



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Evaluación de la biodiversidad y de servicios
ecosistémicos en el municipio de Panticosa, Huesca.

Autor

Irene Turienzo Tejel

Director

José Manuel Nicolau Ibarra

Escuela Politécnica Superior de Huesca
2020

No todo lo que puede ser contado cuenta, ni cuenta todo lo que puede ser contado.

Albert Einstein.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. GENERAL	8
2.2. ESPECÍFICOS	8
3. ÁREA DE ESTUDIO	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS	11
4.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES	11
• Correspondencia con Corine Land Cover	12
• Descripción	12
• Fotografías	12
4.2. INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES Y DE LOS ESPACIOS NATURALES	12
4.2.1. ESPECIES	13
• Riqueza específica	13
• Especies de Interés Comunitario	13
• Especies amenazadas	13
• Endemismos	15
4.2.2. ESPACIOS	16
• Red Natura 2000	16
• Áreas protegidas por instrumentos internacionales	17
• Espacios Naturales Protegidos	17
• Hábitats Naturales de Interés Comunitario	17
4.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN, REGULACIÓN Y CULTURALES	17
4.3.1. PROVISIÓN	18
• Alimentos	18
• Agua	19
• Energías renovables	20
4.3.2. REGULACIÓN	21
• Regulación climática	21
• Control de la erosión	22
• Polinización	23
4.3.3. CULTURALES	23
• Disfrute estético de los paisajes	23
• Actividades recreativas y de turismo	25

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES.....	26
• Correspondencia con Corine Land Cover	26
• Descripción	28
• Fotografías	31
5.2. INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES Y DE LOS ESPACIOS NATURALES	34
5.2.1. ESPECIES.....	34
• Riqueza específica.....	34
• Especies de Interés Comunitario	34
• Especies amenazadas	35
• Endemismos	37
5.2.2. ESPACIOS NATURALES.....	38
• Red Natura 2000	38
• Áreas protegidas por instrumentos internacionales.....	38
• Espacios Naturales Protegidos	39
• Hábitats Naturales de Interés Comunitario	39
5.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN, REGULACIÓN Y CULTURALES	43
5.3.1. PROVISIÓN	43
• Alimentos	43
• Agua.....	46
• Energías renovables	47
5.3.2. REGULACIÓN	49
• Regulación climática.....	49
• Control de la erosión	50
• Polinización	52
5.3.3. CULTURALES	53
• Disfrute estético de los paisajes	53
• Actividades recreativas y de turismo	59
6. CONCLUSIONES.....	64
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65
8. ANEXOS.....	74
8.1. CARTOGRAFÍA.....	74
8.2. ÍNDICE TABLAS	74
8.3. ÍNDICE FIGURAS	75

RESUMEN

Para el desarrollo sostenible se está utilizando el enfoque conjunto de biodiversidad y servicios de los ecosistemas. En este trabajo se aplica esta perspectiva al municipio de Panticosa, realizando un inventario de la biodiversidad (en función de áreas protegidas y especies de interés) y de ocho servicios ecosistémicos (tres de abastecimiento, tres de regulación y dos culturales) que proporciona el territorio. Para ello se han identificado una serie de indicadores, se ha recogido y analizado información bibliográfica, y se ha realizado una cartografía de unidades ambientales a partir del CORINE Land Cover y la ortofoto del año 2018.

Los resultados obtenidos, respecto a la ganadería, muestran que el número de UGM tiene una tendencia a la baja desde mediados del siglo XX. En cuanto a la provisión de agua, la aplicación del modelo hidrológico de Zhang ha permitido estimar que el agua azul constituye más de dos tercios de la precipitación anual. Además, el municipio cuenta con dos centrales hidroeléctricas, que toman el agua acumulada de ibones represados, con una producción capaz de abastecer a 3,7 municipios como Panticosa. Se puede observar que el paisaje se encuentra en un proceso de transformación muy claro, siendo los principales cambios los siguientes: el paso de cultivo de cereales a prados de siega, la transformación de cultivos en bosques jóvenes y la densificación del bosque por la disminución de la presión ganadera y del aprovechamiento maderero. Y por último, el servicio de polinización es fundamental, ya que está detrás de la producción vegetal de pastos y prados, la cual sustenta la actividad ganadera del municipio.

Sin embargo, no hay que olvidar el valor intrínseco que tiene la naturaleza, más allá de su utilidad para satisfacer las necesidades humanas.

Palabras clave: biodiversidad, servicios ecosistémicos, funciones, indicadores, unidades ambientales, bienestar humano.

ABSTRACT

For sustainable development it is being used the joint approach of biodiversity and ecosystem services. In this work, this perspective has been applied to the municipality of Panticosa. An inventory of biodiversity has been carried out based on protected areas and species of interest, and on eight ecosystem services (three of supply, three of regulation and two cultural) provided by the territory. For this objective, a set of indicators have been identified, bibliographic information has been collected and analyzed, and a mapping of environmental units has been made from the CORINE Land Cover and the orthophoto of the year 2018.

The results obtained, with respect to livestock, show that the number of UGM has a downward trend since the middle of the 20th century. Regarding the provision of water, the application of the Zahng hydrological model has allowed the estimation that blue water equals to more than two thirds of the annual precipitation. In addition, the municipality has two hydroelectric plants, which take the water accumulated in dammed lakes, with a production capable of supplying 3.7 municipalities such as Panticosa. It can be seen that the landscape is in a very clear transformation process; the main changes are the following: the shift from cereal cultivation to mowing meadows, the transformation of crops into young forests and the densification of the forest due to the decrease of the livestock pressure and logging. And finally, the pollination service is fundamental, it is already behind the vegetable production of pastures and meadows, which sustains the livestock activity of the municipality.

However, we must not forget the intrinsic value that nature has for the simple fact of existing, beyond its usefulness to satisfy human needs.

Keywords: biodiversity, ecosystem services, functions, indicators, environmental units, human well-being.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, para abordar la problemática de la pérdida de especies y de ecosistemas se venían desarrollando dos grandes tipos de políticas: las ligadas a la conservación de determinadas especies en peligro de extinción, amenazadas, singulares, etc., y las relacionadas con la conservación de los hábitats de dichas especies, consistentes fundamentalmente en la creación de áreas protegidas. Frente a este enfoque de “especies y espacios”, parece surgir un enfoque de carácter instrumental, en el que los ecosistemas ejercerían una serie de funciones para los seres humanos que se traducirían en un conjunto de beneficios (denominados servicios de los ecosistemas) vitales para muchas de las dimensiones del bienestar humano (Oberhuber et al. 2010).

En el año 2003, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio define los servicios ecosistémicos como “los beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas” (EME, 2011), dando a conocer y revelando ante la sociedad y los tomadores de decisiones el vínculo directo entre el bienestar de las personas y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del planeta (Lara, 2019).


<p>Servicios de Abastecimiento, aquellas contribuciones directas al bienestar humano provenientes de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alimentos procedentes de la agricultura, ganadería, pesca, acuicultura, apicultura, etc. ✓ Alimentos obtenidos directamente de los ecosistemas naturales o poco modificados culturalmente. ✓ Agua para consumo humano o para usos agrícolas e industriales. ✓ Materias primas de origen biótico (madera, celulosa, fibra textil, etc.). ✓ Materias primas de origen geótico (sal marina o continental). ✓ Energías renovables (biomasa, hidroeléctrica, eólica). ✓ Información genética usada en biotecnología. ✓ Medicinas naturales, como las obtenidas a partir de plantas silvestres
<p>Servicios de Regulación, aquellas contribuciones indirectas al bienestar humano provenientes del funcionamiento de los ecosistemas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Regulación climática. ✓ Regulación de la calidad de aire. ✓ Regulación hídrica y depuración del agua. ✓ Control de la erosión y fertilidad del suelo. ✓ Regulación de perturbaciones naturales, como el control de inundaciones. ✓ Control biológico, como el control de plagas. ✓ Polinización de cultivos agrícolas y plantas aromáticas o medicinales.
<p>Servicios Culturales, aquellas contribuciones intangibles que la población obtiene a través de su experiencia directa con los ecosistemas y su biodiversidad.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocimiento científico. ✓ Conocimiento ecológico local. ✓ Identidad cultural y sentido de pertenencia. ✓ Sentimiento espiritual y religioso. ✓ Disfrute estético de los paisajes. ✓ Actividades recreativas y de ecoturismo. ✓ Educación ambiental.

Figura 1. Tipos y subtipos de servicios ecosistémicos. Fuente: EME, 2011.

Los servicios ecosistémicos se dividen en servicios de abastecimiento, regulación y culturales (figura 1); en ocasiones se considera también el servicio de apoyo, pero no se tratará en este trabajo. Los servicios de abastecimiento son aquellas contribuciones directas al bienestar humano provenientes de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas; los servicios de regulación son aquellas contribuciones indirectas al bienestar humano provenientes del funcionamiento de los ecosistemas; y los servicios culturales son aquellas contribuciones intangibles que la población obtiene a través de su experiencia directa con los ecosistemas y su biodiversidad.

Por otra parte, la biodiversidad es la variedad de organismos vivos, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad intraespecífica, interespecífica y ecosistémica (Naciones Unidas, 1992).

En este estudio, la biodiversidad no se considera un servicio ecosistémico, sino la fuente, base y garantía de los servicios que prestan los ecosistemas a la sociedad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2012).

Décadas de investigación han demostrado que la biodiversidad juega un papel vital en el funcionamiento de los ecosistemas, y que procesos como la captura de recursos esenciales, la producción de biomasa y el reciclaje de nutrientes, se ven afectados a medida que disminuye la biodiversidad. Además, la biodiversidad permite que estos procesos sean resilientes frente al cambio global. También se están acumulando pruebas que demuestran que es necesaria una mayor biodiversidad para mantener múltiples servicios de los ecosistemas a largo plazo y bajo cambios ambientales, como se muestra en la figura 2 (Science for Environment Policy, 2015).

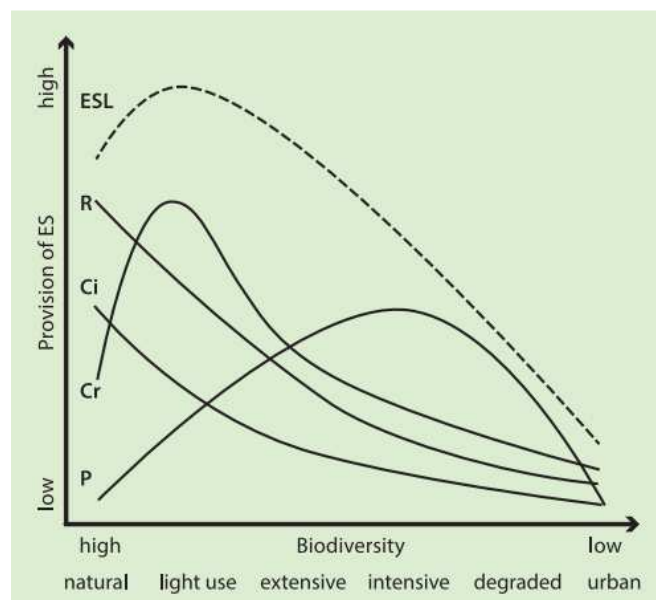


Figura 2. Adaptado de Braat y Ten Brink (2008). R: suma de los servicios reguladores; P: suma de los servicios de aprovisionamiento; Cr: suma del valor recreativo cultural; Ci: suma del valor de la información cultural (incluidos aspectos como el patrimonio cultural, la educación, etc.); ESL: suma de todos los servicios del ecosistema. Fuente: Science for Environment Policy, 2015.

Del buen funcionamiento de los ecosistemas y de la biodiversidad que albergan, depende en buena medida el futuro social, cultural y económico de la población, además de

ser una fuente indispensable para el bienestar humano. Por tanto, mejorar el conocimiento de las relaciones entre los ecosistemas y de la biodiversidad, en primer lugar, y fomentar su conservación, en segundo lugar, se presenta como una necesidad crucial, además de ser una responsabilidad ética, para el bienestar de la sociedad española.

Además, la biodiversidad y los servicios son temas de gran interés y actualidad; herramientas básicas y fundamentales para la sostenibilidad. Tanto es así que existe la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). Es un organismo intergubernamental que evalúa conjuntamente el estado de la biodiversidad y de los servicios que los ecosistemas brindan a la sociedad, con el objetivo de velar por su conservación y su uso sostenible, ya que sustentan casi todos los aspectos del desarrollo humano (IPBES, s.f.).

Esta perspectiva de biodiversidad y servicios, que a nivel internacional que se está desarrollando por el IPBES y otros organismos, tiene mucho interés aplicarla en nuestro territorio, ya que no existen experiencias a nivel municipal en Aragón, por lo que se ha decidido realizar este ejercicio en Panticosa bajo forma de inventario. Se trata de una revisión bibliográfica muy exhaustiva, pero que también ha generado información propia de algunos servicios. Se ha realizado sin entrar a analizar a fondo su evolución y sus factores de control, sino más bien, una recogida y elaboración de información en forma de inventario para tener una idea de su magnitud en el municipio de Panticosa. Por ello los objetivos siguientes.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Análisis de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos del municipio de Panticosa.

2.2. ESPECÍFICOS

- Identificación y caracterización de las unidades ambientales.
- Inventario de la diversidad de especies y de los espacios naturales.
- Evaluación de servicios ecosistémicos de provisión, regulación y culturales.

3. ÁREA DE ESTUDIO

• Situación, emplazamiento

El municipio se sitúa en el norte de la comarca del Alto Gállego, en la provincia de Huesca (España), como se muestra en las figuras 3 y 4. Se encuentra en el Valle de Tena, lindando al norte con Francia y, separado de los municipios al sur por las Sierras interiores (Tendeñera), que actúan de barrera geográfica.

Panticosa es la cabeza del quiñón de Panticosa, compuesto por este pueblo y los de Hoz de Jaca y Pueyo de Jaca. Hoy el Pueyo de Jaca está unido administrativamente al

Ayuntamiento de Panticosa, quedando Hoz como municipio con ayuntamiento propio. A su vez, este quiñón de Panticosa, unido a los de Sallent y la Partacua, conforman el conjunto del Valle de Tena (Ayuntamiento de Panticosa, s. f.).



Figura 3. Localización del municipio de Panticosa en España. Fuente: IGME, s.f.



Figura 4. Localización del municipio de Panticosa: Aragón (primero), Alto Gállego (segundo), Panticosa (tercero). Fuente: IAEST, 2016.

- **Rango altitudinal:** 1065-3074m (Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), 2008).

- **Superficie:** cuenta con un área de 95,9 km² (CNIG, 2018).

- **Economía**

Todo este valle se ha dedicado tradicionalmente a la ganadería, apoyada por una agricultura de subsistencia y de autoabastecimiento para el consumo de la población y del ganado (Ayuntamiento de Panticosa, s. f.).

Sin embargo, en las últimas décadas el Pirineo aragonés ha vivido una transformación sustancial en su economía: de estar basada principalmente en las actividades del sector primario (ganadería y agricultura) a ver cómo se desarrollan poderosamente las del terciario: el turismo (hostelería, estaciones de esquí, pequeño comercio, etc.) y los servicios en general (Fatás, 2001). Hoy en día la economía del municipio está basada en el turismo.

• Demografía

El municipio cuenta con 784 habitantes (cifra del padrón de 2019) y una densidad poblacional de 8,2 hab/km², que al ser menor de 10 hab/km² se considera una zona muy poco poblada (Albert et al., 2015).

La figura 5 muestra la evolución demográfica del municipio en los último 170 años, indicando que ha habido varios altibajos poblacionales pero un mantenimiento en el número de habitantes.

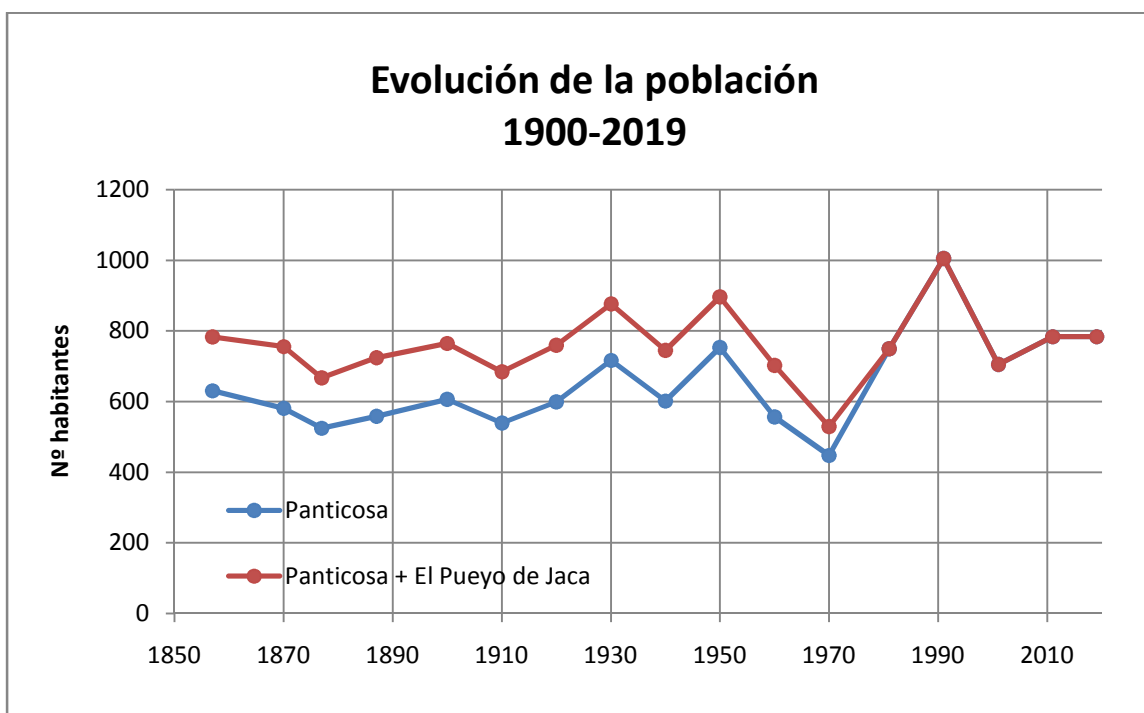


Figura 5. Evolución de la población de los núcleos de Panticosa y el Pueyo de Jaca (1957-1981), y del municipio de Panticosa (1981-2019). Elaboración propia. Fuente: INE.

• Hidrografía

El municipio, que se sitúa dentro de la cuenca del río Ebro, es atravesado por tres ríos: el Caldarés, el Bolática y el Ripera, que tienen un régimen hidrológico que va desde el nival en la cabecera, hasta el pluvio-nival en la zona más baja (Cantos, 2015); y más de 23 barrancos que desembocan en ellos. También incluye parcialmente el embalse de Búbal, donde desemboca el Caldarés, y el río Gállego en el tramo de su llegada al embalse. Además, cuenta con numerosos ibones en las cotas altas, donde destacan los de Bachimaña, Bramatuero, Pecico y Brazato.

• Litología

Panticosa comprende el Pirineo Axial, en la mayoría de su superficie, caracterizado por rocas del Devónico (Paleozoico): granitos en la zona norte y pizarras y cuarcitas en la zona central; y las Sierras Exteriores (Tendeñera), al sur, caracterizadas por rocas del Cretácico superior (Mesozoico): calizas y areniscas, y del Eoceno-Paleoceno (Cenozoico): caliza masiva y dolomías en la zona más meridional (Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 2003).

- **Geomorfología**

La geomorfología del municipio está definida por el modelado glaciario, que aún no ha cesado, como atestiguan el glaciar de los Picos del Infierno. Se puede observar una gran cantidad de ibones sobre circos glaciares y las artesas glaciares de los tres ríos (aunque la del Caldarés es menos evidente). La zona norte es un gran batolito granítico atravesado por el río Caldarés y la zona sur es un valle abierto donde se encuentran las poblaciones de Panticosa y el Pueyo de Jaca (IDEARAGÓN, 2013).

- **Climatología**

Existen dos tipos de climas en el municipio: un clima frío sin estación seca con verano fresco (Dfc) en su mitad norte (a mayor altitud), y un clima templado sin estación seca con verano suave (Cfb) en el valle (CNIG, 2010).

Tiene una temperatura media anual de 4.8 °C y una precipitación media anual de 1455 mm (Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), 2000).

- **Ecosistemas y paisaje**

En el fondo de valle hay prados de siega, a menor altitud y mayor temperatura, especialmente en los alrededores del pueblo de Panticosa, y pequeños bosques de frondosas y bosques mixtos, los cuales llegan hasta los 1700-1800m. A esa altitud se van convirtiendo en bosques de coníferas hasta llegar al límite forestal natural o antrópico, a unos 2200-2300m, donde comienzan los prados de puerto (CNIG, 2008).

El ecosistema predominante es el de Montaña alpina (EME, 2011) (definido por el criterio de altitud, >1500m) ya que el 86,4 % de la superficie del municipio está a más de 1500m. Este ecosistema incluye otros de menor dimensión como el Agroecosistema (30,4% de la superficie) y el ecosistema de Bosque (21,1%) (CNIG,2018) entre otros.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

En primer lugar, se ha recogido y analizado información bibliográfica sobre servicios ecosistémicos, y sobre biodiversidad en función de especies de interés y espacios protegidos. A continuación, en algunos casos se ha trabajado dicha información a escala de Aragón o España y se ha convertido a escala de Panticosa. Y en otros casos se han calculado los valores de los servicios, generando información propia. Para la estimación de algunos de los servicios ha sido necesario realizar previamente una cartografía de base de unidades ambientales, a partir del CORINE Land Cover y de ortofotos.

4.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

Las unidades ambientales son zonas homogéneas de ecosistemas naturales definidas en base a sus cualidades naturales o ambientales (Universidad de Córdoba, 2010). En este caso se definen y delimitan en base a la vegetación y los usos del suelo. Las unidades son de carácter operativo, utilizadas como base cartográfica para la estimación de algunos de los servicios que los ecosistemas proporcionan al municipio.

- **Correspondencia con Corine Land Cover**

En primer lugar, se ha descargado la cobertura de usos de suelo del CORINE Land Cover (2012) y la ortofoto PNOA de máxima actualidad (2018). A continuación, se han modificado algunos polígonos de la cobertura de usos de suelo, observando la ortofoto, para que fuera lo más precisa y actualizada posible. En segundo lugar, se han individualizado y dado nombre a las unidades ambientales a partir de los usos de suelo, de forma que fueran lo más comprensibles posibles, y creando también alguna subdivisión que no hace el CORINE. En tercer y último lugar, se ha realizado el mapa de unidades ambientales del municipio de Panticosa.

- **Descripción**

Se ha establecido la correspondencia entre los usos de suelo del CORINE y las unidades ambientales, y seguidamente, se han descrito dichas unidades ambientales en base a las definiciones de los usos de suelo del CORINE Land Cover de la guía técnica de Bossard et al. (2020) (European Environment Agency), teniendo en cuenta que muchas unidades pertenecen a más de un uso y viceversa. También se ha calculado la superficie ocupada por cada unidad ambiental (%).

- **Fotografías**

Se han añadido fotografías para una mejor comprensión de las unidades ambientales.

4.2. INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES Y DE LOS ESPACIOS NATURALES

A modo de esquema, en la tabla 1 se muestran los indicadores utilizados para inventariar las especies y los espacios protegidos de Panticosa.

Tabla 1. Indicadores de la biodiversidad de especies y espacios protegidos con sus correspondientes unidades. Donde Especies de Interés Comunitario (EIC), Zonas Especiales de Conservación (ZEC), Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), Espacios Naturales Protegidos (ENP), Hábitats de Interés Comunitario (HIC). Elaboración propia.

Biodiversidad	Indicador		Unidades
Especies	Riqueza		Nombre y número total
	EIC		
	Especies amenazadas		
	Especies endémicas		
Espacios	Red Natura 2000	ZEC	Nombre y superficie
		ZEPA	
	Áreas protegidas terrestres a nivel nacional en Europa	Áreas protegidas por instrumentos internacionales	
		ENP	
HIC			

4.2.1. ESPECIES

Para evaluar la diversidad de especies se han utilizado como indicadores: las Especies de Interés Comunitario (EIC) y la riqueza de especies (Biodiversity Information System for Europe (BISE), 2020), las especies amenazadas y las endémicas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2017).

• Riqueza específica

La riqueza específica es el número total de especies que se encuentran en un hábitat, ecosistema, paisaje, área o región determinada (Colwell, 2009).

Para su obtención se han utilizado los Atlas de la Flora y de la Flora-Hongos de Aragón del IPE-CSIC, obteniendo resultados de las plantas vasculares y los hongos del municipio de Panticosa. Posteriormente se han comparado con la riqueza específica de plantas vasculares de Huesca y Aragón, y con la de hongos de Aragón.

• Especies de Interés Comunitario

La Directiva Hábitats define como Especies de Interés Comunitario a aquellas especies de la flora o la fauna silvestres que, en el territorio europeo de los Estados miembros de la UE cumplan al menos uno de los siguientes criterios: que estén en peligro de extinción, sean vulnerables, raras o endémicas (Boletín Oficial del Estado (BOE), 1992).

Para su evaluación, en primer lugar, se ha buscado la lista de referencia de la región terrestre alpina de EIC (European Environment Information and Observation Network (EIONET), 2018). A continuación, de cada especie presente en España se ha buscado su distribución en los Inventarios Españoles de Especies Terrestres (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), 2011); y se han individuado aquellas presentes en la cuadrícula UTM 30TYN23 (que corresponde a la mayoría del municipio de Panticosa).

• Especies amenazadas

Las especies amenazadas son aquellas cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando o las especies cuyas poblaciones corren el riesgo de encontrarse en una situación de supervivencia poco probable en un futuro inmediato si los factores adversos que actúan sobre ellas no son corregidos. (BOE, 2011).

Existen diferentes categorías en función de su grado de amenaza (BOE, 1989):

- En peligro de extinción: especie, subespecie o población de una especie cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando.
- Sensibles a la alteración de su hábitat: especie, subespecie o población de una especie cuyo hábitat característico está particularmente amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.
- Vulnerables: especie, subespecie o población de una especie que corre el riesgo de pasar a las categorías anteriores en un futuro inmediato si los factores adversos que actúan sobre ellas no son corregidos.
- De interés especial: especie, subespecie o población de una especie que, sin estar contempladas en ninguna de las precedentes, sean merecedoras de una atención particular en función de su valor científico, ecológico, cultural, o por su singularidad.

Flora

En primer lugar, se ha buscado el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (2005) y se han localizado aquellas especies (tanto plantas vasculares como briófitos) presentes en la cuadrícula UTM 30TYN23 (ver figura 7), de 10 km de lado (que corresponde a la mayoría del municipio de Panticosa y a pequeñas partes de municipios contiguos), y en las cuadrículas adyacentes, ya que ésta cuadrícula no abarca todo el municipio, y algunas zonas de la cuadrícula están fuera de éste, como se observa en la figura 6.

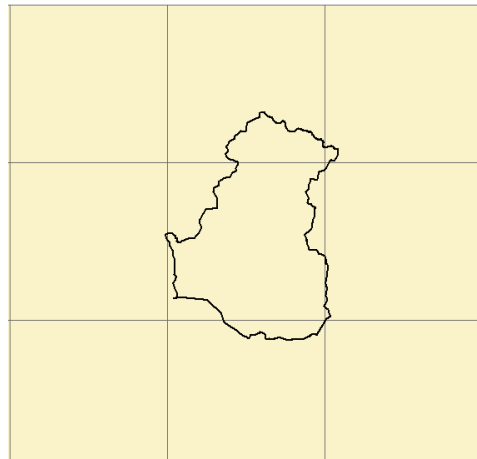


Figura 6. Municipio de Panticosa sobre las cuadrículas. La cuadrícula central es la UTM 30TYN23. Elaboración propia con Arc Map 10.5.1. Fuente: CNIG, 2018; MITECO, 2012.



Figura 7. Mapa de Aragón donde se muestra la cuadrícula UTM 30TYN23 (círculo rojo). Fuente: Gobierno de Aragón, 2005.

En segundo lugar, para asegurar que las especies están dentro del municipio se han buscado en Atlas de la flora del Pirineo, que permite conocer la localización exacta de cada una e incluirla o excluirla del municipio.

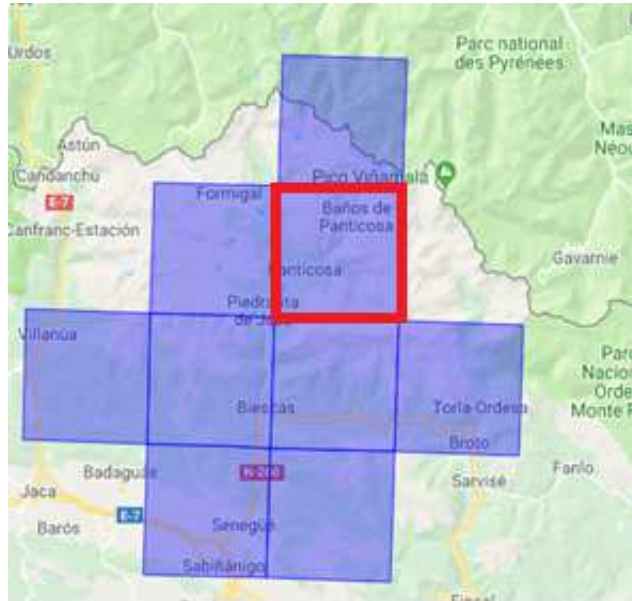


Figura 8. Mapa del municipio de Panticosa y alrededores donde se muestra la cuadrícula UTM 30TYN23 (cuadrado rojo). Fuente: Atlas de Flora del Pirineo.

Fauna

Utilizando también el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (2005), se han localizado aquellas especies presentes en la cuadrícula UTM 30TYN23 únicamente, ya que no ha sido posible encontrar la localización de dichas especies y por tanto asegurar que estén en Panticosa, y esta cuadrícula abarca la mayor parte del municipio, y por tanto es más probable que la especie se encuentre dentro.

• Endemismos

Los endemismos son taxones vegetales y animales, cuya "área es significativamente inferior al área media de los taxones de su mismo rango" (Costa, 1998). Indica que su distribución está limitada a un ámbito geográfico (dentro de un abanico muy amplio de escalas), no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo.

La importancia del endemismo radica en la necesidad de conocer y proteger los atributos biológicos e historia evolutiva que representan los taxones endémicos y sus patrones biogeográficos. El endemismo toma un valor ecológico e histórico, si se considera que define zonas geográficas donde hay taxones integrados espacio-temporalmente (Noguera-Urbano, 2017).

Flora

En primer lugar, se han buscado los endemismos pirenaicos (escala más reducida a la que se encuentra información). Y a continuación, para asegurar que las especies están dentro del municipio se han buscado en el Atlas de la flora del Pirineo.

Fauna

Se han buscado todos los endemismos pirenaicos e ibéricos de los Inventarios Españoles de Especies Terrestres (IEET) (2011) (que recogen la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y flora terrestres que habitan en España) de mamíferos, aves, peces, anfibios, reptiles e invertebrados.

A continuación, se ha observado en sus mapas de distribución si se encontraban en la cuadrícula UTM 30TYN23 (que abarca la mayoría del municipio). Y, en el caso de las subespecies endémicas, se ha buscado su distribución en otros artículos, ya que en los inventarios sólo aparecen a nivel de especie. Cabe destacar que aunque es muy probable que las especies se encuentren dentro del municipio, no es seguro, ya que algunas zonas de la cuadrícula están fuera de él.

4.2.2. ESPACIOS NATURALES

Para evaluar la importancia de las áreas protegidas se han utilizado los siguientes indicadores: lugares Natura 2000 designados con arreglo a las Directivas Hábitat y Aves, áreas protegidas terrestres designadas a nivel nacional en Europa, y Hábitats de Interés Comunitario designados con arreglo a la Directiva Hábitat (BISE, 2020).

En España, las áreas protegidas están definidas y reguladas con carácter básico por la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que las agrupa en tres tipos distintos: Espacios protegidos Red Natura 2000, Áreas protegidas por instrumentos internacionales y Espacios Naturales Protegidos (BOE, 2007).

En primer lugar, se han buscado las áreas protegidas incluidas en el municipio (MITECO, s.f.). En segundo lugar, se ha realizado un mapa de todas ellas partir de las cartografías descargables en el portal IDEARAGÓN. Y finalmente, se ha calculado el porcentaje de la superficie de Panticosa que ocupa cada uno a través de ArcMap.

• Red Natura 2000

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Los ZEC son áreas de gran interés medioambiental para la conservación de los Hábitats y las Especies de Interés Comunitario (HIC y EIC) contenidos en los anexos I y II de la Directiva Hábitat. En cambio, las ZEPA son zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción contenida en la Directiva Aves (MITECO, 2000).

Una característica importante es que los lugares Natura 2000 no son necesariamente áreas vírgenes, despojadas del impacto humano. De hecho, alrededor del 40% de su superficie total son tierras agrícolas, y los bosques representan casi el 50%. Los principales objetivos de la Red Natura 2000 son evitar actividades que puedan perturbar gravemente las especies o dañar los hábitats para los que está designado el lugar y tomar medidas positivas, si es necesario, para mantener y restaurar estos hábitats y especies con el fin de mejorar la conservación (BISE, 2020).

Para evaluar la Red Natura se han descargado las coberturas correspondientes de los ZEC y ZEPA de Aragón (IDEARAGÓN, 2014) obteniendo así los nombres de aquellos que se encuentren en Panticosa y calculando posteriormente el área que ocupan en el municipio (ArcMap).

• **Áreas protegidas por instrumentos internacionales**

Tienen la consideración de áreas protegidas por instrumentos internacionales todos aquellos espacios naturales que sean formalmente designados como: Humedales de Importancia Internacional, del Convenio de Ramsar; sitios naturales de la Lista del Patrimonio Mundial, de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural; áreas protegidas del Convenio para la protección del medio ambiente marino del Atlántico del nordeste (OSPAR); Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM), del Convenio para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo; Geoparques, declarados por la UNESCO; Reservas de la Biosfera, declaradas por la UNESCO; o Reservas biogenéticas del Consejo de Europa (BOE, 2007).

Para evaluar estas áreas se ha buscado la localización de cada tipo de espacio natural designado con el objetivo de conocer cuáles de ellos se encuentran en el municipio de Panticosa (MITECO, s.f.). A continuación, se ha descargado la cartografía correspondiente, en el centro de descargas de IDEARAGÓN, para calcular la superficie que ocupa.

• **Espacios Naturales Protegidos**

Los Espacios Naturales Protegidos (ENP) son aquellos espacios del territorio nacional que contengan sistemas o elementos naturales representativos, singulares, frágiles, amenazados o de especial interés ecológico, científico, paisajístico, geológico o educativo; o que estén dedicados especialmente a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, de la geodiversidad y de los recursos naturales y culturales asociados. Se dividen en cinco categorías: Parques, Reservas Naturales, Áreas Marinas Protegidas, Monumentos Naturales y Paisajes Protegidos (BOE, 2007).

Para su evaluación se ha descargado la cartografía de los Espacios Naturales Protegidos en Aragón (IDEARAGÓN, 2018), y se han individuado aquellos presentes en Panticosa, con sus nombres correspondientes. A continuación, se ha calculado el área que ocupan en el municipio.

• **Hábitats Naturales de Interés Comunitario**

Los HIC son aquellas áreas naturales y seminaturales, terrestres o acuáticas, que: se encuentran amenazados de desaparición en su área de distribución natural; que presentan un área de distribución natural reducida; o que constituyen ejemplos representativos de una o de varias de las regiones biogeográficas de la Unión Europea (BOE, 1992).

Se ha realizado un mapa de los HIC que se encuentran en el municipio a partir de la cartografía del Atlas y Manual de los Hábitats Españoles (MITECO, 2005) (como base para su elaboración se utilizó la cartografía del inventario de hábitat de la Directiva 92/43/CE de 1997). También se ha hecho una lista con los códigos y los nombres (MITECO, 2005).

4.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN, REGULACIÓN Y CULTURALES

A modo de esquema, en la tabla 2 se muestran los tipos y subtipos de servicios, con sus correspondientes indicadores utilizados para su evaluación.

Tabla 2. Tipos y subtipos de servicios ecosistémicos con sus correspondientes indicadores e unidades. Elaboración propia.

SE	Subtipo		Indicador	Unidades
Abastecimiento	Alimentos	Agricultura*	Prados y pastos	ha
			Huerta	
		Ganadería	Tipos	nº cabezas
			Razas	-
	Agua*		Agua disponible	hm ³ y %
	Energía	Hidroeléctrica	Potencia	MW
Producción			GWh/año	
Regulación	Climática	Global	Fijación CO ₂	t
		Local*	Evapotranspiración	hm ³ y %
	Erosión		Suelo erosionado	T/ha/año
	Polinización*		Prados, pastos y cultivos	ha
Culturales	Disfrute estético de los paisajes		Calidad del paisaje	Mapa con clases
			Paisaje en mosaico	Ortofotos
	Actividades recreativas y de ecoturismo		Pesca	Zonas y especies
			Caza	
			Senderos	km

Para calcular los servicios indicados con (*) ha sido necesaria la cartografía de unidades ambientales.

4.3.1. PROVISIÓN

• Alimentos

Los alimentos procedentes de la agricultura y la ganadería son un servicio de abastecimiento que se ha aprovechado desde que el ser humano pasó de ser cazador-recolector a asentarse en núcleos y comenzar a cultivar y criar animales.

En los valles y montañas del Pirineo, la ganadería y la recolección de frutos pudieron ser las primeras formas de explotación ampliamente practicadas (Bahn, 1983). Posteriormente, para solucionar el problema del aumento de población tuvieron que pasar a la agricultura y así incrementar la producción por unidad de superficie explotada (Cohen, 1981); esta base agrícola se asentaba sobre los cereales de invierno.

Más tarde, las parcelas de cereal se fueron transformando en prados para alimentar animales destinados a carne de consumo (ovejas, vacas y cabras) debido a bajadas continuadas en los precios del cereal y encarecimientos sucesivos de la mano de obra (Fillat, 1980). Nacieron así unos prados de siega en paisajes típicos de montaña, por encima de los 900-1000m de altitud, únicas cotas en las que se sobrepasaban los 900-1000 mm de lluvia anual, necesarios para mantener una comunidad herbácea rica en agua (Creus et al., 1984).

La presión demográfica, que provocó la colonización agrícola de las laderas en los alrededores de cada pueblo, se dejó sentir también en los pastos de altura, y muchas zonas de pasto que originariamente debieron ser alpinas se ampliaron hacia cotas típicamente forestales (Montserrat, 1992).

Los Parques Nacionales del Pirineo aceptan claramente la coincidencia en los territorios protegidos de la actividad ganadera. De hecho, los pastos actuales están en gran medida formando parte de antiguos bosques, y la desaparición del pastoreo reduciría enormemente el área actual de pasto y el atractivo que estos paisajes suponen para los visitantes. Un pastoreo intermedio, ni excesivo ni de muy baja carga y realizado con varias especies, favorece el mantenimiento de una diversidad mayor que la que quedaría tras la recuperación uniforme del matorral (Aldézabal et al., 1992).

Agricultura

Ha que distinguir dos tipos de agricultura: la directa, a partir de la cual el hombre consume lo que cosecha, y la indirecta, en la que el consumo es de la carne de los animales que anteriormente han tenido la vegetación en su dieta.

Como indicador de provisión de alimentos se ha utilizado el porcentaje de superficie agrícola en relación a la superficie total (Nahuelhual et al., 2016). Para el cálculo de la superficie agrícola destinada a la alimentación del ganado se ha utilizado la cartografía de unidades ambientales. En el caso de la superficie para consumo humano, se ha asumido que la superficie de regadío corresponde a los cultivos que aparecen en el proyecto de Ferrer et al. (2008).

Ganadería

Se ha utilizado como indicador el nº de cabezas presentes de cada tipo de ganado (Cátedra UNESCO UPV, 2014).

En primer lugar, se ha contactado con un ganadero del municipio, quien ha proporcionado información sobre el tipo de ganadería y el número de ganaderos en activo en el municipio. A continuación, se ha buscado información referente a las razas de ganado, y también al número de cabezas existentes, en el censo agrario del Instituto Nacional de Estadística (INE) y del Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). Finalmente, se ha realizado una representación gráfica de la evolución del número de cabezas de ganado en función del tipo de ganadería en el municipio.

• Agua

Se ha tomado como base el indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV, 2014): la eficiencia en el uso de agua, como agua disponible/precipitación (%), que coincide con el agua azul.

El destino del agua de precipitación depende de diversos parámetros de vegetación, suelo y topografía. En este caso interesa ver cómo afecta el tipo y superficie de cobertura de vegetación al balance hídrico total, a partir de la evapotranspiración de la vegetación (Enguita, 2017).

Para ello se va a utilizar el “modelo del balance hídrico de agua azul y agua verde” de Zhang et al. (2001) que ya empleó Guillermo Enguita en su Trabajo de Fin de Máster, quien nos ha facilitado las hojas de cálculo para aplicarlo. Este modelo permite cuantificar de forma

aproximada el volumen de agua de precipitación: la que se queda en la tierra en forma de escorrentía superficial (ríos y embalses/lagos) o de drenaje profundo (acuíferos), que corresponde al agua azul (y la que retorna a la atmósfera a través de la evapotranspiración, que corresponde al agua verde).

Para obtener la cantidad de agua azul (y agua verde) son necesarios: los datos de precipitación y temperatura media anuales del municipio, la superficie de cada tipo de cobertura vegetal obtenida de la cartografía de unidades ambientales, y las ecuaciones del Modelo de Zhang.

La ecuación del balance hídrico es la siguiente (Zhang *et al.* (2001)):

$$P = ET + Q + D + \Delta S$$

siendo P la precipitación, ET la evapotranspiración real, Q la escorrentía superficial, D la recarga de agua subterránea y ΔS el cambio en el almacenamiento de agua del suelo, que puede asumirse cero para periodos de tiempo entre 5 y 10 años

Dada esta ecuación, el agua verde corresponde con la evapotranspiración real (ET) y el agua azul con el agua libre en escorrentía y drenaje profundo (Q+D).

La ecuación utilizada para el cálculo de la evapotranspiración real (ET), de Zhang *et al.* (1999) revisada por Komatsu *et al.* (2012) es la siguiente:

$$ET = \frac{P \left(1 + \frac{wE_0}{P}\right)}{1 + \frac{wE_0}{P} + \frac{P}{E_0}}$$

Para resolverla es necesario calcular la evapotranspiración potencial (E0) a partir de la siguiente ecuación de Zhang *et al.* (1999):

$$E_0 = 0,488T^2 + 27.5T + 412.$$

Y también son necesarios los coeficientes de disponibilidad de agua (w) asociados a cuatro tipos genéricos de cubiertas vegetales en función de su eficiencia en el consumo de agua: bosque, vegetación mixta, herbáceo y suelo desnudo (Enguita, 2017).

En primer lugar, se han obtenido los datos de temperatura y precipitación medias del municipio de Panticosa, de la serie 1971-2000 del Atlas Climático de la Península y Baleares (observatorio instrumental 9452 El Pueyo de Jaca 1940-2002), como muestra la tabla X.

En segundo lugar, se ha calculado la evapotranspiración potencial (E0) a partir de los datos de. En tercer lugar, se ha calculado la evapotranspiración real (ET) con los datos de precipitación (P), evapotranspiración potencial (E0), coeficientes de disponibilidad de agua (w) y superficie ocupada por cada tipo de cobertura. Obteniendo así la cantidad de agua verde.

Finalmente, se ha calculado el agua libre de escorrentía y drenaje profundo (Q+D) a partir de los datos de evapotranspiración real (ET), de precipitación (P), y de superficie ocupada por cada tipo de cobertura, considerando que el cambio en el almacenamiento de agua del suelo (ΔS) es igual a 0. Obteniendo así, la cantidad de agua azul.

• Energías renovables

Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es un servicio de abastecimiento renovable que precisa de la regulación de las aguas superficiales. En el caso del municipio de Panticosa están regulados

varios lagos de montaña (ibones), los cuales son muy abundantes dada la naturaleza impermeable de la litología granítica predominante. Por otro lado, el elevado desnivel altitudinal favorece también el aprovechamiento energético hidroeléctrico en el municipio.

Se ha tomado como base el indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV, 2014): la producción de energía primaria a partir de renovables.

Primero, se ha buscado información sobre las centrales de energía hidroeléctrica existentes en el municipio: su ubicación, potencia, producción y puntos de abastecimiento de agua (GWh/año) (Galán, 2012). A continuación, con los datos sobre consumo energético medio por habitante del IAEST, y de producción eléctrica total, se ha calculado cuántos municipios como el de Panticosa podrían abastecerse con dicha energía.

4.3.2. REGULACIÓN

• Regulación climática

Global

La captación de CO₂ atmosférico y almacenamiento en forma de carbono en la biomasa vegetal es un servicio de regulación climática global que se revela crucial ante la actual situación de cambio global y, concretamente, de cambio climático, ya que es uno de los principales gases de efecto invernadero.

El almacenamiento de este gas depende principalmente del tipo de vegetación, por lo que es necesario analizar los tipos de cobertura vegetal y el área que ocupan dentro del municipio (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), 2008).

Se ha utilizado como indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV, 2014): las toneladas de CO₂ acumuladas en los sistemas forestales.

En primer lugar, se ha buscado información sobre la cantidad de carbono almacenada en los diferentes tipos de vegetación. La información de base para ello ha sido un informe realizado por el Gobierno de Aragón (CITA, 2008) en el que se recoge información pormenorizada de la vegetación leñosa. En este estudio aparecen los datos del CO₂ equivalente/ha del bosque según la especie de árbol, ocupación del suelo (%) y fracción de cabida cubierta (%). Por ello, se ha diferenciado la cobertura boscosa según las especies o conjuntos de especies arbóreas predominantes gracias a las coberturas de vegetación del Mapa Forestal de España (2006).

En segundo lugar, se han elegido los valores de fracción de cabida cubierta y de ocupación de suelo de cada bosque más parecidos a los reales: las formaciones que tenían más de un valor de la fracción de cabida cubierta, se han identificado en la ortofoto PNOA (2018) estimando a ojo su fracción correspondiente.

Finalmente, se ha calculado la superficie ocupada por cada tipo de bosque y se ha obtenido el valor total de carbono almacenado por los bosques del municipio de Panticosa.

Sin embargo, no se ha dispuesto de información de referencia completa en cuanto a biomasa de las comunidades vegetales herbáceas (pastos y prados) por lo que no se han podido incluir en la estimación de este servicio.

Para crear un punto de referencia, se ha calculado el número de vehículos nuevos cuyas emisiones anuales podrían ser absorbidas por la biomasa vegetal actual. Se ha realizado

a partir de los datos del número de kilómetros que se recorren de media al año en España y las emisiones por kilómetro (año 2013).

Local

La evapotranspiración tiene un papel muy importante sobre el clima local ya que enfría las áreas cercanas realimentando las nubes y la precipitación (Biro, 2011).

Se ha tomado como base el indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV 2014): la evapotranspiración/precipitación (%), que coincide con el agua verde. La metodología utilizada es la misma que la del servicio de abastecimiento de agua.

• Control de la erosión

Los suelos cumplen importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sustento tanto del ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. También cumple con la función de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, influyendo en la calidad del agua. Asimismo, constituye el medio donde tienen lugar fases de los ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos. Como resultado de este proceso, se estima que el contenido de carbón almacenado en el primer metro del suelo es 1,5 veces mayor al acumulado en la biomasa (Sombroek et al., 1993). Según sus características, el suelo funciona también como hábitat para una miríada de organismos, desde células microscópicas a pequeños mamíferos y reptiles, manteniendo una amplia biodiversidad (Cotler et al., 2007).

Estas funciones se ven negativamente afectadas por la degradación del suelo, que se manifiesta de diferentes maneras. Una de ellas es el desplazamiento del material edáfico por erosión hídrica, lo que no solo provoca la pérdida de suelo, sino también la acumulación de depósitos de sedimentos en cuerpos fluviales y lagos. En el caso de los embalses, el aporte de sedimentos, que los va colmatando, reduce su capacidad de acumulación de agua.

Aquí se va a analizar el control de la erosión, un servicio de regulación que atenúa la degradación hídrica del suelo. Se ha tomado como indicador la tasa de pérdida de suelo o erosión obtenida a partir de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) (Machado et al., 2016).

La tasa de erosión (A) estimada por la USLE se basa en la siguiente ecuación:

$$A = R * K * S * L * C * P$$

Siendo el factor R, la climatología (basado en la erosividad de la lluvia); el factor K, la erosionabilidad del suelo (basado en la litología); los factores la S y L, la pendiente y la longitud respectivamente (basados en la morfología del terreno); el factor C, el uso del suelo (basado en la cobertura de vegetación); y el factor P, las prácticas de conservación del suelo.

Para ello se utilizó el "Mapa de los Estados Erosivos de la Cuenca Hidrográfica del Ebro" realizado por el Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) en el año 1987 utilizando la USLE, cuya cobertura en formato shp ha sido facilitada por la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). En ella aparecen ocho niveles de erosión correspondientes a intervalos no proporcionales, en toneladas por hectárea y año.

A continuación, se ha comparado la tasa de erosión del municipio con la provincia de Huesca y la cuenca del Ebro, calculando el porcentaje de sus superficies que corresponde a cada intervalo de tasa de erosión. Finalmente, se han analizado las características que los factores de la USLE presentan en el municipio.

• **Polinización**

La polinización es un servicio de regulación que permite la reproducción de numerosas especies vegetales. Existen diferentes tipos de polinización en función del agente que transporta el polen: biótica o zoófila (llevada a cabo por animales) y abiótica (hidrófila, por el agua; y anemófila, por el viento).

Dentro de la polinización zoófila, los polinizadores más importantes son las abejas, pero también realizan esta función avispas, aves, murciélagos, escarabajos, mariposas y moscas, entre otros.

El servicio de polinización es clave ya que proporciona:

- Diversidad genética de las especies vegetales, que propicia la capacidad de adaptación de las especies y la salubridad de sus poblaciones. De este modo podrán seguir contribuyendo a la provisión de otros servicios como la purificación del aire, la captación agua y ser reservorios de biodiversidad.
- Alimentos provenientes de los sistemas naturales en forma de hojas, frutos y semillas. La mayoría son aprovechados por los animales salvajes, que a su vez brindan otros servicios(aves que dispersan semillas, anfibios que consumen insectos plaga, etcétera (Garibaldi et al., 2012). Pero numerosas especies comestibles como moras, fresas, arándanos, cerezas, etc. también sirven de alimento al hombre.
- Alimentos provenientes de la agricultura destinados al consumo humano. La polinización sostiene e incrementa la producción de una gran cantidad de cultivos (el 30% depende de ella) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Se ha tomado como base el indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV, 2014): la superficie de ecosistemas que ofrecen alimento a los polinizadores. Éstas se han identificado y calculado su superficie a partir de la cartografía de unidades ambientales.

Posteriormente, se ha establecido una conexión entre el servicio de polinización y su importancia para la producción de carne de ganado, de forraje y hortícola, buscando información sobre las especies o familias de plantas que se aprovechan y que tienen polinización entomófila.

4.3.3. CULTURALES

• **Disfrute estético de los paisajes**

El paisaje natural es un escenario que se presenta de manera armónica y estética y que permite el disfrute visual. El disfrute estético de los paisajes es un servicio cultural ligado a la conservación y basado en la belleza escénica, un elemento constituido por una amplia gama de recursos naturales que no es posible codificar en términos absolutos por lo subjetivo que resulta la definición de la belleza. Sin embargo, es mayormente admirado cuando existen varios elementos como una vegetación arbórea densa, cuerpos de agua y que se presenta como un conjunto limpio y conservado (Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), 2019).

Este servicio se ha evaluado a través de dos indicadores: la calidad visual del paisaje y el paisaje en mosaico (Porcel, 2017).

Calidad visual del paisaje

Se refiere a los méritos de conservación o grado de excelencia paisajística. Viene definida por la sensación que produce en el observador el "compositum" que forman las características perceptibles de los elementos que lo constituyen, como los usos del suelo, el agua, el relieve, los elementos culturales, los impactos visuales negativos antrópicos o las vistas (IDEARAGÓN, 2015).

En primer lugar, se ha realizado un mapa de calidad de paisaje del municipio utilizando el mapa de calidad de paisaje de Aragón elaborado por el Gobierno de Aragón (2015) a partir del Índice de Calidad del Paisaje.

A continuación, se ha comparado la calidad de paisaje de Panticosa con tres zonas: Aragón, Huesca y el Pirineo. La figura 9 muestra el área de Aragón utilizada para el cálculo de la calidad de paisaje del Pirineo. Aproximadamente corresponde con el Pirineo Axial y las Sierras Interiores. Se ha excluido la zona desde las Sierras Interiores hasta las Exteriores por tener una calidad menor ya que se ha buscado comparar Panticosa con municipios que tuvieran una calidad similar.

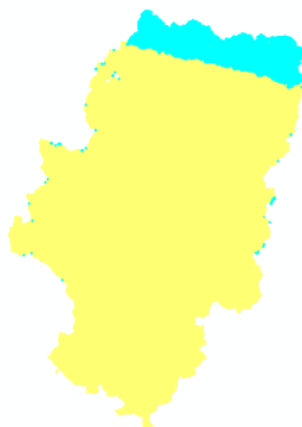


Figura 9. Área de Aragón (en azul) utilizada para el cálculo de la calidad de paisaje del Pirineo. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1.

El Índice de Calidad del Paisaje (IC.TP) se calcula como la suma ponderada de los valores de dos tipos de calidad. El primero, la calidad intrínseca (ICI.TP), es relativa a las características internas, que hacen más o menos atractivo el paisaje, como los usos del suelo, el agua, el relieve, la presencia de elementos culturales, simbólicos, o los impactos visuales negativos antrópicos). El segundo, la calidad adquirida (ICV.TP), es relativa a sus relaciones visuales con el entorno, las vistas de las distintas escenas que desde esa localización se pueden ver. Se expresa en unidades adimensionales de valor en una escala de 1 a 10, como muestra la siguiente expresión (Gobierno de Aragón, 2015).

$$IC.TP = 0,86 * ICI.TP + 0,14 * ICV.TP$$

Para realizar la comparación de calidad de paisaje de Panticosa con Aragón, Huesca y el Pirineo, en primer lugar, se ha calculado el área de cada zona que corresponde a cada clase de calidad de paisaje, y después se ha obtenido el porcentaje de área de cada clase respecto al área total de cada zona.

En segundo lugar, se ha calculado la calidad total (adimensional), como el sumatorio del producto del valor de cada clase por la superficie que ocupa (%), para comparar los cuatro territorios entre sí de forma absoluta.

$$Calidad\ total = \sum_{i=1}^{10} (i * \text{área})$$

Paisaje en mosaico

Según Moreno (2017) el tipo de paisaje que más aprecia la población no se identifica con un uso concreto del suelo, sino con aquellos que conforman mosaicos de usos, es decir, sistemas donde se combinan varios ecosistemas generando paisajes muy heterogéneos. Este paisaje se considera el más resiliente frente a la actual situación de cambio climático y cambios de usos del suelo.

El paisaje en mosaico presenta estructuras heterogéneas que se repiten en el espacio. El prestigioso ecólogo Ramón Margalef (1970) asimiló estas estructuras reticulares a la teoría ecológica general relacionándolas con el concepto de estabilidad, ya que parecen ser muy estables en el tiempo, y recomendó su uso para organizar el paisaje con fines de explotación y conservación.

Además, el mantenimiento de un mosaico adecuado de manchas de ecosistemas en el paisaje es clave para la conservación de la biodiversidad, ya que uno de los problemas ambientales más importantes hoy en día es la pérdida de ésta causada principalmente por el cambio en los usos del suelo (Waldhardt, 2003).

Por ello, se ha elegido como indicador el paisaje en mosaico para evaluar el servicio de disfrute estético de los paisajes. En concreto, la configuración del mosaico de los usos y coberturas del suelo, comparando cortes temporales y detectando cambios (Porcel, 2017).

En primer lugar, se han individuado las coberturas de vegetación del municipio (CNIG, 2012). En segundo lugar, se han comparado las ortofotos del CNIG del 1956-57 y del 2018 con el fin de mostrar los cambios producidos en la vegetación 60 años después. Finalmente, se ha buscado información sobre la evolución y el estado actual del paisaje en mosaico del municipio.

• **Actividades recreativas y de turismo**

Las oportunidades recreativas basadas en la naturaleza desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la salud mental y física (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), s. f.).

La actividad turística de Panticosa se fundamenta en los valores de sus paisajes y representa una gran parte de su economía. El principal aprovechamiento que obtiene el municipio es de la estación de esquí. Se trata de un servicio bien conocido y estudiado, por lo que este TFG se va a centrar en el turismo no directamente relacionado con el esquí.

Se van a analizar las siguientes actividades recreativas: pesca, caza y senderos.

Pesca y caza

La caza y la pesca tradicionales eran actividades que constituían una fuente complementaria de proteínas de gran interés en la alimentación de la población. En la

actualidad estas actividades se han convertido, principalmente, en un servicio cultural que permite las actividades recreativas y el turismo.

Se ha tomado como indicador la superficie de cotos de pesca y de caza (Cátedra UNESCO UPV, 2014), por lo que se ha buscado información sobre los cotos de pesca (Boletín Oficial de Aragón (BOA), 2018) y caza (IDEARAGON). Posteriormente, se han buscado también las especies objeto de caza (INACAZ, 2019) y pesca (Gobierno de Aragón, s.f.) y se ha realizado una representación gráfica de la evolución de dichas especies desde que se tienen registros (2006).

Senderos y rutas BTT

Los senderos son un servicio cultural que se puede encuadrar dentro de disfrute estético del paisaje y/o de actividades recreativas y turismo. Éstos permiten el movimiento fluido de las personas por el territorio, ya sea a pie o en bicicleta, y por tanto, el conocimiento de la zona.

Se ha tomado como base el indicador del informe técnico Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi (Cátedra UNESCO UPV, 2014): la longitud de senderos de pequeño y largo recorrido y rutas BTT.

Primero se ha realizado una búsqueda de los senderos oficiales que atraviesan el municipio en la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), así como el mapa general de sendas del IDEARAGÓN. También se han buscado las rutas de BTT, y su correspondiente mapa en el visor cartográfico de España.

A continuación, se ha calculado la longitud de cada recorrido dentro del municipio a partir de la ruta señalizada en la FEDME, donde se muestra el mapa con la ruta y la gráfica del desnivel y los km asociada. En el caso de las rutas BTT no ha sido posible porque el mapa no está asociado a la gráfica del desnivel y por tanto no se puede saber qué tramos se encuentran fuera y dentro del municipio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

- **Correspondencia con Corine Land Cover**

A continuación, en la tabla 3 se presenta la correspondencia de las coberturas de suelo del CORINE Land Cover (2018), hasta el nivel 3, con las unidades ambientales. En muchos casos a una misma cobertura del CORINE corresponde más de una unidad ambiental.

Tabla 3. Correspondencia de las unidades ambientales con las coberturas de suelo del CORINE Land Cover (2018).
Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012.

CORINE Land Cover				Unidades ambientales
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Código	
Superficies artificiales	Zonas urbanas	Tejido urbano discontinuo	112	Tejido urbano
Zonas agrícolas	Prados y praderas	Prados y praderas	231	Prado Prado matorralizado
Zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos	Bosques	Bosque de frondosas	311	Bosque Bosque en roquedo
		Bosque de coníferas	312	
		Bosque mixto	313	
	Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	Pastizales naturales	321	Pasto Prado matorralizado
		Landas y matorrales mesófilos	322	Pasto arbolado Prado matorralizado
		Matorral boscoso de transición	324	Bosque en roquedo Pasto arbolado
	Espacios abiertos con poca o sin vegetación	Roquedo	332	Roquedo
Espacios con vegetación escasa		333	Pasto en roquedo	
Superficies de agua	Aguas continentales	Láminas de agua	512	Ibón Embalse

En el siguiente mapa (figura 10) se muestran las diferentes unidades ambientales del municipio de Panticosa.

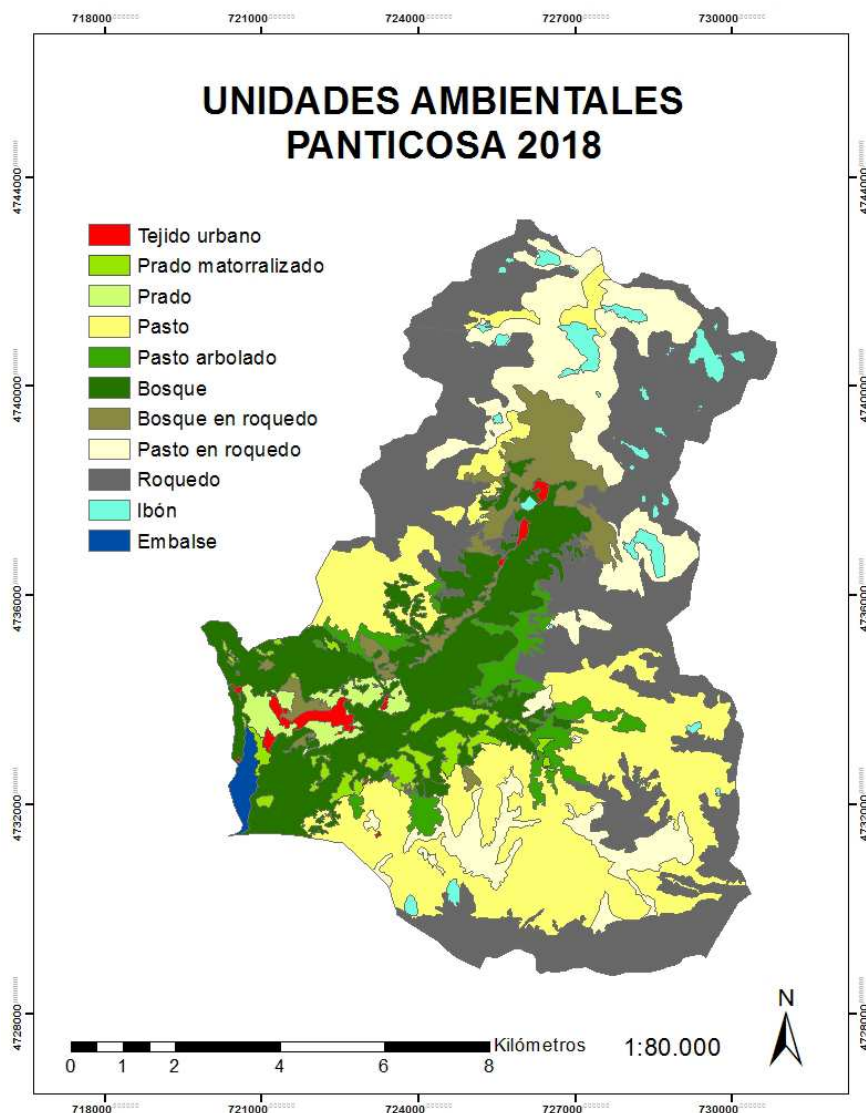


Figura 10. Mapa de unidades ambientales del municipio de Panticosa (2018). Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: CNIG, 2012.

• **Descripción**

Bosque

- **Bosque:** áreas ocupadas por bosques y arboledas con un patrón de vegetación compuesto por árboles nativos o exóticos de coníferas y/o caducifolios y que pueden utilizarse para la producción de madera u otros productos forestales. Los árboles que se encuentran en condiciones climáticas normales deben ser superiores a los 5 m con un cierre de copa de al menos 30%.

Pasto

- **Pastizales:** pastizales de baja productividad. A menudo se encuentran en áreas de irregularidad de suelo. Con frecuencia incluye zonas rocosas, zarzas y brezales. Los

pastizales naturales son áreas con vegetación herbácea (la altura máxima es de 150 cm y especies gramíneas predominantes) que cubren al menos el 75% de la superficie cubierta por vegetación que se desarrolló bajo una mínima interferencia humana (no cortada, fertilizada o estimulado por productos químicos que podrían influir en la producción de biomasa).

Prado

- **Prado:** cubierta de hierba densa, de composición floral, dominada por gramíneas. Principalmente para el pastoreo, pero el forraje puede cosecharse mecánicamente. Incluye áreas con setos.

Prado matorralizado

Prado en proceso de matorralización.

- **Prado** que incluye tierras cultivables abandonadas que no están bajo un sistema de rotación.
- **Pastizales** que incluyen pastizales naturales abandonados donde la vegetación leñosa cubre menos del 75%.
- **Landas*** que incluyen cultivos abandonados donde las especies leñosas/semileñosas cubren más del 25% de la superficie.
*Landas: Vegetación de cobertura baja y cerrada, dominada por matorrales, arbustos y plantas herbáceas (brezos, zarzas, retamas, aulagas, laberinto, etc.).

Pasto arbolado

Pasto con arbolado disperso y joven.

- **Matorral boscoso de transición:** vegetación tupida o herbácea con árboles dispersos. Puede representar cualquier degradación de los bosques o regeneración / recolonización de bosques. Áreas de formaciones forestales de desarrollo natural (jóvenes caducifolios y coníferas especies de madera con vegetación herbácea y árboles solitarios dispersos) por ejemplo; en prados y pastos abandonados o después de calamidades de diversos orígenes, parte de esta clase.
- **Landas** que incluyen vegetación de áreas arbustivas templadas (etapa de clímax de desarrollo): árboles forestales con una altura máxima de 3 m.

Bosque en roquedo

Bosque poco denso, creciendo sobre roquedo.

- **Matorral boscoso de transición** que incluye rocas desnudas con árboles dispersos que cubren más del 10% de la superficie.
- **Bosque.**

Pasto en roquedo

Pasto poco denso, creciendo sobre roquedo.

- **Espacios con vegetación escasa*** que incluye áreas con poca vegetación e inestables de piedras, cantos rodados o escombros en pendientes empinadas, donde la capa de vegetación cubre entre el 15% y el 50% de la superficie.
*Espacios con vegetación escasa: incluye estepas, tundra y tierras baldías. Vegetación dispersa a gran altura, compuesta por gramíneas y / o leñosas y semileñosas.

Roquedo

- **Roquedo*** que incluye áreas con escasa vegetación donde el 75% de la superficie terrestre está cubierta por rocas.
*Roquedo: cantos rodados, acantilados, afloramientos rocosos, incluida la erosión activa, rocas y llanuras de arrecifes situado por encima de la marca de la marea alta.

Embalse

- **Lámina de agua:** Tramos de agua naturales o artificiales.

Ibón

- **Lámina de agua:** Tramos de agua naturales o artificiales.

En la tabla 4 y figura 12 se representa la superficie de cada unidad ambiental en el municipio. En la figura 12 se han agrupado los bosques, los pastos, los prados y las láminas de agua.

Tabla 4. Unidades ambientales y su superficie del municipio. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012.

Unidades ambientales	Superficie (%)
Bosque	16,5
Bosque en roquedo	4,5
Pasto	23,3
Pasto arbolado	3,6
Pasto en roquedo	13,0
Prado	1,6
Prado matorralizado	2,0
Roquedo	32,1
Embalse	0,6
Ibón	2,1
Tejido urbano	0,8

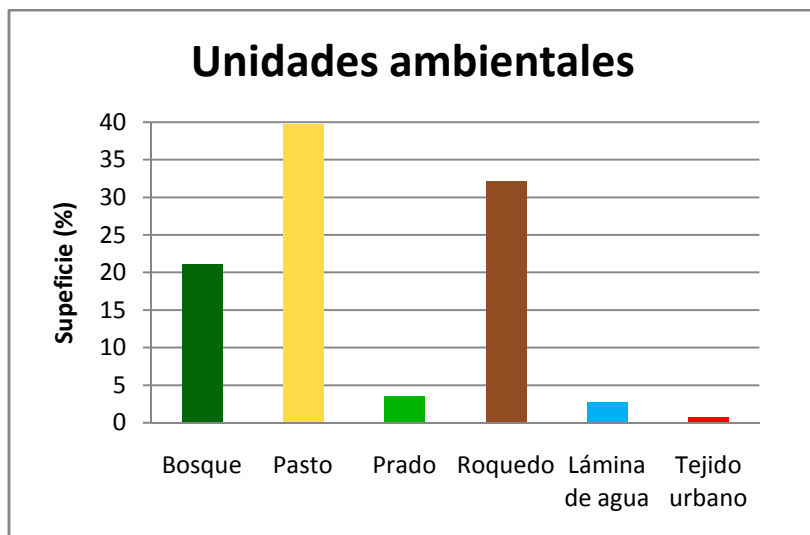


Figura 12. Unidades ambientales del municipio de Panticosa, 2018. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012.

Se observa que predomina la superficie de pasto y de roquedo, seguido de la del bosque; y que el prado, la lámina de agua y el tejido urbano no llegan al 5% de la superficie.

- **Fotografías**

Finalmente, se muestran fotografías tomadas de las unidades ambientales del municipio (figuras 13-20).



Figura 13. Bosque (árboles caducifolios naranjas y coníferas verde oscuro). Pasto (superficie marrón por debajo de la nieve). Autora: Irene Turienzo.



Figura 14. Bosque. Autora: Irene Turienzo.



Figura 15. Bosque. Pasto arbolado (pasto con árboles dispersos por encima del bosque y el roquedo). Pasto. Roquedo. Autora: Irene Turienzo.



Figura 16. Prado. Bosque. Embalse. Autora: Irene Turienzo.



Figura 17. Prado matorralizado (en la esquina inferior izquierda prado con pequeños árboles y arbustos). Bosque. Bosque en roquedo. Roquedo (en las zonas más altas de la montaña). Autora: Irene Turienzo.



Figura 18. Bosque en roquedo. Roquedo. Autora: Irene Turienzo.



Figura 19. Pasto en roquedo (en la ladera que da al ibón). Ibón. Autora: Irene Turienzo.



Figura 20. Río. Autora: Irene Turienzo.

5.2. INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES Y DE LOS ESPACIOS NATURALES: INVENTARIO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

5.2.1. ESPECIES

• Riqueza específica

En el municipio existen 713 especies de plantas vasculares (herbáceas y leñosas) (Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), s.f.). En la provincia de Huesca, 2656 (26,8% en Panticosa) y en Aragón 3398 (21,0% en Panticosa) (IPE-CSIC, 2005).

Además, cuenta con 234 especies de hongos; en Aragón son 2528 (9,3% en Panticosa) (IPE-CSIC, 2015). Estos datos quedan reflejados en la tabla 5.

Tabla 5. Riqueza específica de plantas vasculares y hongos en el municipio de Panticosa, la provincia de Huesca y Aragón. Elaboración propia. Fuente: IPE-CSIC, 2005, 2015.

	Aragón	Huesca	Panticosa
Plantas vasculares	3398	2656	713
Hongos	2528	-	234

• Especies de Interés Comunitario

El anexo II de la Directiva identifica 911 EIC, de las cuales 263 se están presentes en España (MITECO, s.f.) y 4 en Panticosa. En las siguientes tablas (6 y 7) aparecen todos los datos.

Tabla 6. Número de Especies de Interés Comunitario de fauna y flora presente en la Unión Europea, en España y en el municipio de Panticosa; así como su el porcentaje respecto al total. Elaboración propia. Fuente: MITECO; EIONET, 2018.

	Fauna			Flora		
	UE	España	Panticosa	UE	España	Panticosa
Nº EIC	324	87	4	587	176	0
% respecto al total	100,0	26,9	1,2	100,0	30,0	0,0

Tabla 7. Especies de Interés Comunitario presentes en el municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: EIONET, 2018; MITECO, 2011.

Mamíferos	Reptiles	Invertebrados	Plantas
Galemys pyrenaicus	Lacerta bonnali	Euphydryas aurinia	-
Lutra lutra			

Cabe destacar que en Panticosa no hay ninguna EIC de flora. En la UE y en hay casi el doble de EIC de flora que de fauna.

• Especies amenazadas

Flora

En el Pirineo aragonés se localizan 75 de las 127 plantas contenidas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (2005) (59%) (García, 2007). En Panticosa se encuentran 11 de ellas (9%). La lista de estas especies se muestra en la tabla 8.

Fauna

En Panticosa se encuentran 28 de las 93 especies de animales contenidas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (2005) (30%).

Tabla 8. Flora y fauna amenazada de Aragón que se encuentra en el municipio de Panticosa. Elaboración propia.
Fuente: Gobierno de Aragón, 2005.

	Flora		Fauna
	Plantas vasculares	Briófitos	
En peligro de extinción	-	-	-
Sensible a la alteración de su hábitat	-	-	<i>Barbatula brabatura</i>
			<i>Galemys pyrenaicus</i>
			<i>Lacerta bonnali</i>
Vulnerable	<i>Saxifraga cotyledon</i>	-	<i>Lutra lutra</i>
			<i>Milvus milvus</i>
			<i>Neophron percnopterus</i>
			<i>Rana pyrenaica</i>
			<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i> <i>supsp. erythrolamprus</i>
			<i>Perdix perdix</i> <i>supsp. hispaniensis</i>
			<i>Lagopus mutus</i> <i>supsp. pyrenaicus</i>
De interés especial	<i>Callitriche palustris</i> <i>Hippophae rhamnoides</i> <i>subsp. fluviatilis</i> <i>Ilex aquifolium</i> <i>Leontopodium alpinum</i> <i>supsp. alpinum</i> <i>Minuartia cerastiifolia</i> <i>Potentilla palustris</i> <i>Ramonda myconi</i> <i>Silene borderei</i> <i>Veronica aragonensis</i> <i>Vicia argentea</i>	-	<i>Alauda arvensis</i>
			<i>Bufo bufo</i>
			<i>Carduelis carduelis</i>
			<i>Carduelis chloris</i>
			<i>Coluber viridiflavus</i>
			<i>Corvus corax</i>
			<i>Erinaceus europaeus</i>
			<i>Genetta genetta</i>
			<i>Graellsia isabellae</i>
			<i>Maculinea arion</i>
			<i>Marmota marmota</i>
			<i>Martes foina</i>
			<i>Martes martes</i>
			<i>Meles meles</i>
<i>Parnassius apollo</i>			
<i>Parnassius mnemosyne</i>			
<i>Salamandra salamandra</i>			
<i>Serinus serinus</i>			

Se observa que en Panticosa predominan especies amenazadas con un bajo nivel de amenaza (especies de interés especial y vulnerables), mientras que los dos niveles más altos contienen solamente tres especies. Además, el porcentaje de especies amenazadas respecto al total de Aragón es mayor de fauna que de flora.

• **Endemismos**

Flora

En el Pirineo existen 78 endemismos a nivel de especie y 32 a nivel de subespecie (2019) (Gómez, en prensa) de plantas vasculares (herbáceas y leñosas). En Panticosa se encuentran 22 especies y 6 subespecies endémicas (tabla 9).

Fauna

En Panticosa se encuentran cinco endemismos pirenaicos y cuatro ibéricos: tres anfibios, un reptil, dos mamíferos, un ave, un pez y un invertebrado. Se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Endemismos pirenaicos de flora y endemismos pirenaicos, e ibéricos (*) de fauna que se encuentran en el municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: Gómez, en prensa; MITECO, 2011.

Flora		Fauna
<i>Androsace ciliata</i>	<i>Ramonda myconi</i>	<i>Barbus haasi*</i>
<i>Androsace laggeri</i>	<i>Ranunculus pyrenaicus</i>	<i>Calotriton asper</i>
<i>Antirrhinum sempervirens</i>	<i>Salix pyrenaica</i>	<i>Carabus pyrenaicus</i>
<i>Armeria bubanii</i>	<i>Saponaria caespitosa</i>	<i>Galemys pyrenaicus*</i>
<i>Cirsium glabrum</i>	<i>Saxifraga aquatica</i>	<i>Lacerta bonnali</i>
<i>Dianthus benearnensis</i>	<i>Saxifraga intricata</i>	<i>Perdix perdix subsp. hispaniensis*¹</i>
<i>Erigeron aragonensis</i>	<i>Saxifraga umbrosa</i>	<i>Rana pyrenaica</i>
<i>Festuca borderei</i>	<i>Silene borderei Jord</i>	<i>Rupicapra pyrenaica subsp. pyrenaica²</i>
<i>Festuca pyrenaica</i>	<i>Androsace cylindrica subsp. hirtella</i>	<i>Salamandra salamandra subsp. fastuosa*³</i>
<i>Galium cespitosum</i>	<i>Cirsium carniolicum subsp. rufescens</i>	
<i>Galeopsis pyrenaica</i>	<i>Luzula multiflora subsp. monticola</i>	
<i>Minuartia cerastiifolia</i>	<i>Plantago monosperma Pourret subsp. monosperma</i>	
<i>Narcissus bicolor</i>	<i>Seseli montanum subsp. nanum</i>	
<i>Narcissus moschatus</i>	<i>Thymelaea tinctoria subsp. nivalis</i>	

¹ (Parc naturel régional des Pyrénées catalanes, 2011).

² (Garin y Herrero, 1997).

³ (Velo-Antón et al., 2011).

Se observa que hay muchos más endemismos de flora que de fauna.

5.2.2. ESPACIOS NATURALES

• Red Natura 2000

Existen cuatro Zonas Especiales de Conservación en el municipio:

- Tendeñera.
- Foz Escarrilla-Cucuraza.
- Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos.
- Turberas del Macizo de Los Infiernos.

Y una Zona de Especial Protección para las Aves:

- Viñamala.

Además, cabe destacar que Panticosa cuenta con 24 humedales catalogados y 9 inventariados, la mayoría ibones y embalses, que corresponden al 2,1% de su superficie.

• Áreas protegidas por instrumentos internacionales

En Panticosa se encuentra parte de la Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala.

Las Reservas de la Biosfera son territorios ecológicamente representativas o de valor único, cuyo objetivo es armonizar la conservación de la diversidad biológica y cultural y el desarrollo económico y social. Deben cumplir tres funciones básicas: la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas que contienen, el desarrollo de las poblaciones locales, y una función logística de apoyo a la investigación, a la formación y a la comunicación. Para el cumplimiento de estas funciones las Reservas de la Biosfera deben contar con tres tipos de zonas: una zona núcleo, cuya principal función es la conservación; una zona tampón que amortigüen los efectos de las acciones humanas sobre las zonas núcleo; y una zona de transición, donde se promuevan actividades económicas sostenibles para favorecer el desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales (Red Española de Reservas de la Biosfera (RERB), s.f.).

El 55% de la superficie del municipio corresponde a la zona tampón y el 45% a la zona transición, como muestra la figura 21, donde se muestra la superficie que abarca la Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala.

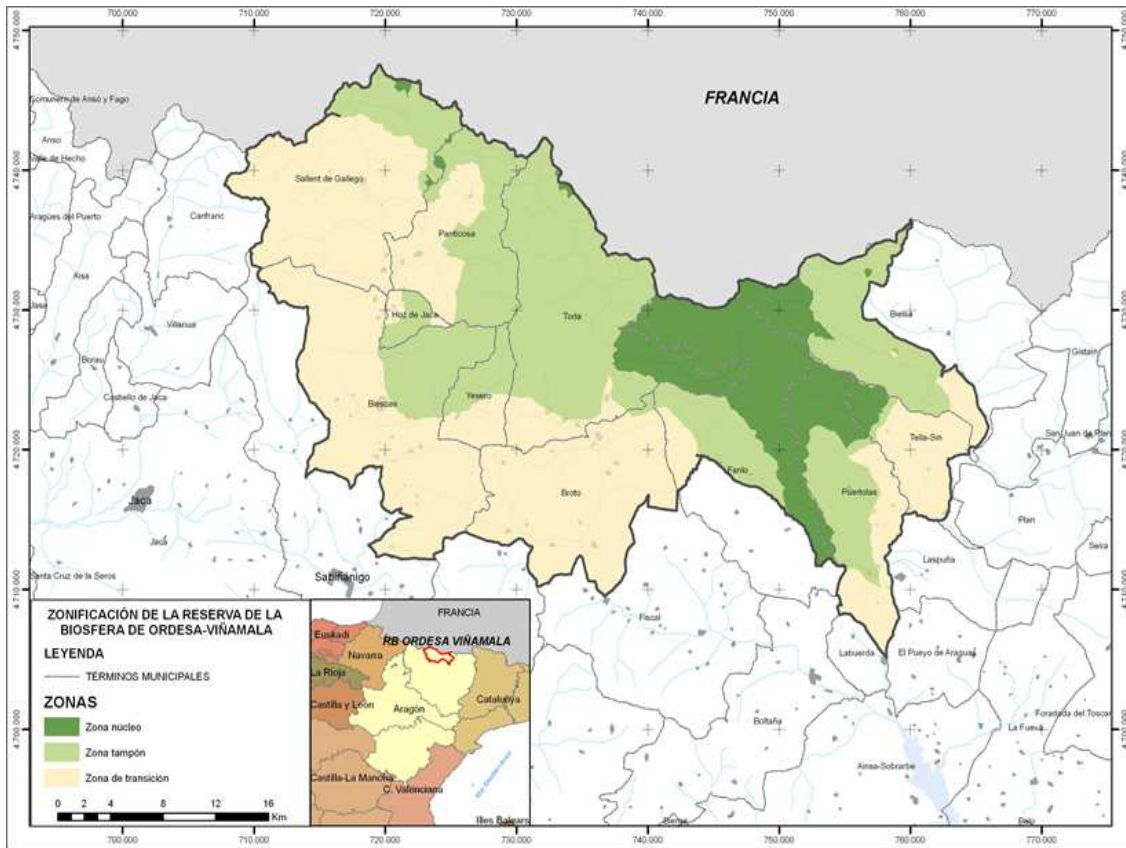


Figura 21. Zonificación de la Reserva de la Biosfera de Ordesa-Viñamala. Fuente: RERB, s.f.

• **Espacios Naturales Protegidos**

En el municipio de Panticosa hay dos monumentos naturales, que son espacios o elementos de la naturaleza constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza, que merecen ser objeto de una protección especial:

- Glaciares Pirenaicos: Macizo de Infierno o Quijadar de Pondiellos (IDEARAGÓN, 2018).
- Árbol singular: un abeto (*Abies alba*) llamado de los Tres Quiñones, que se encuentra entre Panticosa y Escarrilla (Gobierno de Aragón, 2016).

• **Hábitats Naturales de Interés Comunitario**

Del conjunto de tipos de HIC incluidos en el anexo I de la Directiva (231), 118 están reconocidos oficialmente como presentes en España, 48 en Aragón y 14 en el municipio de Panticosa. En la tabla 10, aparece representada dicha información.

Tabla 10. Número de HIC en la Unión Europea, España, Aragón y el municipio de Panticosa y porcentaje respecto al total. Elaboración propia. Fuente: Quesada, 2013; García et al., 2019; MITECO, 2005.

	UE	España	Aragón	Panticosa
Nº HIC	231	118	80	14
% respecto al total	100,0	51,1	34,6	6,1

A continuación se muestra la lista y el mapa (figura 22) de los HIC presentes en Panticosa:

Hábitats de agua dulce

- 3240 Ríos alpinos con vegetación leñosa en sus orillas de *Salix elaeagnos*.

Brezales y matorrales de zona templada

- 4060 Brezales alpinos y boreales.

Matorrales escleróficos

- 5210 Matorral arborescente con *Juniperus spp.*

Formaciones herbosas naturales y seminaturales

- 6140 Pastos pirenaicos y cantábricos de *Festuca eskia*.
- 6170 Prados alpinos y subalpinos calcáreos.
- 6410 Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinio ncaeruleae*).
- 6430 Megaforbioseutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino.
- 6510 Prados pobres de siega de baja altitud.

Turberas altas, turberas bajas (FENS y MIREs) y áreas pantanosas

- 7230 Turberas bajas alcalinas.

Hábitats rocosos y cuevas

- 8130 Desprendimientos rocosos occidentales y termófilos.
- 8220 Pendientes rocosas silicícolas con vegetación casmofítica.
- 8340 Glaciares permanentes.

Bosques

- 9180* Bosques de laderas, desprendimientos o barrancos de *Tilio-Acerion*.
- 9430 Bosques montanos y subalpinos de *Pinus uncinata* (* en sustratos yesosos o calcáreos).

Se observa que los HIC predominantes son las formaciones herbosas naturales y seminaturales y los hábitats rocosos y cuevas. Y cabe destacar, que el hábitat 9180 es prioritario, i.e. que está amenazado de desaparición en el territorio de la Unión Europea y cuya conservación supone una responsabilidad especial para la UE (MITECO, 2005).

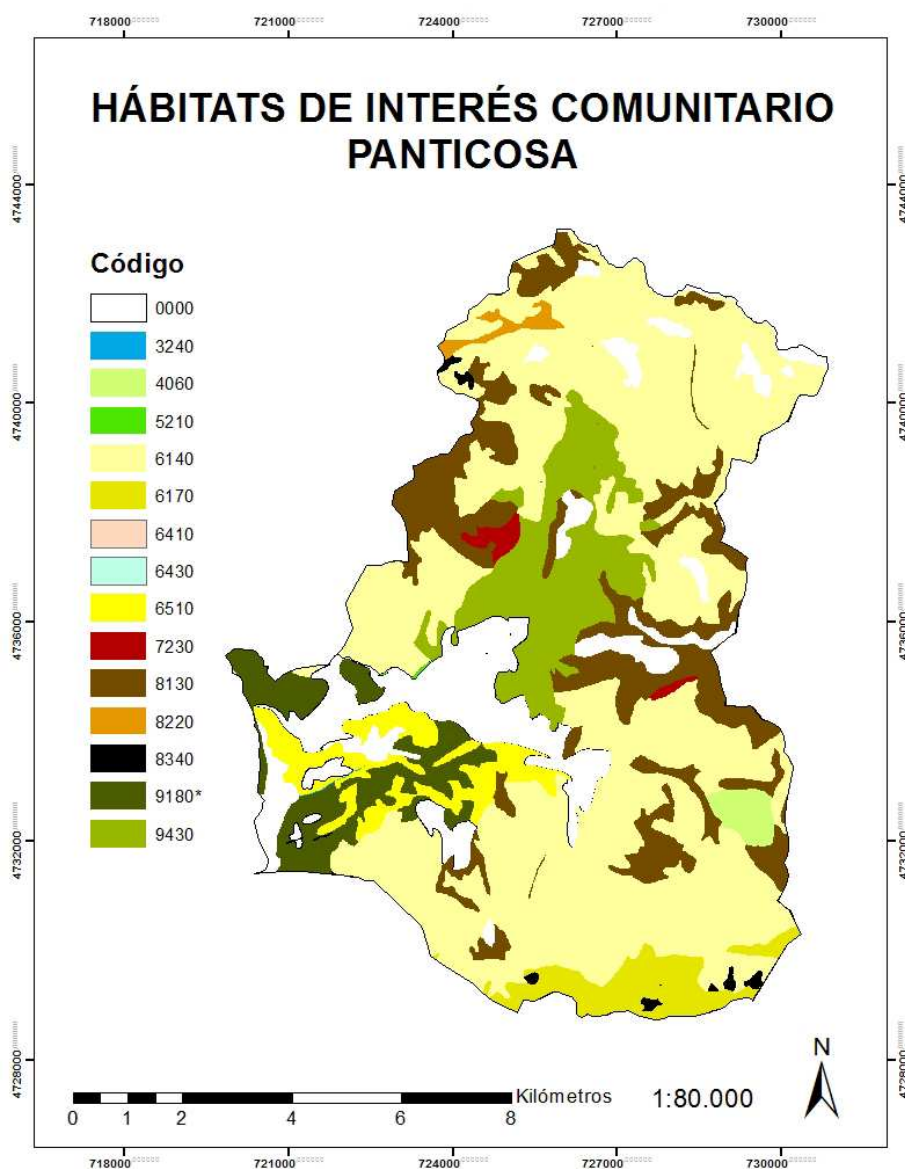


Figura 22. Mapa de los hábitats de interés comunitario de Panticosa, representados por sus respectivos códigos. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: MITECO, 2005.

Finalmente, en la figura 23 se muestra el mapa con todos los espacios protegidos que se encuentran en Panticosa, y sus porcentajes de ocupación en la tabla 11 y la figura 24.

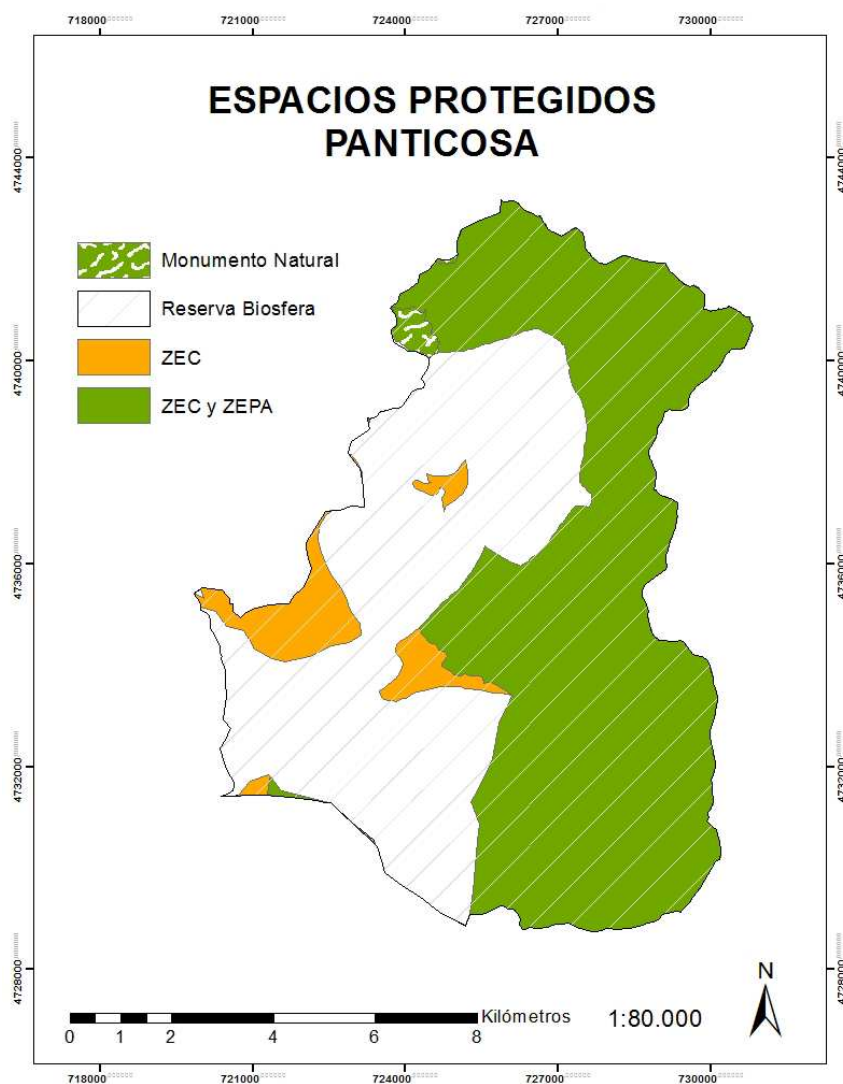


Figura 23. Mapa de los espacios protegidos de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018.

Tabla 11. Comparativa del área que representa cada espacio protegido respecto al área total de España, Aragón y el municipio de Panticosa. No se ha calculado la superficie de HIC de España. Elaboración propia. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018; MITECO, 2005.

Espacio protegido	% Área		
	España	Aragón	Panticosa
ZEC	29,2	21,9	60,4
ZEPA	25,1	18,2	55,1
M. Naturales	19,6	3,6	0,7
R. Biosfera	13,5	0,0	100,0
HIC	-	28,5	87,7

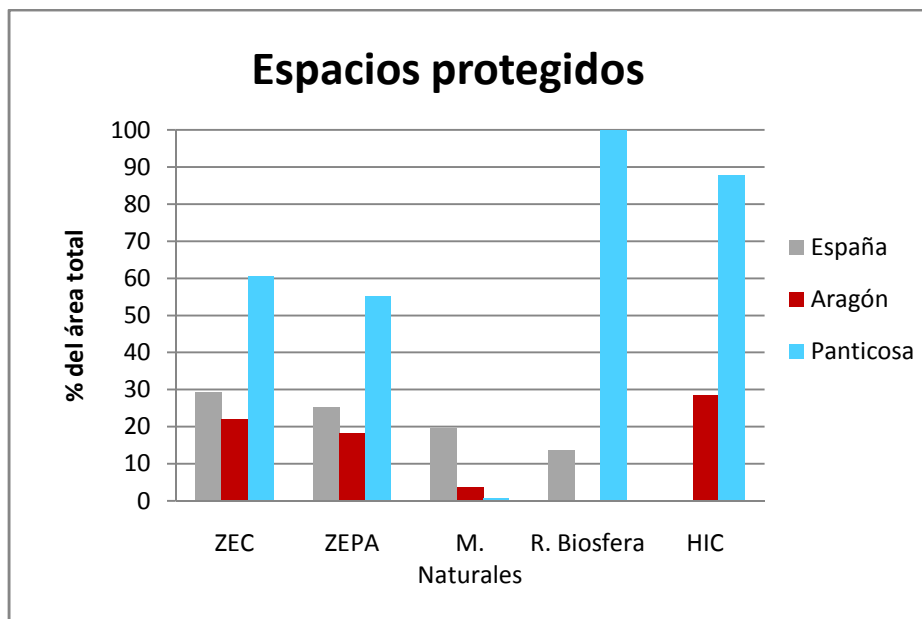


Figura 24. Comparativa del área que representa cada espacio protegido respecto al área total de España, Aragón y el municipio de Panticosa. No se ha calculado la superficie de HIC de España. Elaboración propia. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018; BDN, 2005.

Se observa que el espacio protegido predominante son los HIC, seguido de las ZEC, las ZEPA, los Monumentos Naturales y finalmente la Reserva de la Biosfera, con el menor porcentaje del área total, excepto en Panticosa, donde ocupa el 100% de su superficie. También se observa que Aragón tiene menor superficie protegida respecto a su superficie total, en comparación con España y mucha menos que Panticosa. Cabe destacar que la mayoría de espacios protegidos representan en Panticosa más de la mitad de su superficie.

5.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN, REGULACIÓN Y CULTURALES

5.3.1. PROVISIÓN

- Alimentos

Agricultura

La agricultura de Panticosa está mayoritariamente destinada a alimentar al ganado, que dispone de pastos y prados. Los pastos de puerto ocupan 3832,2 ha que el ganado pasta desde finales de primavera hasta principios de otoño. Incluye el pasto y el pasto arbolado del mapa de unidades ambientales (figura 10). Los prados abarcan 342,0 ha, de las cuales 149,5 ha son cultivos forrajeros, que se siegan y guardan para el invierno y se aprovechan a diente en primavera y otoño; y 192,5 ha son prados abandonados que se están matorralizando, y se aprovechan solo a diente.

En menor medida, hay también 3 ha de huertas, agricultura destinada al autoabastecimiento de la población.

En la tabla 12, a continuación, se muestran los resultados de ambos.

Tabla 12. Superficie agrícola destinada a abastecimiento (directo e indirecto) en función del tipo de superficie agrícola. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012.

	Tipo de superficie agrícola	Superficie (%)
Abastecimiento indirecto	Pastos de puerto	39,8
	Prados	3,6
Abastecimiento directo	Huertas	0,03

En el mapa de unidades ambientales de la figura 10 se puede observar la distribución de las superficies pastables: prado, prado matorralizado, pasto, pasto arbolado y pasto en roquedo.

Ganadería

La ganadería del municipio de Panticosa se sustenta en los prados de siega y en los pastos de puerto, existiendo diferentes tipos de razas ganaderas: bovino de raza Parda de Montaña, ovino de raza Churra Tensina, caprino de raza Pirenaica, equino de raza Hispano Bretón y avícola (Fernández et al., 2009). Todos los animales se crían para carne. Actualmente el número de ganaderos se ha reducido a cuatro.

En la tabla 13 y las figuras 25 y 26 se muestran los datos de cada tipo de ganadería en cuatro años de décadas sucesivas.

Tabla 13. Nº de cabezas de ganado por año y tipo. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST.

	Año			
	1989	1999	2009	2019
Ovino	1156	1238	1267	800*
Bovino	261	895	431	300*
Caprino	91	305	600	250*
Equino	0	0	110	90*

*Datos proporcionados por uno de los ganaderos de Panticosa: nº de cabezas de ganado aproximado.

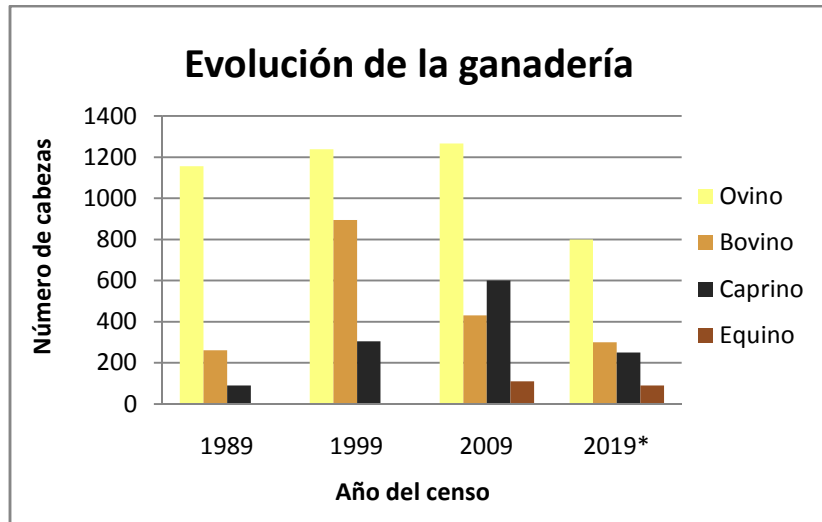


Figura 25. Evolución de la ganadería en el municipio de Panticosa por tipo de ganadería. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST.

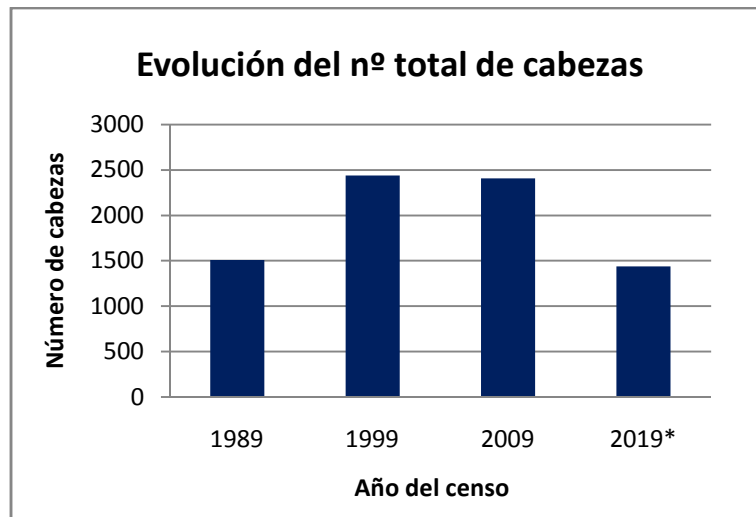


Figura 26. Evolución de la ganadería en el municipio de Panticosa total. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST.

Desde el año 1989 hasta hoy se observa un aumento y posterior descenso del número de cabezas de todos los tipos de ganado, así como del número total de cabezas de ganado.

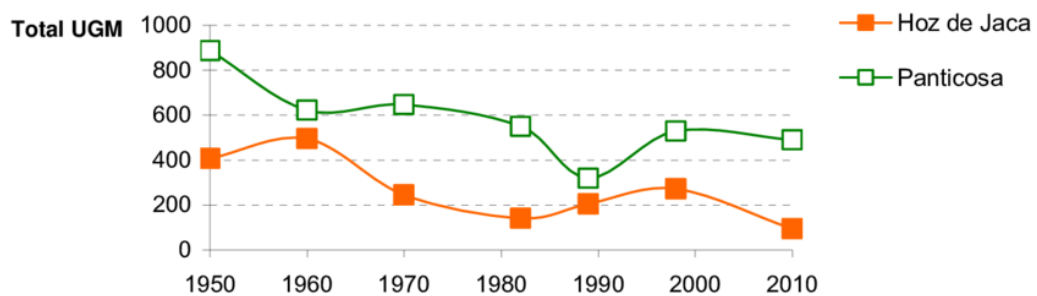


Figura 27. Evolución de la ganadería en Panticosa y Hoz de Jaca. Fuente: Casasús et al., 2012.

Se observa una tendencia a la baja en el número de Unidades de Ganado Mayor (UGM) en todo el municipio desde mediados del siglo XX (figura 27).

Se puede ver la correspondencia de las UGM de los años 1990, 2000 y 2010 de la figura 26 con los años 1989, 1999 y 2009 de la figura 27.

En las siguientes figuras (28 y 29) aparecen fotografías de ganado ovino y equino del municipio.



Figura 28. Ovejas del entorno de Panticosa. Autora: Irene Turienzo.



Figura 29. Caballos del entorno de el Pueyo de Jaca. Autora: Irene Turienzo.

- **Agua**

A continuación, en la tabla 14, se muestra la correspondencia entre las unidades ambientales del municipio y el tipo de vegetación utilizando en el modelo, así como los coeficientes de disponibilidad de agua asociados a cada uno y la superficie ocupada por cada tipo de cobertura vegetal del municipio.

Tabla 14. Cobertura vegetal del modelo y unidades ambientales del municipio con los coeficientes de disponibilidad de agua y la superficie ocupada asociados a ellas respectivamente. Elaboración propia. Fuente: Enguita, 2017; CNIG, 2012.

Tipo de vegetación del modelo	Coeficientes de disponibilidad de agua (w)	Unidades ambientales del municipio	Superficie (ha)
Bosque	2	Bosque	1594,1
Vegetación mixta	1	Pasto arbolado Roquedo con pasto Roquedo con leñosas	534,8
Herbáceo	0,5	Prado Pasto	4075,8
Suelo desnudo	0,1	Tejido urbano Roquedo Embalse Ibones	3430,6

Tabla 15. Temperatura y precipitación media anual del municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: AEMET, 2000.

Temperatura media anual	4,8 °C ± 2,2
Precipitación media anual	1455 mm ± 71

Tabla 16. Agua azul y agua verde. Elaboración propia.

	Agua azul	Agua verde
hm3	95,5	44,7
%	68,1	31,9

En la tabla 16 se observa que más de dos tercios del agua de precipitación va a formar parte de acuíferos, ríos o el embalse, por lo que resulta en gran parte aprovechable por el ser humano. Esto es debido a la gran cantidad de superficie poco vegetada o con vegetación de talla baja (que se encuentra principalmente a altitudes por encima del límite forestal) capaz de absorber menos agua que la vegetación arbórea, como aparece en la tabla 14.

• Energías renovables

Hidroeléctrica

El municipio cuenta con dos centrales hidroeléctricas de producción de energía, que toman el agua de lluvia y deshielo acumulada en ibones represados, como se puede ver representado en la figura 30. Sus características son descritas por Galán (2012):

- Central de Baños de Panticosa

Está situada en el recinto del Balneario de Panticosa. Tiene una potencia de 5,5 MW y una producción de 30 GWh/año. Aprovecha los 527 m de desnivel existentes entre el embalse de Bachimaña Inferior y el desagüe en el río Caldarés, junto al Balneario. Tiene la singularidad de que la aportación de su cuenca se regula mediante los embalses de Bachimaña Inferior,

Bachimaña Superior, Azules, Pecico, Bramatuero Superior, Bramatuero Inferior y Brazato cuyas aguas afluyen a Bachimaña.

- Central de Pueyo de Jaca

Está situada en el pueblo de Pueyo de Jaca. Tiene una potencia de 14,3 MW y 63 GWh/año de producción. Toma el agua del lago del Balneario de que desagua la central de Baños.



Figura 30. Representación de los ibones y las centrales del municipio de Panticosa. Fuente: Galán, 2012.

En la figura 30 se pueden observar las dos centrales en letras verdes, y los embalses, de dónde toman el agua, con el símbolo de un triángulo rojo.

- Abastecimiento equivalente aproximado

Del IAEST (1998-2016) se tiene que el consumo de energía medio por habitante en Aragón es de 2,74 T de petróleo equivalente. Sabiendo que una tonelada de petróleo equivalente es igual a 11,6MWh/año, se obtiene un consumo medio/habitante de 31,9MWh/año.

Como el municipio tiene 786 habitantes (INE, 2019), el consumo medio total será 25GWh/año. Sabiendo que las centrales producen 93 GW/año, éstas podrían abastecer a 3,7 municipios como Panticosa.

5.3.2. REGULACIÓN

• Regulación climática

Global

La superficie boscosa corresponde a las unidades ambientales: bosque y bosque en roquedo, ocupando un total del 21,0 % de la superficie del municipio (CNIG, 2012). A continuación, se muestra dicha correspondencia junto con la superficie y las toneladas de CO₂ almacenado por cada tipo de bosque (tabla 17).

Tabla 17. Correspondencia de los bosques del mapa Forestal de España y del estudio del Gobierno de Aragón, superficie y CO₂ almacenado. Elaboración propia. Fuentes: Gobierno de Aragón, CITA, 2008. MTE, 2006. CNIG, 2012.

Mapa Forestal de España	Estudio del Gobierno de Aragón	Superficie (ha)	CO ₂ eq en la biomasa (t CO ₂ /ha)	CO ₂ eq total en la biomasa (t CO ₂)
<i>Betula pendula</i>	<i>Q.faginea</i> o <i>Q. pubescens</i> , solos o con <i>P. nigra</i>	24,6	99	2430,5
<i>Betula</i> con <i>Quercus faginea</i>	<i>Q. faginea</i> y <i>Q. faginea</i> con otras frondosas	255,5	93	25324,2
<i>Fagus sylvatica</i> con <i>P. sylvestris</i>	<i>Fagus sylvatica</i> con <i>P. sylvestris</i> o con otras frondosas	6,6	215	1426,5
<i>P. sylvestris</i>	<i>P. sylvestris</i>	230,1	231	57419,9
		67,9	63	
<i>P. uncinata</i>	<i>P. uncinata</i>	520,9	325	169286,0
<i>Pinus uncinata</i> con <i>P. sylvestris</i>	<i>P. sylvestris</i> con <i>P. nigra</i> o con <i>P. uncinata</i>	289,1	232	74793,7
		70,3	110	
<i>Quercus faginea</i>	<i>Q.faginea</i> o <i>Q. pubescens</i> , solos o con <i>P. nigra</i>	229,0	99	23789,8
		20,0	54	
<i>Quercus faginea</i> con <i>Fagus sylvatica</i>	<i>Q. faginea</i> y <i>Q. faginea</i> con otras frondosas	237,4	93	22075,4
<i>Quercus faginea</i> con <i>P. sylvestris</i>	<i>P. sylvestris</i> con <i>Q.faginea</i>	73,1	177	17277,3
		49,9	87	
<i>Q. pubescens</i> con <i>P. sylvestris</i>	<i>P. sylvestris</i> con <i>Q. pubescens</i>	159,5	139	22170,5
TOTAL				415991,8

Finalmente, en la tabla 18, se muestra el número de vehículos cuyas emisiones anuales equivalen al CO₂ almacenado por los bosques del municipio.

Tabla 18. Cantidad media de CO₂ emitido por un vehículo, distancia media recorrida (año 2013). Cantidad de CO₂ absorbido por los bosques y número de vehículos equivalente. Elaboración propia. Fuente: García, 2020; Europa press, 2013.

g CO ₂ /km emitidos por un vehículo	km recorridos	t CO ₂ eq absorbido por los bosques	Número de vehículos equivalente
124	12000	415991,8	279564

La existencia de los bosques del municipio de Panticosa permite compensar, como ejemplo, la cantidad de CO₂ emitida por aproximadamente 280000 vehículos en el año 2013.

Local

En la tabla 19 se muestran los resultados del agua verde, que equivalen a la evapotranspiración/precipitación.

Tabla 19. Agua verde. Elaboración propia.

	Agua verde
hm3	44,7
%	31,9

Se observa que un tercio del agua de precipitación es devuelta a la atmósfera en forma de evapotranspiración por parte de la flora.

• Control de la erosión

El siguiente mapa (figura 31) muestra los estados erosivos de Panticosa.

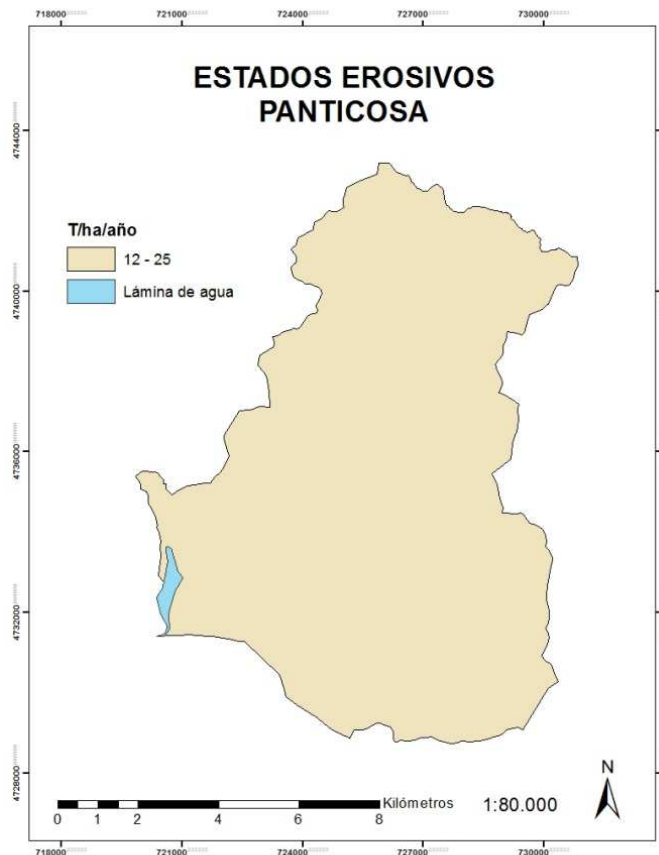


Figura 31. Mapa de Estados Erosivos del municipio de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: ICONA, 1987.

Se observa que en la mayoría de la superficie la erosión es de 12- 25 t/ha/año.

A continuación, se presenta una tabla comparativa (tabla 20) y su correspondiente representación gráfica (figura 32).

Tabla 20. Superficie de los territorios de la cuenca del Ebro, Huesca y Panticosa que tiene cada nivel o tasa de erosión. Elaboración propia. Fuente: ICONA, 1987.

Erosión (t/ha/año)	Nivel	% Área		
		Cuenca	Huesca	Panticosa
0 - 5	1	33,0	32,9	0,0
5 - 12	2	16,1	22,0	0,0
12 - 25	3	27,8	27,4	99,4
25 - 50	4	6,4	7,1	0,0
50 - 100	5	11,1	8,7	0,0
100 - 200	6	3,9	0,2	0,0
> 200	7	1,3	1,3	0,0
Lámina de agua	8	0,4	0,5	0,6

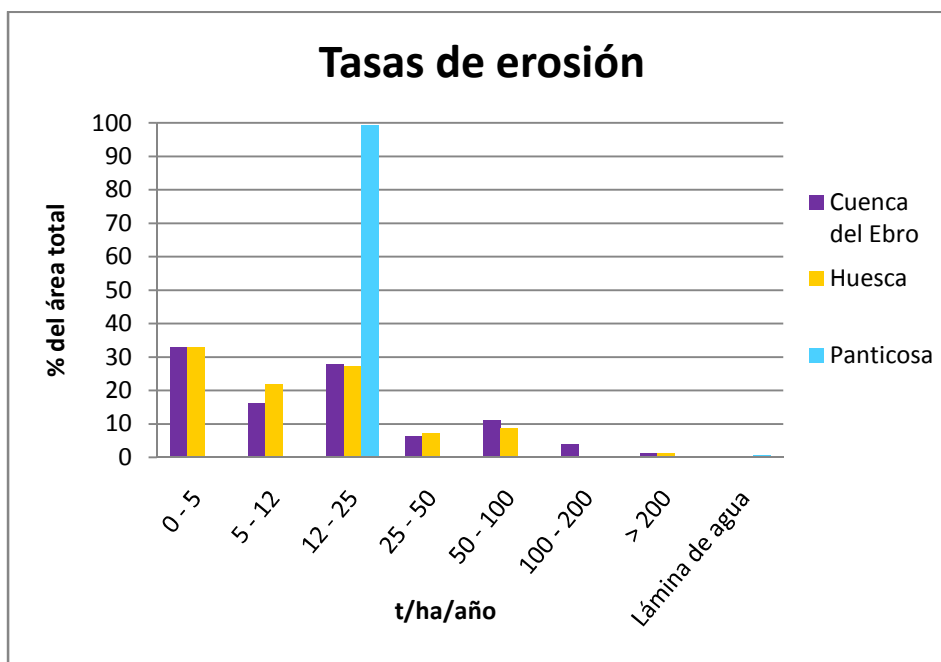


Figura 32. Superficie de los territorios de la cuenca del Ebro, Huesca y Panticosa que tiene cada nivel o tasa de erosión. Elaboración propia. Fuente: ICONA, 1987.

Las tasas de erosión de la cuenca del Ebro y de la provincia de Huesca son bastante similares, y, mayoritariamente inferiores a 25 t/ha/año. El municipio de Panticosa presenta un patrón de tasas erosivas diferente, aunque también mayoritariamente inferior las 25 t/ha/año.

La topografía de montaña del municipio se caracteriza por altas precipitaciones (AEMET, 2000) (elevado factor R), y laderas abruptas (elevado factor S) lo que provoca que la erosión potencial de la mayor parte de su territorio sea elevada. Sin embargo, la cobertura vegetal (CNIG, 2012) boscosa (especialmente) y herbácea (bajo factor C) estabiliza los suelos y evita el arrastre de grandes cantidades de material a lo largo de las laderas haciendo que los procesos erosivos sean menores. El suelo desnudo, potencialmente más erosionable, corresponde en su mayoría con una litología (IGME, 2003) de granito y caliza, rocas duras competentes poco erosionables (bajo factor K). Y la existencia de terrazas y bancales (CNIG, 2018) consolida el suelo de las laderas (bajo factor P).

• Polinización

La superficie agrícola ocupa en Panticosa una superficie del 43,3% (CNIG, 2012) del total del municipio y se puede dividir en: cultivos hortícolas (minoritarios), prados y pastos de puerto. Los dos últimos son aprovechados como alimento de forma indirecta a través del ganado (como carne).

Cultivos hortícolas

Los cultivos hortícolas abarcan 3,0 ha (CNIG, 2012), la mayoría huertas particulares de los vecinos de Panticosa y El Pueyo.

A continuación se enumeran las especies cultivadas por familias y su tipo de polinización:

- Amarantáceas: acelga. Anemófila.
- Amarilidáceas: puerro, cebolla. Entomófila (abejas y moscas).
- Boragináceas: borraja. Entomófila (abejas).
- Compuestas: lechuga. Autopolinización.
- Crucíferas: col, brócoli. Entomófila (abejas y moscas).
- Cucurbitáceas: calabacín, pepino. Entomófila (abejas).
- Leguminosas: judías verdes. Autopolinización.
- Solanáceas: tomate, patata, pimiento. Autopolinización, entomófila (abejorros) y anemófila.
- Umbelíferas: zanahoria. Entomófila (abejas).

Todas las plantas menos la lechuga y las solanáceas (tomate, patata y pimiento), que pueden autopolinizarse, presentan polinización entomófila (fundamentalmente por abejas). Por lo tanto, los insectos son necesarios para la obtención de semillas de estos cultivos y también de frutos en el caso del calabacín, las judías verdes y el pepino.

Prados

Los prados de siega cuentan con 149,5 ha (CNIG, 2012) y están destinados a la producción de forraje para el ganado. Otras 192,5 ha (CNIG, 2012) son también prados de siega pero se están matorralizando debido a su abandono y ya solo se aprovechan a diente.

La producción de forraje mediante el corte de hierba para henificar o ensilar es clave para la alimentación invernal del ganado, estación en la que los animales no poseen suficiente oferta pastable. Los cultivos forrajeros se pueden dividir en tres grupos principales: gramíneas,

leguminosas y "otras". Y son muy importantes ya que su contenido en proteína bruta se considera un aspecto fundamental en la nutrición animal.

Comparando la cantidad de proteína bruta contenida en cada grupo en cuatro prados de siega de Benasque, se obtuvo que: las leguminosas alcanzaron valores medios de 15,63%, significativamente más altos que los del grupo "otras" (10,24%), y estos a su vez mayores que los de las gramíneas (7,87%) (Reiné et al, 2015).

En el valle de Tena, las legumbres forrajeras son: alfalfa (*Medicago sativa*), varias especies de tréboles (*Trifolium pratense*, *T.repens*, *T. montanum*), *Lotus corniculatus*, *Medicago suffruticosa*, *Lathyruspratensis*, etc. Todas ellas presentan polinización entomófila, por lo que la presencia de insectos garantiza su reproducción y la supervivencia de las especies no perennes (Villar y Sesé, 1999).

En resumen, la leguminosas son las que más proteína bruta tienen, algo fundamental en la alimentación animal, y todas presentan polinización entomófila, por lo que sin insectos no se podría garantizar la adecuada alimentación del ganado.

Pastos

Los pastos suman una superficie de 3832,2 ha (CNIG, 2012) y también están destinados a la alimentación del ganado (en primavera, verano y otoño). En la tabla 21 se muestran las familias de los pastos del Pirineo Aragonés.

Tabla 21. Familias más representadas en los pastos herbáceos del Pirineo Aragonés (% abundancia). Fuente: Gómez et al., 2009.

	Asterác.	Poáceas	Fabáceas	Cariof.	Rosac.	Ciperác.	Orquid.	Ranun.
Pastos (%)	14	12,6	7,8	6	5,6	5	3,7	3

Estas familias suman el 57,7% de la vegetación de los pastos, de las cuales todas, excepto las Poaceas y las Ciperáceas (17,6%), tienen una polinización generalmente entomófila.

Por ello, en los pastos, al igual que en los prados, es imprescindible la existencia de polinizadores para la alimentación del ganado. Y no sólo para la polinización de las legumbres forrajeras (Fábaceas) sino también de las plantas del grupo "otras" (Asteráceas, Cariofiláceas, Rosáceas, etc.).

5.3.3. CULTURALES

- **Disfrute estético de los paisajes**

Calidad visual del paisaje

Las figuras 33 y 34 corresponden a los mapas de Calidad de Paisaje de Aragón y Panticosa, respectivamente, elaborados a partir del Índice de Calidad del Paisaje.

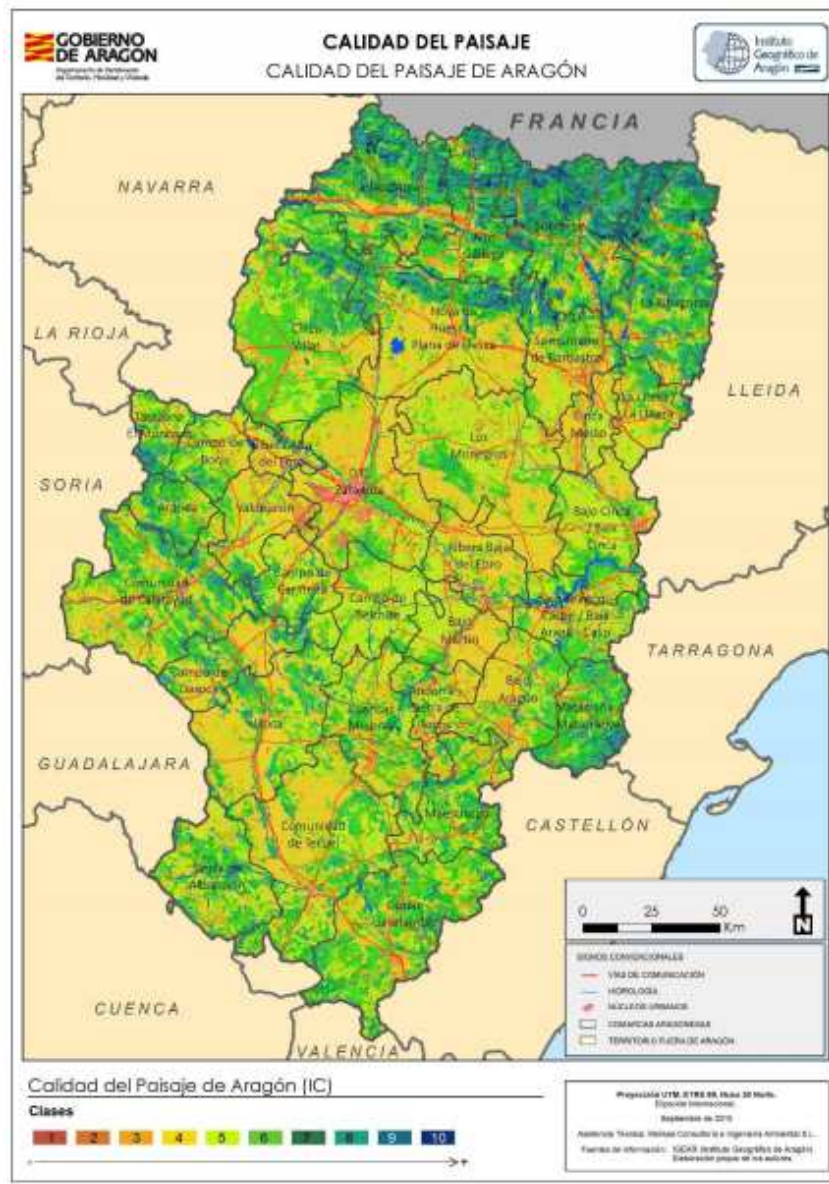


Figura 33. Mapa de Calidad de Paisaje de Aragón. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.

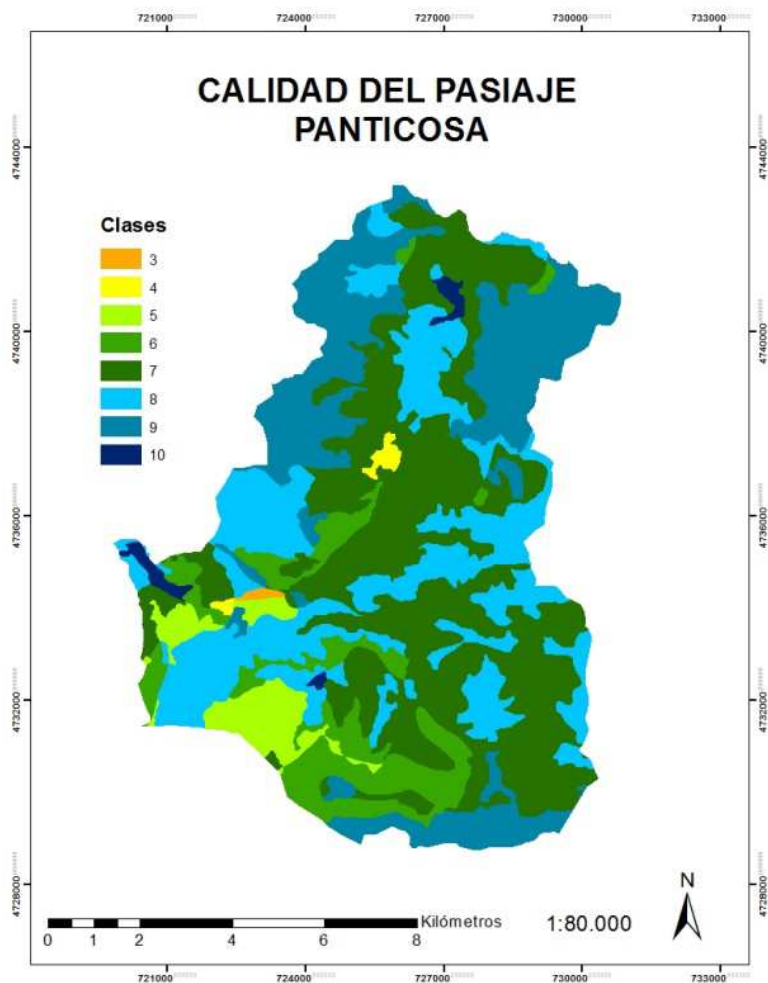


Figura 34. Mapa de Calidad de Paisaje de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.

Tabla 22. Superficie de los territorios de Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa que tiene cada clase de Calidad. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.

Clase	% Área			
	Aragón	Huesca	Pirineo	Panticosa
1	0,5	0,2	0,0	0,0
2	1,4	1,1	0,4	0,0
3	4,6	4,7	1,2	0,2
4	25,1	25,8	2,3	0,5
5	25,2	20,4	4,0	4,3
6	19,7	13,9	11,8	10,4
7	13,7	16,0	29,2	37,6
8	7,0	11,5	27,4	24,5
9	2,5	5,4	21,3	21,5
10	0,4	1,0	2,4	1,0
Calidad total	540,0	567,4	743,4	749,2

A partir de la tabla 22 se han elaborado las figuras 35 y 36.

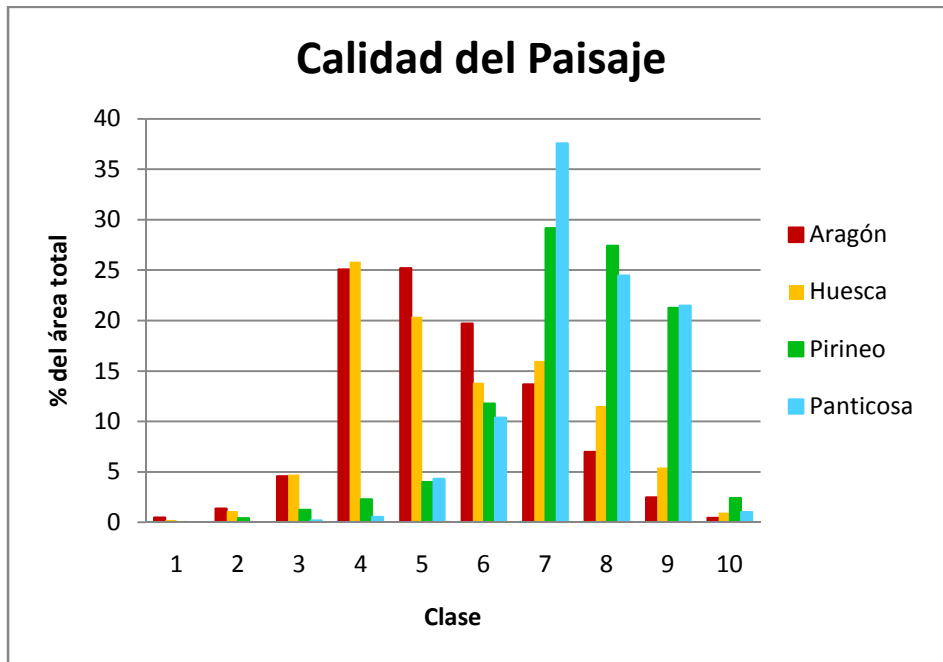


Figura 35. Superficie de los territorios de Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa que tiene cada clase de Calidad. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.

En la figura 35 se observa que la mayor parte de la superficie del municipio de Panticosa pertenece a las clases 7, 8 y 9, por encima de la media de Aragón, Huesca y Pirineo.

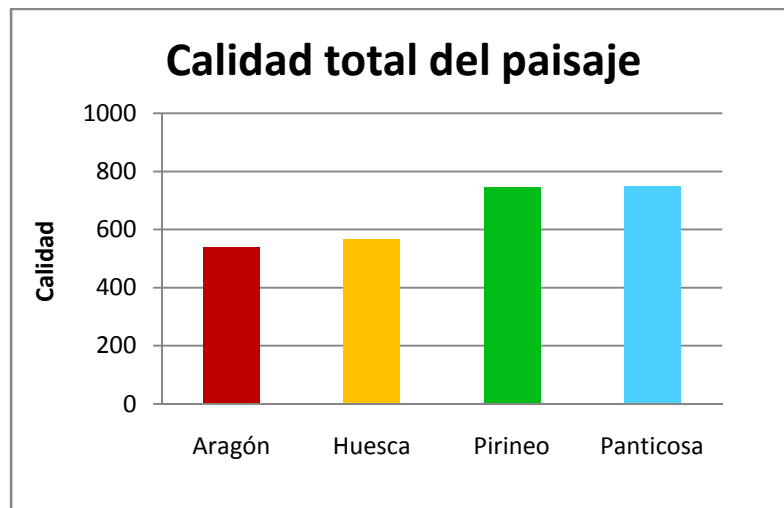


Figura 36. Calidad de Paisaje total de los territorios: Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.

La figura 36 muestra que la calidad total del paisaje de Panticosa es la más elevada entre los cuatro escenarios considerados.

Paisaje en mosaico

El paisaje en mosaico responde a una determinada organización social y a un contexto socioeconómico general que ha cambiado profundamente a partir de mediados del siglo XX. Desde entonces la mayor parte de los campos iniciaron un complejo proceso de colonización vegetal, que ha culminado con la presencia de formaciones densas de matorral y bosques. Esta deconstrucción del paisaje tiene su causa en dos hechos: la migración de la población de los pueblos a las ciudades, que provocó un masivo abandono de tierras de cultivo (cambio de usos de suelo), y la aculturación de la población pirenaica que vive de la agricultura y la ganadería (García y Lasanta , 2018). En la figura 37 se muestra un ejemplo del paisaje en mosaico del municipio.



Figura 37. Estructura en mosaico de los campos vecinos al núcleo del Pueyo de Jaca. 2018. Autora: Irene Turienzo

A continuación, en las siguientes figuras (38-40) se muestran algunas zonas de las ortofotos donde se puede observar la evolución de diferentes zonas de paisaje del municipio desde 1956 (imágenes en blanco y negro) hasta el 2018 (imágenes en color verde). Los cambios más evidentes son el paso de cultivo de cereales a prados de siega, la transformación de cultivos en bosques jóvenes, y la densificación del bosque por la disminución de la presión ganadera y del aprovechamiento maderero.

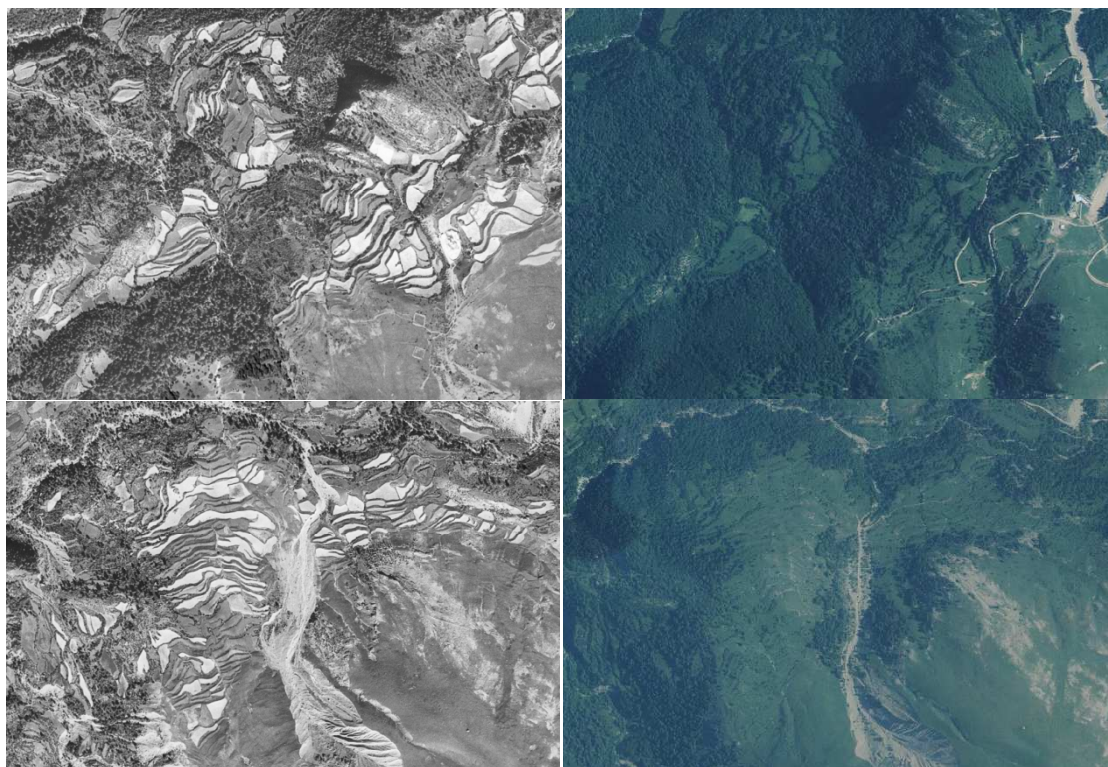


Figura 38. Paso de cultivo de cereales a prados. Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018.

Se puede verificar que en las primeras fotografías aéreas del famoso «Vuelo Americano» de los años 1956-57 gran parte de las solanas de los pueblos de montaña estaban cultivadas de cereal. Cuando se repasan de nuevo esos paisajes en los «Mapas de Cultivos y Aprovechamientos» del Ministerio de Agricultura de los años 1980-85 (AGRARIA, 1982) se comprueba que ya no hay cereal (Fillat, 2003).



Figura 39. Transformación de los cultivos en bosque. Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018.

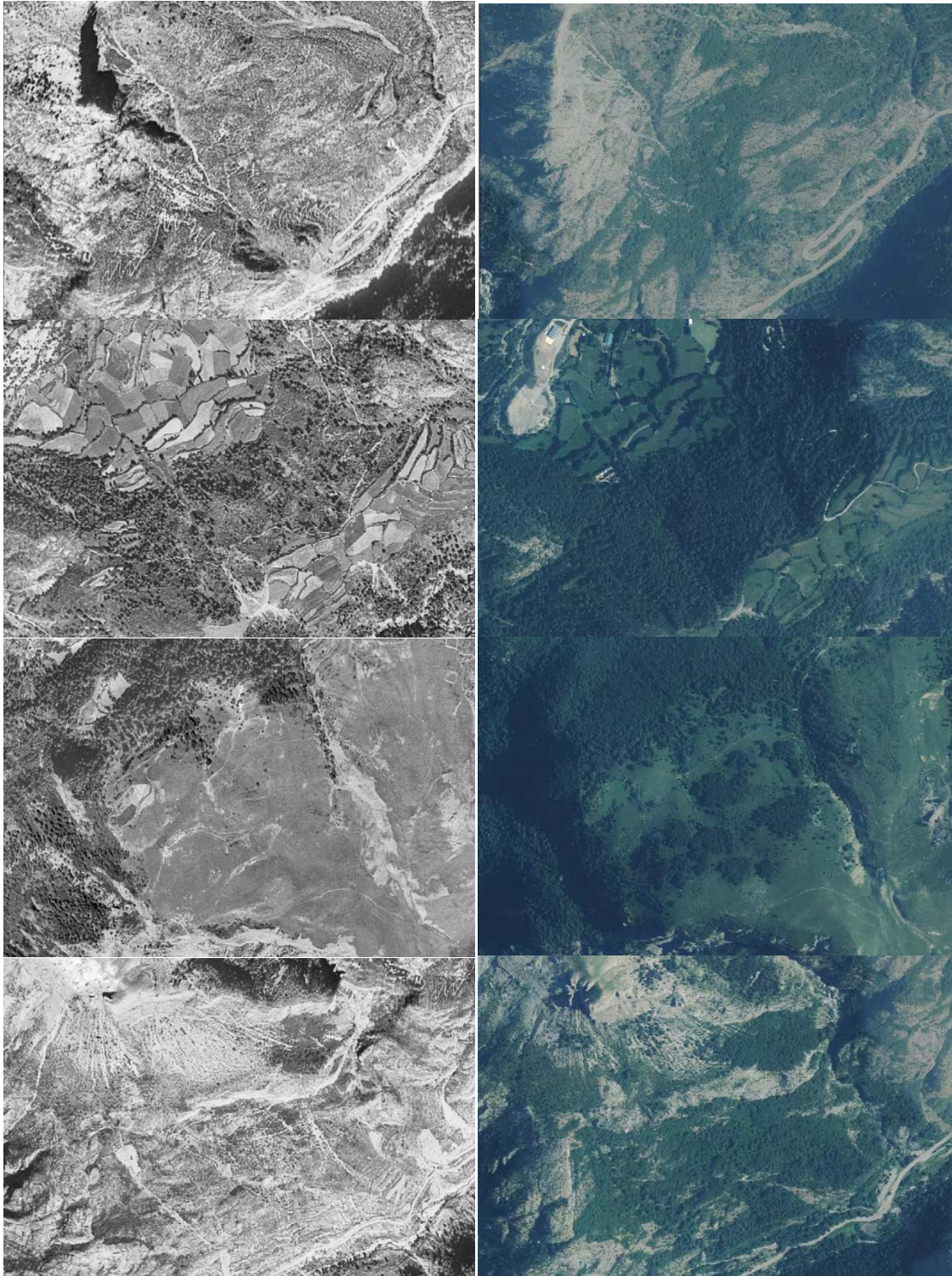


Figura 40. Densificación del bosque por disminución de la presión ganadera y del aprovechamiento maderero.
Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018.

- **Actividades recreativas y de turismo**

- Pesca

- No existen cotos de pesca específicos en el municipio, pero se puede realizar pesca extractiva en los tramos de los ríos Caldarés y Bolática, los cuales tienen 14,6 km y 5,1 km de longitud respectivamente (CHEBRO, 2010), excepto en las zonas donde el régimen sea sólo de

captura y suelta. La pesca también se practica en el embalse de Búbal y en los ibones del municipio, con la excepción del vedado de pesca del río Caldarés (límite superior Presa de Bachimaña y límite Inferior Cascada del Balneario) y del ibón del Balneario de Panticosa (Ibón de Baños) (BOA, 2018).

Se pesca la trucha común (*Salmo trutta*), el barbo común (*Luciobarbus bocagei*) y el barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*), bajo las reglas establecidas por la Diputación general de Aragón (periodos, días y horarios hábiles, dimensiones y número de peces, y régimen) (Gobierno de Aragón, 2019).

Caza

Todo el municipio es un coto de caza: la mayoría de su superficie (90,8%) forma parte de la reserva de caza de Viñamala-Panticosa, de caza mayor; y el resto (9,2%), la zona más cercana a los núcleos de población, es un coto deportivo de caza mayor y menor (IDEARAGON, 2019).

Las especies de caza menor más importantes son: paloma (*Columba sp.*), zorro (*Vulpes vulpes*), codorniz (*Coturnix coturnix*), perdiz roja (*Alectoris rufa*), urraca (*Pica pica*) y zorzal (*Turdus sp.*), además de otras especies minoritarias. Y las de caza mayor: corzo (*Capreolus capreolus*), jabalí (*Sus scrofa*) y sarrio (*Rupicapra pyrenaica*) (INACAZ, 2019). En las figuras 41 y 42 se muestra el número de individuos cazados por especie y año.

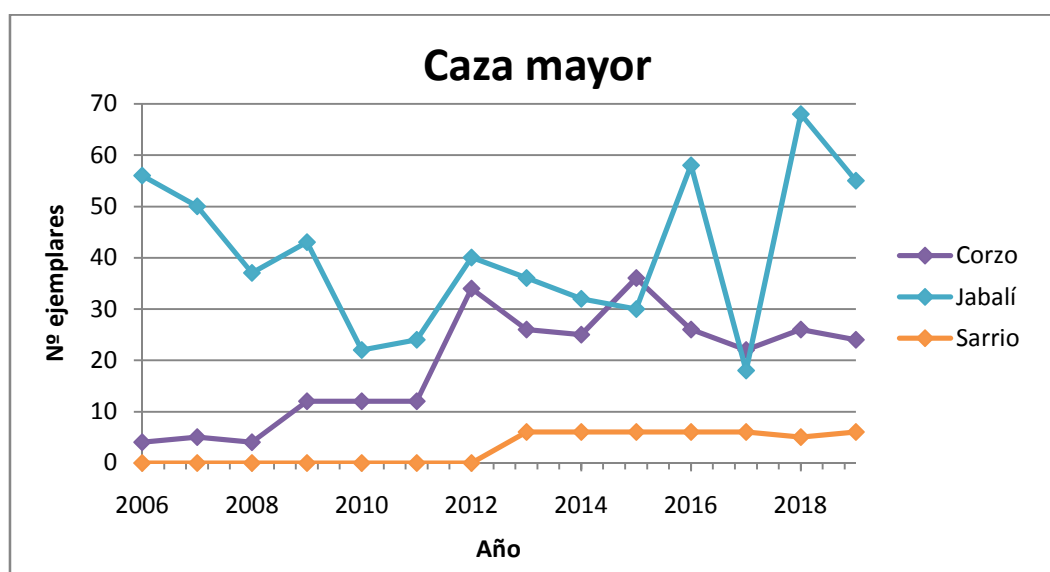


Figura 41. Evolución del número y las especies de caza mayor. Elaboración propia. Fuente: INACAZ.

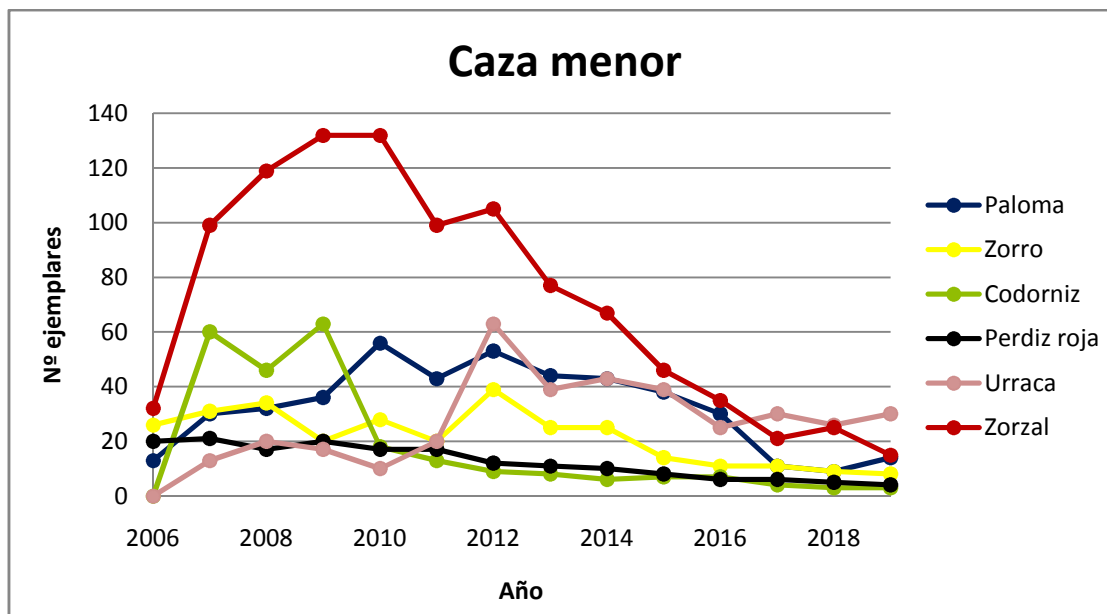


Figura 42. Evolución del número y las especies cinegéticas que se cazan mayoritariamente de caza menor. Elaboración propia. Fuente: INACAZ.

En los últimos 15 años se observa, en general, un aumento y posterior descenso del número de ejemplares cazados. Además, la caza mayor es minoritaria, tanto en número de especies (tres) como de ejemplares cazados, en comparación con la caza menor, con más de 20 especies (aquí se han incluido solo las más cazadas). Como novedad, el sarrio se empezó a cazar a partir del 2012.

Senderos y rutas BTT

En Panticosa existen cuatro senderos señalizados, tres de pequeño recorrido y uno de gran recorrido, que se muestran en la tabla 23 y la figura 43.

Tabla 23. Número, nombre y distancias de los senderos presentes en el municipio. Elaboración propia. Fuente: Misenda. FEDME, s.f.

Número	Nombre	Longitud dentro del municipio (km)
GR-11	Senda Pirenaica (Candanchú-Bujaruelo)	15,6
PR-HU 92	Sendero de Frazacoz (Sallent de Gállego-Panticosa-Hoz de Jaca)	7,1
PR-HU 95	Panticosa-laRipera-Ibón Sabocos	18,4
PR-HU 106	Sendero de las Palizas (Panticosa-El Pueyo de Jaca)	2
TOTAL		43,1

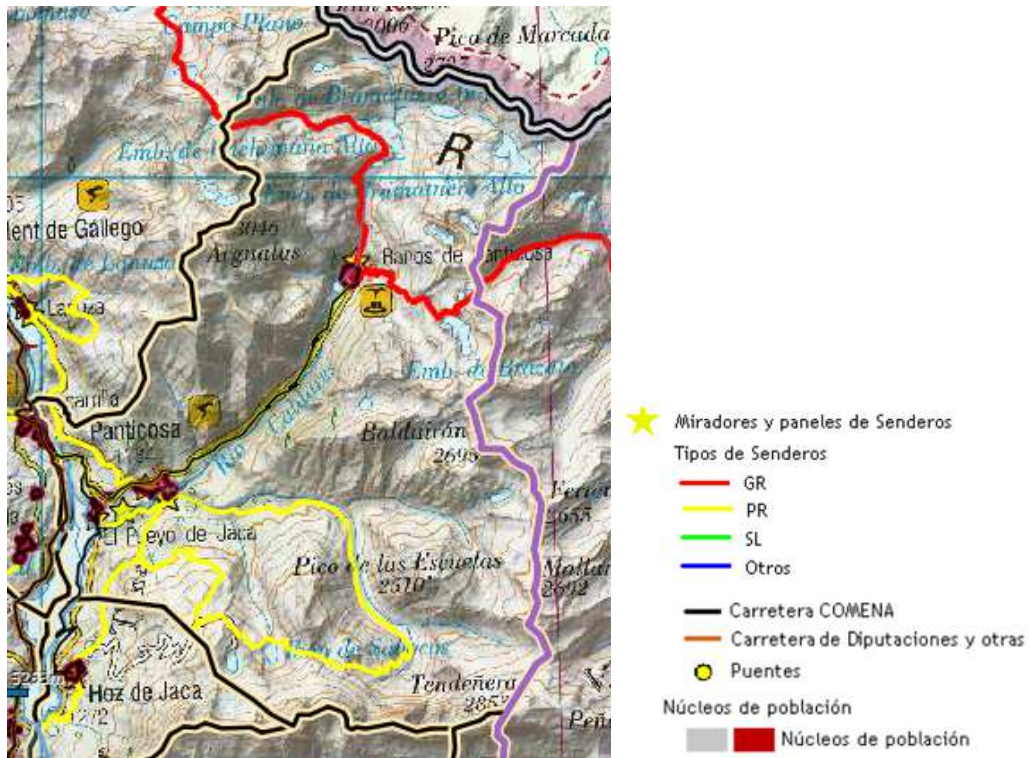


Figura 43. Mapa con los senderos del municipio de Panticosa. Fuente: IDEARAGÓN, s.f.

Además, existen cuatro rutas de mountain bike (BTT) (tabla 24 y figura 44). En ese caso no se ha podido calcular la longitud de la mayoría de las rutas (*) porque el mapa con la ruta no está asociada a la gráfica del desnivel y por tanto no se puede saber qué tramos se encuentran fuera y dentro del municipio. La ruta R-5 sí se ha podido calcular porque todo su recorrido se encuentra dentro del municipio.

Tabla 24. Número, nombre y longitud de las rutas de BTT presentes en el municipio. Elaboración propia. Fuente: BTT Pirineos Alto Gállego, s.f.

Número	Nombre	Longitud dentro del municipio (km)
R-2	Los fondos	*
R-5	El verde	22,9
R-6	Ibón de los Asnos	*
R-22	Las magas	*
TOTAL		> 22,9



Figura 44. Mapa con las rutas de BTT del municipio de Panticosa. Fuente: Geomap, s.f.

6. CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En relación a la biodiversidad en el municipio de Panticosa, existen 4 EIC, todas de fauna; 39 especies amenazadas, más del doble de fauna que de flora, ninguna en peligro de extinción; y 33 endemismos pirenaicos, la mayoría de flora.
- El municipio cuenta con 4 ZEC y 1 ZEPA, la Reserva de la Biosfera de Ordesa-Viñamala, y 14 HIC de los predominan las formaciones herbosas y los hábitats rocosos. La mayoría ocupan más de la mitad de su superficie, más de doble de la media en Aragón y en España, destacando los HIC y la Reserva de la biosfera.
- En relación al servicio de producción de alimentos, la agricultura está mayoritariamente destinada a alimentar al ganado, que dispone de pastos y prados que ocupan el 33,4 % de su superficie.
- La ganadería es de tipo bovino, ovino, caprino y equino, todos destinados a carne, y sustentada en los prados de siega y en los pastos de puerto. El número de UGM tiene una tendencia a la baja desde mediados del siglo XX.
- En cuanto a la provisión de agua, la aplicación del modelo hidrológico de Zahng ha permitido estimar que el agua azul constituye más de dos tercios de la precipitación anual, formando parte de acuíferos, ríos o el embalse, debido a la gran cantidad de superficie poco vegetada o con vegetación de talla baja. Mientras el tercio restante va en forma de agua verde, siendo devuelta a la atmósfera en forma de evapotranspiración por parte de la vegetación.
- Cuenta con dos centrales hidroeléctricas, que toman el agua acumulada en ibones represados, con una producción capaz de abastecer a 3,7 municipios como Panticosa.
- Los bosques, que ocupan el 21,0 % de la superficie, almacenan aproximadamente 416000 toneladas de CO₂ equivalente, que permiten compensar la cantidad de CO₂ emitida en un año por 280000 vehículos aproximadamente.
- La tasa media de erosión a nivel municipal es inferior a 25 t/ha/año. A pesar de las elevadas precipitaciones y laderas abruptas, la cobertura vegetal, las terrazas y bancales y la litología de sus áreas desnudas moderan la magnitud de los procesos erosivos.
- El servicio de polinización está detrás de la producción vegetal de pastos y prados, la cual sustenta la actividad ganadera del municipio, ya que su alimentación depende en buena parte de las legumbres forrajeras, que necesitan de la polinización.
- El paisaje –sustento de una parte del turismo- presenta una calidad elevada, estimándose que la mayor parte del municipio corresponde a las clases de calidad de paisaje 7, 8 y 9, por encima de la media de Aragón, Huesca y el Pirineo.
- El paisaje se encuentra en un proceso de transformación muy apreciable, siendo los principales cambios, los siguientes: el paso de cultivo de cereales a prados de siega, la transformación de cultivos en bosques jóvenes y la densificación del bosque por la disminución de la presión ganadera y del aprovechamiento maderero.
- La actividad cinegética es un servicio ecosistémico de interés económico y social. La caza menor, presenta un declive en los últimos 9 años. La caza mayor es minoritaria, tanto en número de especies (tres) como de ejemplares cazados, en comparación con la caza menor, con más de 20 especies (aquí se han incluido solo las más cazadas).

7. BIBLIOGRAFÍA

AEMET, 2000. Atlas climático de la Península y Baleares.

<http://agroclimap.aemet.es/>

Albet, A. et al., 2015. La densidad de población en el mundo. Geografía e historia. p. 191. Vicens Vives. España.

Arribas, O., 2002. Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles. Lacerta bonnali.

<http://www.gisandbeers.com/GeoBazar/Libros/Atlas%20biodiversidad/Atlas%20y%20Libro%20Rojo%20de%20los%20anfibios%20de%20Espana.pdf>

Ayuntamiento de Panticosa. Sin fecha. Historia, Panticosa, Historia, pasado, pirineo.

<http://www.panticosa.es/nuestro-pueblo.php?Nombre=Historia>

Biot, Y, 2011. Agua para los Bosques y la Sociedad en el Mediterráneo

https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_wsctu1_2011_es.pdf

BISE, 2020. Indicadores europeos simplificados de biodiversidad

<https://biodiversity.europa.eu/track/streamlined-european-biodiversity-indicators>

BISE, 2020. Lugares Natura 2000 designados con arreglo a las Directivas de la UE sobre hábitats y aves. Indicadores de biodiversidad europeos simplificados.

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sites-designated-under-the-eu-3/assessment>

BOA, 2018. ORDEN DRS/202/2018, de 31 de enero, por la que se aprueba el Plan General de Pesca de Aragón para el año 2018.

<http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=1004670964747>

BOE, 2007. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

<https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/13/42>

BOE, 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1992-81200>

BOE, 2011. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-3582-consolidado.pdf>

BOE, 1989. Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1989-6881>

Bossard, M. et al., 2020. CORINE land cover technical guide. EEA. Technical report nº 40.

<https://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>

BTT Pirineos Alto Gállego. Sin fecha. Rutas.

<http://www.bttpirineosaltojallego.com/es/rutas.aspx>

- Cantos, V., 2015. Hidrograma Régimen Nival Puro. Caldarés en Panticosa.
<https://www.auladehistoria.org/2015/02/hidrograma-regimen-nival-puro-caldares.html>
- CAR, 2019. Metodología de valoración integral de servicios ecosistémicos.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5df9b87ca87d2.pdf>
- Casasús, I. et al., 2012. Bases técnicas para el manejo de los pastos en la estación de esquí de Panticosa.
https://www.researchgate.net/figure/Figura-14-Evolucion-de-los-censos-totales-de-ganado-UGM-en-los-terminos-municipales_fig1_236844823
- Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la UPV, 2014. Evaluación de los servicios de los ecosistemas de Euskadi.
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/ecomilenio_euskadi/es_def/adjuntos/2014.pdf
- CEPAL, 2017. Selección de indicadores de biodiversidad para elaborar en el taller.
https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/3.7seleccion_de_indicadores_de_biodiversidad_para_elaborar_en_el_taller.pdf
- CHEBRO, 2010. Red fluvial. 1:25000.
<http://iber.chebro.es/geoportal/index.htm>
- CITA, 2008. Estudio sobre la funcionalidad de la vegetación leñosa de Aragón como sumidero de CO₂: existencias y potencialidad (estimación cuantitativa y predicciones de fijación).
<https://www.aragon.es/documents/20127/674325/estudio.pdf/a4737233-9028-721a-0e81-539421b795a3>
- CNIG, 2008. Mapa Topográfico Nacional. 1:25000.
- CNIG, 2012. CORINE Land Cover. 1:300000.
- CNIG, 2018. Líneas límite municipales. 1:25000.
- CNIG, 2010. Mapa de Clasificación climática según Köppen.
- CNIG, 2018. Ortofoto PNOA Máxima actualidad.1:70000.
- CNIG, 1956-1957. Ortofoto AMS (B).1:320000.
<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Colwell, R. K., 2009. «Biodiversity: Concepts, Patterns and Measurement». En Simon A. Levin, ed. The Princeton Guide to Ecology. Princeton: Princeton University Press. pp. 257–263.
- Cotler, H. et al., 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica, Vol. 83, pp. 5-71. México.
<https://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf>
- EIONET, 2018. Terrestrial alpine region reference list.
<https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-bd/activities/terrestrial-alpine-region-1.pdf>
- EME, 2011. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de Resultado.
- Enguita, G., 2017. Efectos sobre el balance de agua azul y agua verde de la restauración post-incendio en los montes del T.M. de La Zoma (Te).
<https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/32039>

Europa press, 2013. Los españoles conducen una media de 12.000 kilómetros y 300 horas anuales.

<https://www.europapress.es/motor/sector-00644/noticia-espanoles-conducen-media-12000-kilometros-300-horas-anuales-20130128140851.html>

Fatás, G., 2001. Los Pirineos.

https://www.fundacioncai.es/portal2006Files/UserFiles/File2/96.%20LOS%20PIRINEOS.pdf?fbclid=IwAR19H2xJc62czjCG7G_ZxYnL9n_3XkdgR3Fn1ZVijKdMe9O2LwiwZhA2h2U

FEDME. Sin fecha. Misenda

<https://misendafedme.es/la-fedme/>

Fernández, M. et al., 2009. Guía de campo de las razas autóctonas españolas.

https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/1.1%20Gu%C3%ADa%20de%20campo%20de%20las%20razas%20aut%C3%B3ctonas%20espa%C3%B1olas._tcm30-120392.pdf

Ferrer, C. et al., 2008. El proyecto "Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles". Algunos resultados obtenidos sobre los pastos de los altos valles del Pirineo aragonés. Pastos del Pirineo. Cap. 16, p. 255-272.

http://digital.csic.es/bitstream/10261/100503/1/Ferrer_proyecto_tipificacion_Pastos%20del%20Pirineo_2008.pdf

Fillat, F., 2003. Un paisaje pirenaico de prados y pastos: cambios recientes y perspectivas. Acta Bot. Barc., vol. 49, p. 313-324.

<https://core.ac.uk/download/pdf/39050754.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sin fecha. Servicios culturales.

<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/culturalservices/es/>

Galán, F., 2012. Centrales hidroeléctricas y presas del Alto Aragón.

https://www.esteyco.com/wp-content/uploads/2017/02/Centrales_Presas_AA_web-COPIA0.pdf

García J.M. y Lasanta T., 2018. El pirineo aragonés como paisaje cultural. Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ipe-csic), Vol 173.

<http://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/294/397>

García, J.L., 2020. Las emisiones de CO₂ de los coches nuevos bajan hasta los 115 gramos en 2020, el mejor valor de los últimos años.

<https://www.cocheando.es/media-emisiones-co2-coches-nuevos-2020-descenso-bajada.html>

García, M.B. et al., 2019. Manual de seguimiento para Especies de Flora de Interés Comunitario.

<https://www.aragon.es/documents/20127/4520751/Manual+de+seguimiento+de+especies+de+flora+de+inter%C3%A9s+comunitario+en+Arag%C3%B3n.pdf/ad6ac1d5-dc47-2f34-ed0e-75cd567f27a2?t=1562671646288>

García, M.B. y Gómez, D., 2007. Flora del pirineo aragonés. Patrones espaciales de biodiversidad y su relevancia para la conservación. Pirineos vol 162: p. 71-88.

<http://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/13>

- García-Varela, J., 2007. Naturaleza y espiritualidad.
<https://www.silene.org/es/centro-de-documentacion/reflexiones-sobre-naturaleza-y-espiritualidad/naturaleza-espiritualidad>
- Garin, I. y Herrero, J., 1997. Distribution, abundance and demographic parameters of the Pyrenean Chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*) in Navarre, Western Pyrenees. *Mammalia*, vol 67, nº 1, p 55-65.
https://www.researchgate.net/profile/Juan_Herrero4/publication/249943492_Distribucion_abundance_and_demographic_parameters_of_the_Pyrenean_Chamois_Rupicapra_p_pyrenaica_in_Navarre_Western_Pyrenees/links/53de606a0cf2a76fb667fe8a/Distribution-abundance-and-demographic-parameters-of-the-Pyrenean-Chamois-Rupicapra-p-pyrenaica-in-Navarre-Western-Pyrenees.pdf
- Geomap. Sin fecha. Visor cartográfico de España.
<https://www.geomap.com/es/espana#zoom=13&lat=42.7666&lon=-0.264&layer=0&overlays=FFFFFFFFFFFFFFFFFFFF>
- Gobierno de Aragón, 2005. Catálogo de Especies Amenazadas en Aragón.
<https://www.aragon.es/-/catalogo-de-especies-amenazadas-en-aragon>
- Gobierno de Aragón, 2019. Cuándo pescar.
<https://www.aragon.es/-/cuando-pescar>
- Gobierno de Aragón, 2016. Medio Ambiente en Aragón.
https://www.aragon.es/documents/20127/674325/AGMA_INFORME_MA_2016.pdf/36bccefe-7cff-6ce9-c063-55ecb9188b66
- Gómez, D. et al, en prensa. Revisión de la flora endémica de los Pirineos. Materiales preliminares para una lista roja pirenaica.
- IAEST, 2016. Estadística Local de Aragón. Municipio de Panticosa.
<http://www.pasapues.es/aragonesasi/huesca/panticosa/panticosa-2016.pdf>
- IAEST, 1998-2016. Consumo de energía final per cápita (por habitante) en Aragón.
<https://www.aragon.es/-/energia>
- IAEST. Censos Agrarios 1989 y 1999 en Aragón.
<https://aplicaciones.aragon.es/cenag/gestion?idp=6&CodMun=22170&t=1&s=5>
<https://www.aragon.es/-/agricultura-ganaderia-selvicultura-y-pesca-1#anchor1>
- ICONA, 1987. Mapa de los Estados Erosivos de la Cuenca Hidrográfica del Ebro. 1:1000000.
- IDEARAGÓN, 2013. Grandes Dominios de Paisaje. 1:100000.
- IDEARAGÓN, 2019. Terrenos Cinegéticos (Cotos de caza). 1:25000.
- IDEARAGÓN, 2014. ZEC. 1:25000.
- IDEARAGÓN, 2014. ZEPA. 1:25000.
- IDEARAGÓN, 2015. Reservas de la Biosfera en Aragón. 1:25000.
- IDEARAGÓN, 2018. Espacios Naturales Protegidos en Aragón. 1:25000
- IDEARAGÓN, 2015. Mapa de Calidad del paisaje de Aragón. 1:100.000.
<https://idearagon.aragon.es/descargas>

IDEARAGÓN. Sin fecha. Visor 2D.

https://idearagon.aragon.es/visor/index.html?LOCAT=https://idearagon.aragon.es/arcgis/services/AragonReferencia/MPA/MapServer/WMSServer?&ServiceName=MPA&SERVICIO=MPA&CAPA=19&FORMAT=image/png&TRANSPARENT=TRUE&Styles=Default&ESCALA=2000000&COLECCION=Paisajes_A&ISGEORREF=false&FECHA=2015#

IGME. Sin fecha. El termalismo del batolito de Panticosa (Huesca). Caracterización hidroquímica y relación con el sistema hidrotermal del macizo plutónico de Cauterets-Panticosa (España-Francia).

http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfs/art_4linea9.pdf

IGME, 2003. Mapa Geológico de España. 1:50000.

<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/default.aspx?language=es>

INACAZ, 2019. Resultados de Caza.

<https://aplicaciones.aragon.es/inacaz/InacazAction.do>

INE. Historia. Censos de Población

<https://www.ine.es/inebaseweb/71807.do?language=0#>

INE. Poblaciones de hecho desde 1900 hasta 1991. Cifras oficiales de los Censos respectivos.

<https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=3055&L=0>

INE, 2001. Censos de Población y Viviendas. Resultados definitivos.

https://www.ine.es/censo/es/seleccion_colectivo.jsp#INE.2011.Censos.de.Población.y.Viviendas.2011.Resultados.Municipales

<https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/t20/e244/avance/p02/&file=pcaxis>

INE, 2019. Padrón. Población por municipios.

https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990

INE, 2009. Censo agrario

https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&menu=resultados&idp=1254735727106

IPBES, sin fecha. About.

<https://www.ipbes.net/>

IPE, 2005. Atlas de la Flora de Aragón.

<http://floragon.ipe.csic.es/listaplantasmunicipio.php?municipio=1029>

IPE, 2015. Atlas de la flora de Aragón - hongos.

<http://floragon.ipe.csic.es/florahongos/localidadesmunicipio.php?busqueda=pormunicipio&municipio=Panticosa>

IPE. Sin fecha. Datos básicos de diversidad vegetal de Aragón y de interés para aspectos de conservación.

http://floragon.ipe.csic.es/inf_diversidad.php

IPE. Sin fecha. Atlas de la flora del Pirineo.

- <http://florapirineos.ipe.csic.es/>
- Kingsnorth, P., 2019. Retrato de un ecologista en rehabilitación.
<https://www.15-15-15.org/webzine/2019/07/11/retrato-de-un-ecologista-en-rehabilitacion/>
- Lara, P., 2019. Identificación y priorización de servicios ecosistémicos proporcionados por las quebradas el peumo y el manzano, comuna de lo barnechea, región metropolitana.
<http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Lara%20Pamela.pdf>
- Machado, J. et al., 2016. Riesgo de pérdida del servicio ecosistémico intermedio de control de erosión por cambios en el capital natural del suelo. Caso de estudio: cuenca de Riogrande.
<https://iecaiberoamerica.org/riesgo-de-perdida-del-servicio-ecosistemico-intermedio-de-control-de-erosion-por-cambios-en-el-capital-natural-del-suelo-caso-de-estudio-cuenca-de-riogrande/#:~:text=El%20servicio%20ecosist%C3%A9mico%20denominado%20%E2%80%9Ccontrol,la%20Vulnerabilidad%20del%20CNS%2C%20que>
- MADS, 2012. Gestión de la biodiversidad.
<http://www.siac.gov.co/gestionbiodiversidad>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018. Iniciativa colombiana de polinizadores. Colombia.
http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosismaticos/pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-de-la-biodiversidad/INICIATIVA_COLOMBIANA_DE_POLINIZADORES_-_ICP_2018.pdf
- MITECO, 2000. Red Natura 2000.
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/>
- MITECO, 2005. Tipos de hábitat de interés comunitario.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_tipos_habitat_IC.aspx
- MITECO, 2005. Manual de Hábitat de España
https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/th_listado_tcm38-197146.pdf
- MITECO, 2005. Atlas y Manual de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/atlas_manual_habitats_espanoles.aspx
- MITECO, 2011. Inventario Español de Especies Terrestres.
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/>
- MITECO, 2012. Distribución de Hábitat Artículo17 (periodo 2007-2012)icono barra herramientas. 1:50000
https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/habitat-art17-2007_2012.aspx
- MITECO, 2001. Atlas y Libro Rojo de los peces continentales.

- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/atlas_libro_rojo_peces_tcm30-98786.pdf
- MITECO, 2011. Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados Amenazados de España (especies Vulnerables).
- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/atlas_invertebrados_amenazados_especies_vulnerables_tcm30-198226.pdf
- MITECO. Sin fecha. Áreas Protegidas por Instrumentos Internacionales.
- <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/espacios-protegidos-por-instrumentos-internacionales/default.aspx>
- MITECO, 2005. Atlas y Manual de los Hábitats Españoles. 1:50000.
- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/atlas_manual_habitats_espanioles.aspx
- MITECO, 2005. Manual de Hábitat de España
- https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/th_listado_tcm38-197146.pdf
- MITECO. Sin fecha. Especies de interés comunitario y de aves.
- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_especies_IC_aves.aspx
- Montori, A., 2002. Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles. Euproctus asper.
- <http://www.gisandbeers.com/GeoBazar/Libros/Atlas%20biodiversidad/Atlas%20y%20Libro%20Rojo%20de%20los%20anfibios%20de%20Espana.pdf>
- Moreno, G., 2017. Los servicios culturales del ecosistema, entre la preferencia por los paisajes agroforestales y las limitaciones a su disfrute
- <https://www.unex.es/organizacion/servicios-universitarios/servicios/comunicacion/archivo/2017/febrero-de-2017/13-de-febrero-de-2017/los-servicios-culturales-del-ecosistema-entre-la-preferencia-por-los-paisajes-agroforestales-y-las-limitaciones-a-su-disfrute#.X5yAQNVKjIU>
- MTE, 2006. Mapa Forestal de España. 1:50000.
- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50_descargas_ccaa.aspx
- Naciones Unidas, 1992. Convenio sobre la diversidad biológica.
- <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Nahuelhual, L. et al., 2016. Indicadores de servicios ecosistémicos.
- https://www.researchgate.net/publication/308459893_Indicadores_de_servicios_ecosistemicos
- Noguera-Urbano, E.A., 2017. El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. Acta zoológica mexicana. vol 33, p. 89-107.
- <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n1/0065-1737-azm-33-01-00089.pdf>
- Nores, C. et al., 2007. Atlas de mamíferos terrestres. Galemys pyrenaicus.
- <http://www.gisandbeers.com/GeoBazar/Libros/Atlas%20biodiversidad/Atlas%20y%20Libro%20Rojo%20de%20los%20Mamiferos%20Terrestres%20de%20Espana.pdf>

- Oberhuber, T. et al., 2010. El papel de la biodiversidad. Centro de investigación para la paz.
https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Dossier/Dossier_El_papel_de_la_biodiversidad.pdf
- Parc naturel régional des Pyrénées catalanes, 2011. Faune d'intérêt communautaire. Fiches habitats naturels et espèces et atlas des habitats naturels et des espèces.
http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/TOME3_DOCOB_MPC_290311_8-Faune_cle783231.pdf
- Porcel, L., 2017. Estudio y propuesta de un sistema de indicadores de paisaje.
<https://hera.ugr.es/tesisugr/26765615.pdf>
- Quesada, L., 2013. Número de hábitats de la Directiva 92/43/CEE por parque nacional.
<https://geoinnova.org/blog-territorio/numero-habitats-directiva-parque-nacional/>
- Reiné, R. et al., 2015. Valor proteico de especies de prados de siega de montaña del Pirineo Central.
http://www.uibcongres.org/imgdb/archivo_dpo19360.pdf
- RERB. Sin fecha. ¿Qué es una Reserva de la Biosfera?.
<http://rerb.oapn.es/el-programa-mab-de-la-unesco/que-es-reserva-de-la-biosfera>
- RERB. Sin fecha. Ordesa - Viñamala.
<http://rerb.oapn.es/red-espanola-de-reservas-de-la-biosfera/reservas-de-la-biosfera-espanolas/mapa/ordesa-vinamala/ficha>
- Rodriguez, G. Sin fecha. Biodiversidad y paisaje: una estrecha relación.
https://www.ivap.euskadi.eus/contenidos/boletin_revista/sustrai_68/es_agripes/adjuntos/68_49_52_c.pdf
- Science for Environment Policy, 2015. Ecosystem Services and Biodiversity.
https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/ecosystem_services_biodiversity_IR11_en.pdf
- Serra-Cobo, J., 2002. Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles. Rana pyrenaica.
<http://www.gisandbeers.com/GeoBazar/Libros/Atlas%20biodiversidad/Atlas%20y%20Libro%20Rojo%20de%20los%20anfibios%20de%20Espana.pdf>
- Universidad de Córdoba, 2010. Plan especial de protección y ordenación de la sierra de Córdoba.
https://www.gmucordoba.es/documentos/Gerencia_de_Urbanismo/Informacion_Urbanistica/Plan%20Especial%20de%20La%20Sierra/MEMORIA_DE_INFORMACION_09_UNIDAD_ES_AMBIENTALES_Y_DIAGNOSIS.pdf
- Velo-Antón, G. et al., 2011. Genetic drift and rapid evolution of viviparity in insular fire salamanders (*Salamandra salamandra*).
https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Distribucion-aproximada-de-las-subespecies-de-S-salamandra-en-la-Peninsula_fig4_285574422
- Villar, L., 1975. Las estructuras del paisaje vegetal del pirineo occidental y su estabilidad. Acta Botanica Malacitana. Cap. 1: p. 57-67.
http://www.biolveg.uma.es/abm/Volumenes/vol01/1_Villar.pdf

Villar, L. y Sesé, J.A., 1999. Aspectos sobre la flora y vegetación de la alta cuenca del Gállego.
<https://core.ac.uk/download/pdf/36109267.pdf>

8. ANEXOS

8.1. CARTOGRAFÍA

Tabla 25. Cartografía empleada para la elaboración de mapas, el cálculo de servicios y el inventario de espacios protegidos. Elaboración propia.

Coberturas (shapefile)	Escala	Año	Fuente
CorineLandCover	1:300000	2012	IDE/ CNIG
Mapa de Calidad de Paisaje de Aragón	1:100000	2015	IDEARAGON
Espacios Naturales Protegidos en Aragón	1:25000	2018	IDEARAGON
Inventario y Catálogo de Humedales	1:25000	2014	IDEARAGON
Zonas de Especial Protección para las Aves en Aragón	1:25000	2014	IDEARAGON
Zonas Especiales de Conservación en Aragón	1:25000	2014	IDEARAGON
Reservas de la Biosfera en Aragón	1:25000	2015	IDEARAGON
Terrenos Cinegéticos (Cotos de caza)	1:25000	2019	IDEARAGON
Mapa de estados erosivos Península y Baleares	1:1000000	2001	MITECO
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	1:70000	2018	CNIG
OrtofotoAMS (B) 1956-1957	1:320000	1956-57	CNIG
Hidrografía	1:100000	2013	CNIG/IGN
Mapa Forestal de España	1:50000	2006	MITECO
Líneas límite municipales	1:25000	2018	CNIG
Atlas y Manual de los Hábitats Españoles	1:50000	2005	MITECO
Mapa Topográfico Nacional	1:25000	2008	CNIG
Mapa Geológico de España	1:50000	2003	IGME
Grandes Dominios de Paisaje	1:100000	2013	IDEARAGÓN
Red fluvial	1:25000	2010	CHEBRO
Distribución de Hábitat Artículo17 (periodo 2007-2012)	1:50000	2012	MITECO

8.2. ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de la biodiversidad de especies y espacios protegidos con sus correspondientes unidades. Donde Especies de Interés Comunitario (EIC), Zonas Especiales de Conservación (ZEC), Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), Espacios Naturales Protegidos (ENP), Hábitats de Interés Comunitario (HIC). Elaboración propia..... **12**

Tabla 2. Tipos y subtipos de servicios ecosistémicos con sus correspondientes indicadores e unidades. Elaboración propia..... **18**

Tabla 3. Correspondencia de las unidades ambientales con las coberturas de suelo del CORINE Land Cover (2018). Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012..... **27**

Tabla 4. Unidades ambientales y su superficie del municipio. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012..... **30**

Tabla 5. Riqueza específica de plantas vasculares y hongos en el municipio de Panticosa, la provincia de Huesca y Aragón. Elaboración propia. Fuente: IPE-CSIC, 2005, 2015..... **34**

Tabla 6. Número de Especies de Interés Comunitario de fauna y flora presente en la Unión Europea, en España y en el municipio de Panticosa; así como su el porcentaje respecto al total. Elaboración propia. Fuente: MITECO; EIONET, 2018..... **35**

Tabla 7. Especies de Interés Comunitario presentes en el municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: EIONET, 2018; MITECO, 2011 **35**

Tabla 8. Flora y fauna amenazada de Aragón que se encuentra en el municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2005	36
Tabla 9. Endemismos pirenaicos de flora y endemismos pirenaicos, e ibéricos (*) de fauna que se encuentran en el municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: Gómez, en prensa; MITECO, 2011	37
Tabla 10. Número de HIC en la Unión Europea, España, Aragón y el municipio de Panticosa y porcentaje respecto al total. Elaboración propia. Fuente: Quesada, 2013; García et al., 2019; BDN, 2005	39
Tabla 11. Comparativa del área que representa cada espacio protegido respecto al área total de España, Aragón y el municipio de Panticosa. No se ha calculado la superficie de HIC de España. Elaboración propia. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018; BDN, 2005	42
Tabla 12. Superficie agrícola destinada a abastecimiento (directo e indirecto) en función del tipo de superficie agrícola. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012	44
Tabla 13. Nº de cabezas de ganado por año y tipo. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST...	44
Tabla 14. Cobertura vegetal del modelo y unidades ambientales del municipio con los coeficientes de disponibilidad de agua y la superficie ocupada asociados a ellas respectivamente. Elaboración propia. Fuente: Enguita, 2017; CNIG, 2012	47
Tabla 15. Temperatura y precipitación media anual del municipio de Panticosa. Elaboración propia. Fuente: AEMET, 2000.....	47
Tabla 16. Agua azul y agua verde. Elaboración propia.....	47
Tabla 17. Correspondencia de los bosques del mapa Forestal de España y del estudio del Gobierno de Aragón, superficie y CO ₂ almacenado. Elaboración propia. Fuentes: Gobierno de Aragón, CITA, 2008. MTE, 2006. CNIG, 2012.....	49
Tabla 18. Cantidad media de CO ₂ emitido por un vehículo, distancia media recorrida (año 2013). Cantidad de CO ₂ absorbido por los bosques y número de vehículos equivalente. Elaboración propia. Fuente: García, 2020; Europa press, 2013	49
Tabla 19. Agua verde. Elaboración propia	50
Tabla 20. Superficie de los territorios de la cuenca del Ebro, Huesca y Panticosa que tiene cada nivel o tasa de erosión. Elaboración propia. Fuente: ICONA, 1987	51
Tabla 21. Familias más representadas en los pastos herbáceos del Pirineo Aragonés (% abundancia). Fuente: Gómez et al., 2009	53
Tabla 22. Superficie de los territorios de Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa que tiene cada clase de Calidad. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015	55
Tabla 23. Número, nombre y distancias de los senderos presentes en el municipio. Elaboración propia. Fuente: Misenda. FEDME, s.f	61
Tabla 24. Número, nombre y longitud de las rutas de BTT presentes en el municipio. Elaboración propia. Fuente: BTT Pirineos Alto Gállego, s.f.....	62
Tabla 25. Cartografía empleada para la elaboración de mapas, el cálculo de servicios y el inventario de espacios protegidos. Elaboración propia	74

8.3. ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Tipos y subtipos de servicios ecosistémicos. Fuente: EME, 2011.....	6
--	----------

Figura 2. Adaptado de Braat y Ten Brink (2008). R: suma de los servicios reguladores; P: suma de los servicios de aprovisionamiento; Cr: suma del valor recreativo cultural; Ci: suma del valor de la información cultural (incluidos aspectos como el patrimonio cultural, la educación, etc.). Fuente: Science for Environment Policy, 2015.....	7
Figura 3. Localización del municipio de Panticosa en España. Fuente: IGME, s.f.	9
Figura 4. Localización del municipio de Panticosa: Aragón (primero), Alto Gállego (segundo), Panticosa (tercero). Fuente: IAEST, 2016	9
Figura 5. Evolución de la población de los núcleos de Panticosa y el Pueyo de Jaca (1957-1981), y del municipio de Panticosa (1981-2019). Elaboración propia. Fuente: INE.....	10
Figura 6. Municipio de Panticosa sobre las cuadrículas. La cuadrícula central es la UTM 30TYN23. Elaboración propia con Arc Map 10.5.1. Fuente: CNIG, 2018; MITECO, 2012	14
Figura 7. Mapa de Aragón donde se muestra la cuadrícula UTM 30TYN23 (círculo rojo). Fuente: Gobierno de Aragón, 2005.....	14
Figura 8. Mapa del municipio de Panticosa y alrededores donde se muestra la cuadrícula UTM 30TYN23 (cuadrado rojo). Fuente: Atlas de Flora del Pirineo.....	15
Figura 9. Área de Aragón (azul) utilizada para el cálculo de la calidad de paisaje del Pirineo. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1	24
Figura 10. Mapa de unidades ambientales del municipio de Panticosa (2018). Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: CNIG, 2012.....	28
Figura 12. Unidades ambientales del municipio de Panticosa, 2018. Elaboración propia. Fuente: CNIG, 2012	31
Figura 13. Bosque (árboles caducifolios naranjas y coníferas verde oscuro). Pasto (superficie marrón por debajo de la nieve). Autora: Irene Turienzo.....	31
Figura 14. Bosque. Autora: Irene Turienzo	32
Figura 15. Bosque. Pasto arbolado (pasto con árboles dispersos por encima del bosque y el roquedo). Pasto. Roquedo. Autora: Irene Turienzo.....	32
Figura 16. Prado. Bosque. Embalse. Autora: Irene Turienzo	32
Figura 17. Prado matorralizado (en la esquina inferior izquierda prado con pequeños árboles y arbustos). Bosque. Bosque en roquedo. Roquedo (en las zonas más altas de la montaña). Autora: Irene Turienzo.....	33
Figura 18. Bosque en roquedo. Roquedo. Autora: Irene Turienzo.....	33
Figura 19. Pasto en roquedo (en la ladera que da al ibón). Ibón. Autora: Irene Turienzo.....	33
Figura 20. Río. Autora: Irene Turienzo	34
Figura 21. Zonificación de la Reserva de la Biosfera de Ordesa-Viñamala. Fuente: RERB, s.f....	39
Figura 22. Mapa de los hábitats de interés comunitario de Panticosa, representados por sus respectivos códigos. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: MITECO, 2005	41
Figura 23. Mapa de los espacios protegidos de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018	42
Figura 24. Comparativa del área que representa cada espacio protegido respecto al área total de España, Aragón y el municipio de Panticosa. No se ha calculado la superficie de HIC de España. Elaboración propia. Fuente: IDEARAGÓN, 2014, 2015, 2018; BDN, 2005	43

Figura 25. Evolución de la ganadería en el municipio de Panticosa por tipo de ganadería. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST	45
Figura 26. Evolución de la ganadería en el municipio de Panticosa total. Elaboración propia. Fuente: INE e IAEST	45
Figura 27. Evolución de la ganadería en Panticosa. Fuente: Casasús et al., 2012.....	45
Figura 28. Ovejas del entorno de Panticosa. Autora: Irene Turienzo	46
Figura 29. Caballos del entorno de el Pueyo de Jaca. Autora: Irene Turienzo	46
Figura 30. Representación de los ibones y las centrales del municipio de Panticosa. Fuente: Galán, 2012	48
Figura 31. Mapa de Estados Erosivos del municipio de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: ICONA, 1987	50
Figura 32. Superficie de los territorios de la cuenca del Ebro, Huesca y Panticosa que tiene cada nivel o tasa de erosión.Elaboración propia. Fuente: ICONA, 1987.....	51
Figura 33. Mapa de Calidad de Paisaje de Aragón. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015	54
Figura 34. Mapa de Calidad de Paisaje de Panticosa. Elaboración propia con ArcMap 10.5.1. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.....	55
Figura 35. Superficie de los territorios de Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa que tiene cada clase de Calidad. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015	56
Figura 36. Calidad de Paisaje total de los territorios: Aragón, Huesca, Pirineos y Panticosa. Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Aragón, 2015.....	56
Figura 37. Estructura en mosaico de los campos vecinos al núcleo del Pueyo de Jaca. 2018. Autora: Irene Turienzo.....	57
Figura 38. Paso de cultivo de cereales a prados. Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018	58
Figura 39. Transformación de los cultivos en bosque. Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018	58
Figura 40. Densificación del bosque por disminución de la presión ganadera y del aprovechamiento maderero. Fuente: CNIG, 1956-57 y 2018	59
Figura 41. Evolución del número y las especies de caza mayor. Elaboración propia. Fuente: INACAZ	60
Figura 42. Evolución del número y las especies cinegéticas que se cazan mayoritariamente de caza menor. Elaboración propia. Fuente: INACAZ.....	61
Figura 43. Mapa con los senderos del municipio de Panticosa. Fuente: IDEARAGÓN, s.f.....	62
Figura 44. Mapa con las rutas de BTT del municipio de Panticosa. Fuente: Geomap, s.f.....	63