatorio de TOC y TIC proporciona el porcentaje de carbono total (TC) de la muestra de suelo.

2.3.2. Susceptibilidad magnética

La susceptibilidad magnética, a baja (χ_{LF}) y alta (χ_{HF}) frecuencia, se ha medido con un susceptibilímetro MS2 y el sensor MS2B de Bartington Ins. Ltd., la unidad de los valores obtenidos están referidos a la masa de cada uno de las muestras seccionadas $10^{-8} \text{ m}^{-3} \text{ kg}^{-1}$.

2.3.3. Contenido radioisotópico ^{137}Cs

La actividad del isótopo ^{137}Cs se ha medido por espectrometría de rayos gamma (detector coaxial de GeHP, Canberra Industries) según la técnica radiométrica adaptada a suelos mediterráneos de Navas y Walling (1992) y Navas (1995). La unidad de los resultados de la medida de ^{137}Cs es Bq kg^{-1} .

El análisis del contenido de ^{137}Cs y otros radioisótopos ambientales, son técnicas alternativas que complementen los métodos existentes como técnica para documentar tasas de erosión y patrones espaciales de redistribución del suelo

2.3.4. Pedregosidad

La pedregosidad, conocido también como contenido en piedras o fracción mayor a 2 mm, se calcula a partir del porcentaje en peso de la fracción > 2 mm con respecto al volumen total de la muestra.

2.3.5. pH

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, que hace referencia a la concentración de iones de hidrógeno que posee la disolución acuosa de una muestra de suelo. El pH es la medida de la reacción del suelo e incide en la orientación de los procesos químicos y biológicos (Suárez et al., 1984). El pH se ha determinado con un pH-metro (Orion 901 Research Microprocessor Ionalyzer).

2.3.6. Carbonatos

Los carbonatos (Ca Co_3^{2-}) pueden encontrarse unidos a diversos cationes, pero la forma dominante suele ser el carbonato cálcico. La determinación de carbonatos totales, más que proporcionar información sobre su nivel como nutriente, permite catalogar el suelo como medio químico, completando la información que se obtiene con la medida de pH (Montañés et al., 1991). El contenido de carbonatos se ha determinado valorando con el calcímetro manométrico de Barahona (CSIC, 1976).

2.3.7. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) indica la concentración total de componentes ionizados presentes en la solución del suelo. Es una propiedad relacionada con el pH y con la capacidad de floculación/dispersión de las arcillas que afecta a la resistencia de los agregados de un suelo. La CE (1:5) se ha determinado con un conductímetro de precisión Crison 522.

2.3.8. Granulometría

La fase sólida del suelo se compone de partículas de distinto tamaño. Cada grupo de partículas influye sobre las propiedades del suelo, esto se explica por el hecho de que su composición mineralógica y química, y sus propiedades físico-químicas son diferentes. El tamaño de las partículas de suelo y la clasificación textural de las muestras de suelo se ha realizado con un equipo láser Coulter-LS 230. Tras la eliminación de la materia orgánica con H_2O_2 a 80°C y su dispersión con hexametáfosfato durante aproximadamente ocho horas.

2.3.9. Contenido radioisotópico – Radiactividad Natural

El análisis de radioisótopos FRN's ^{210}Pb ex y naturales ERN's ^{40}K , ^{226}Ra , ^{236}Th , ^{238}U se realiza mediante radiación gamma, en un análisis simultáneo al del ^{137}Cs pero con un procesamiento de los resultados posterior diferente, ajustando la tolerancia del equipo para cada radioisótopo. Todos ellos nos dan información de la radiactividad natural de un suelo en particular.

El análisis estadístico de los resultados se ha realizado utilizando el software Statgraphics Centurium XV. Se han realizado análisis de estadística básica para conocer los valores de las diferentes propiedades analizadas como indicadores de la calidad del suelo, y análisis de varianza para el estudio de las diferencias entre los 3 suelos.

2.4. Resultados

2.4.1. Distribución en profundidad

Una vez analizadas las propiedades objeto de este estudio, se presentan a continuación los datos característicos para las tres muestras de suelo del municipio de Tauste. La estadística básica en detalle se puede consultar en las tablas 2.a, b y c.

Se muestra una relación directa y estadísticamente significativa de los dos indicadores de calidad de suelo para los Gypsisoles y Calcisoles. El contenido en carbono orgánico (TOC) y la susceptibilidad magnética presentan un coeficiente de correlación del 0.987 y 0.665, respectivamente para Gypsisoles y Calcisoles, lo que sugiere que interactúan entre sí y que se mueven a través de los mismos procesos de redistribución del suelo. La distribución en profundidad de los indicadores de la calidad del suelo estudiados permite determinar el estado de conservación de los suelos ejemplo del municipio de Tauste.

A continuación se citan las principales características y rangos de cada propiedad, así como la distribución en profundidad (Figura 28) que presentan en los perfiles en profundidad del Gypsisol y Calcisol.

Los valores de carbono orgánico (TOC "Total Organic Carbon" o SOC "Soil organic Carbon", ambas terminología aceptadas ya que nuestras muestras de estudios son suelos), presentan valores bajos, con máximos que no superan no presentan una gran variación en las 10 muestras de suelo estudiadas con una desviación estándar del 0.68. En ambos perfiles

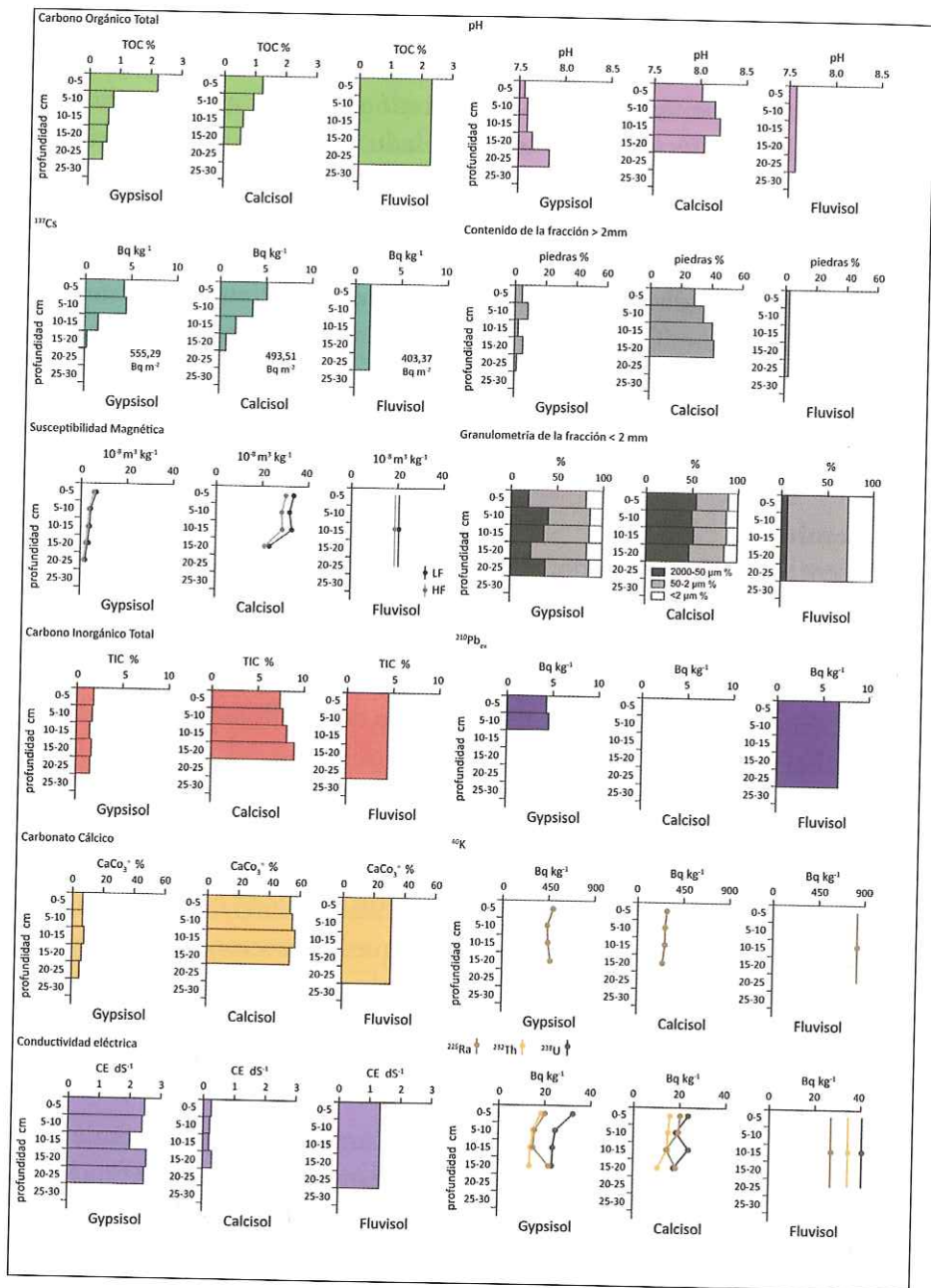


Figura 28. Distribución en profundidad de las propiedades físico-químicas.

(Gypsisol y Calcisol) presenta una clara distribución decreciente con la profundidad y que responde a suelos no alterados en los que el intervalo más superficial contiene la mayor parte de la materia orgánica. A pesar de que el Fluvisol se ha muestreado como una única muestra debido a que corresponde con un suelo cultivado, se esperaría una distribución homogénea en profundidad de las propiedades, en particular del carbono orgánico, debido a las labores de labranza.

El contenido isotópico de ^{137}Cs en las muestras de suelo es en general muy bajo, entre valores que no se llegan a detectar (nd) en los intervalos más profundos de los perfiles seccionados, y con máximos de 5.19 Bq kg^{-1} en el intervalo superficial del Calcisol. Los perfiles en profundidad para el Gypsisol y Calcisol presentan de nuevo una distribución exponencial decreciente en profundidad, que se asocia a perfiles inalterados en cuanto a procesos de redistribución del suelo se refiere. Atendiendo a la distribución de ^{137}Cs en el Gypsisol, podríamos interpretar que este suelo, pese a ser un suelo inalterado, presenta una concentración de ^{137}Cs en el primer intervalo similar al segundo intervalo, sugiriendo una posible pérdida del radioisótopo asociado a pérdida de suelo en superficie, respondiendo a erosión superficial en este punto.

El cálculo de lo que se conoce como inventario de ^{137}Cs en cada punto de muestreo (Bq m^{-2}) tiene en cuenta el peso de la fracción fina de cada muestra, el área del muestreador y el valor de actividad Bq kg^{-1} . Este valor es de gran utilidad, pudiendo comparar este dato con los numerosos datos de inventario de ^{137}Cs que actualmente se tienen en el valle del Ebro, en Aragón, y otras regiones de España, así como datos mundiales. En comparación con los trabajos que se han desarrollado por el grupo de trabajo

total	SOC %	^{137}Cs Bq kg^{-1}	LF 10^{-8} m^3	HF kg^{-1}
n	10	10	10	10
Media	1.01	2.60	16.58	14.96
Mín.	0.45	n.d.	3.5	3.3
Máx	2.29	5.19	33.8	30.4
DS	0.68	1.80	13.47	11.96

Tabla 2.a. Estadística básica de las propiedades físico-químicas de las muestras de suelo.

en la estación de Aula Dei – CSIC en toda la comunidad de Aragón, los datos que encontraríamos en Tauste son más bajos que los que se registran en el Pirineo, debido a una menor precipitación que se registra en este término municipal, que haría que el aporte de ^{137}Cs hubiese sido menor. Se registran un inventario de 55.3 Bq m^{-2} para el Gypsisol, 493.5 Bq m^{-2} para el Calcisol y 403.4 Bq m^{-2} para el Fluvisol. Estos datos son más próximos pero aun así más bajos, a los inventarios de ^{137}Cs en el valle del Ebro.

La susceptibilidad magnética, a baja y alta frecuencia (LF, HF) respectivamente, no supera los 34 y $31 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, con una distribución claramente decreciente para el Calcisol y no tan clara para el Gypsisol, lo que indicaría la estabilidad y evolución de los suelos. Esta distribución no es tan clara en los Gypsisoles, aunque registran los valores más altos en superficie y los menores en los últimos intervalos del perfil.

total	TIC %	CaCO_3^+ %	CE dS^{-1}	pH	Piedras %	Arena %	Limo %	Arcilla %
n	10	10	10	10	10	10	10	10
Media	4.52	28.45	1.397	7.83	17.04	36.8	47.6	15.6
Mín	1.45	4.99	0.198	7.56	1.68	6.8	35.1	10.5
Máx	9.05	57.34	2.500	8.23	41.75	54.4	65.6	27.6
DS	3.23	24.23	1.058	0.27	17.16	15.9	11.5	4.9

DS. Desviación estándar

Tabla 2.b. Estadística básica de las propiedades físico-químicas de las muestras de suelo.

El contenido de Carbono Inorgánico (TIC) varía entre 1.45 y 9.05% y el contenido de Carbonato Cálcico (CaCO_3^+) presentan un rango de variación de entre 4.99 y 57.34%. Ambos presentan una distribución en profundidad semejante para el Gypsisol y Calcisol, sin una pauta tan clara

total	$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ Bq kg^{-1}	^{40}K Bq kg^{-1}	^{226}Ra Bq kg^{-1}	^{232}Th Bq kg^{-1}	^{238}U Bq kg^{-1}
n	3	9	9	9	9
Media	12.17	418.67	19.21	17.47	24.72
Mín.	1.40	264.00	14.40	11.10	17.10
Máx	28.40	819.00	26.40	34.10	40.30
DS	14.31	175.89	3.72	6.60	7.16

Tabla 2.c. Estadística básica de las propiedades físico-químicas de las muestras de suelo.

en cuanto a la distribución en profundidad, pero sí con los valores más altos en el Calcisol. Este patrón es completamente lógico ya que lo que se ha analizado como carbono inorgánico, la mayor parte se asocia con el Carbonato Cálcico del suelo. Este patrón concuerda con los datos de conductividad eléctrica, (0.198-2.500 dS^{-1}), de nuevo sin ninguna pauta en profundidad para los perfiles seccionados, pero con una concentración mayor en los Gypsisoles frente a los bajos valores en los Calcisoles, que se concuerda con el alto contenido en carbonatos.

El contenido en piedras presenta una gran variación en las 10 muestras analizadas, con valores mínimos del aproximadamente 2% a máximos porcentajes de 42%. Como era de esperar por el tipo de suelo y coincidiendo con altos valores de carbonatos, el Calcisol presenta las concentraciones más altas con una distribución ligeramente creciente en profundidad, mientras que en el Fluvisol y Gypsisol el contenido de la fracción $>2\text{mm}$, las piedras, es muy pequeño.

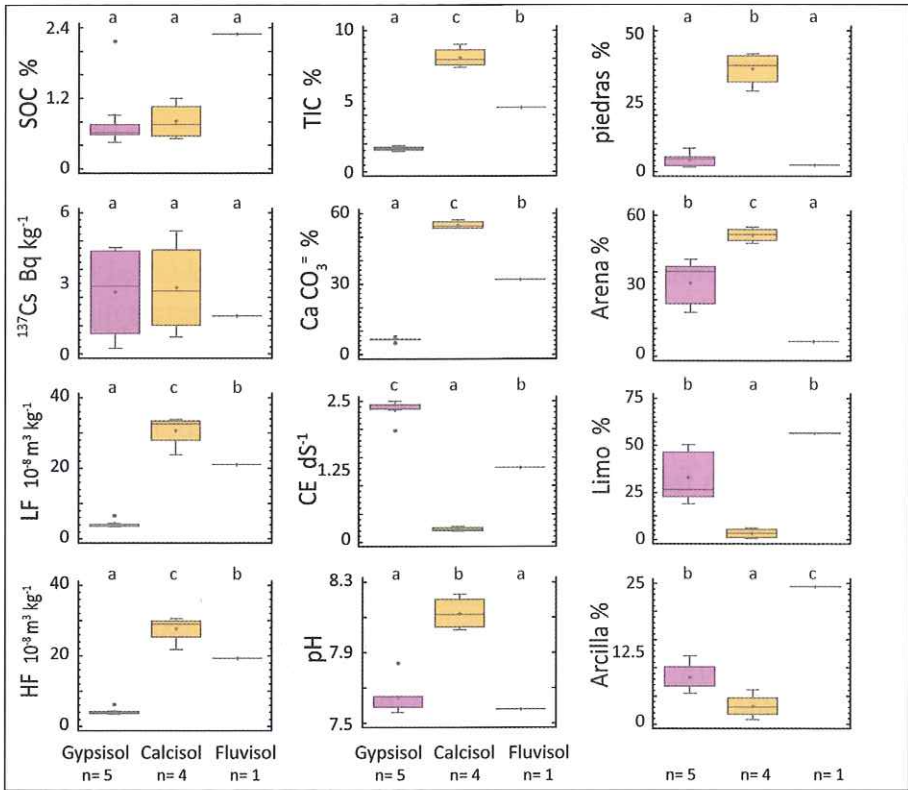


Figura 29. Diagrama en caja y análisis de ANOVA para cada propiedad físico-química analizada en función del tipo de suelo.

	SOC %	¹³⁷ Cs Bq kg ⁻¹	LF 10 ⁻⁸ m ³	HF kg ⁻¹
Gypsisol				
n	5	5	5	5
Media	0.92	2.63	4.4	4.1
Mín	0.45	0.27	3.5	3.3
Máx	2.17	4.49	6.6	6.1
DS	0.71	2.01	1.3	1.1
Calcisol				
n	4	4	4	4
Media	0.81	2.82	30.07	27.5
Mín	0.52	0.74	23.8	21.6
Máx	1.20	5.19	33.8	30.4
DS	0.31	1.98	4.6	4.0
Fluvisol				
n	1	1	1	1
valor	2.29	1.62	21.1	19.2

Tabla 3.a. Estadística básica de las propiedades físico-químicas para cada tipo de suelo.

Respecto a la granulometría (tabla 2.b), las muestras analizadas en los perfiles seccionados presentan unos valores muy semejantes, sin una pauta en profundidad, si bien los valores mínimos corresponden a la fracción arcilla en ambos casos, mientras que el Calcisol se caracteriza por mayores porcentajes de la fracción arena y el Gypsisol por mayores porcentajes de la fracción limo. El Fluvisol se caracteriza por un predominio de la fracción limo y la arena es la fracción minoritaria.

En la tabla 2.c se observan los valores del contenido radioisotópico de los suelos estudiados. Los valores de la actividad (Bq kg⁻¹) de los isótopos naturales ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U, todos ellos con un patrón homogéneo en cuanto a su distribución en profundidad, que coincide con el comportamiento teórico de estos isótopos en el perfil del suelo. Por su parte el contenido del isótopo ²¹⁰Pb es muy bajo, tanto que no podemos identificarlo en el Calcisol.

	TIC %	CaCO ₃ ⁼ %	CE dS ⁻¹	pH	Piedras %	Arena %	Limo %	Arcilla %
Gypsisol								
n	5	5	5	5	5	5	5	5
Media	1.65	6.43	2.342	7.65	4.46	31.3	52.8	15.9
Mín	1.45	4.99	1.980	7.56	1.68	19.0	45.1	13.9
Máx	1.86	7.58	2.500	7.84	8.36	41.0	62.3	18.7
DS	0.16	0.94	0.208	0.11	2.68	9.8	7.9	2.0
Calcisol								
n	4	4	4	4	4	4	4	4
Media	8.08	55.08	0.233	8.12	36.44	51.2	36.6	12.25
Mín	7.39	53.72	0.198	8.03	28.55	47.6	35.1	10.5
Máx	9.05	57.34	0.283	8.23	41.75	54.4	38.1	14.3
DS	0.72	1.73	0.037	0.09	6.023	2.9	1.4	1.6
Fluvisol								
n	1	1	1	1	1	1	1	1
valor	4.56	32.1	1.331	7.58	2.38	6.8	65.6	27.6

Tabla 3.b. Estadística básica de las propiedades físico-químicas para cada tipo de suelo.

2.4.2. Propiedades físico-químicas en función del tipo de suelo

En las tablas 3 a, b y c, se pueden observar los valores característicos de las diferentes propiedades de suelo analizadas para cada uno de los tres suelos muestreados. Este valor, a modo, de referencia, nos permite caracterizar cada suelo. Mediante una estadística básica, se han obtenido los valores máximos, mínimos un valor medio de cada propiedad para el suelo tipo Gypsisol, Calcisol y Fluvisol.

La figura 29, muestra el diagrama en caja y análisis de ANOVA para cada propiedad físico-química analizada en función del tipo de suelo.

Los Calcisoles se caracterizan por valores medios significativamente más altos de la susceptibilidad magnética, tanto LF como HF, TIC, CaCO₃=, pH, contenido en piedras y fracción arena. Alcanzan máximos de entorno al 34% y 30% de LF y HF (tabla 3.a), 9% de carbono inorgánico total, 58% de carbonatos y un pH máximo de 8.23 (Tabla 3.b)

Los Gypsisoles se caracterizan por presentar los valores medios significativamente más altos de conductividad eléctrica, alcanzando los 2.5 dS⁻¹ propios y característicos de este tipo de suelos (Tabla 3.b). Finalmente los

Fluvisoles se caracterizan por valores medios significativamente más altos de la fracción arcilla y limo, alcanzando máximos de 28% y 66% respectivamente (Tabla 3.b). A pesar de no encontrar una diferencia estadísticamente significativa, los valores del carbono orgánico total en los Fluvisoles son más elevados que el resto de los suelos, aunque no superan los 2.3% de carbono orgánico, característico de los suelos de cultivo.

	$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ Bq kg ⁻¹	^{40}K Bq kg ⁻¹	^{226}Ra Bq kg ⁻¹	^{232}Th Bq kg ⁻¹	^{238}U Bq kg ⁻¹
Gypsisol					
n	2	5	5	5	5
Media	14.9	459.0	18.5	16.4	25.1
Mín	1.4	441.0	15.5	14.1	21.6
Máx	28.4	487.0	22.3	2.2	4.4
DS	19.1	21.6	3.3	2.2	4.4
Calcisol					
n	0	4	4	4	4
Media		278.3	18.2	14.4	20.5
Mín		264.0	14.4	11.1	17.1
Máx		294.0	20.2	15.6	23.9
DS		12.3	2.6	2.2	3.5
Fluvisol					
n	1	1	1	1	1
valor	6.7	8190.0	26,4	34.1	40.3

Tabla 3.c. Estadística básica de las propiedades físico-químicas para cada tipo de suelo.

Los valores medios del contenido de ^{137}Cs no han mostrado diferencias significativas para los tres suelos, si bien el Fluvisol, el único suelo cultivados, muestra valores más bajos que en los Calcisoles y Gypsoles no cultivados, evidenciando con esta pérdida del contenido isotópico una pérdida de suelo. Algo que cabe esperar ya que los suelos cultivados, que se labran al menos una vez al año y que presentan largas temporadas sin cobertura vegetal, van a sufrir más los efectos de la erosión y degradación del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de investigación financiado con cargo a la ayuda Beca de investigación "Villa de Tauste 2012" concedida por la Asociación Cultural "EL PATIAZ" en colaboración con el Área de Cultura del Ayuntamiento de Tauste (XII edición).

Esta investigación cuenta con la especial colaboración del Dr. Javier Machín, así como con el soporte científico - técnico del laboratorio de análisis de suelos del grupo de Erosión y Evaluación de Suelo y Agua del Departamento de Suelo y Agua de la Estación Experimental de Aula Dei EEAD - CSIC, donde se han realizado los análisis de las muestras de suelo.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los miembros de la Asociación Cultural "EL PATIAZ" por la concesión de la Beca de investigación "Villa de Tauste", por su confianza en este proyecto y en mi persona. Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han ayudado en el desarrollo de este proyecto de investigación, por su ayuda y contribución, su dedicación y hospitalidad, y por los medios prestados: De la Estación Experimental de Aula Dei EEAD-CSIC a todo el grupo de Erosión y Evaluación de Suelo y Agua, a los doctores Dra. Ana Navas Izquierdo (Responsable de grupo) y Dr. Javier Machín Gayarre, a Teresa López y Maribel Poc. Del Instituto Pirenaico de Ecología IPE-CSIC a MariPaz Errea.

REFERENCIA

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). <http://www.aemet.es/es/portada>
- Comisión de las Comunidades Europeas (COM). 2012. Comunicado de Prensa. Medio ambiente: La Comisión reclama una respuesta más enérgica a la degradación del suelo. IP/12/128
- Diputación Provincial de Zaragoza (DPZ). Agenda 21 - ECAS Técnicos Asociados y Colectivo de Educación Ambiental.
- Haynes, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. *Adv. Agron.* 85, 221-268.
- Karlen DL, Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of American Journal* 61, 4-10.
- Gaspar, L. 2011. Evaluación de la movilización y pérdida de suelo en agrosistemas de secano mediante los radiotrazadores ^{137}Cs y ^{210}Pb . Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 455 p.
- Gaspar, L., Navas, A., Walling, D.E., Machín, J. y Gómez Arozamena, J. 2013. Using ^{137}Cs and ^{210}Pb to assess soil redistribution on slopes at different temporal scales. *Catena* 102, 46-54.
- Machín, J., Navas, A. Spatial analysis of gypsiferous soils in the Zaragoza province (Spain), using GIS as an aid to conservation. *Geoderma* 87, 57-66.
- Navas, A., Bermúdez, F., Machín, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and Chemicals properties of Gypsisols. *Geoderma* 87, 123-135.
- Navas, A., Machín, J., Soto, J. 2005. Assessing soil erosion in a Pyrenean mountain catchment using GIS and fallout ^{137}Cs . *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105, 493-506.
- Navas, A., Gaspar, L., Quijano, L., López-Vicente, M., Machín, J. 2012. Patterns of soil organic carbon and nitrogen in relation to soil movement under different land uses in mountain fields (South Central Pyrenees). *Catena* 94, 43-52.
- Organización de Naciones Unidas (ONU) para la Alimentación y la agricultura (FAO). http://www.fao.org/index_es.htm
- Pennock, D.J. 2000. Suitability of ^{137}Cs Redistribution as an indicator of soil quality. *Acta Geologica Hispanica* 34 (3-4), 213-217.

- Pimentel, D. 2006. Soil erosion: A food and environmental threat. *Environ. Dev. Sustain.* 8, 119-137.
- Política Agraria Europea PAC http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/legal-proposals/index_en.htm
- Quijano L., Gaspar, L., López-Vicente, M., Machín, J., Navas, A. 2012. Indicadores de la calidad del suelo en Calcisoles mediterráneos. En: O solo suporte da produção alimentar, do meio ambiente e da paisagem. Pinheiro, J., Madruga, J., Fernandes, G. (eds.), 161-165. ISBN: 978-972-8612-87-0..
- Reeves, D.W.1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research* 43, 131-167.
- Sadiki, A., Faleh, A., Navas, A., Bouhlassa, S. 2009. Using magnetic susceptibility to assess soil degradation in the Eastern Rif, Morocco. *Earth Surface Processes and Landforms* 34, 2057-2069.
- Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR). Centro de Información Territorial de Aragón. <http://sitar.aragon.es/>