



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Titulación: Ciencias Ambientales

Título del trabajo:

Balance hídrico en núcleos habitados, deshabitados y repoblados en tres escenarios de gestión (1956, 1980 y 2014) en el actual contexto de despoblación rural.

English title:

Water balance in inhabited, uninhabited and repopulated areas in three management scenarios (1956, 1980 and 2014) in the current context of rural depopulation.

Autor:

Miguel Sánchez Lafuente

Director:

José Manuel Nicolau Ibarra

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Año 2024

Abstract

In recent decades, there has been a demographic decline and a shift away from traditional management in rural areas, leading to the transformation of landscapes. These landscapes have become more homogeneous and uniform due to the processes of shrub encroachment and afforestation, which have, in turn, affected river flows and aquifers (blue water). Simultaneously, in recent decades, there has been a human repopulation of some depopulated areas, which has had little-known impacts on the landscape and blue water. To what extent are the new inhabitants modifying the homogenized landscapes? This project studies the effect of the type of settlement (inhabited, depopulated, and repopulated areas) on vegetation cover and the provision of water services across three temporal management scenarios (traditional society, 1956; rural depopulation, 1980; 21st century, 2018). For this purpose, nine localities were selected, three in Huesca, three in Guadalajara, and three in Navarra. Of these, three are populated, three are depopulated, and three are repopulated, and they were studied across the three temporal scenarios. This is complemented by a demographic study.

The results show that, when comparing traditional and current management, the changes in vegetation cover and blue water provision in continuously inhabited localities have been minimal. Furthermore, depopulated and repopulated areas do not show appreciable differences between them: forest area has increased by an average of 35%, while blue water has decreased by 4%. In other words, depopulation led to an increase in vegetation cover, which reduced water provision; however, the management by new inhabitants has not resulted in landscape-scale vegetation transformations that would lead to the recovery of blue water.

Resumen

En las últimas décadas se ha producido un declive demográfico y de la gestión tradicional en el medio rural, que ha propiciado la transformación de los paisajes. Éstos se han hecho más homogéneos y uniformes al activarse procesos de matorralización y forestación que, a su vez, han repercutido en los caudales de los ríos y acuíferos (agua azul). Paralelamente, en las últimas décadas se está produciendo una repoblación humana de algunos núcleos despoblados, la cual tiene una repercusión sobre el paisaje y el agua azul poco conocida. ¿En qué medida los nuevos pobladores están modificando los paisajes uniformizados? En este proyecto se estudia el efecto del tipo de poblamiento (núcleos habitados, despoblados y repoblados) sobre la cubierta vegetal y el servicio de provisión de agua en tres escenarios temporales de gestión (sociedad tradicional, 1956; despoblamiento rural, 1980; siglo XXI, 2018). Para ello se han seleccionado 9 localidades, 3 de Huesca, 3 de Guadalajara y 3 de Navarra, de las cuales 3 se encuentran pobladas, 3 despobladas y 3 repobladas, estudiadas en los tres escenarios temporales. Ello se complementa con estudio demográfico.

Los resultados obtenidos muestran que, comparando la gestión tradicional y la actual, en las localidades siempre habitadas los cambios en la cubierta vegetal y en la provisión de agua azul han sido mínimos. Y que los núcleos despoblados y repoblados no muestran diferencias apreciables entre sí: la superficie forestal se ha incrementado un 35% de media, disminuyendo un 4% el agua azul. Es decir, el despoblamiento implicó un incremento de la cubierta vegetal que ha reducido la provisión de agua; pero la gestión de los nuevos pobladores no ha generado transformaciones en la vegetación a escala de paisaje como para producir la recuperación de agua azul.

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Material y métodos	3
3.1. Área de estudio	3
3.1.1. Localización	3
3.1.2. Evolución demográfica	5
3.1.2.1. Huesca	5
3.1.2.2. Navarra	7
3.1.2.3. Guadalajara	9
3.1.3. Climatología.....	11
3.1.4. Vegetación.....	12
3.1.5. Geología y geomorfología.....	15
3.2. Evaluación de los usos del suelo.....	16
3.2.1. Años 1956 y 2014	16
3.2.2. Años 1980 – 1990	17
3.3. Estimación del servicio ecosistémico de provisión de agua.....	18
4. Resultados y discusión.....	21
5. Conclusiones	26
6. Bibliografía	27
7. Anexos.....	35
Anexo I: Fotos de las zonas de estudio.....	35
Anexo II: Mapas de las zonas de estudio	36
Mapas de 1956.....	36
Huesca	36
Navarra.....	37
Guadalajara	39
Mapas de 1980.....	40
Huesca	40
Navarra.....	42
Guadalajara	43
Mapas de 2014.....	45
Huesca	45
Navarra.....	46
Guadalajara	48

Anexos III: Evolución de las zonas de estudio.....	50
Evolución de las localidades pobladas.....	50
Evolución de las localidades despobladas	51
Evolución de las localidades repobladas	52
Evolución de las localidades	54
Huesca	54
Navarra.....	61
Guadalajara	67

1. Introducción

Gran parte del territorio europeo es el resultado de milenios de acción humana sobre los ecosistemas, comenzando a afectar a los ecosistemas montañosos mediterráneos en el paleolítico (Montserrat-Martí y García 2019) y ya con más intensidad en el neolítico (González-Sampériz et al. 2017). La economía de subsistencia que se llevó a cabo hasta mediados del siglo XX en estas zonas se basó en la explotación de los ecosistemas, como la ganadería, agricultura o los aprovechamientos forestales, ocasionando una importante transformación del paisaje (Sancho-Reinoso 2013). En el caso de la montaña pirenaica y otras del norte peninsular se generaron paisajes en mosaico, heterogéneos, compuestos de manchas de diversos usos del suelo (Bruno et al. 2021).

En los últimos años, numerosas regiones de España, principalmente del interior, se han visto despobladas, algunas llegando incluso a tener una población menor que hace un siglo y medio. Esto se ha debido en su mayor medida a un desplazamiento poblacional a zonas costeras, dejando regiones como la Serranía Celtíbera, la cual comprende Soria, Guadalajara, Teruel, Cuenca y parte de La Rioja, Burgos, Segovia, Zaragoza, Valencia y Castellón con la densidad poblacional más baja de toda la Unión Europea, estando al mismo nivel que la zona ártica de los países escandinavos (Santos y Matthews, 2021). Consecuentemente se ha debilitado la calidad de vida rural, debido a la pérdida de tejido humano, escasez del sistema productivo, pérdida de sus actividades tradicionales, reducción de sus ingresos tanto públicos como privados, bajando a su vez las inversiones en servicios públicos, afectando a infraestructuras de abastecimiento, ocio y avituallamiento, forzando aún más al deseo de abandono (Álvarez-Montoya et al, 2022).

A raíz de esto, han surgido numerosas iniciativas de retorno al mundo rural con nuevos pobladores, llevadas a cabo de manera exitosa. Este fenómeno tiene su origen en la Revolución Industrial, con el surgimiento de la idea utopía del retorno al medio rural abandonado. Actualmente distinguimos otra fase, que surgió en los años 70-80, marcada por el florecimiento de la conciencia ambiental. En esta fase, pueblos que anteriormente quedaron deshabitados, después de varias décadas, han recibido nuevos pobladores que pretenden revertir el proceso de despoblación (Sayadi Gnada et al., 2011). Aunque en términos cuantitativos aún no se pueden considerar significativos, es previsible que esta tendencia aumente en los años venideros favorecida por el teletrabajo o la mejora de vías de comunicación, lo cual puede tener implicaciones ambientales relevantes en nuestro entorno (Sanz, 2004; Palacio, 2021).

Desde el punto de vista ambiental, el abandono rural, junto con el cambio climático, han dado lugar a un avance significativo de masas de matorral y boscosas en áreas donde predominaba un paisaje en mosaico (Bruno et al. 2021; Nadal-Romero et al. 2023). El paisaje se está uniformando. Esto favorece algunos procesos ecológicos, especies y servicios ecosistémicos en detrimento de otros. Se ven activados procesos como la absorción del CO₂, la disminución de la erosión del suelo en las laderas, la mejora de la calidad de las aguas de escorrentía, la disminución del ritmo de aterramiento de embalses o el incremento de la producción de madera. Pero a su vez, esto implica la homogeneización de ecosistemas vegetales, el incremento del material combustible y el riesgo de incendios, la pérdida de paisajes humanizados, la disminución de la diversidad y del valor estético del paisaje, la pérdida de recursos pastorales, la degradación de la flora y la fauna asociadas a paisajes culturales y la menor disponibilidad de agua en las cuencas (Martínez et al. 2015).

Respecto a este último aspecto, ha habido un cambio de paradigma en las últimas décadas acerca del efecto de la cubierta vegetal sobre el balance hídrico (Gallart y Llorens, 2004). El paradigma tradicional (pre-científico) sostenía que el bosque era la mejor cubierta para el rendimiento hídrico, utilizando la metáfora "del bosque como esponja" que capta la humedad y la va soltando durante el estiaje poco a poco. Sirva como ejemplo esta cita de Bernardin de Sna Pedro que recoge Andréassian (2004): "Esta fuerza de atracción de los bosques en esta isla es tal que un campo descubierto cerca de ellos a menudo sufre una falta de lluvia, mientras que en los bosques llueve casi todo el año.... Es al destruir parte de los árboles que coronan las alturas de esta isla cuando se han secado la mayoría de los arroyos que la regaban. A la misma falta de previsión atribuyo la notable disminución de arroyos y ríos en gran parte de Europa". Bernardin de Saint Pierre propuso reforestar las tierras altas de Francia, para devolver a los arroyos "su antiguo volumen de agua" y lograr "el retorno de muchos de los arroyos que han dejado de fluir en nuestro país". El paradigma actual, basado en la observación y experimentación en cuencas hidrológicas experimentales sostiene que los bosques consumen agua para la fotosíntesis mediante la transpiración, lo que implica que una parte del agua de lluvia es consumida por la vegetación y emitida a la atmósfera (agua verde) reduciéndose el agua que circula como escorrentía (agua azul) (Zhang et al. 2001). El aumento de la cobertura y biomasa vegetal en las últimas décadas se relaciona con una disminución de los caudales de los ríos y acuíferos (agua azul) en muchas zonas (Bruno et al. 2021; Sánchez, 2016; Martínez et al. 2015). En el caso del Pirineo, Beguería et al. (2003) estiman una reducción de caudales entre 1940 y 2000 en torno al 30%.

El manejo de la vegetación en relación con la disminución de caudales es una iniciativa reciente, todavía en desarrollo (Del Campo et al. 2014). Estos autores están desarrollando la silvicultura hidrológica que actúa a escala de rodal forestal. Además, se han desarrollado otras iniciativas a escala de paisaje, como el Proyecto LIFE MIDMACC en la cuenca del Ebro, cuyo objetivo es promover la adaptación al cambio climático de la montaña media mediterránea con la implementación de medidas de gestión territorial en áreas marginales de La Rioja, Aragón y Cataluña, proyecto que sigue en estudio hasta junio de 2024 (Nadal-Romero et al. 2023) o el proyecto LIFE CLIMARK en Cataluña.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es evaluar el efecto del tipo de poblamiento (núcleos habitados, despoblados y repoblados) sobre el servicio de provisión de agua en tres escenarios temporales de gestión (sociedad tradicional, 1956; despoblamiento rural, 1980; siglo XXI, 2018).

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar los cambios de los usos del suelo en cada uno de los núcleos de población
- Estimar el servicio de provisión de agua en cada uno de los núcleos de población.
- Estimar el efecto que tienen los núcleos repoblados sobre el servicio de provisión de agua.
- Realizar un análisis demográfico descriptivo para incluir en la descripción del medio.

Este TFG se enmarca en el proyecto Efectos de la Restauración de Núcleos Rurales abandonados sobre los Servicios Ecosistémicos: hacia una transición ecológica sostenible del medio rural (RENURSE). Proyecto Coordinado por el Instituto Pirenaico de Ecología y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en el que también participa la Universidad de Zaragoza.

3. Material y métodos

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización

Las zonas de estudio y su ubicación han sido obtenidas de la memoria del proyecto RENURSE coordinada por Juan José Jiménez Jaén y Sara Palacio Blasco. Se localizan en las provincias de Huesca, Guadalajara y Navarra, en las cuales se seleccionaron tres tipos de núcleos rurales:

núcleos habitados que nunca fueron despoblados, núcleos deshabitados desde los años 60-70 del siglo XX y núcleos deshabitados en ese periodo de tiempo que fueron repoblados hace 30-40 años (figura1). De esta forma podemos evaluar los cambios gracias a los núcleos deshabitados y repoblados mientras que los poblados nos ofrecen un papel de doble control, ya que es muy improbable que estos núcleos recuperen sus características previas. Sin embargo, durante el estudio se ha descubierto que uno de los pueblos que se consideraba despoblados fue repoblado sobre los años 80, La Vereda, Guadalajara, aunque con una influencia casi insignificante, datos que se detallan más adelante. La selección de estos se ha llevado a cabo teniendo en cuenta las necesidades del diseño experimental, procurando que todos sean lo más similares posibles con respecto a sus características ambientales, gestión, tamaño, etc. Los núcleos seleccionados, sus ubicaciones (representados en la figura 1) y sus altitudes, obtenidas de Google Earth (s.f.), son las siguientes:

- En Huesca, situados en el valle del río Guarga, en la región prepirenaica son: Serué, a 851 metros sobre el nivel del mar (poblado), Secorún, a 1049 msnm (abandonado) y Aineto a 993 msnm (repoblado).
- En Navarra, situados en el valle de Arce, en la región prepirenaica son: Villanueva de Arce - Hirriberry Artzibar, a 785 msnm (poblado), Gurpegui, a 705 msnm (abandonado) y Lacabe, a 747 msnm (repoblado).
- En Guadalajara, situadas en la Sierra de Ayllón son: Campillo de Ranas, a 1098 msnm (poblado), La Vereda, a 1089 msnm (repoblado) y Matallana, a 1010 msnm (repoblado).

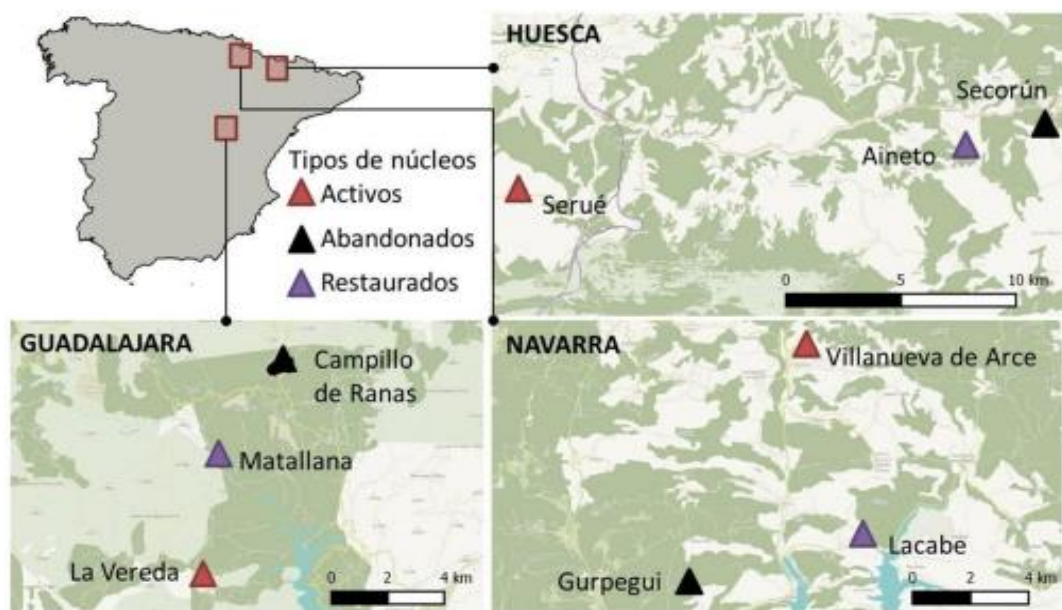


Figura 1: Localización de las 3 áreas de estudio en las provincias de Huesca, Navarra y Guadalajara con indicación de los 3 tipos de núcleos seleccionados en cada una de ellas. Fuente: Proyecto RENUSE.

3.1.2. Evolución demográfica

Este apartado de evolución demográfica se ha elaborado específicamente, por lo que constituye un resultado del TFG. Sin embargo, se presenta en el apartado de descripción del medio porque su función en este estudio es dar contexto al conjunto del Trabajo.

La evolución poblacional en cada una de las zonas de estudio ha sido similar; sin embargo, cuentan con pequeñas diferencias principalmente en los años de vaciado demográfico. Dicha información, se ha tomado en su mayoría del Instituto Nacional de Estadística y se refiere a la población de derecho. Adicionalmente, se han consultado otras fuentes las cuales se nombran a continuación en cada uno de los apartados:

3.1.2.1. Huesca

Información extraída del Instituto Nacional de Estadística ([INE], varios años-a) y del “Catálogo de pueblos y municipios de Aragón. Estadística de población y nomenclaturas toponímicas entre 1900 y 2004” (Instituto Aragonés de Estadística [IAEST], 2005), complementada con información del ayuntamiento de Sabiñánigo (Alcalde, 2024) y los artículos “De la despoblación a la repoblación rural de las montañas” (Palacio, 2021) y “El movimiento neo-rural en el Pirineo aragonés” (Sanz, 2004).

- Serué. Localidad histórica de la provincia de Huesca que ha estado poblada en todos los años de estudio. En 1950 contaba con 74 habitantes para después reducirse a 20 en 1980. Posteriormente, en 2010 residió a 18 habitantes y actualmente, según su último censo en 2023, cuenta con una población de 17 habitantes, tal y como se muestra en la figura 2.

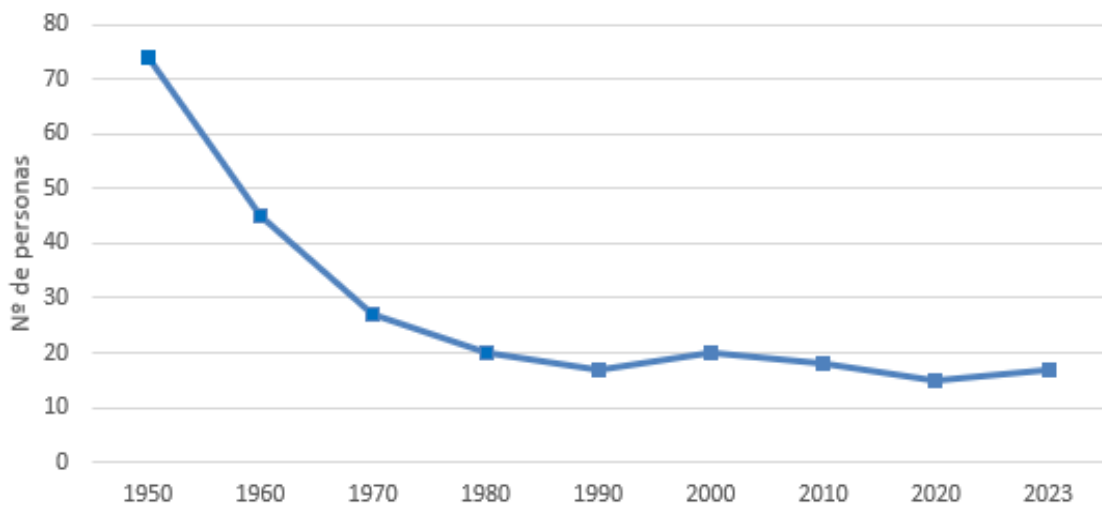


Figura 2: Gráfica de la evolución demográfica de Serué desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- Secorún. Localidad histórica de la provincia de Huesca que fue despoblada en la década de 1960. En 1950 contaba con 81 habitantes, población que disminuyó a 8 en 1958, poco antes de ser abandonado, tal y como se muestra en la figura 3.

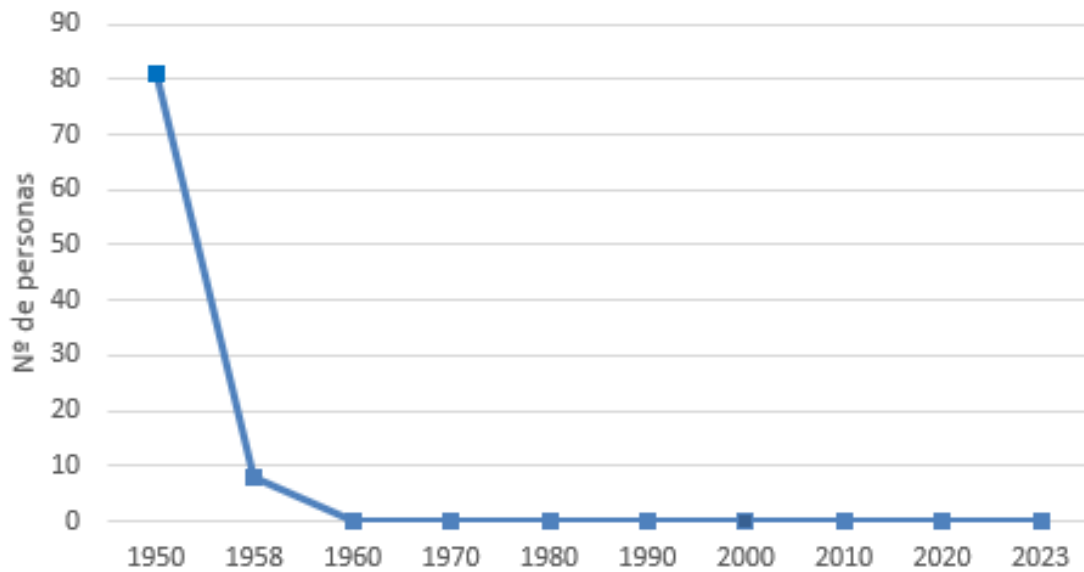


Figura 3: Gráfica de la evolución demográfica de Secorún desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- Aineto. Localidad de Huesca que fue despoblada en la década de 1960 y posteriormente repoblada. En 1950 contaba con 59 habitantes, para posteriormente, en 1970, ser completamente abandonado. Posteriormente fue repoblado en 1980 por 5 habitantes; desde entonces la población fue subiendo, contando con 42 pobladores en 2010 y 30 en la actualidad según su último censo, tal y como se muestra en la figura 4.

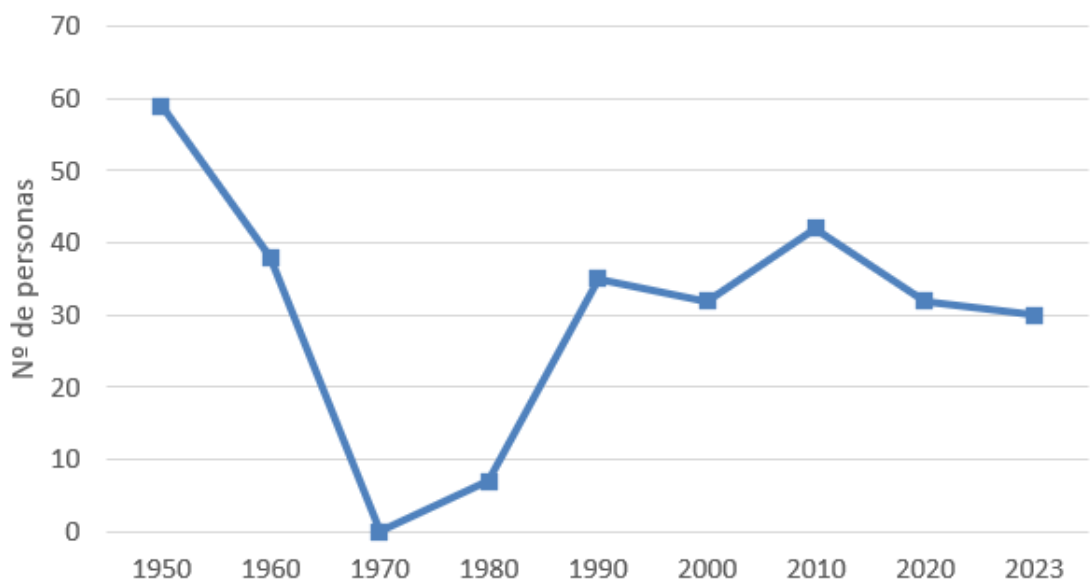


Figura 4: Gráfica de la evolución demográfica de Aineto desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

3.1.2.2. Navarra

Información extraída del INE (varios años-a) y del Instituto Estadístico de Navarra (Nastat, varios años), complementada con artículos periodísticos de *Noticias de Navarra* (Navarra, 2018) y *Diagonal* (Rodríguez, 2016).

- Villanueva de Arce - Hiriberri Artzibar. Localidad de la provincia de Navarra que ha estado poblado en todos los años de estudio. En 1950 contaba con 101 habitantes para después reducirse a 32 en 1980. Posteriormente, en 2010 residió a 20 habitantes y, actualmente según su último censo cuenta con una población de 35 habitantes, tal y como se muestra en la figura 5.

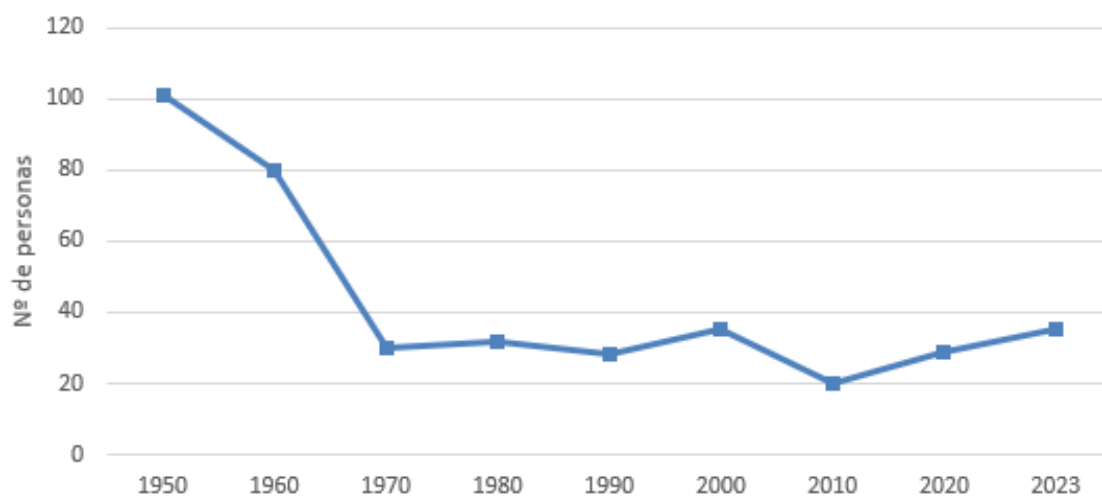


Figura 5: Gráfica de la evolución demográfica de Villanueva de Arce - Hiriberri Artzibar desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- Gurpegui. Localidad que fue abandonada en la década de 1960. En la década de 1950 tenía 6 habitantes, población que fue descendiendo hasta el último poblador en el censo de 1960, fecha desde la cual ha estado abandonado, tal y como se ve en la figura 6.

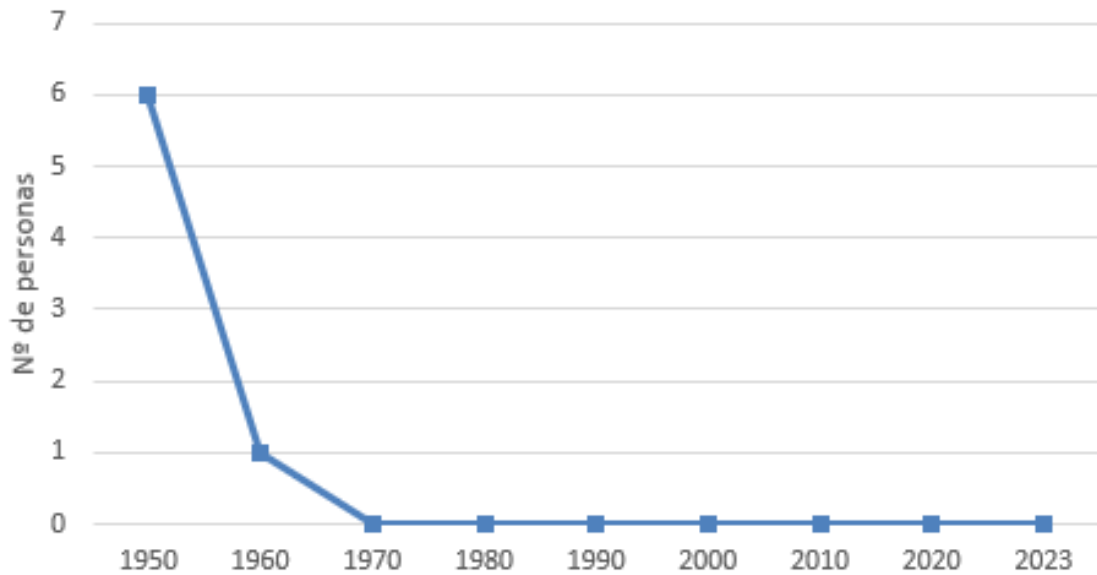


Figura 6: Gráfica de la evolución demográfica de Gurpegui desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- Lacabe. Localidad que fue abandonada en la década de 1960. En 1950 contaba con 23 habitantes; fue despoblada entre 1960 y 1970 y comprada por el Gobierno de Navarra para plantaciones de pinos. Tras unos años, fue repoblada en 1980-1981, con un censo de 6 personas. En la actualidad cuenta con 48 habitantes, tal y como se ve en la figura 7. Forma parte de la iniciativa “rehabilitar la tierra desde la sostenibilidad” que, junto con el Gobierno de Navarra pretende poner freno a la despoblación rural y ser un modelo que consiga repoblar los pueblos abandonados.

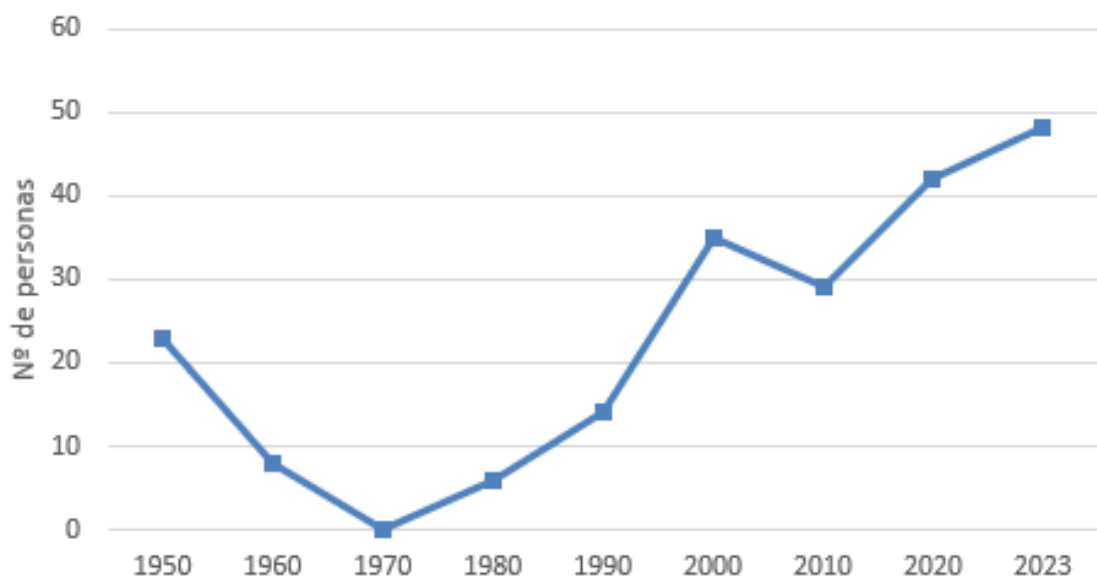


Figura 7: Gráfica de la evolución demográfica de Lacabe desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

3.1.2.3. Guadalajara

Guadalajara. Información extraída del Instituto Nacional de Estadística (INE, varios años-a; INE, varios años-b) y de la Asociación Cultural La Vereda (2020)

- Campillo de Ranas. Localidad que ha estado poblada durante todos los años de estudio. En 1950 contaba con 501 habitantes, en 1980 con 75 y en 2010 con 200. En el último censo en 2023 cuenta con 155, tal y como se ve en la figura 8.

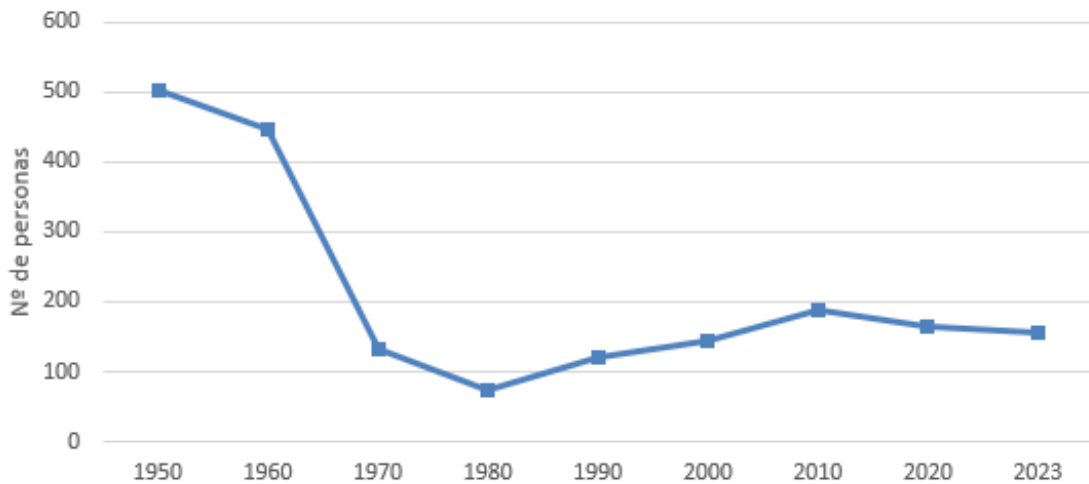


Figura 8: Gráfica de la evolución demográfica de Campillo de Ranas desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- La Vereda. Localidad que en la década de 1950 contaba con 231 habitantes, población que descendió a 216 en 1960 y que posteriormente, en 1970, cuenta con una población de 0. A finales de los años 70, el pueblo fue repoblado, contando con 2 habitantes en 1980, para posteriormente residir a 4 personas en 2010 y a 5 en 2023, tal y como se ve en la figura 9. Sin embargo, el pueblo se ha considerado como despoblado debido a múltiples factores como: su poca población, no está asfaltado, carece de luz eléctrica, no hay saneamientos, entre otros.

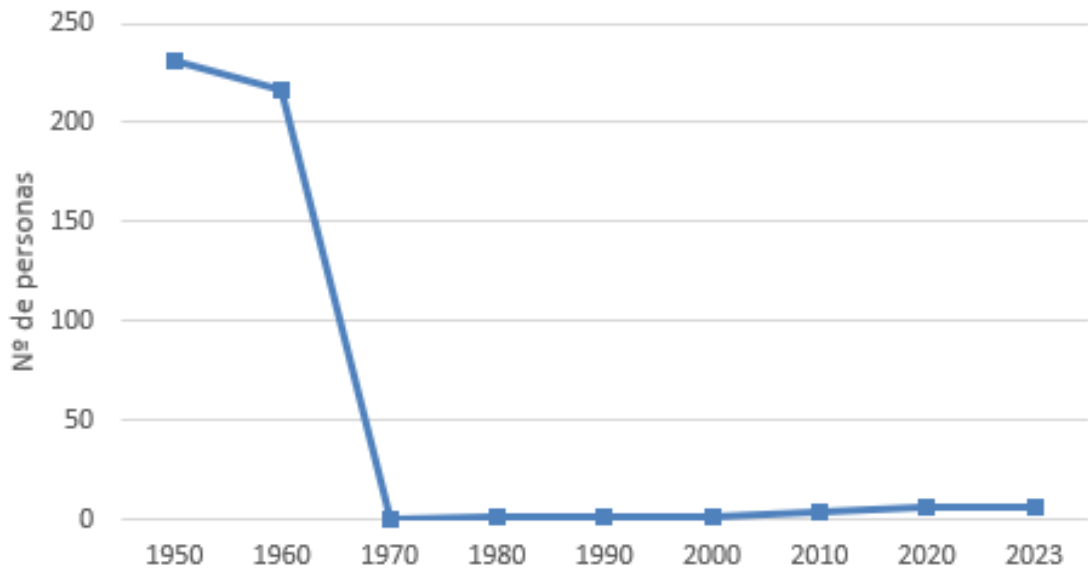


Figura 9: Gráfica de la evolución demográfica de La Vereda desde 1950 hasta 2023. Elaboración propia.

- Matallana. Localidad de la provincia de Guadalajara repoblada del que solo se tiene información a partir de los años 70, cuando estaba deshabitada. Posteriormente, en 1980, fue repoblada por 2 personas, contando con 4 pobladores en 2010 y 5 en 2023, tal y como muestra la figura 10 (los años de los que no se tienen datos se representan en rojo).

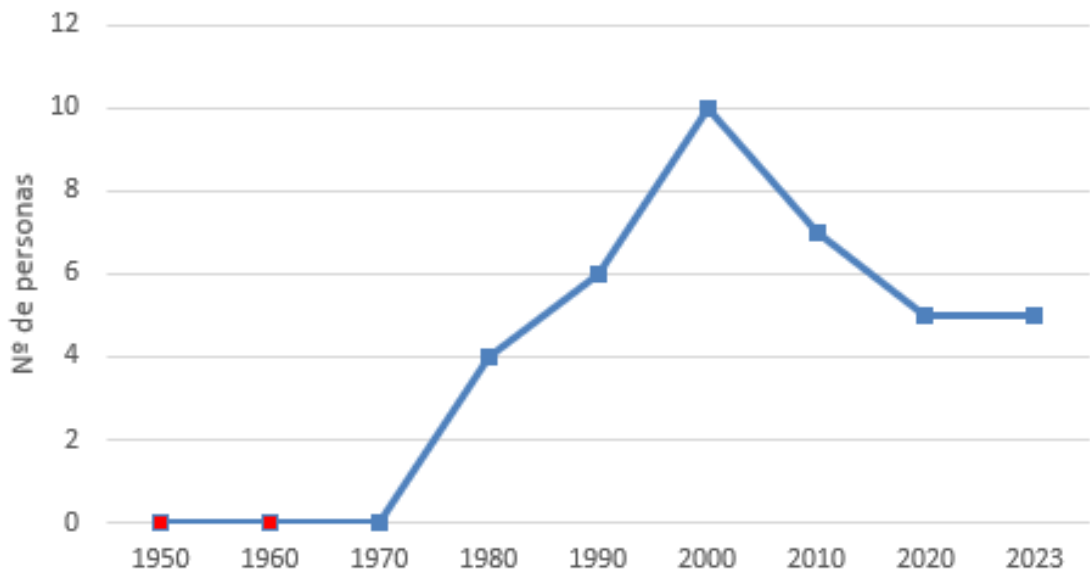


Figura 10: Gráfica de la evolución demográfica de Matallana desde 1950 hasta 2023. Los años de los que no se tiene datos se representan en rojo. Elaboración propia.

3.1.3. Climatología

Para la clasificación climática de la zona se han usado los mapas de Köppen-Geiger de los valores climatológicos normales comprendidos entre 1981 y 2010, extraídos de la página de la Agencia Estatal de Meteorología ([AEMET], s.f.) complementados con el artículo “Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020” (Chazarra et al. 2022). Los climas, representados en las figuras 11 y 12, son los siguientes:

- Huesca: todas las localidades tienen un clima mesotérmico o templado de las latitudes medias (C), húmedo o sin estación seca (f) y con veranos templados, o lo que es lo mismo, un clima Cfb.
- Navarra: todas las localidades tienen un clima mesotérmico o templado de latitudes medias (C), húmedo o sin estación seca (f) y con veranos templados, o lo que es lo mismo, un clima Cfb.
- Guadalajara: todas las localidades tienen un clima mesotérmico o templado de las latitudes medias (C), con veranos secos (s) y templados (b), o lo que es lo mismo, un clima Csb.



Figura 11: Imagen de las distintas clasificaciones de Köppen en España con la ubicación de las localidades de estudio. Fuente: AEMET y Proyecto RENURSE.

Clasificación climática de Köppen



Figura 12: Leyenda de la clasificación climática de Köppen en España. Fuente: AEMET

3.1.4. Vegetación

Se va a describir la vegetación potencial y posteriormente se dará información básica sobre la real, la cual ha cambiado notablemente en el lapso de tiempo estudiado (1956-2018). La información sobre la vegetación potencial de las zonas de estudio ha sido extraída de las tablas de vegetación de Rivas-Martínez (1987). A continuación, se nombran las series de vegetación de cada localidad, representadas en la figura 13. Para más información consultar el enlace de la bibliografía.

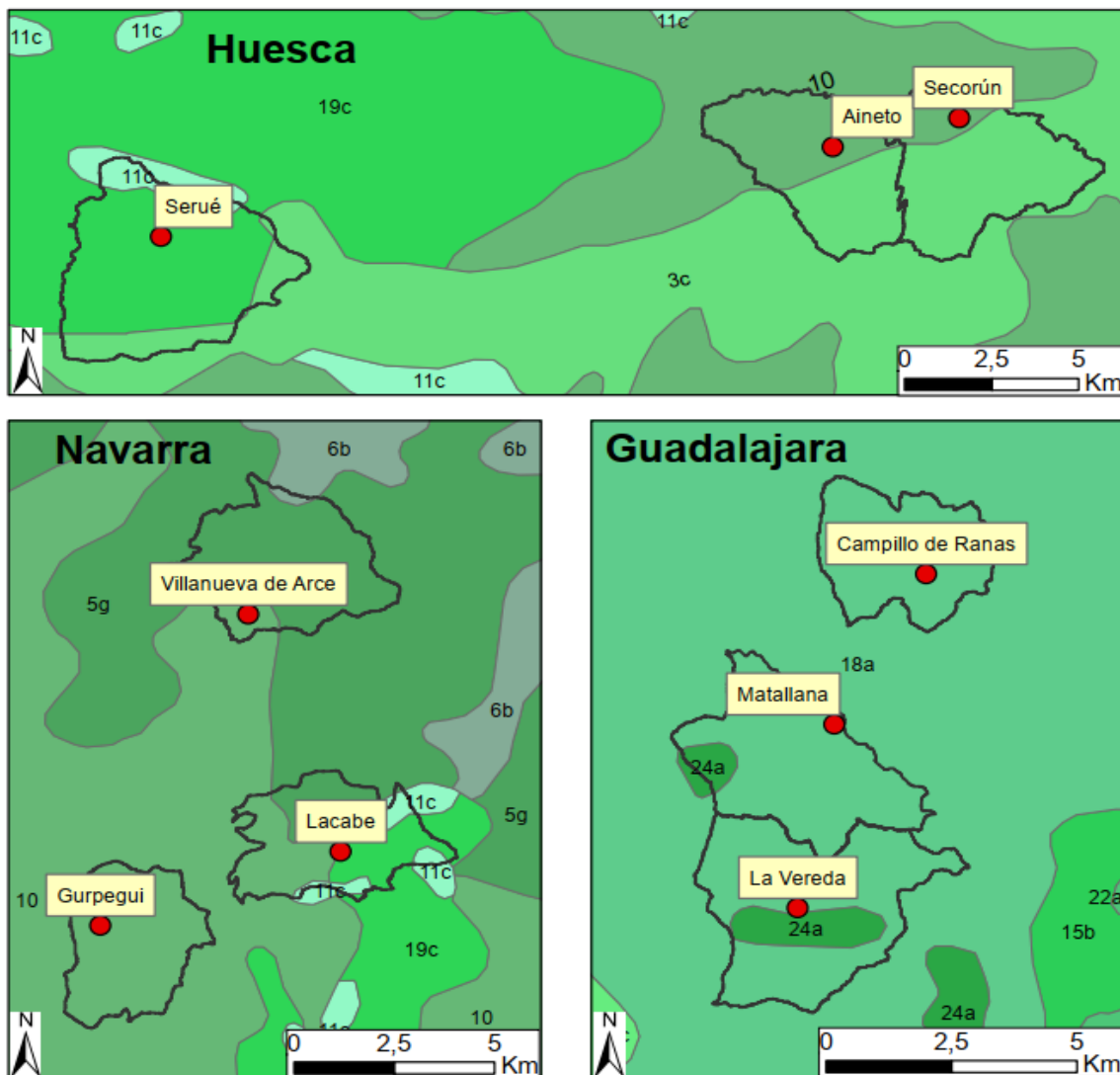


Figura 13: Mapa de las series de vegetación de Rivas Martínez en las localidades de estudio. Fuente de información: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Proyecto RENUSE. Elaboración propia.

Provincia de Huesca:

- Serué: La mayor parte del territorio de este pueblo pertenece a la serie de vegetación 19c, serie supra-mesomediterránea tarraconense, maestracense y aragonesa basófila del quejigo (*Quercus faginea*). Una pequeña parte de la zona norte a la 11c, serie montana pirenaica y supramediterránea aragonesa de la encina (*Quercus rotundifolia*), y la franja sur y sureste a la 3c, serie altimontana pirenaica central calcícola del pino albar (*Pinus sylvestris*).
- Secorún: La superficie de este pueblo pertenece a la serie 3c, serie altimontana pirenaica central calcícola del pino albar (*Pinus sylvestris*), excepto la parte norte que pertenece a la serie 10, serie montana pirenaica del roble peloso o pubescente (*Quercus pubescens*).
- Aineto: La parte norte pertenece a la serie de vegetación 10, serie montana pirenaica del roble peloso o pubescente (*Quercus pubescens*), y la parte sur a la serie 3c, serie altimontana pirenaica central calcícola del pino albar (*Pinus sylvestris*).

Provincia de Navarra:

- Villanueva de Arce - Hirriberry Artzibar: La inmensa mayoría de su territorio pertenece a la serie de vegetación 5g, serie montana cántabroeskalduna y pirenaica occidental acidófila del haya (*Fagus sylvatica*), siendo ocupada una pequeña parte del sur por la serie 10, serie montana pirenaica del roble peloso o pubescente (*Quercus pubescens*), y una minúscula parte del norte por la serie 6b, serie montana cántabro euskalduna meridional mesofítica del roble (*Quercus robur*).
- Gurpegui: La totalidad de su territorio pertenece a la serie de vegetación 10, serie montana pirenaica del roble peloso o pubescente (*Quercus pubescens*).
- Lacabe: Territorio repartido entre las series de vegetación 5g, serie montana cántabroeskalduna y pirenaica occidental acidófila del haya (*Fagus sylvatica*), 10, serie montana pirenaica del roble peloso o pubescente (*Quercus pubescens*), 11c, serie montana pirenaica y supramediterránea aragonesa de la encina (*Quercus rotundifolia*), y 19c, Serie supra-mesomediterránea tarraconense, maestracense y aragonesa basófila del quejigo (*Quercus faginea*).

Provincia de Guadalajara:

- Campillo de Ranas: Toda la superficie pertenece a la serie de vegetación 18a, serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola del roble melojo (*Quercus pyrenaica*).

- La Vereda: Forma parte de la serie de vegetación 18a, serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola del roble melojo (*Quercus pyrenaica*), excepto una franja en la mitad del pueblo que pertenece a la 24a, serie supra-mesomediterránea guadarrámica ibérico-soriana celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de la encina (*Quercus rotundifolia*).
- Matallana: La mayor parte del territorio pertenece a la serie de vegetación 18a, serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola del roble melojo (*Quercus pyrenaica*), sin embargo, hay una pequeña superficie al oeste que pertenece a la 24ª, serie supra-mesomediterránea guadarrámica ibérico-soriana celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de la encina (*Quercus rotundifolia*).

Con respecto a la vegetación real, las principales características son las siguientes:

- Huesca. El valle fluvial del río Guarga presenta agroecosistemas en las zonas más planas y cultivables, con parches forestales. En las laderas alternan bosques de encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Q. faginea*) y *Pinus sylvestris* en un gradiente de creciente de humedad. También aparecen amplias zonas de pinares de repoblación, dominando la especie *Pinus nigra*. En las zonas de ribera las especies dominantes son *Populus nigra*, *Salix sp.*, *Fraxinus sp.* (Gobierno de Aragón, 2023).
- Navarra. El Valle de Arce, al cual pertenecen las zonas de estudio de esta comunidad, lo en tres partes: por un lado Villanueva de Arce, el cual encuentra en el tramo medio alto del río Irati, zona con abundancia en hayedos silicícolas (*Saxifraga hirsutae-Fagentum*) y robledales de especie albar (*Quercus petrae*); por otro lado Lacabe y Gurpegui, los cuales cuentan con distintas especies de flora rupícola, flora que crece en las paredes rocosas, como *Draba dedeana*, *Saxifraga losae*, *Saxifraga cuneata*, *Erodium petraeum subsp. glandulosum*, *Alyssum montanum*, etc (Ayuntamiento de Valle de Arce-Artzibar, s.f.-a)
- Guadalajara. La Sierra de Ayllón, a la cual pertenecen las zonas de estudio de esta comunidad, cuenta con una gran variedad de formaciones boscosas naturales, con hayedos, bosques de tejo, rebollares, quejigares, encinares, pinares de pina silvestre, enebrales, enclaves con sabinar de sabinas albar y masas mixtas con todas estas formaciones vegetales. A su vez, presentan un gran valor las formaciones de bosques de ribera, con presencia de rodales de abedulares, alisedas, fresnedas, saucedas y alamedas de álamo blanco. Con respecto a los pastizales, presentan formaciones de pastizales oromediterráneos, cervunales, majadales, autótrofos y calcícolas secos. En

último lugar, hay que nombrar el alto valor de las formaciones de vegetación rupícola, con un gran número de flora protegida (Gobierno de Castilla La-Mancha, s.f.).

3.1.5. Geología y geomorfología

La información de este apartado se ha tomado de la página web del Instituto Geográfico y Minero de España, en la que se encuentran los mapas geológicos de la serie Magna que se han consultado para las localidades de Huesca y Guadalajara, mientras que para Navarra se ha consultado la página web del Valle de Arce. Se trata de los mapas 210 de Yebra de Basa (29-10) para Huesca (Cortinas y Santiago, 1991); página web valledearce (Ayuntamiento de Valle de Arce-Artzibar, s.f.-b) para Navarra; mapas 459 de Tamajón (20-18) para Guadalajara (Bea et al. 2005). Esta información ha sido complementada con el Mapa Geológico Continuo de España a escala 1:50.000 (Instituto Geográfico y Minero de España [IGME], 2021)

En las localidades de Huesca, nos encontramos en la parte occidental de la cuenca Surpirenaica central en la denominada Cuenca de Jaca. Presenta un relleno general regresivo, cambiando a de más profundo a más superficial, desde la sedimentación de las turbiditas eocenas (sedimentos marinos profundos), hasta sedimentos más superficiales de ambientes continentales durante el Oligoceno, llamados facies continentales oligocenas del Grupo Campodarte, con un desplazamiento progresivo hacia el sur de parte de los sedimentos. Sus materiales conforman el llamado sinclinatorio de Guarga. Mas concretamente, los tres pueblos se encuentran principalmente sobre areniscas en paleocanales con niveles conglomeráticos y lutitas rojas.

En las localidades de Navarra se distinguen dos unidades geológicas características: en la primera encontramos principalmente esquistos del paleozoico; en la segunda encontramos corresponde a la cobertera mesozoica y eocénica formada principalmente por flysch margocalcáreo, en el cual se intercalan algunos bancos de caliza que arman las crestas de las montañas más destacada.

En las localidades de Guadalajara, al contrario que en el sur-sureste donde predominan relieves planos y mesetarios con afloramientos del mesozoico y del Terciario, encontramos fuertes relieves de rocas paleozoicas y precámbricas de la Sierra de Ayllón. Concretamente, los tres pueblos se encuentran sobre pizarras homogéneas, filitas o micacitas.

3.2. Evaluación de los usos del suelo

Los procesos metodológicos aplicados han sido la búsqueda de información geográfica de las regiones estudiadas, su clasificación y elaboración de mapas, para lo cual se ha utilizado ArcGis. Lo podemos dividir en dos partes, por un lado, los años 1956-57 (mencionados a partir de ahora como 1956) y 2014 (ajustados con información adicional de 2018, 2020 y 2021, mencionados a partir de ahora como 2014), y por otro 1980-90 (mencionados a partir de ahora como 1980).

3.2.1. Años 1956 y 2014

Con respecto a los mapas de los años 1956 y 2014 y las delimitaciones de las áreas de estudio, se han extraído del proyecto RENURSE, elaborados por Miguel Sevilla de la forma que se indica a continuación.

Las delimitaciones provienen de los límites administrativos antiguos municipales y submunicipales de haberlos. De no ser así, se han tomado como referencia las cuencas hidrográficas y/o los ríos, procurando mantenerse en un rango de 2,5 km del pueblo. Todas estas delimitaciones se utilizaron posteriormente para todos escenarios temporales. Más concretamente, cada área se realizó de la siguiente forma:

- En Navarra se tomaron límites topográficos de mapas antiguos, tanto de los pueblos estudiados y sus municipios como de los colindantes, en el caso de no existir los primeros.
- En Guadalajara se tomaron límites con mapas antiguos y con las cuencas hidrográficas y ríos.
- En Huesca se contaba con los límites bien delimitados de cada una de las localidades.

Con respecto a las unidades ambientales están divididas en 11 tipos nombrando cada una con dos letras. Para su clasificación, se tomó como base las delimitaciones de las teselas del SIOSE de 2014, a escala 1:25.000, las cuales se fueron reclasificando y dividiéndolas en múltiples ocasiones, principalmente para 2014.

Listado de unidades:

- AG - ríos y láminas de agua
- ZR - zonas riparias
- FN - bosques naturales
- FR - masa de reforestación
- MF - matorral arbolado
- MT - matorrales

- CM - cultivos y matorral
- CU - cultivos
- PA - pastos
- RO - roquedos y áreas sin vegetación
- NU - núcleos urbanos y superficies construidas

3.2.2. Años 1980 – 1990

Para estos años se han utilizado los mapas de cultivos y aprovechamientos sacados de la Tienda Virtual del Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2024), seleccionados por su proximidad a la zona de estudio. Sin embargo, la gran mayoría no contaban con el detalle necesario, por lo que han sido comparadas con fotos aéreas de la fototeca digital del Centro Nacional de Información Geográfica [CNIG] (Instituto Geográfico Nacional [IGN], s.f), añadiendo y reclasificado delimitaciones con las teselas del SIOSE de 2014, a escala 1:25.000, dividiéndolas de ser necesario, extraídas del proyecto RENURSE. Los mapas utilizados han sido:

- Garralda (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 116 (Ed. digital) Año: 1988
- Aoiz/Agoitz (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 142
- Tamajón (Guadalajara). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 459 (Ed. digital) Año: 1986
- Valdepeñas de la Sierra (Madrid). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 485 (Ed. digital)
- Yebra de Basa (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 210 (Ed. digital) Año: 1986
- Boltaña (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 211 (Ed. digital) Año: 1985

Con ellos se creó una sola capa para cada provincia, obteniendo mapas de Huesca, Guadalajara y Navarra con los usos mostrados en la figura 14.

USO	SOBRECARGA	DESCRIPCIÓN
1	0	Cultivos herbáceos en regadío
1	1	Arroz
1	2	Huerta o cultivos forzados
1	3	Cítricos en regadío
1	4	Frutales en regadío
1	5	Olivar en regadío
1	6	Viñedo en regadío
2	0	Labor en seco
2	9	Labor asociada con coníferas
2	10	Labor asociada con frondosas
2	11	Labor asociada con coníferas y frondosas
3	0	Frutales en seco
4	0	Olivar en seco
5	0	Viñedo en seco
6	0	Viñedo asociado con olivar en seco
19	0	Viñedo asociado con frutales en seco
7	0	Prados naturales
7	9	Prados naturales asociados con coníferas
7	10	Prados naturales asociados con frondosas
7	11	Prados naturales asociados con coníferas y frondosas
8	0	Pastizal
8	8	Espartizal
8	9	Pastizal asociado con coníferas
8	10	Pastizal asociado con frondosas
8	11	Pastizal asociado con coníferas y frondosas
9	0	Matorral
9	9	Matorral asociado con coníferas
9	10	Matorral asociado con frondosas
9	11	Matorral asociado con coníferas y frondosas
10	0	Pastizal-Matorral
10	9	Pastizal-Matorral asociado con coníferas
10	10	Pastizal-Matorral asociado con frondosas
10	11	Pastizal-Matorral asociado con coníferas y frondosas
11	9	Coníferas
12	10	Chopo y Álamo
13	10	Eucalipto
14	10	Otras frondosas
15	11	Coníferas asociadas con Eucalipto
16	11	Coníferas asociadas con otras frondosas
17	0	Improductivo
18	0	Agua (masas de agua, balsas, etc..)

Figura 14: Tabla de la división de tipos de los suelos de los mapas de cultivos y aprovechamientos. Fuente: Ministerio de medio ambiente, y medio rural y marino.

3.3. Estimación del servicio ecosistémico de provisión de agua

El servicio de provisión de agua se ha estimado aplicando el modelo de Zhang et al. (2001). Se basa en la ecuación de balance hidrológico:

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

P representa la precipitación, ET la evapotranspiración real, Q la escorrentía superficial, D la recarga de agua subterránea o drenaje profundo, y ΔS el cambio en la cantidad de agua almacenada en el suelo, que se considera despreciable para periodos de entre 5 y 10 años.

Zhang et al. (2001), tras analizar información de más de 250 cuencas forestales distribuidas globalmente, establecieron una relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, ETP. Permitiéndoles expresar la evapotranspiración real de la siguiente forma:

$$ET = \frac{P \left(1 + \frac{wETP}{P}\right)}{1 + \frac{wETP}{P} + \frac{P}{ETP}}$$

Aquí, ETP representa la evapotranspiración potencial calculada a partir de la temperatura, y un coeficiente que refleja la disponibilidad de agua para las plantas, calculado por Zhang *et al.* (1999). Unos años más tarde, Komatsu *et al.* (2012) demostró que el modelo sobreestimaba el ETP en zonas templadas y boreales, aplicando una corrección para distintas latitudes:

$$E_0 = 0.488T^2 + 27.5T + 412 (R^2 > 0.99)$$

Donde la T representa la temperatura media, obtenida de datos climáticos. Desarrollando finalmente la siguiente ecuación:

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

El modelo presupone que toda la precipitación se distribuye entre la evapotranspiración y la escorrentía y drenaje profundo. Por lo tanto, cualquier alteración en el tipo o extensión de la cobertura vegetal tiene repercusiones en la evapotranspiración, con efectos inversos en la escorrentía y drenaje. Esto convierte al modelo en una herramienta útil para estimar cómo cambios en los usos y coberturas del suelo afectarán el equilibrio hídrico a nivel regional. (García-Estríngana *et al.*, 2014).

Identificamos la ET como agua verde y la diferencia entre P y ET como agua azul, es decir, la provisión de agua.

Para la aplicación del modelo se requiere información sobre la cubierta vegetal, la cual presenta 4 categorías: bosque (Wb), vegetación mixta (Wm), herbácea/cultivos (Wh) y suelo desnudo (Wd). Por ello ha sido necesario reagrupar los tipos de usos de suelo de los años 1956, 1980 y 2014, añadiendo otra para las masas de agua, ya que se excluyen del modelo de Zhang *et al.* (2001). La reagrupación que se ha realizado se muestra en la tabla 1. Una vez realizada esta redistribución, se puede sacar el área (en hectáreas) de cada una con ArcGis.

Modelo de Zhang	1956-2014	1980
Wb: Bosque	ZR - zonas riparias FN - bosques naturales FR - masa de reforestación	11-9, Coníferas 12-10, Chopo y Álamo 14-10, Otras frondosas 16-11, Coníferas asociadas con otras frondosas
Wm: Vegetación mixta	MF - matorral arbolado MT - matorrales CM - cultivos y matorral	9-0, Matorral 9-9, Matorral asociado con coníferas 9-10, Matorral asociado con frondosas 9-11, Matorral asociado con coníferas y frondosas 10-0, Pastizal-Matorral 10-9, Pastizal-Matorral asociado con coníferas 10-10, Pastizal-Matorral asociado con frondosas
Wh: Herbáceo/cultivos	CU - cultivos PA - pastos	2-0, Labor en seco 7-0, Prados naturales 8-0, Pastizal
Wd: Suelo desnudo	RO - roquedos y áreas sin vegetación NU - núcleos urbanos y superficies construidas	17-0, Improductivo
AG: Masas de agua	AG - Ríos y láminas de agua	18-0, Improductivo agua

Tabla 1: Equivalencia de los tipos de usos del suelo de los mapas de usos y aprovechamientos con los cuatro tipos de cubierta vegetal del modelo de Zhang et al. (2001).

La disponibilidad hídrica para las plantas, representada por el coeficiente w , depende del tipo de vegetación, considerando que, a mayor profundidad de las raíces, mayor será su disponibilidad hídrica, dividiéndolo en 4 grupos con su respectivo coeficiente:

- Bosque (Wb), con un coeficiente de 2.

- Vegetación mixta (Wm), con un coeficiente de 1,5.
- Herbáceo (Wh), con un coeficiente de 1.
- Suelo desnudo (Wd), con un coeficiente de 0,5.

Con respecto a las temperaturas y precipitaciones medias, se utilizaron los valores normales para el periodo de referencia 1981-2010 sacados del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (s.f.-a; s.f.-b), sacando los datos de las localizaciones exactas con ArcGis. Con respecto al periodo de referencia seleccionado, se eligió 1981-2010 porque es el más representativo de todo el tiempo de estudio.

Para los cálculos, se introdujeron las fórmulas del modelo de Zhang et al. (2001) en una tabla Excel, introduciendo el área de cada uno de los usos y atribuyendo el coeficiente de disponibilidad de agua (w) correspondiente.

Tras realizar todos los cálculos pertinentes se obtuvo el porcentaje y volumen (en m^3) de agua azul y agua verde de cada zona de estudio en cada uno de los periodos y el porcentaje y volumen (en m^3) de agua azul y agua verde del promedio en cada tipo de pueblo demográficamente hablando (poblado, despoblado y repoblado).

4. Resultados y discusión

La figura 15 muestra una síntesis de los resultados obtenidos en cuanto a la provisión de agua (balance agua azul/verde). La figura 16 es equivalente en relación a la cubierta vegetal. Estas dos figuras recogen los principales resultados que se van a discutir. Otros resultados de detalle a nivel municipal se presentan en los anexos.

En relación al balance agua azul/agua verde, la situación de partida en 1956 es similar en los tres tipos de poblamiento. El modelo de Zhang estima una media de 60% de agua verde y 40% de agua azul para todos ellos. Las 9 localidades compartían el modelo tradicional de gestión del territorio, en el que la explotación de los recursos era intensiva. La superficie cubierta por bosques y matorrales (las cubiertas vegetales que más agua verde propician) se sitúa en torno al 88% de media en todos los casos (figura 16). Tras la crisis del modelo tradicional se produce en los tres tipos de poblamiento un descenso del agua azul, es decir de la provisión de agua: mayor en las localidades repobladas y despobladas (34%) y menor en las pobladas (39%), representados en la figura 15. Este descenso del agua azul se corresponde con un aumento de las cubiertas de bosque y matorral hasta aproximadamente el 90% en todos los casos (figura 16). En concreto la cubierta de bosque en las localidades despobladas y repobladas se

incrementa hasta el 85% por las repoblaciones forestales. Se trata de un fenómeno bien conocido de reducción del agua azul tras las repoblaciones forestales y la colonización espontánea de campos de cultivo y pastos (Bruno et al., 2021). Para el escenario actual del siglo XXI el modelo estima un aumento del agua azul en los tres tipos de núcleos, aunque con diferencias. El incremento es mayor en los despoblados y repoblados donde sube a alrededor de un 36% e inferior en los poblados, aumentando un porcentaje mínimo (figura 15). Este incremento del agua azul general pero desigual entre los tres tipos de poblamiento entre 1980 y 2014 se corresponde con la disminución de la cubierta forestal también general, pero desigual: 34% de superficie arbolada en los núcleos poblados; 69% en los repoblados y 69% en los despoblados.

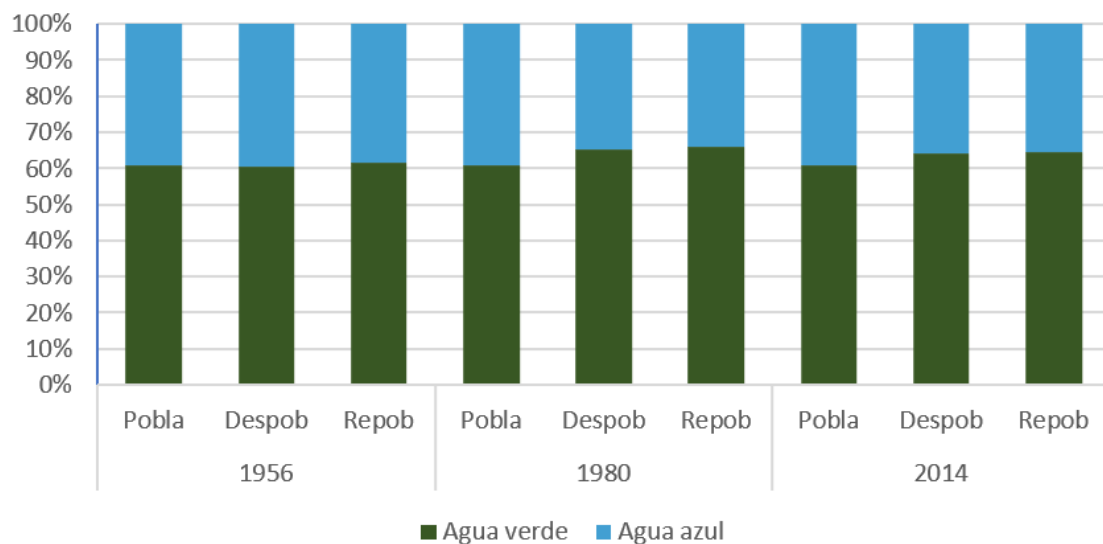


Figura 15: Porcentaje medio de agua azul/verde según el tipo de poblamiento (poblados, despoblados y repoblados) en los tres escenarios temporales de usos del territorio. Elaboración propia.

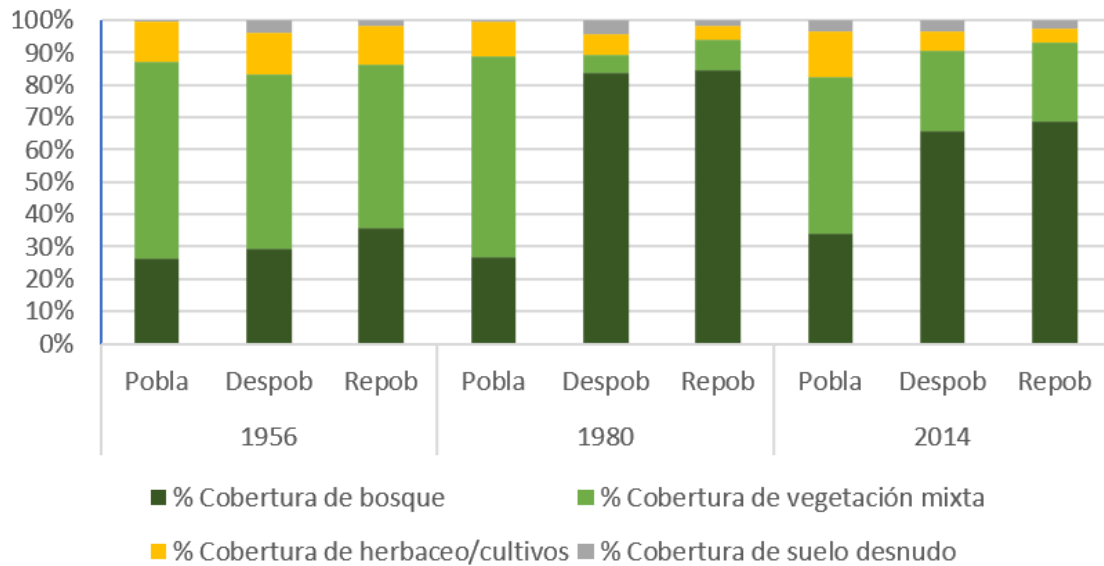


Figura 16: Porcentaje medio de cada tipo de cubierta vegetal en los tres escenarios temporales de usos del territorio. Los tipos de cubierta vegetal son los siguientes: Usos b: bosques; Usos d: suelo desnudo; Usos m: matorral; Usos h: herbáceas. Elaboración propia.

Los cambios en el balance agua azul/verde entre el escenario tradicional (1956) y el de 1980 no son muy acusados: el incremento del agua verde (descenso del agua azul) oscila entre el 0,2 y 5%. Las estimaciones de Beguería et al. (2003) para las cuencas altas de los valles pirenaicos se sitúan en el 20%. Estas diferencias se podrían explicar porque en el Prepirineo oscense y navarro y en las montañas de Guadalajara el efecto del clima (temperatura) sobre el balance hídrico es mayor, dadas las más altas temperaturas medias que en el Pirineo; por lo que el peso de la vegetación en el balance hídrico es menor, en comparación con el Pirineo.

En síntesis, el patrón que se ha encontrado es el siguiente: El modelo tradicional -con mayor explotación de los recursos y menor cobertura vegetal- era el que generaba una provisión de agua más alta. El despoblamiento rural del siglo XX -que dio lugar a un incremento de la cubierta vegetal-, ocasionó una reducción de la provisión de agua, la cual fue mayor en los núcleos despoblados (34% de la lluvia anual), donde las repoblaciones forestales y la recuperación espontánea de la vegetación fueron más activas, y menor en los habitados (39%). Finalmente, en el siglo XXI -en el que se han desarrollado algunas actividades que han reducido modestamente la cubierta vegetal- se ha recuperado ligeramente la provisión de agua azul, aunque de forma desigual en los tres tipos de poblamiento: se ha mantenido prácticamente constante en los núcleos habitados (39%) y se ha recuperado parte en los despoblados y repoblados (36%).

Este patrón era el esperado, teniendo en cuenta los conocidos efectos de la vegetación sobre el balance hídrico (Gallart y Llorens, 2004) y los cambios en los usos del suelo registrados en las montañas ibéricas (Lasanta et al., 2005). Las figuras 17 y 18 recogen este patrón general de la evolución del agua azul/verde y de la cubierta vegetal, respectivamente, para el conjunto de las nueve localidades estudiadas.

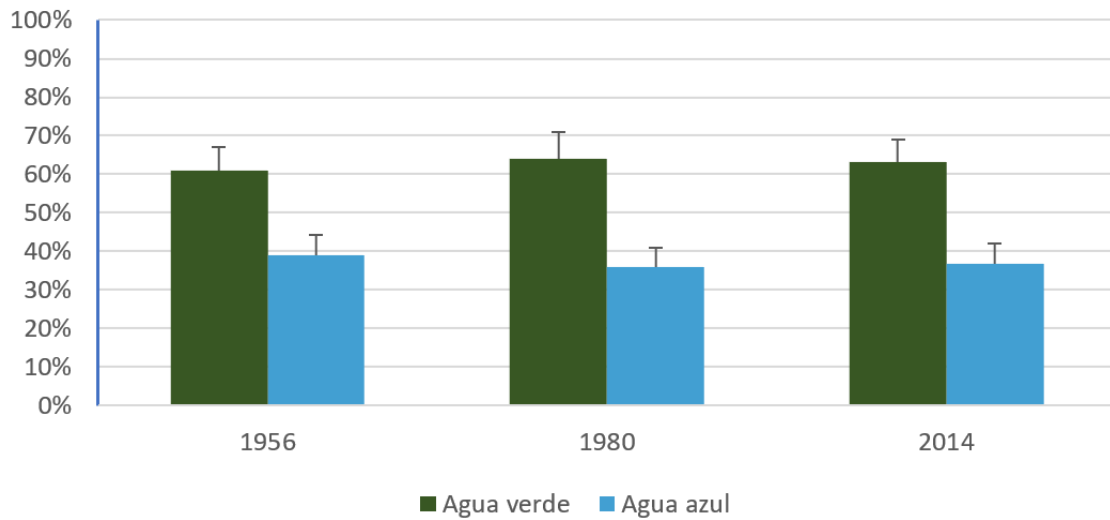


Figura 17: Gráfica de la media del porcentaje de agua azul y agua verde para 1956, 1980 y 2014 en todos los pueblos estudiados, con sus respectivas barras de error. Elaboración propia.

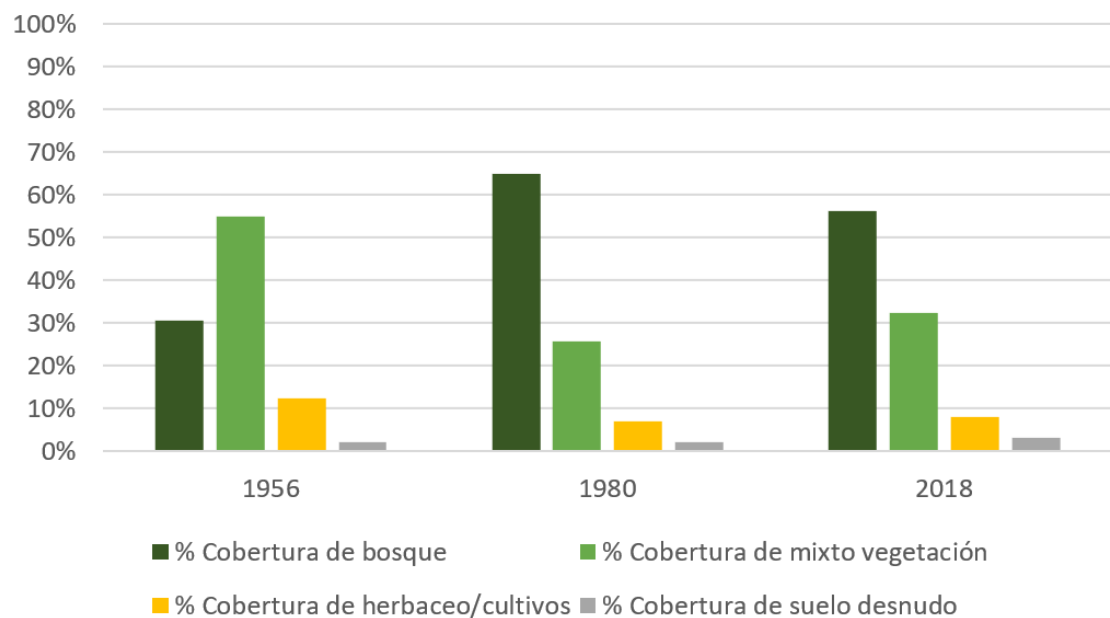


Figura 18: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie. Los valores corresponden a la media de todos los pueblos para cada fecha. Elaboración propia

Sobre lo que no se tenía información previa es respecto al efecto de los tres tipos de poblamiento sobre este patrón general de reducción del agua azul asociado al incremento de la vegetación. ¿Cuál de ellos favorece más la producción de agua azul? Ello constituye la aportación más novedosa de este TFG. El precedente más próximo es el Trabajo de Fin de Grado de Paternain (2024), en el que se analizó el efecto de la repoblación (neorrurales) respecto al abandono en una única localidad del Prepirineo oscense, el núcleo de Sieso de Jaca. Los paisajes generados tras el despoblamiento rural necesitan de gestión para optimizar los servicios ecosistémicos, pues se están incrementando los servicios de regulación en detrimento de los de producción (Bruno et al., 2021) y, además, está incrementándose el riesgo de incendios y la pérdida de biodiversidad vinculada a los ecosistemas abiertos. Por ello, Lasanta et al. (2021) señalan cómo algunos autores están proponiendo una intervención moderada en el territorio, con el fin de crear un paisaje en mosaico, más parecido al paisaje tradicional o cultural, con alternancia de bosques, matorrales y pastos. El paisaje en mosaico, según algunos autores, optimiza los servicios ecosistémicos (Kozak et al., 2004), entre ellos la provisión de agua. Por ello, uno de los objetivos de este TFG ha sido evaluar si el modelo de gestión de los nuevos pobladores -que ha modificado en cierta medida el paisaje uniforme surgido tras el abandono rural- tiene efectos significativos sobre la provisión de agua. Nuestros resultados muestran un efecto muy escaso de los nuevos pobladores sobre la cubierta vegetal y, por ende, sobre el balance agua azul/verde. Y, en todo caso, un efecto inferior al de los pueblos que han estado siempre habitados y han desarrollado usos del territorio más intensivos. Este resultado también ha sido hallado por Paternain (2024) en el caso de Sieso de Jaca. Nuestra explicación a ello es que los nuevos pobladores no han conseguido transformar el espacio a escala de paisaje. Es decir, no han convertido bosques (o repoblaciones forestales) en cultivo o pastos. O lo han hecho en muy pequeña medida, tal y como atestigua la figura 15. La causa de ello está en las limitaciones que han tenido los nuevos pobladores en obtener permisos de la administración para intervenir en las masas forestales (Paternain, 2024). Su intervención más que a escala de paisaje se ha producido a escala de rodal, mediante el aprovechamiento de leñas o madera y, en menor medida pastoreo.

La vía más eficaz para incrementar la provisión de agua (agua azul) tiene que ver con la gestión de las repoblaciones forestales, que pueden llevar a cabo las administraciones forestales; en concreto, el aclareo de las masas de pinares, reduciendo su densidad de 1.800-2.500 a 600-800 pies/ha. Estas prácticas potencialmente pueden realizarse en los tres tipos de núcleos de población, y se ven facilitadas si los pueblos cuentan con Montes de Utilidad Pública, cuya gestión es llevada a cabo por las administraciones. Se trata de lo que se denomina “gestión

forestal ecohidrológica” (Del Campo et al., 2014; Cervera et al., 2022), disciplina todavía en desarrollo, pero con un futuro prometedor.

5. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas de este Trabajo Fin de Grado son las siguientes:

- El modelo de gestión tradicional -con mayor explotación de los recursos y menor cobertura vegetal- era el que generaba una mayor provisión de agua (en torno al 40% de la precipitación anual).
- El despoblamiento rural del siglo XX -que dio lugar a un incremento de la cubierta vegetal-, ocasionó una reducción de la provisión de agua, la cual fue mayor en los núcleos despoblados (34% de la lluvia anual), donde las repoblaciones forestales y la recuperación espontánea de la vegetación fueron más activas, y menor en los habitados (39%).
- En el siglo XXI -con algunas actividades que han reducido modestamente la cubierta vegetal- se ha recuperado ligeramente la provisión de agua azul, aunque de forma desigual en los tres tipos de poblamiento: se ha mantenido prácticamente constante en los núcleos habitados (39%) y se ha recuperado parte en los despoblados y repoblados (36%).
- La explotación del territorio llevada a cabo por los nuevos pobladores no ha transformado el paisaje uniforme surgido tras la despoblación rural lo suficiente para incrementar de manera apreciable la provisión de agua.
- La gestión forestal ecohidrológica se vislumbra como la herramienta con más futuro para gestionar el servicio de provisión de agua en el actual contexto de despoblamiento rural.

6. Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología [AEMET]. (s.f.). Valores climatológicos normales, clasificación de Köppen. Disponible en: [Valores climatológicos normales - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España](#)

Álvarez-Montoya, J. M., Pavón Benítez, L., & Sánchez González, P. (2022). Una mirada compleja al fenómeno de la despoblación rural. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/84233>

Andréassian, V. (2004). Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of hydrology*, 291(1-2), 1-27. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169403005171>

Asociación Cultural La Vereda. (2020). ¿Quiénes somos? Disponible en: <https://asociacionculturallavereda.org/>

Alcalde, I.R. (2024). Padrón municipal de Serué, Secorún y Aineto. [archivo@aytosabi.es]

Ayuntamiento de Valle de Arce-Artzibar (s.f.-a). Valle de Arce-Artzibar. Disponible en: <https://www.valledearce.com/geografia-naturaleza/flora/>

Ayuntamiento de Valle de Arce-Artzibar (s.f.-b). Valle de Arce-Artzibar. Disponible en: <https://www.valledearce.com/geografia-naturaleza/geografia-presentacion/>

Bea, F., Dunning, G., Escuder, J., Fernández, L. R. R., García, C. G., Gil, P. C., Huerta, P. P. H., Olmedo, F. L., Pont, J. S. & Valquero, P. V. (2005). Mapa geológico de España E. 1: 50.000. Serie MAGNA (Hoja de Tamajón, 459). Disponible en: <https://info.igme.es/cartografiadigital/datos/geomorfologico50/memorias/MMagna0459.pdf>

Beguiría, S., López-Moreno, J. I., Lorente, A., Seeger, M., & García-Ruiz, J. M. (2003). Assessing the effect of climate oscillations and land-use changes on streamflow in the Central Spanish Pyrenees. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(4), 283-286. Disponible en: <https://bioone.org/journals/AMBIO-A-Journal-of-the-Human-Environment/volume-32/issue-4/0044-7447-32.4.283/Assessing-the-Effect-of-Climate-Oscillations-and-Land-use-Changes/10.1579/0044-7447-32.4.283.short>

Bruno, D., Sorando, R., Álvarez-Farizo, B., Castellano, C., Céspedes, V., Gallardo, B., ... & Comín, F. A. (2021). Depopulation impacts on ecosystem services in Mediterranean rural areas. *Ecosystem Services*, 52, 101369. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041621001273>

Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica [CNIG] (s.f.-a). España. Temperatura media anual. 1981-2010. Disponible en: [Centro de Descargas del CNIG \(IGN\)](#)

Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica [CNIG] (s.f.-b). España. Precipitación media anual. 1981-2010. Disponible en: [Centro de Descargas del CNIG \(IGN\)](#)

Servera, T.; Baiges, T.; Rabascall, X.; et al. (2022). Metodología de cálculo del impacto de la gestión forestal en los servicios ecosistémicos: carbono, agua y biodiversidad. Centro de la Propiedad Forestal, Santa Perpètua de Mogoda. 61 pp. Disponible en: https://lifeclimark.eu/wp-content/uploads/2022/05/Libro_Metodologia_CASTELLA_vfinal.pdf

Chazarra, A., Lorenzo, B., Romero, R., & Moreno, J. (2022). Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. Agencia Estatal de Meteorología [AEMET]. Disponible en: <https://aemetblog.es/2022/10/22/evolucion-de-los-climas-de-koppen-en-espana-en-el-periodo-1951-2020/>

Cortinas, A. B. & Santiago, M. J. M. (1991). Mapa geológico de España E. 1: 50.000. Serie MAGNA (Hoja de Yebra de Basa, 211). Disponible en:

<https://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0210.pdf>

Del Campo, A. D., Fernandes, T. J., & Molina, A. J. (2014). Hydrology-oriented (adaptive) silviculture in a semiarid pine plantation: How much can be modified the water cycle through forest management?. *European Journal of Forest Research*, 133, 879-894. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-014-0805-7>

Gallart, F. y Llorens, P. (2004). Observations on land cover changes and water resources in the headwaters of the Ebro catchment, Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29(11–12), 769–773. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.05.004>

García-Estríngana, P., Gallart, F. y Llorens, P. (2014). Estimación del papel de los cambios en la cubierta vegetal en la repartición de la precipitación entre agua verde y agua azul. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC). Disponible en:

<https://ecodes.org/documentos/plantando-agua/Informe-IDAEA.pdf>

Gobierno de Aragón (febrero 25, 2023). Río Guarga. Molino Escartín. Punto de interés fluvial. Aragon. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/rio-guarga.-molino-escartin>

Gobierno de Castilla La-Mancha (s.f.). Sierra de Ayllón. “El rincón eurosiberiano del Sistema Central en Castilla-La Mancha”. Castillalamancha. Disponible en: https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/paginas/archivos/ayllon_licz_epa_fich.pdf

González-Sampériz, P., Aranbarri, J., Pérez-Sanz, A., Gil-Romera, G., Moreno, A., Leunda, M., ... & Valero-Garcés, B. (2017). Environmental and climate change in the southern Central Pyrenees since the Last Glacial Maximum: A view from the lake records. *Catena*, 149, 668-688. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816216303009>

Google Earth. (s.f.). [Serué, Secorún, Aineto, Villanueva de Arce, Gurpegui, Lacabe, Campillo de Ranas, La Vereda y Matallana]. Información adquirida el 1 de abril de 2024 de:

<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Instituto Aragonés de Estadística [IAEST]. (2005). Catálogo de pueblos y municipios de Aragón. Estadística de población y nomenclaturas toponímicas entre 1900 y 2004. Disponible en:

https://www.aragon.es/documents/20127/674325/CATALOGO_PUEBLOS.pdf/c4909c73-dd9c-c67e-869d-bb3c81513a92

Instituto Geográfico y Minero de España [IGME] (30 de marzo de 2021). Mapa Geológico Continuo de España a escala 1/50.000. Disponible en:

<https://igme.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=44df600f5c6241b59edb596f54388ae4>

Instituto Geográfico Nacional [IGN] (s.f). Centro Nacional de Información Geográfica [CNIG], fototeca digital, visualizador de fotogramas. Disponible en: <https://fototeca.cnig.es/fototeca/>

Instituto Nacional de Estadística [INE]. (Varios años-a). Nomenclátor. Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional a 1 de enero. Disponible en:

<https://www.ine.es/nomen2/index.do>

Instituto Nacional de Estadística [INE]. (Varios años-b). Alteraciones de los pueblos en los Censos de Población desde 1842. Disponible en:

<https://www.ine.es/intercensal/intercensal.do?search=2&error6=Debe+seleccionar+una+comunidad+aut%C3%B3noma.&error7=Debe+seleccionar+al+menos+una+provincia+o+municipio.&error8=Debe+seleccionar+al+menos+una+provincia.&error9=Ha+elegido+un+elevado+n%C3%BAmero+de+pueblos.+Le+recomendamos+elegir+provincias+enteras+para+este+tipo+de+consultas.&nocab=&cmbCCAA=8&cmbProv=19&cmbMuni=3371&btnBuscarGeo=Consultar+selecci%C3%B3n>

Komatsu, H., Cho, J., Matsumoto, K., & Otsuki, K. (2012). Simple modeling of the global variation in annual forest evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 420, 380-390. Disponible en:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411009176?casa_token=1MgqdMnEQGwAAAAA:IATOCM28aSEKRnVHGpmhTsABWzZqJrRKX_5dYMJPgN0mHgOxQj0i0Wdo127373x2v5iMmAKFZfo

Kozak, J., Ostapowicz, K., Szablowska-Midor, A., Widacki, W. 2004. Land abandonment in the Western Beskidy Mts and its environmental background. *Ekologia (Bratislava)* 23 (1), 116-26. Disponible en:

<https://www.proquest.com/docview/203470293?sourcetype=Scholarly%20Journals>

Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Khorchani, M. & Romero-Díaz, A. (2021). Una revisión sobre las tierras abandonadas en España: de los paisajes locales a las estrategias globales de gestión. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(2), 477-521. Disponible en:

<https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/4755>

Lasanta, T., Vicente Serrano, S.M. y Cuadrat, J.M. (2005). Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography*, 25, 47-65. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622804000414>

Martínez, J. Á., Abad, M. E., Gómez-Villar, A., & Lasanta, T. (2015). Restauración del paisaje de la montaña española con ganadería: Un ensayo en la Cordillera Cantábrica combinando pastoreo de caprino y poda de matorrales. *Pirineos*, 170, e008-e008. Disponible en:

<https://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/255>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2024, 7 de octubre). Tienda virtual del centro de descargas de publicaciones. Disponible en: <https://servicio.mapama.gob.es/tienda/>

Montserrat-Martí, G., & García, D. G. (2019). Variación de los dominios forestal y herbáceo en el paisaje vegetal de la Península Ibérica en los últimos 20.000 años. Importancia del efecto de los grandes herbívoros sobre la vegetación. Cuadernos de investigación geográfica: Geographical Research Letters, 45(1), 87-121. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062547>

Nadal-Romero, E., Martínez, J. Z., Cortijos-López, M., Martínez, T. L., Ferrer, E. P., Sánchez, D. P., Renault, N. L., Flaño, P. R., Lacruz, J. L., & Vadillo, J. A. (2023). El proyecto LIFE MIDMACC: cómo gestionar la media montaña mediterránea tras su abandono. In Geografía: cambios, retos y adaptación: libro de actas. XVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía, Logroño, 12 al 14 de septiembre de 2023 (pp. 403-412). Asociación Española de Geografía. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9074653>

Nastat. (Varios años). Nomenclátor. Nomenclátor de Navarra a 1 de enero de cada año. Disponible en: <https://nastat.navarra.es/es/recursos/nomenclator>

Navarra (Octubre 10, 2018). Inician un proyecto piloto en Navarra para repoblar pueblos abandonados. Noticias de Navarra. Disponible en: [Inician un proyecto piloto en Navarra para repoblar pueblos abandonados \(noticiasdenavarra.com\)](https://www.noticiasdenavarra.com/2018/10/10/inician-un-proyecto-piloto-en-navarra-para-repoblar-pueblos-abandonados/)

Palacio, S. (2021). De la despoblación a la repoblación rural de las montañas. Ecosistemas, 30(1), 2164-2164. Disponible en: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2164>

Paternain, S. (2024). Efecto del poblamiento neorrural sobre los usos del suelo y los servicios ecosistémicos en la localidad de Sieso de Jaca (Prepirineo oscense). Trabajo de Fin de Grado. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza. Disponible en: <https://deposita.unizar.es/TAZ/EPHUES/2024/81916/TAZ-TFG-2024-1935.pdf>

Rivas-Martínez, Salvador. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA. Disponible en: https://floramontiberica.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/09/mapa_series_vegetacion_1987.pdf

Rodríguez, J. D. (Abril 30, 2016). "Libros contra el vacío desde un pueblo recuperado en Navarra". Diagonal. Disponible en: <https://www.diagonalperiodico.net/libertades/30181-huts-libros-contra-vacio-desde-pueblo-recuperado.html>

Sánchez, G. E. (2016). Análisis histórico del balance de agua azul y agua verde en los montes del TM de La Zoma (Te) afectados por el incendio del año 2009. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/289986882.pdf>

Sancho-Reinoso, A. (2013). Land abandonment and the dynamics of agricultural landscapes in Mediterranean mountain environments: the case of Ribagorça (Spanish Pyrenees). *Erdkunde*, 289-308. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/23595373>

Santos, J. L., & Matthews, D. B. (2021). Determinantes del cambio poblacional en la provincia de Guadalajara de 1960 a la actualidad. *D´ economía*, (1), 21-34. Disponible en: https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/D_ECONOMIA/article/view/1995

Sanz, A. C. L. (2004). EL MOVIMIENTO NEO-RURAL EN EL PIRINEO ARAGONÉS UN ESTUDIO DE CASO: LA ASOCIACIÓN ARTIBORAIN. *Informes*, (4), 1-43. Disponible en: <https://www.roldedeestudiosaragoneses.org/wp-content/uploads/Informes-2004-4.pdf>

Sayadi Gnada, S., Bertuglia, A., Parra López, C. y Guarino, A. 2011. Ciudad versus campo: El papel de los neorrurales en el desarrollo rural sostenible de la comarca de la Alpujarra granadina (Andalucía-España). Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales (CEDDAR). Informe 16. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-ParraLopez/publication/233841698_Ciudad_versus_campo_El_papel_de_los_neorrurales_en_el_desarrollo_rural_sostenible_de_la_comarca_de_la_Alpujarra_Granadina_Andalucia_Espan

<a/links/54db5d530cf2ba88a68ff0c8/Ciudad-versus-campo-El-papel-de-los-neorrurales-en-el-desarrollo-rural-sostenible-de-la-comarca-de-la-Alpujarra-Granadina-Andalucia-Espana.pdf>

Zhang, L., Dawes, W. R., & Walker, G. R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water resources research*, 37(3), 701-708.

Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2000wr900325>

Zhang, L., Walker, G. R., & Dawes, W. (1999). Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance. Disponible en:

<https://ewater.org.au/archive/crcch/archive/pubs/pdfs/technical199912.pdf>

7. Anexos

Anexo I: Fotos de las zonas de estudio



Figura 19: Foto de zona herbácea pastada por ganado vacuno en Campillo de Ranas. Elaboración propia.



Figura 20: Foto de zona herbácea en campillo de Ranas. Elaboración propia.



Figura 21: Foto de Secorún y de su parte forestal. Elaboración propia.



Figura 22: Foto de la parte forestal, cultivos y parte del pueblo de Secorún. Elaboración propia.



Figura 23: Foto de zona herbácea pastada en Aineto. Elaboración propia.



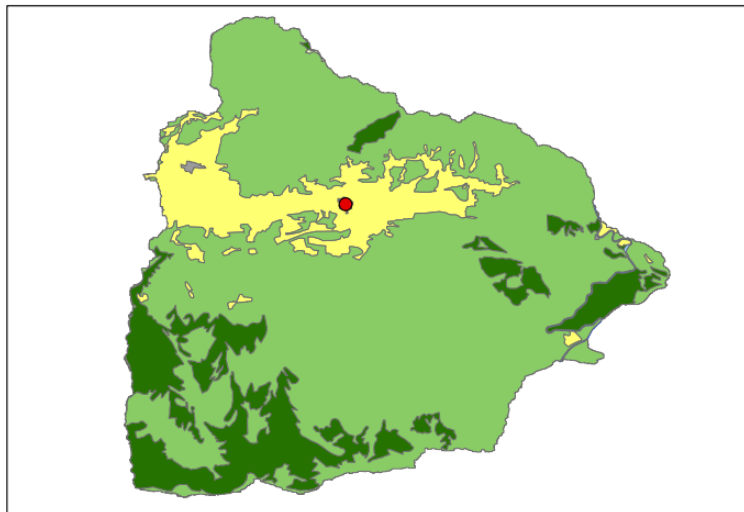
Figura 24: Foto de zona de cultivo en Serué. Elaboración propia.

Anexo II: Mapas de las zonas de estudio

Mapas de 1956

Huesca

Mapa de usos y aprovechamientos de Serué 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

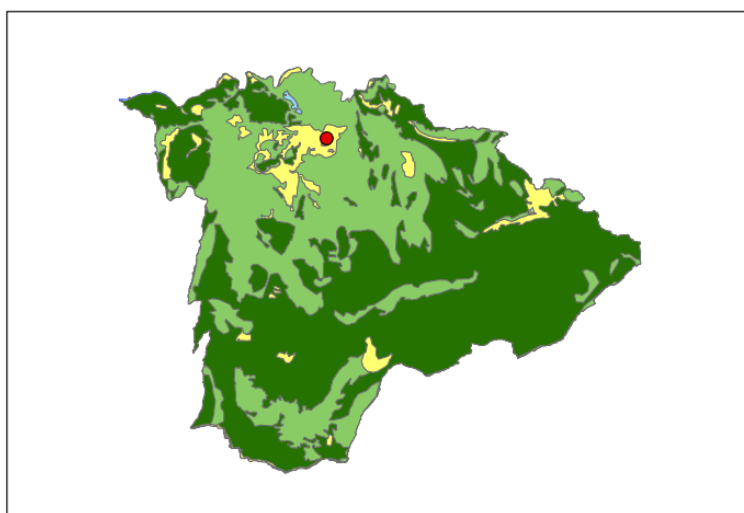
0 0,75 1,5 3 4,5 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Secorún 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

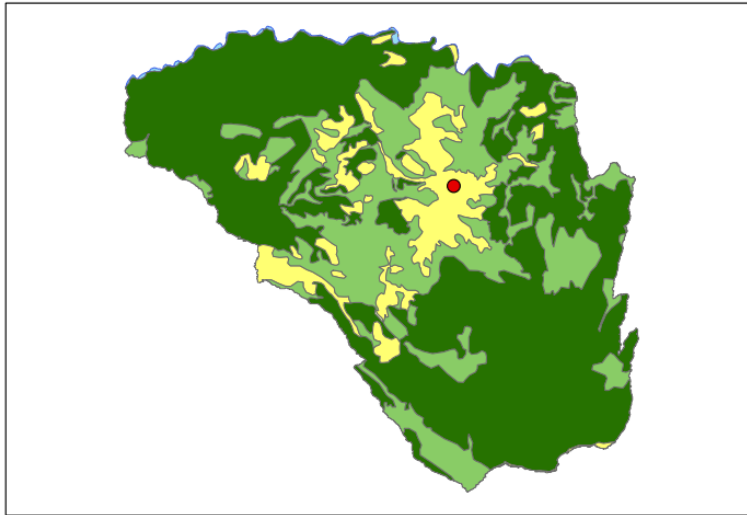
0 0,75 1,5 3 4,5 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Aineto 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

0 0,5 1 2 3 Km

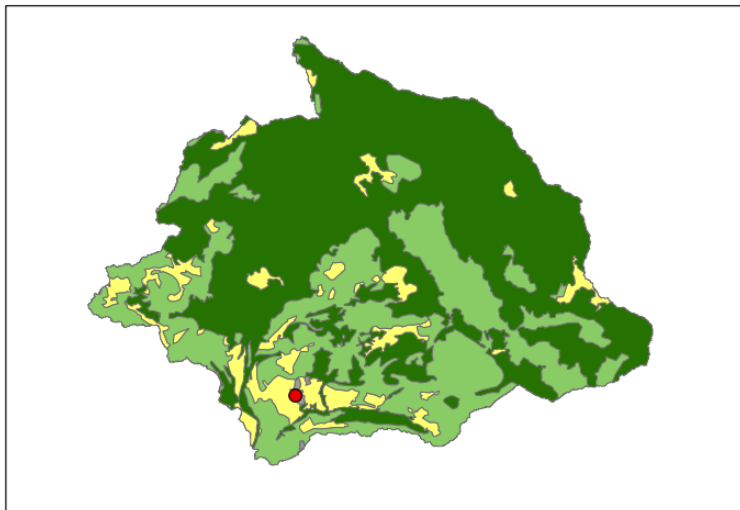
Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 435 m



Navarra

Mapa de usos y aprovechamientos de Villanueva de Arce 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

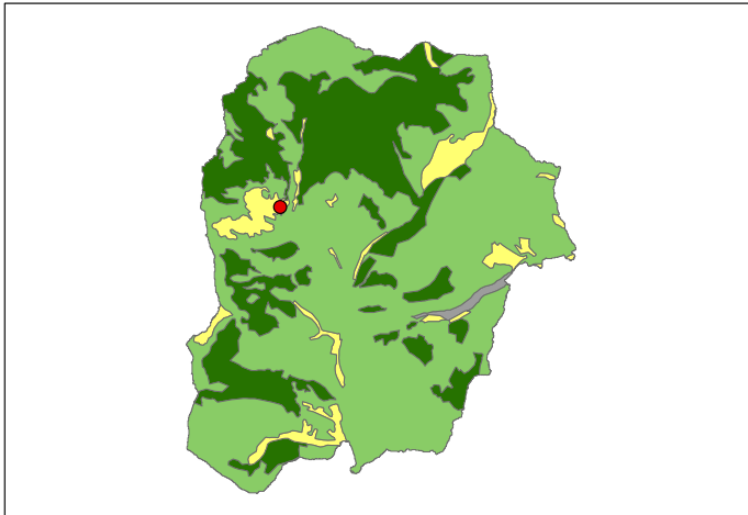
0 0,5 1 2 3 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Gurpegui 1956



Leyenda

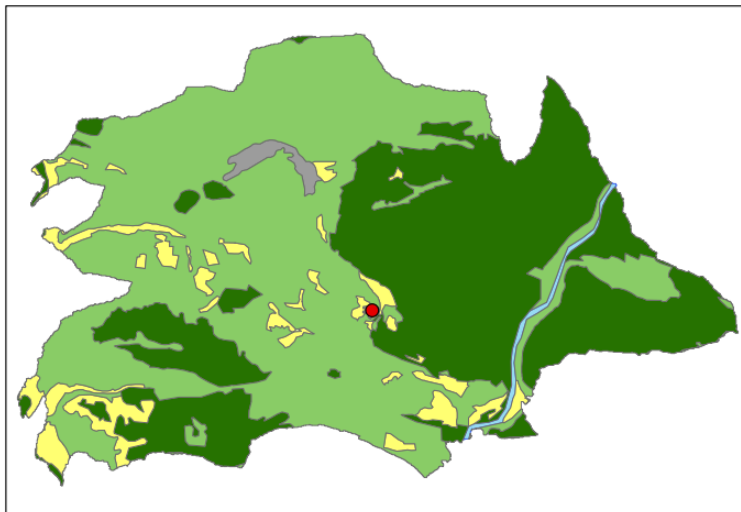
- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 365 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Lacabe 1956



Leyenda

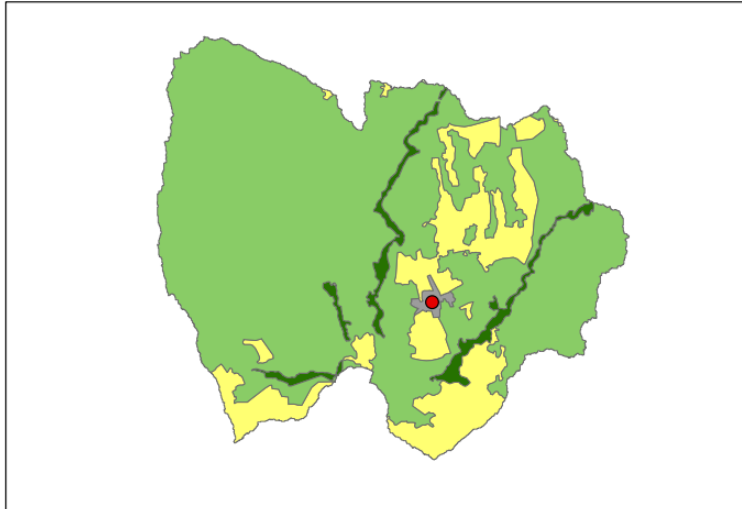
- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 300 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Campillo de Ranas 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

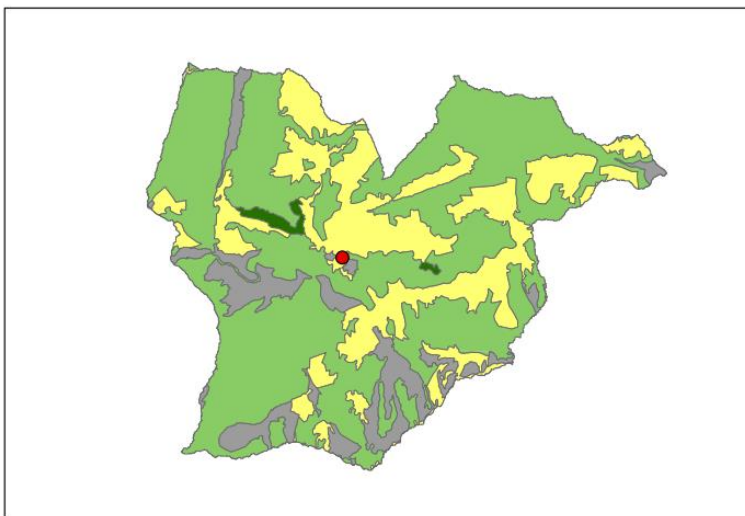
Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

0 0,5 1 2 3 Km

1 cm = 300 m



Mapa de usos y aprovechamientos de La Vereda 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

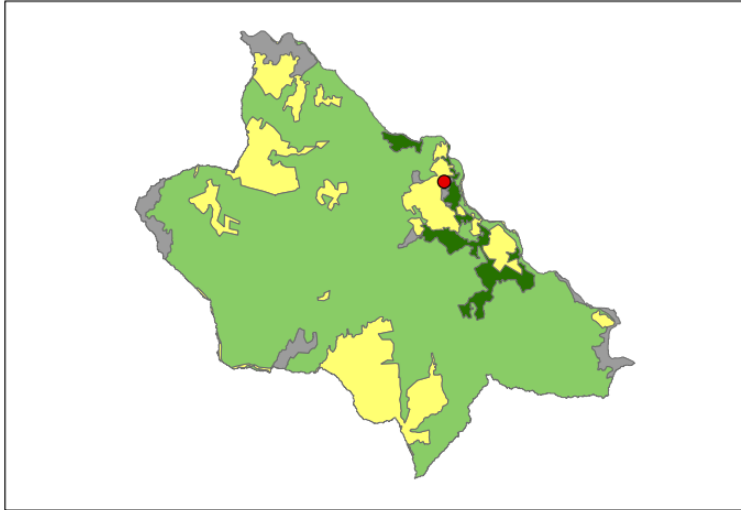
Fuente: Tamajón (Guadalajara). Mapa de
cultivos y aprovechamientos hoja nº 459
(Ed. digital) Año: 1986
Valdepeñas de la Sierra (Madrid). Mapa de
cultivos y aprovechamientos hoja nº 485
(Ed. digital)
Proyecto RENURSE
Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

0 0,5 1 2 3 Km

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Matallana 1956



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

0 0,5 1 2 3 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

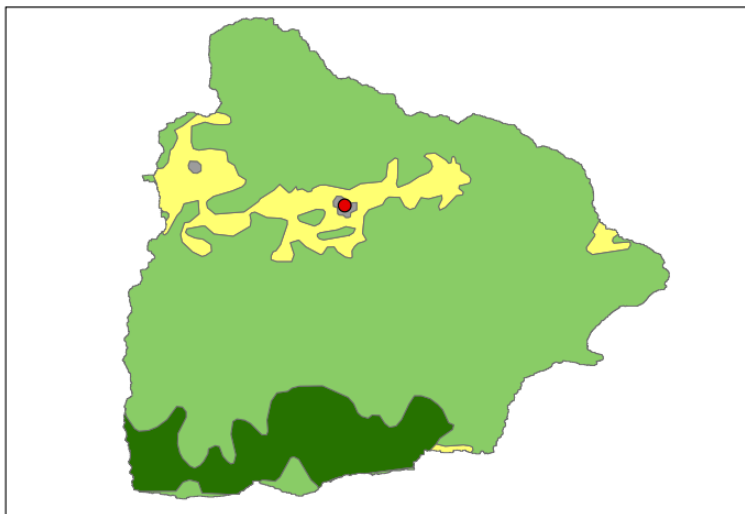
1 cm = 400 m



Mapas de 1980

Huesca

Mapa de usos y aprovechamientos de Serué 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

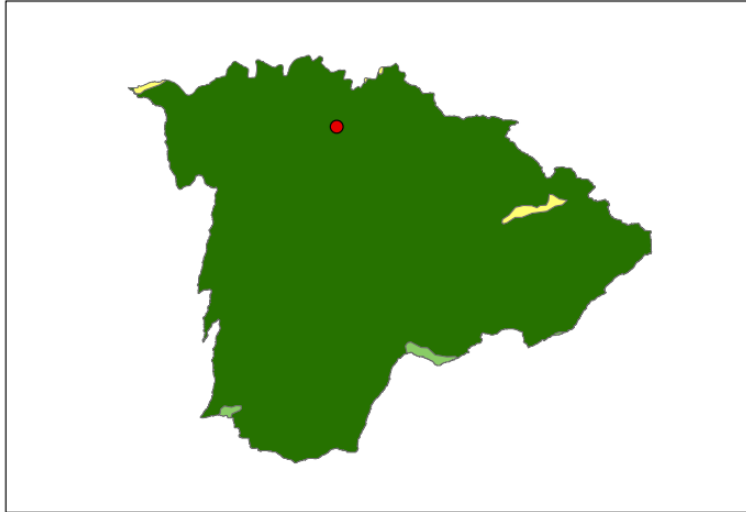
0 0,75 1,5 3 4,5 Km

Fuente: Yebra de Basa (Huesca). Mapa de
cultivos y aprovechamientos hoja nº 210
(Ed. digital) Año: 1986
Boltaña (Huesca). Mapa de cultivos y
aprovechamientos hoja nº 211 (Ed. digital)
Año: 1985
Proyecto RENURSE
Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Secorún 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

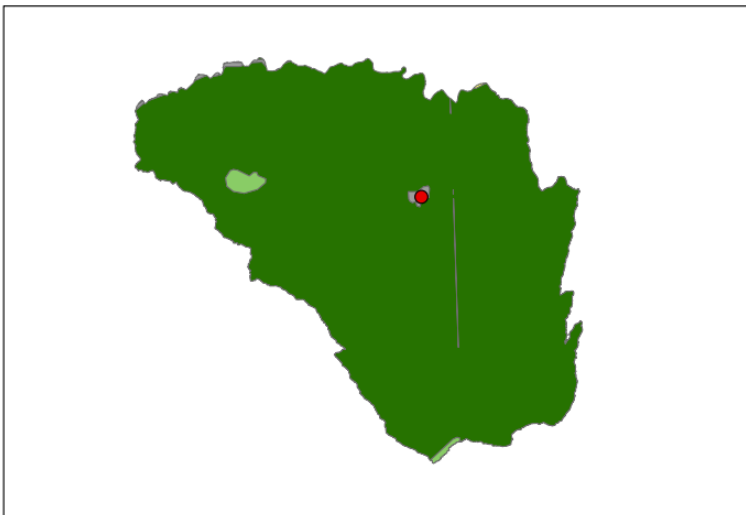
Fuente: Yebra de Basa (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 210 (Ed. digital) Año: 1986
Boltaña (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 211 (Ed. digital) Año: 1985
Proyecto RENURSE
Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

0 0,75 1,5 3 4,5 Km

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Aineto 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

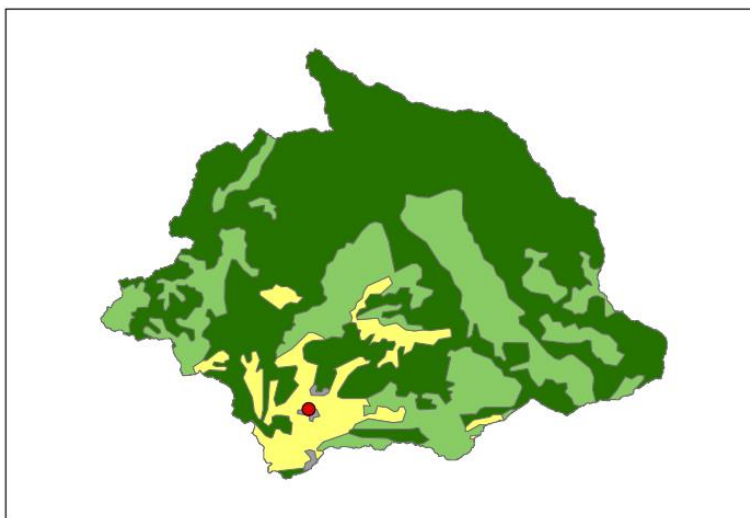
Fuente: Yebra de Basa (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 210 (Ed. digital) Año: 1986
Boltaña (Huesca). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 211 (Ed. digital) Año: 1985
Proyecto RENURSE
Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

0 0,75 1,5 3 4,5 Km

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Villanueva de Arce 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

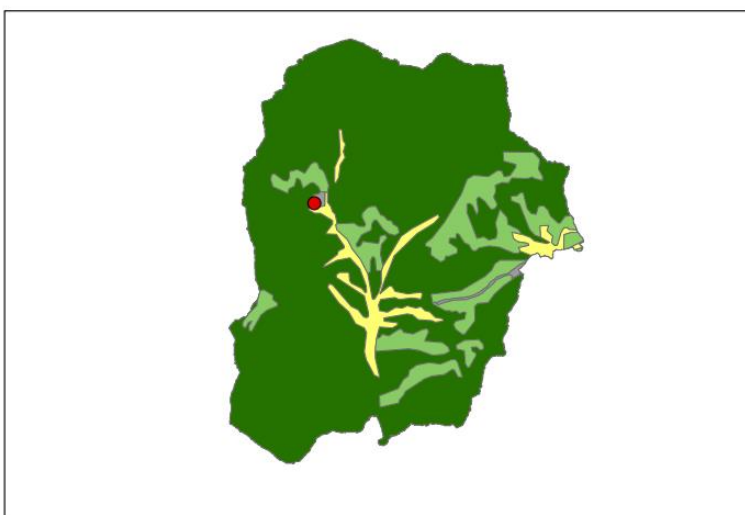
Fuente: Garralda (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 116 (Ed. digital)
 Año: 1988
 Aoiz/Agoitz (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 142
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)



1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Gurpegui 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

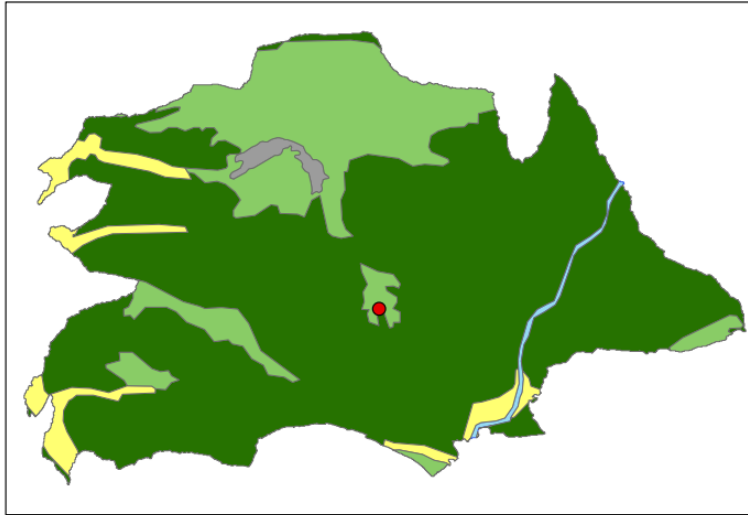
Fuente: Garralda (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 116 (Ed. digital)
 Año: 1988
 Aoiz/Agoitz (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 142
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)



1 cm = 400 m



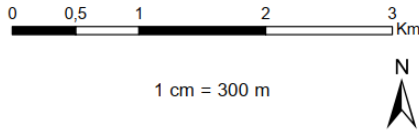
Mapa de usos y aprovechamientos de Lacabe 1980



Leyenda

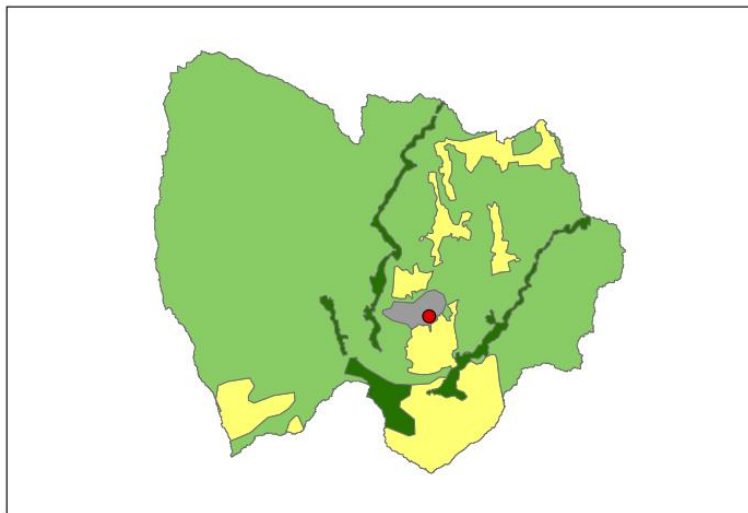
- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

Fuente: Garralda (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 116 (Ed. digital) Año: 1988
 Aoiz/Agoitz (Navarra). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 142
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)



Guadalajara

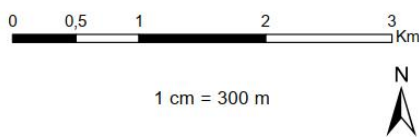
Mapa de usos y aprovechamientos de Campillo de Ranas 1980



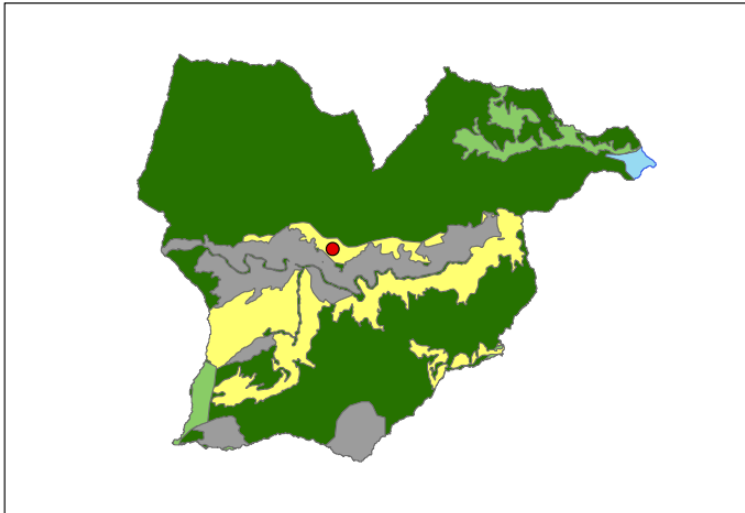
Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

Fuente: Tamajón (Guadalajara). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 459 (Ed. digital) Año: 1986
 Valdepeñas de la Sierra (Madrid). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 485 (Ed. digital)
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)



Mapa de usos y aprovechamientos de La Vereda 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

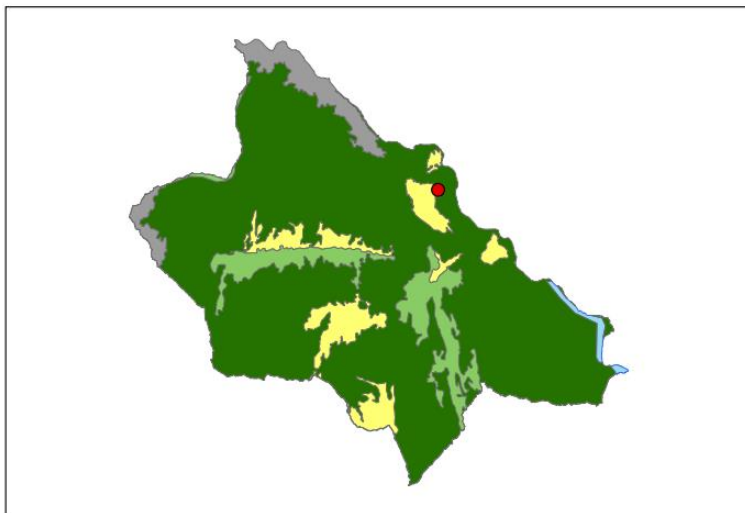
Fuente: Tamajón (Guadalajara). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 459 (Ed. digital) Año: 1986
 Valdepeñas de la Sierra (Madrid). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 485 (Ed. digital)
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

0 0,5 1 2 3 Km

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Matallana 1980



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

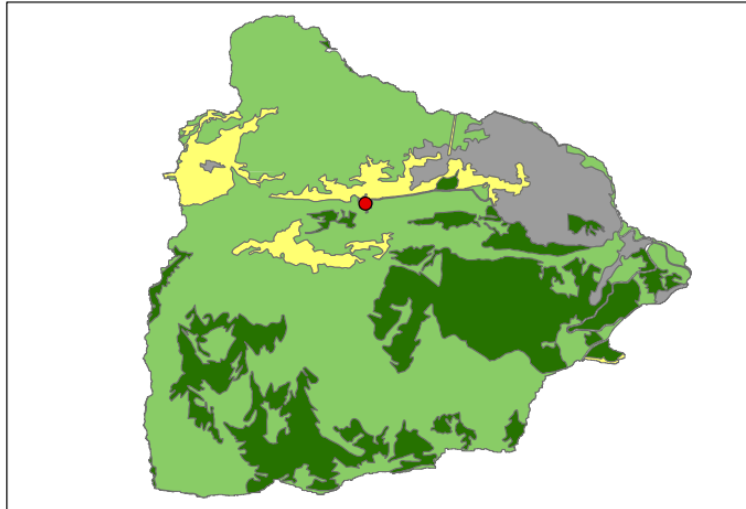
Fuente: Tamajón (Guadalajara). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 459 (Ed. digital) Año: 1986
 Valdepeñas de la Sierra (Madrid). Mapa de cultivos y aprovechamientos hoja nº 485 (Ed. digital)
 Proyecto RENURSE
 Autor: Miguel Sánchez Lafuente (2023-2024)

0 0,5 1 2 3 Km

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Serué 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

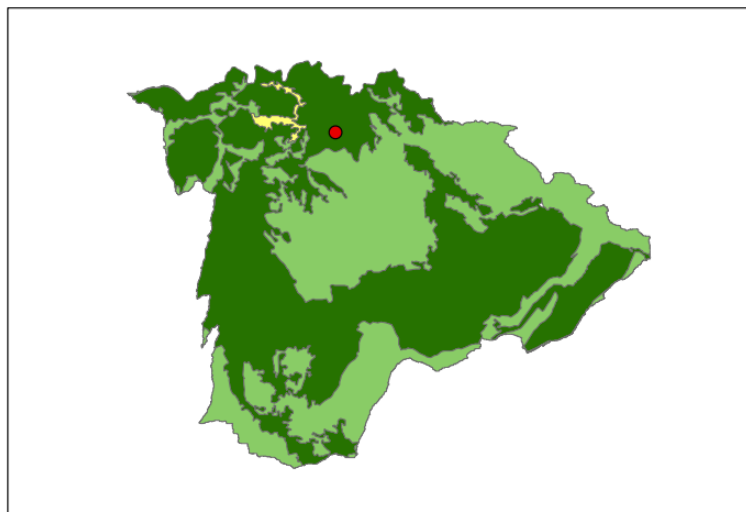


Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Secorún 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

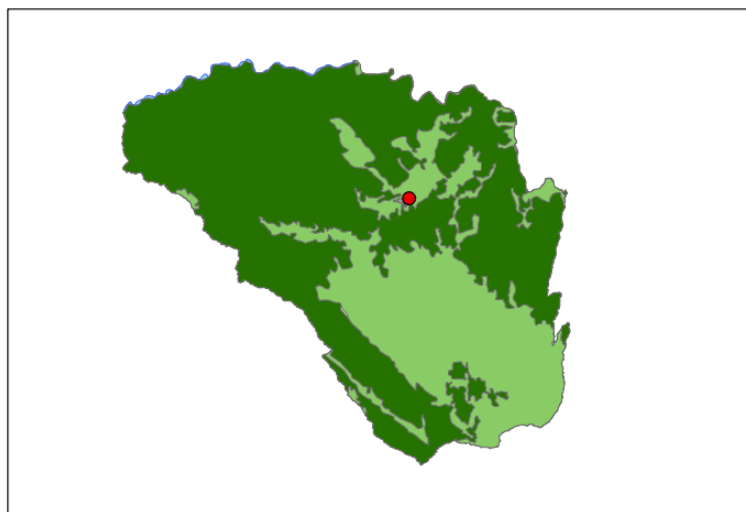


Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 500 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Aineto 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

0 0,75 1,5 3 4,5 Km

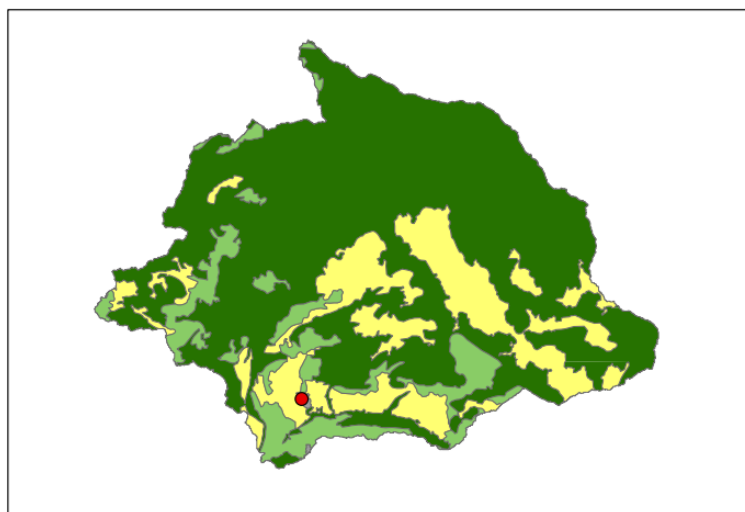
Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 500 m



Navarra

Mapa de usos y aprovechamientos de Villanueva de Arce 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

0 0,5 1 2 3 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Gurpegui 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

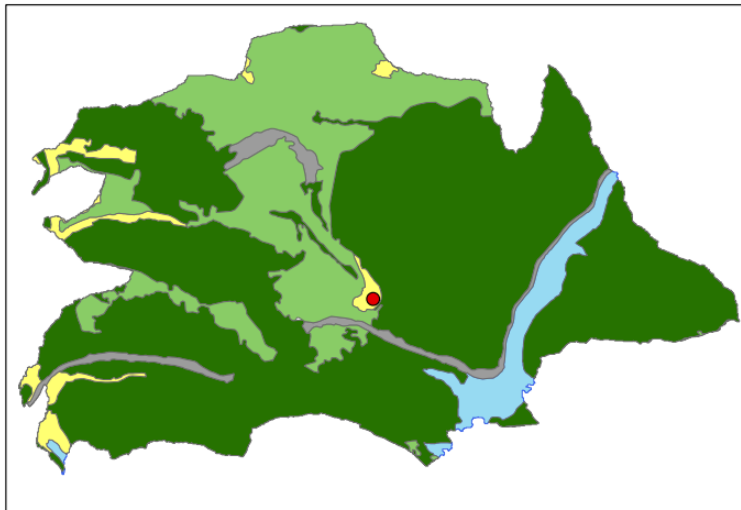
0 0,5 1 2 3 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Lacabe 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

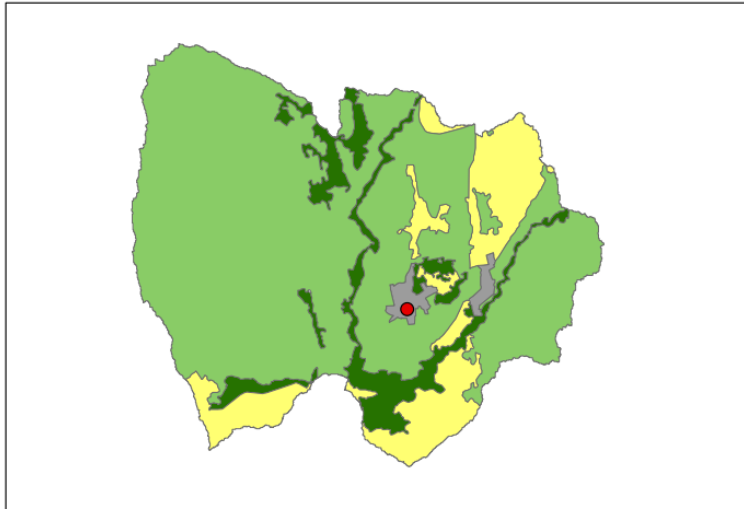
0 0,5 1 2 3 Km

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 300 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Campillo de Ranas 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

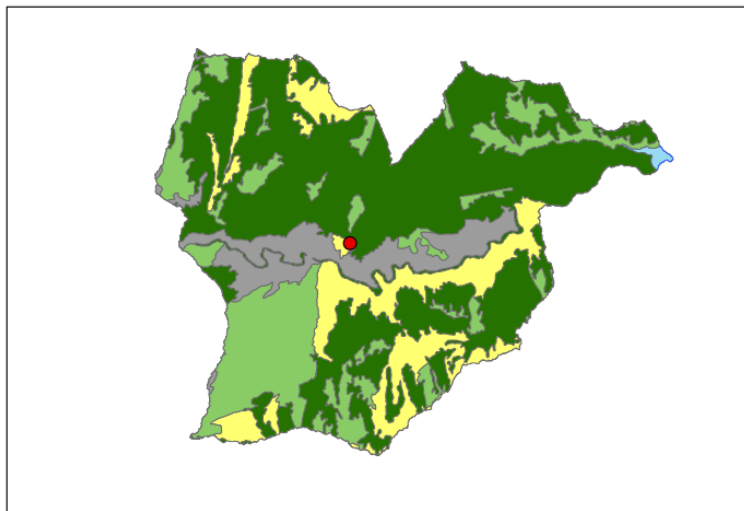


Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente & Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 300 m



Mapa de usos y aprovechamientos de La Vereda 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

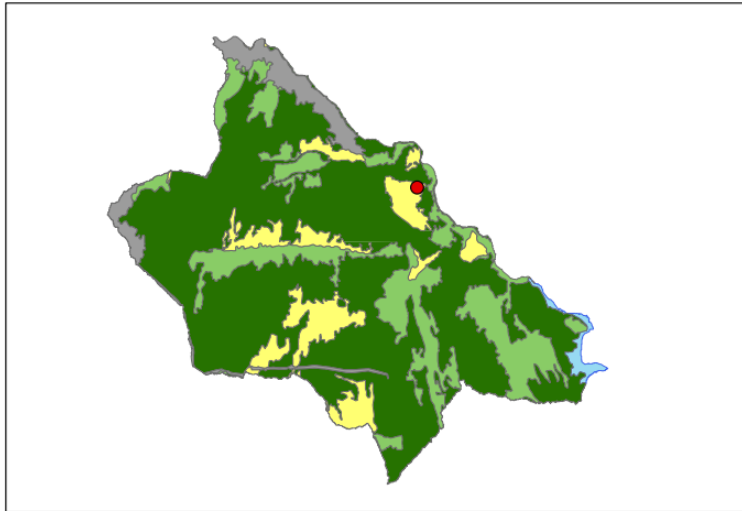


Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente & Miguel Sevilla (2023-2024)

1 cm = 400 m



Mapa de usos y aprovechamientos de Matallana 2014



Leyenda

- Localidad
- AG
- Wb
- Wd
- Wh
- Wm

Fuente: Proyecto RENURSE
Autores: Miguel Sánchez Lafuente &
Miguel Sevilla (2023-2024)

0 0,5 1 2 3 Km

1 cm = 400 m



Anexos III: Evolución de las zonas de estudio

Evolución de las localidades pobladas

El agua verde y azul no experimentó cambios durante los años 1956, 1980 y 2014, manteniéndose en torno a un 61% el agua verde y un 39% el agua azul. Con respecto a la desviación estándar, representadas con las barras de error, se encuentra en 5,2 en 1956, en 5,04 en 1980 y en 5,15 en 2014, tal y como se muestra en la figura 25.

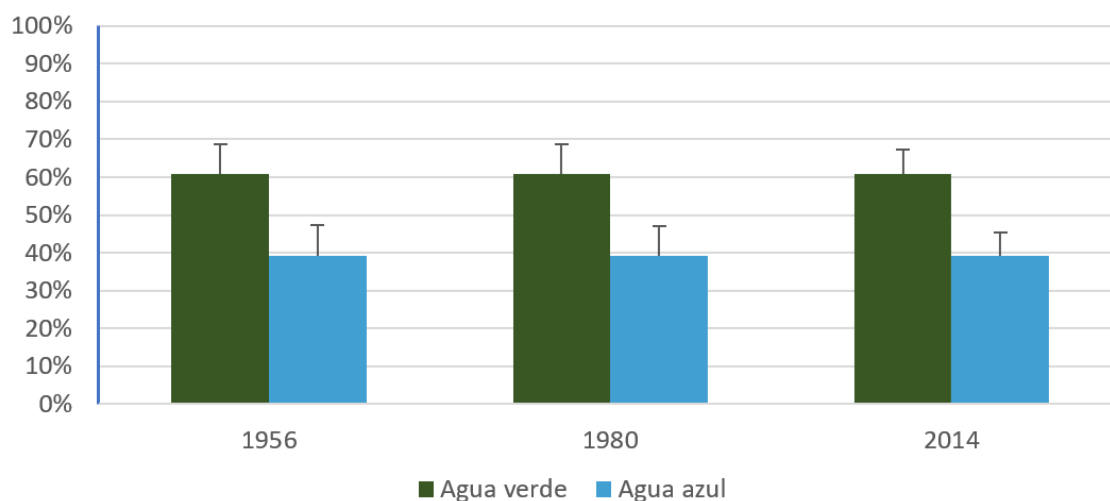


Figura 25: Gráfica de la media del porcentaje de agua azul y agua verde en 1956, 1980 y 2014 en los pueblos poblados estudiados, con sus respectivas barras de error. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie de la zona de estudio se halla cubierta por vegetación mixta (61%), un alto porcentaje por bosque (26%) y una minoría por herbáceos/cultivos (12%); en los 80 aumenta levemente la vegetación mixta (62%), manteniéndose el resto; en 2014 la vegetación mixta disminuye (48%), aumentando el bosque (34%) y aumentando levemente herbáceos y cultivos (14%), tal y como se muestra en la figura 26.

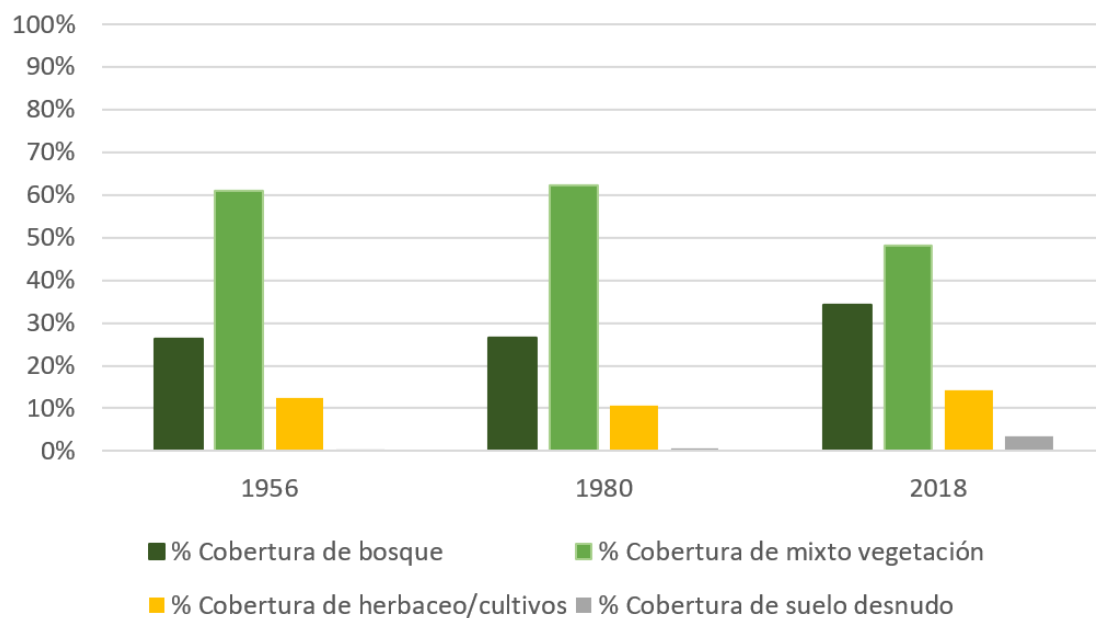


Figura 26: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en las localidades pobladas. Elaboración propia

Evolución de las localidades despobladas

El agua verde aumenta de 61% de la precipitación anual a 65% de 1956 a 1980; para después disminuir hasta 64% en 2014. El agua azul, disminuye de un 39%, a un 35%; en 2014 aumenta de nuevo a un 36%. Con respecto a la desviación estándar, representadas con las barras de error, se encuentra en 8,04 en 1956, en 7,89 en 1980 y en 6,29 en 2014, tal y como se muestra en la figura 27.

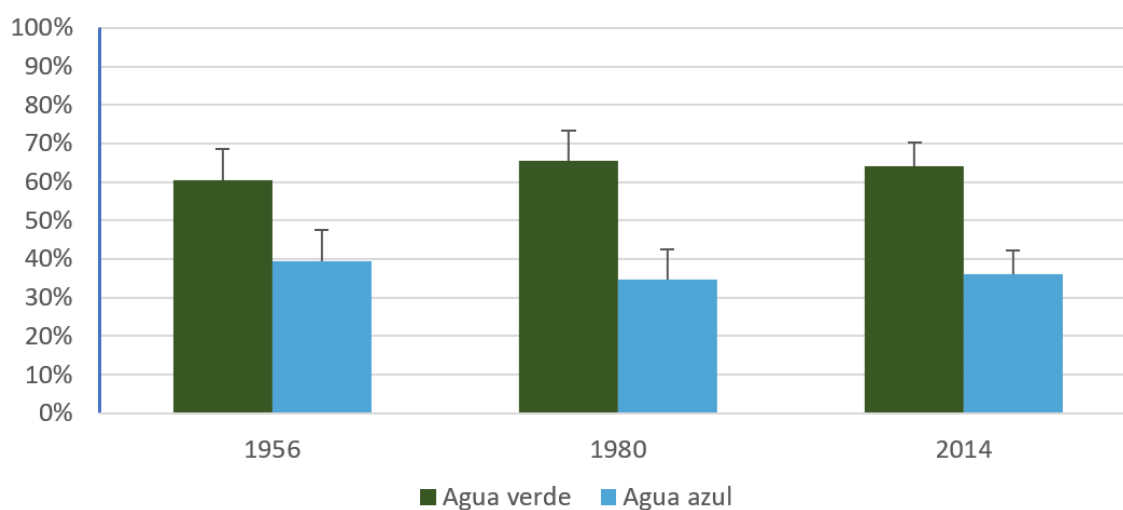


Figura 27: Gráfica de la media del porcentaje de agua azul y agua verde en 1956, 1980 y 2014 en los pueblos despoblados estudiados, con sus respectivas barras de error. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie de la zona de estudio se halla cubierta por vegetación mixta (54%), un alto porcentaje por bosque (29%) y una minoría por herbáceos/cultivos (13%); en los 80 la mayor parte de la superficie está cubierta por bosque (84%) y una minoría por vegetación mixta (6%) y herbáceos y cultivos (6%); en 2014 la vegetación mixta aumenta (25%), disminuyendo el bosque (66%) y disminuyendo levemente herbáceos y cultivos (6%), tal y como se muestra en la figura 28.

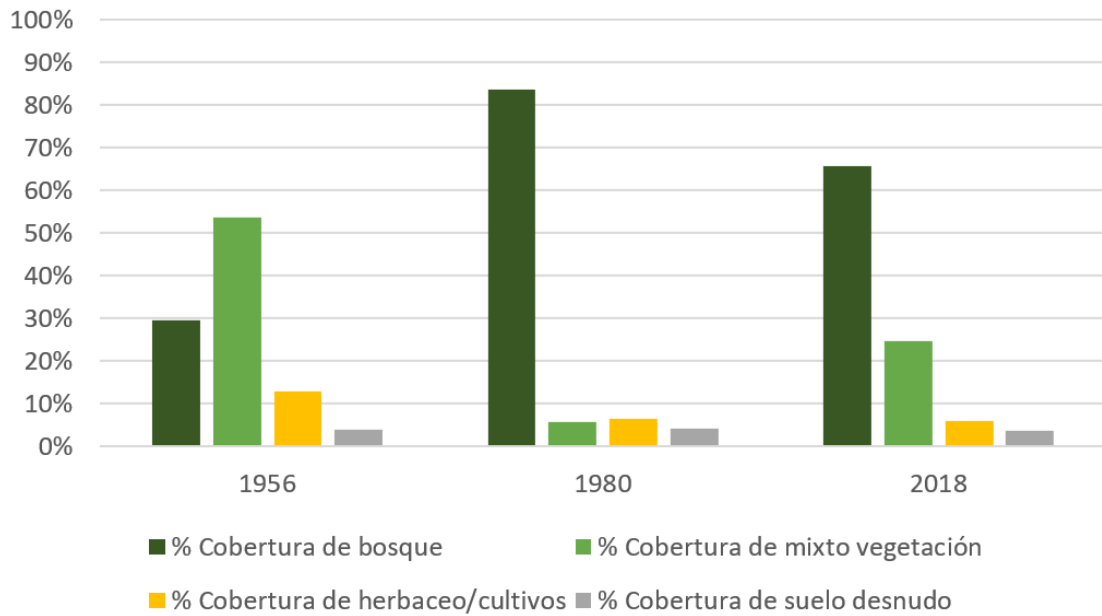


Figura 28: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en las localidades despobladas. Elaboración propia.

Evolución de las localidades repobladas

El agua verde aumenta de 61% de la precipitación anual a 66% de 1956 a 1980; para después disminuir hasta 65% en 2014. El agua azul, disminuye de un 39%, a un 34%; en 2014 aumenta de nuevo a un 35%. Con respecto a la desviación estándar, representadas con las barras de error, se encuentra en 7,62 en 1956, en 8,57 en 1980 y en 7,58 en 2014, tal y como se muestra en la figura 29.

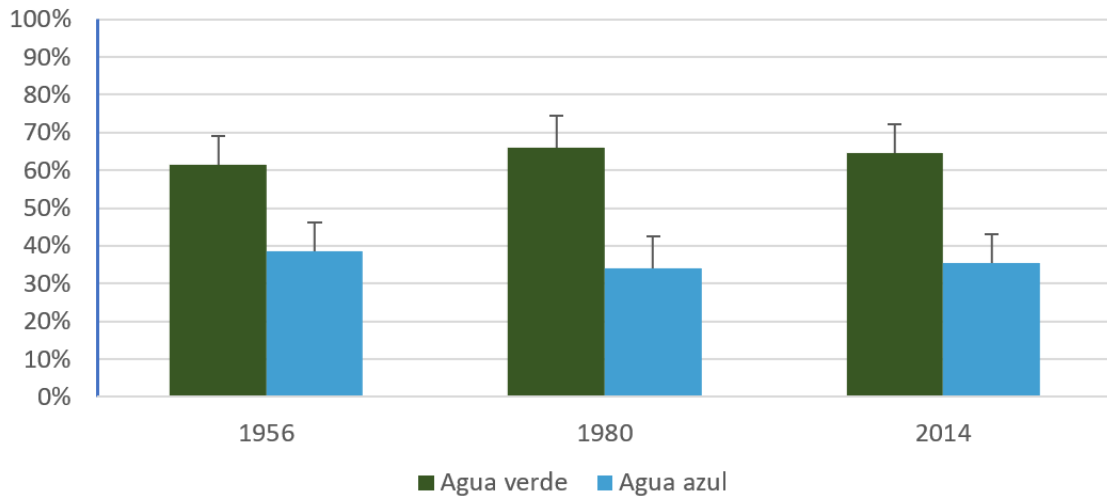


Figura 29: Gráfica de la media del porcentaje de agua azul y agua verde en 1956, 1980 y 2014 en los pueblos repoblados estudiados, con sus respectivas barras de error. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie de la localidad se halla cubierta por vegetación mixta (51%), un alto porcentaje por bosque (36%) y una minoría por herbáceos/cultivos (12%); en los 80 la mayor parte de la superficie está cubierta por bosque (84%) y una minoría por vegetación mixta (9%); en 2014 la vegetación mixta aumenta (25%), disminuyendo el bosque (69%), tal y como se muestra en la figura 30.

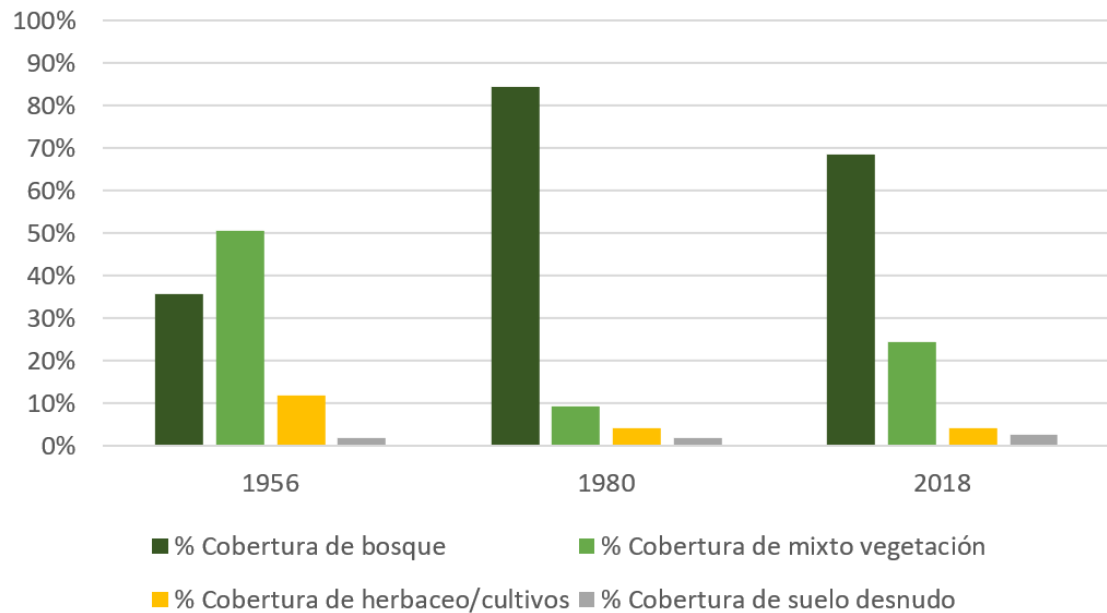


Figura 30: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en las localidades despobladas. Elaboración propia.

Evolución de las localidades

Huesca

Serué

El agua verde y azul no experimentan cambios durante los años 1956, 1980 y 2014, manteniéndose en un 64% el agua verde (entre 15926876 y 15916696 m3) y en un 36% el agua azul (8849201 y 8788571 m3) , tal y como se muestra en las figuras 31 y 32.

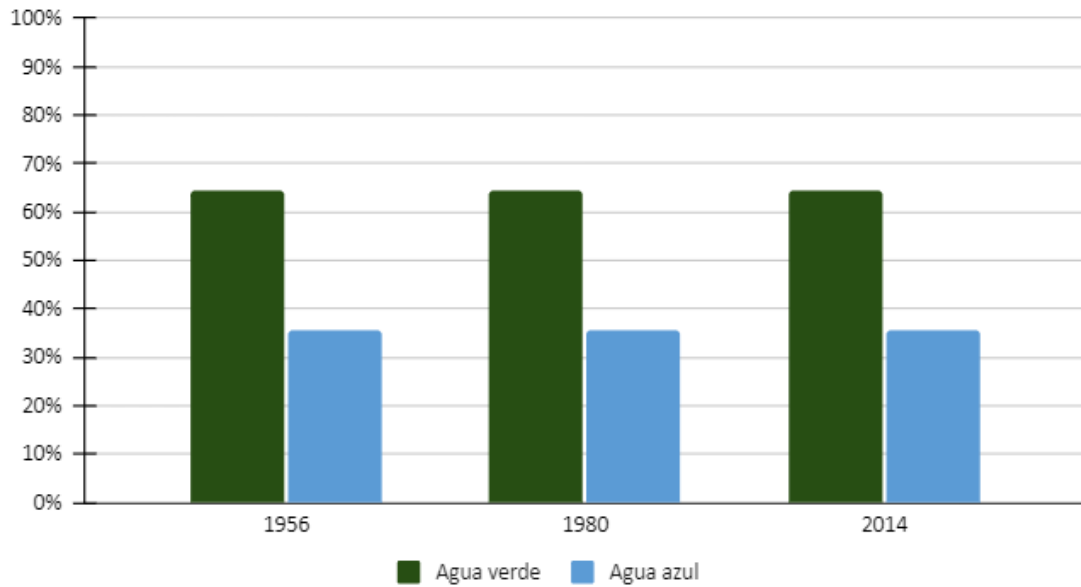


Figura 31: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Serué. Elaboración propia.

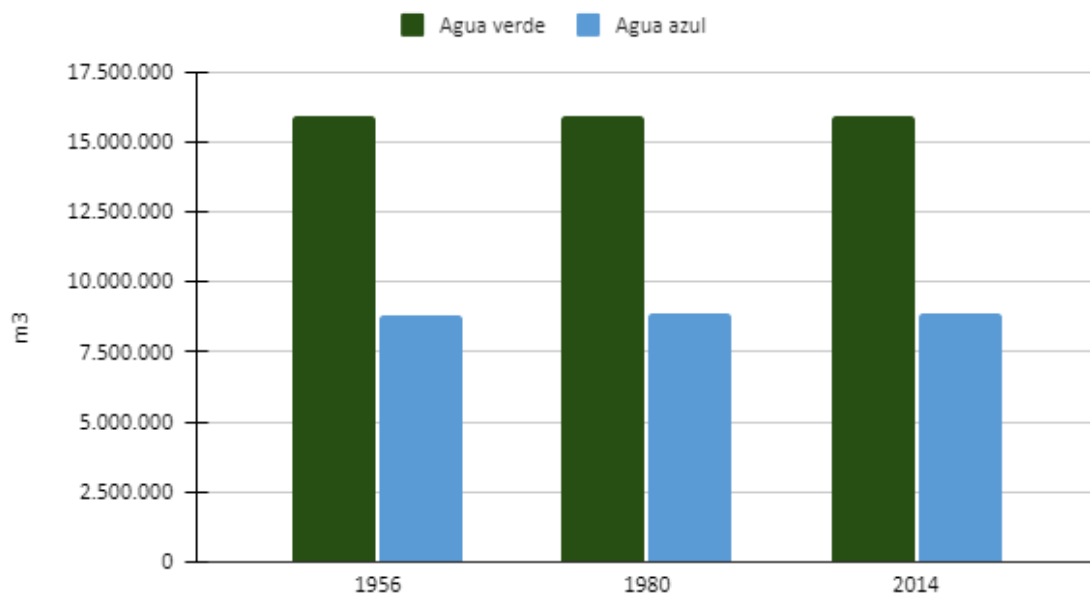


Figura 32: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Serué. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (72%) y una minoría por bosque (16%) y herbáceos/cultivos (12%); en los 80 esta proporción se mantiene, aumentando levemente la superficie de la vegetación mixta (78%); en 2014 la vegetación mixta disminuye (60%), aumentando principalmente el bosque, que llega casi a duplicar su superficie (24%); también la superficie de suelo desnudo aumenta de manera significativa con respecto a los años anteriores (9%), tal y como se muestra en la figura 33.

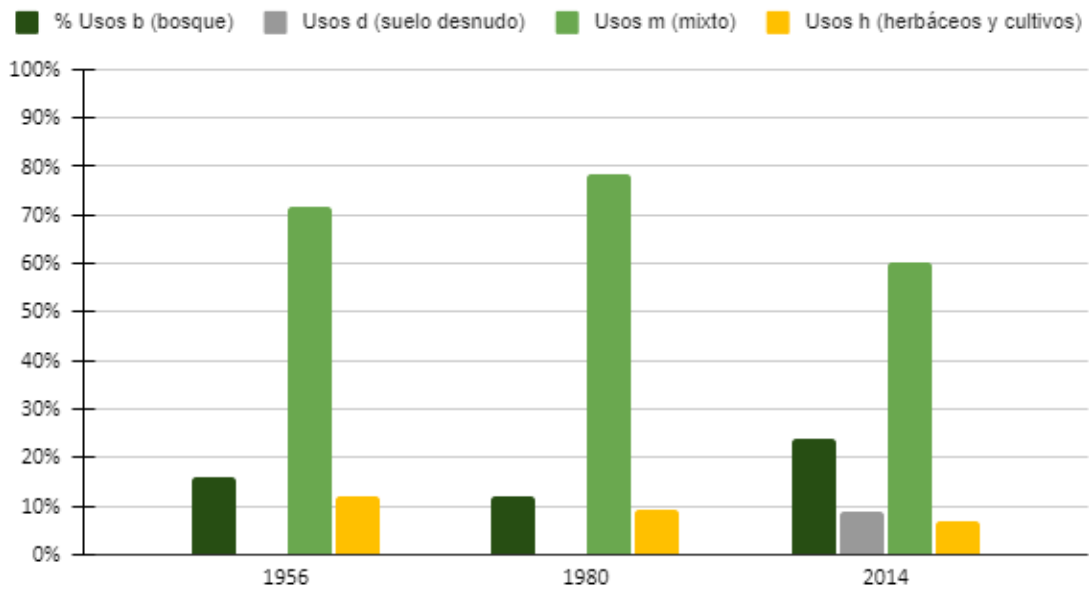


Figura 33: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Serué. Elaboración propia.

Secorún

El agua verde aumenta de 68% de la precipitación anual (11886680 m3) a 72% (12554908 m3) de 1956 a 1980; para después disminuir hasta 69% en 2014 (11952652 m3). El agua azul, disminuye de un 32% (5472281 m3), a un 28% (4825771 m3); en 2014 aumenta de nuevo a un 31% (5432575 m3) , tal y como se muestra en las figuras 34 y 35.

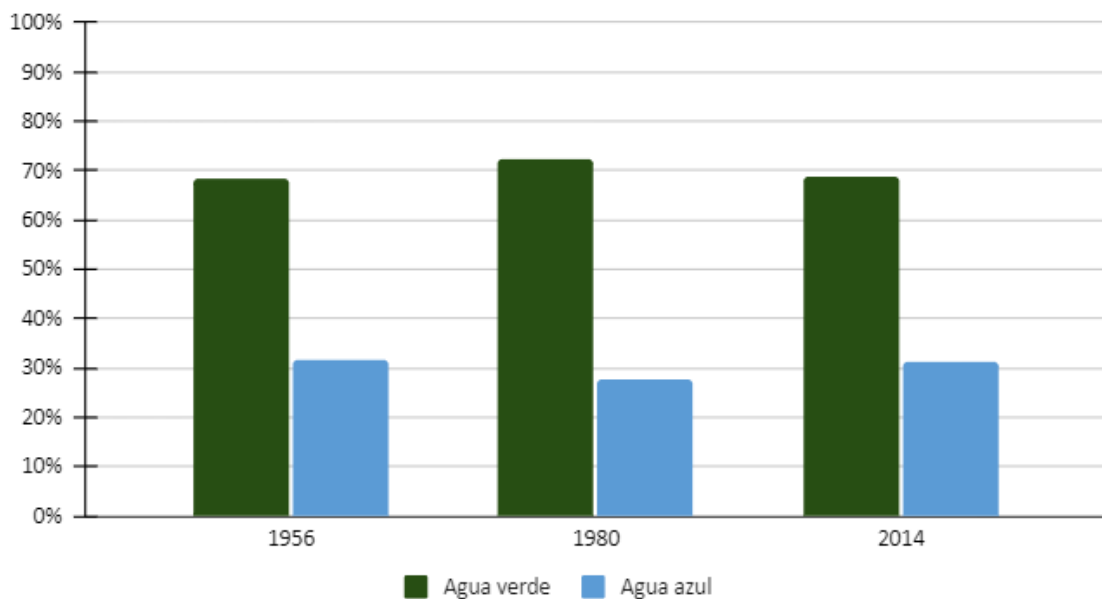


Figura 34: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Secorún. Elaboración propia.

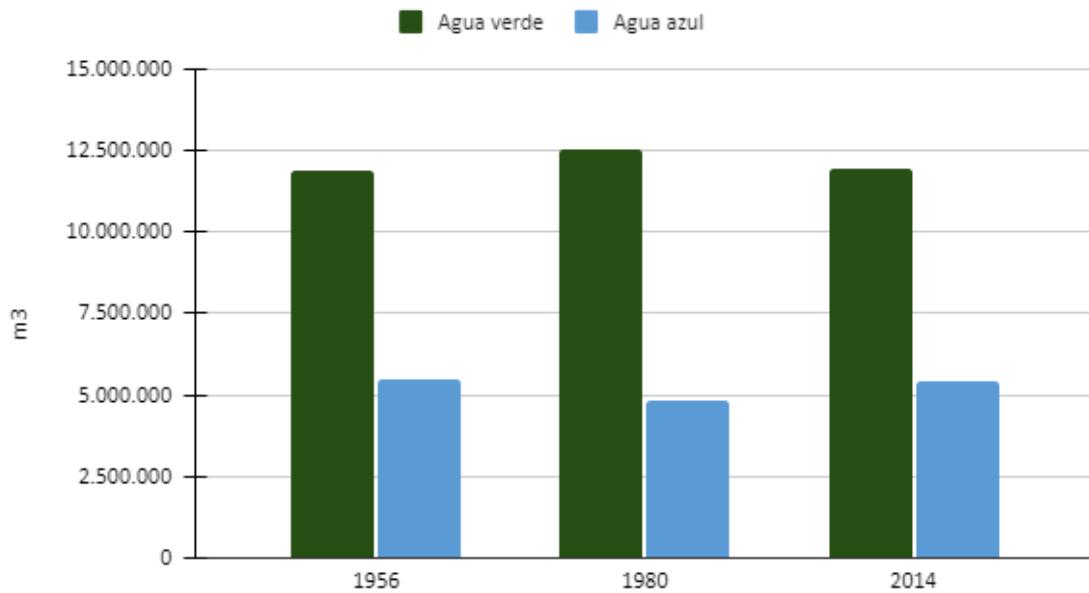


Figura 35: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Secorún. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por bosque (58%), un alto porcentaje por mixto (36%) y una minoría por herbáceos/cultivos (6%); en los 80 prácticamente todo el terreno pasa a ser bosque (98%); en 2014 el bosque disminuye (58%) y aumenta la vegetación mixta (42%), tal y como se muestra en la figura 36.

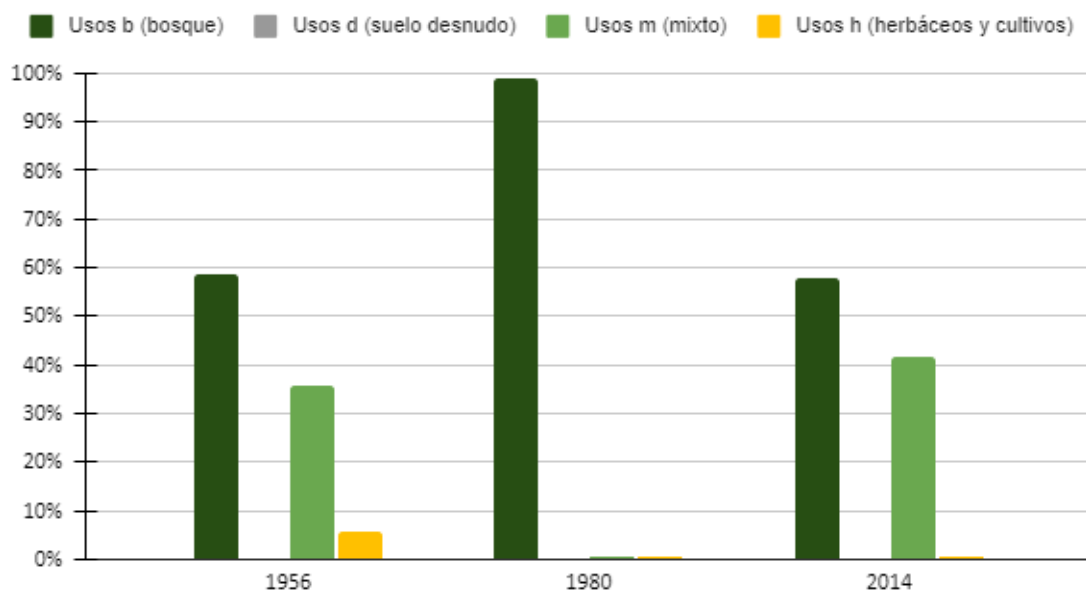


Figura 36: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Secorún. Elaboración propia.

Aineto

El agua verde aumenta de 68% de la precipitación anual (11136973 m³) a 72% (11795436 m³) de 1956 a 1980; para después aumentar hasta 70% en 2014 (11341647 m³). El agua azul, disminuye de un 32% (5127873 m³), a un 28% (4539077 m³); en 2014 aumenta de nuevo a un 30% (4948859 m³), tal y como se muestra en las figuras 37 y 38.

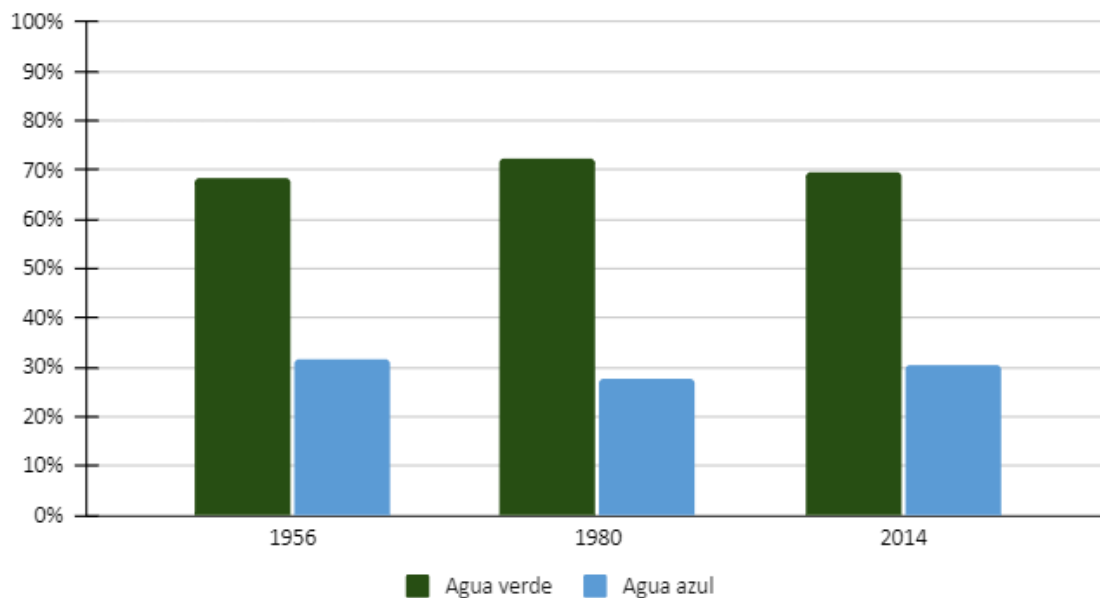


Figura 37: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Aineto. Elaboración propia.

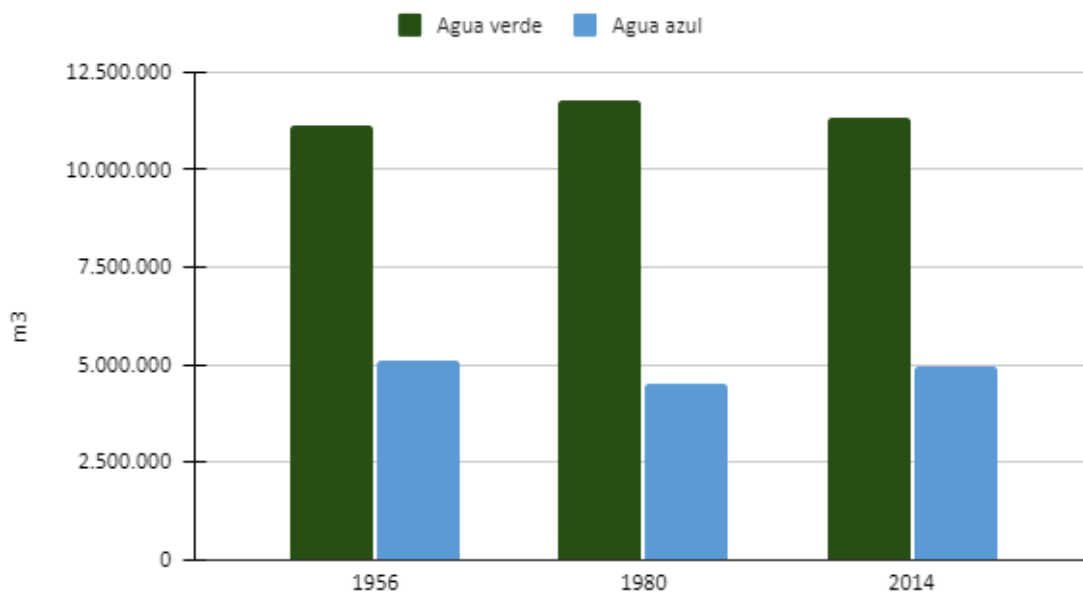


Figura 38: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Aineto. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por bosque (63%) y una minoría por vegetación mixta (26%) y herbáceos/cultivos (11%); en los 80 casi toda la superficie se halla cubierta por bosque (98%); en 2014 el bosque disminuye (68%), mientras que aumenta la vegetación mixta (32%), tal y como se muestra en la figura 39.

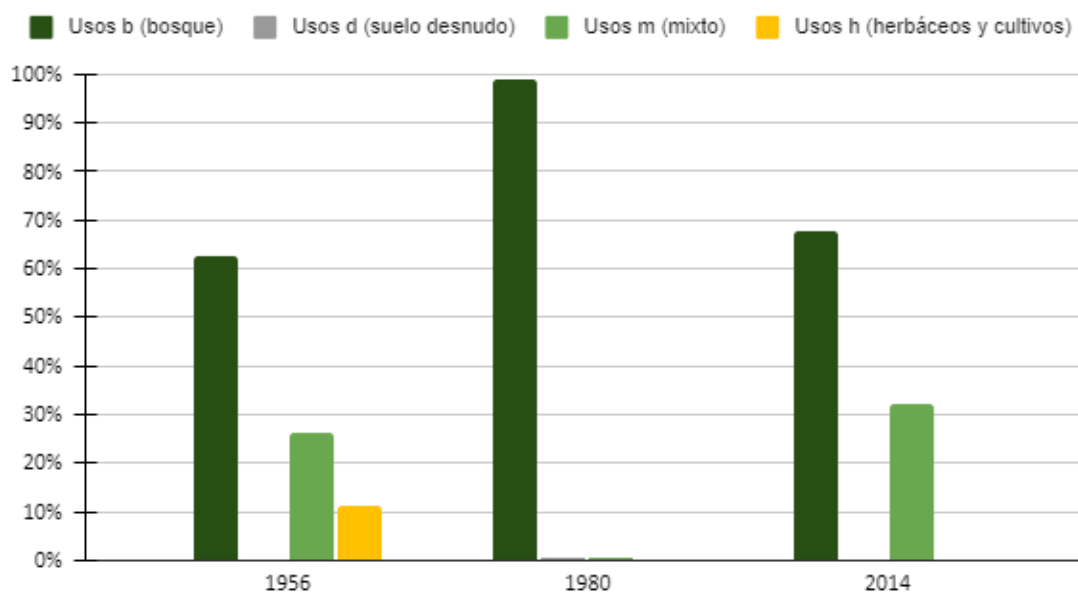


Figura 39: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Aínete. Elaboración propia.

Síntesis

A modo de resumen, en la figura 40 se representan gráficamente los datos del balance hídrico de la provincia de Huesca, con la distinta evolución de cada uno de los pueblos. Mientras que en la figura 41, se representan gráficamente los datos de los distintos usos de los suelos de la provincia de Huesca.

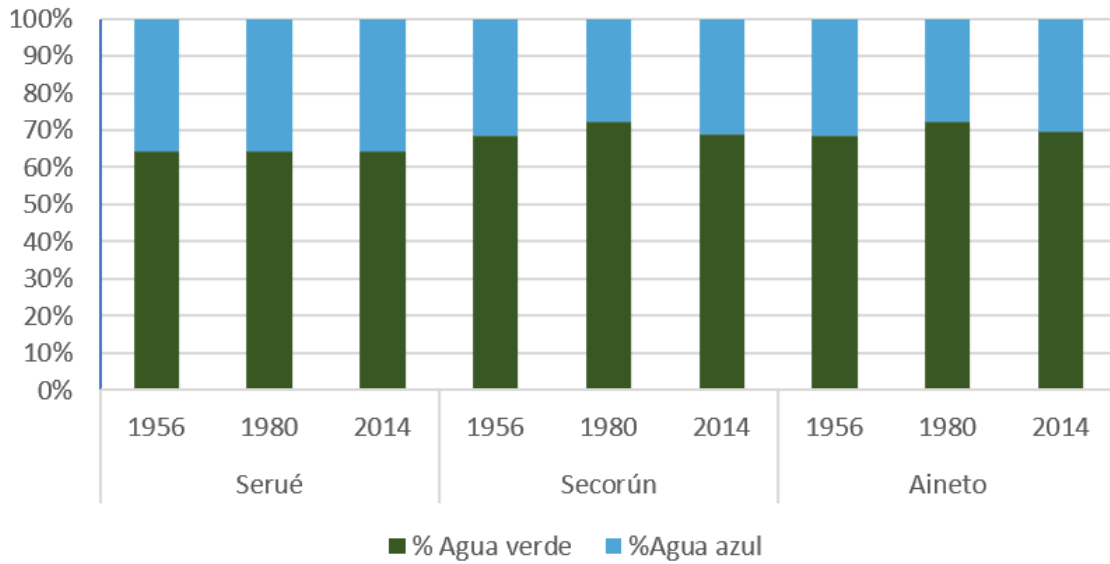


Figura 40: Grafica de la evolución del balance hídrico expresada en porcentaje por año de la provincia de Huesca. Elaboración propia.

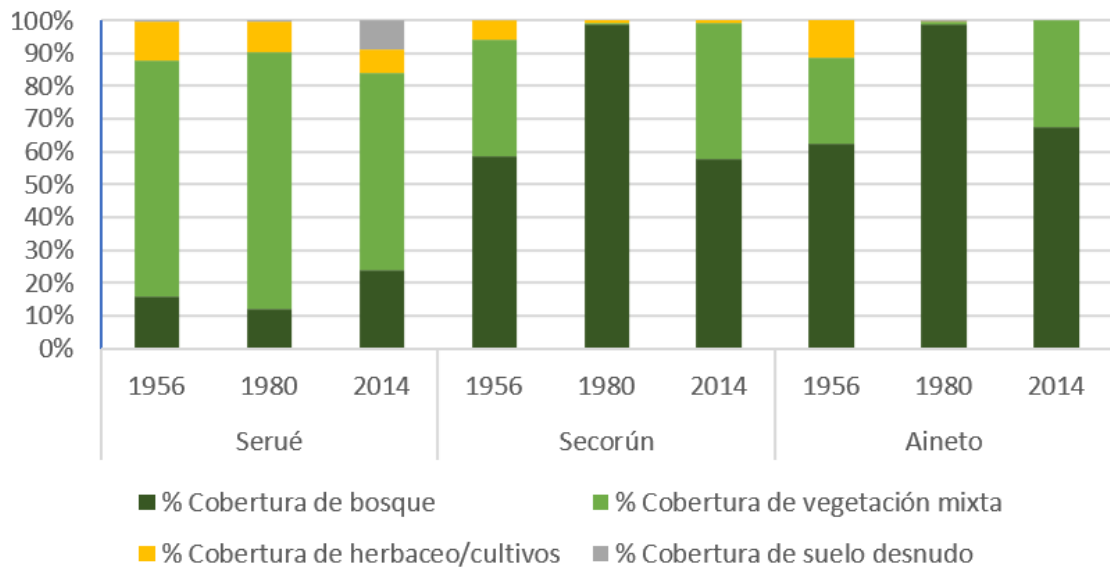


Figura 41: Grafica de la evolución del uso de los suelos expresada en porcentaje por año de la provincia de Huesca. Elaboración propia.

Villanueva de Arce - Hirriberry Artzibar

El agua verde y azul no experimentan cambios durante los años 1956, 1980 y 2014, manteniéndose en 55% el agua verde (entre 9820564 y 9866177 m3) y en 36% el agua azul (8056183 y 8101805 m3), tal y como se muestra en las figuras 42 y 43.

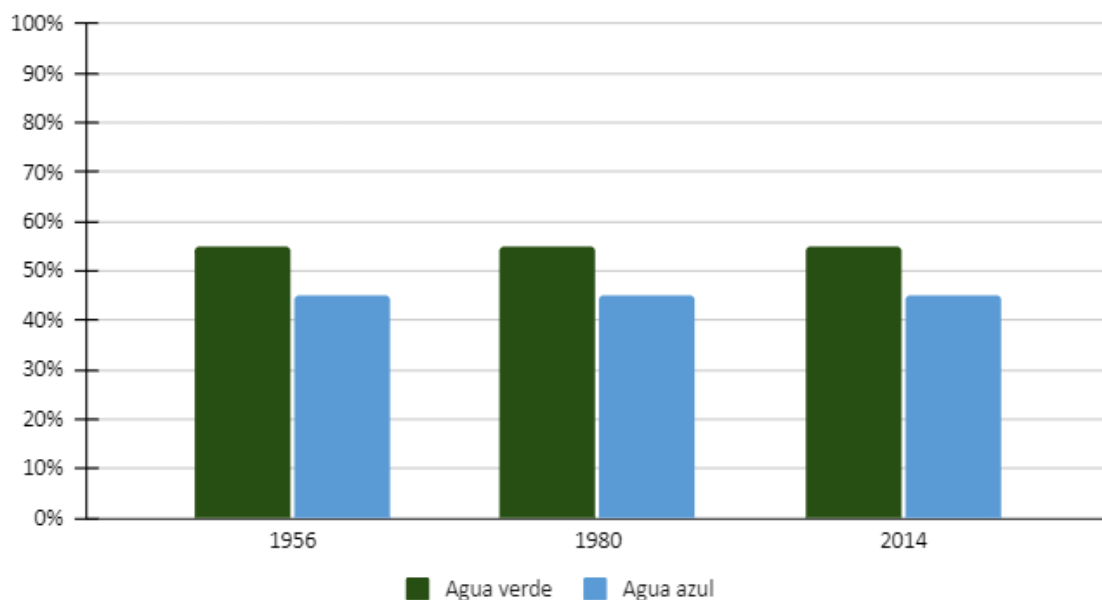


Figura 42: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Villanueva de Arce - Hirriberry Artzibar. Elaboración propia.

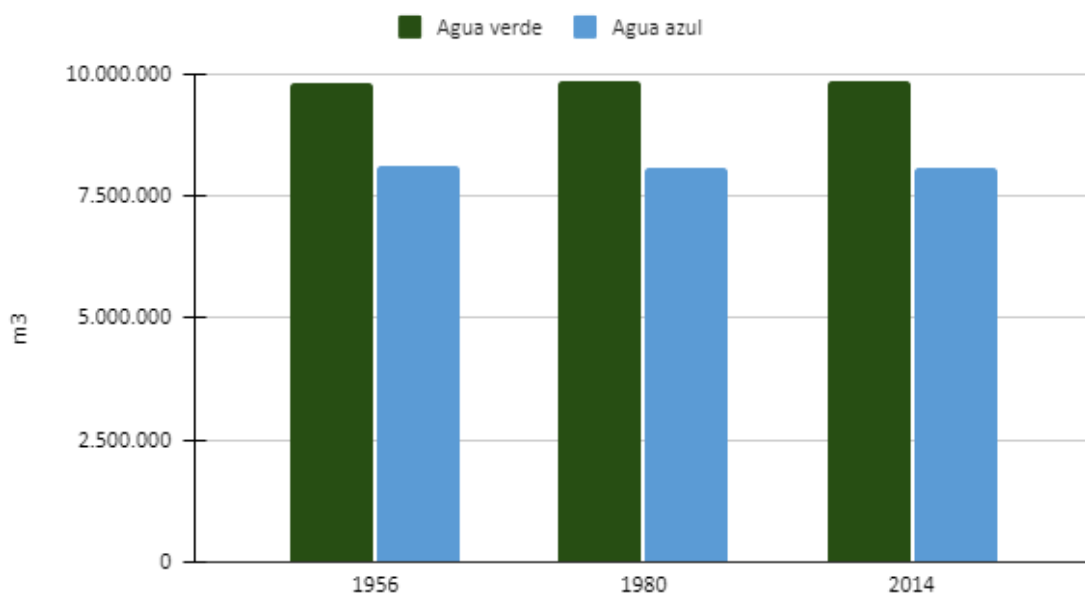


Figura 43: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Villanueva de Arce - Hirriberry Artzibar. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por bosque (60%), un alto porcentaje por vegetación mixta (32%) y una minoría por herbáceos/cultivos (8%); en los 80 todos los usos se mantienen constantes; en 2014 aumenta el bosque (69%) y los herbáceos/cultivos (20%) mientras que la vegetación mixta disminuye (11%), tal y como se muestra en la figura 44.

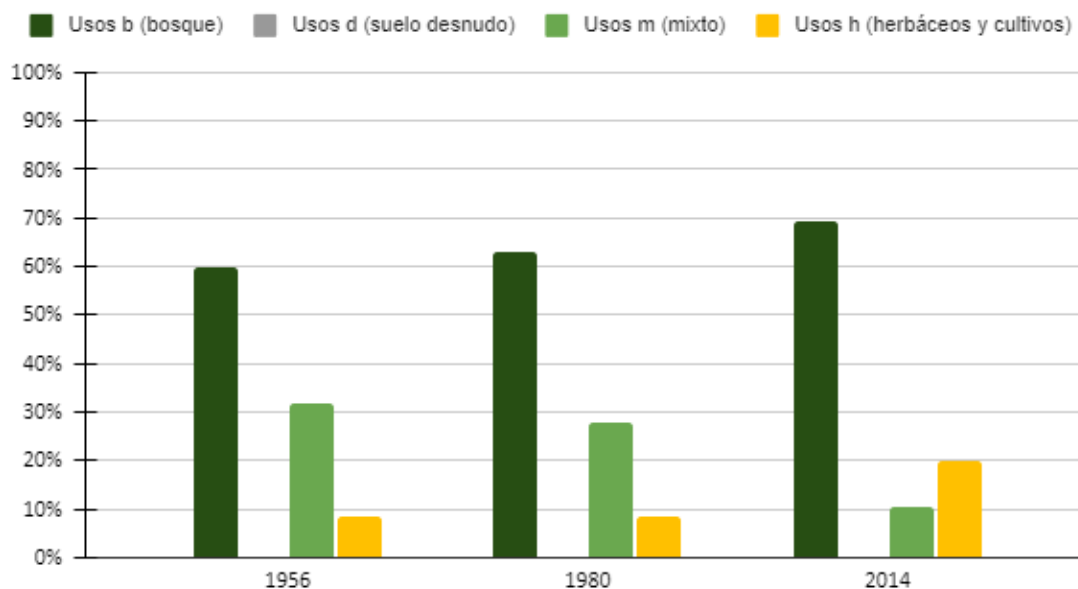


Figura 44: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Villanueva de Arce- Hiriberri Artzibar. Elaboración propia.

Gurpegui

El agua verde aumenta de 52% de la precipitación anual (7149279 m³) a 57% (7747756 m³) de 1956 a 1980; para después mantenerse en 57% en 2014 (7761721 m³). El agua azul, disminuye de un 48% (6497317 m³), a un 43% (5898849 m³); en 2014 se mantiene en 43% (5884889 m³), tal y como se muestra en las figuras 45 y 46.

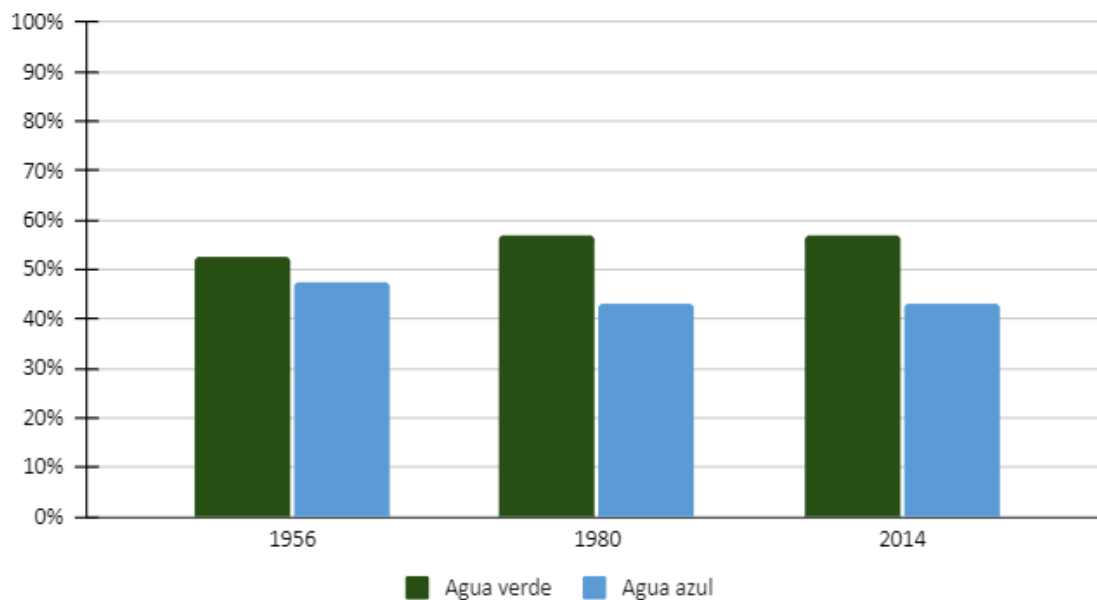


Figura 45: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Gurpegui. Elaboración propia.

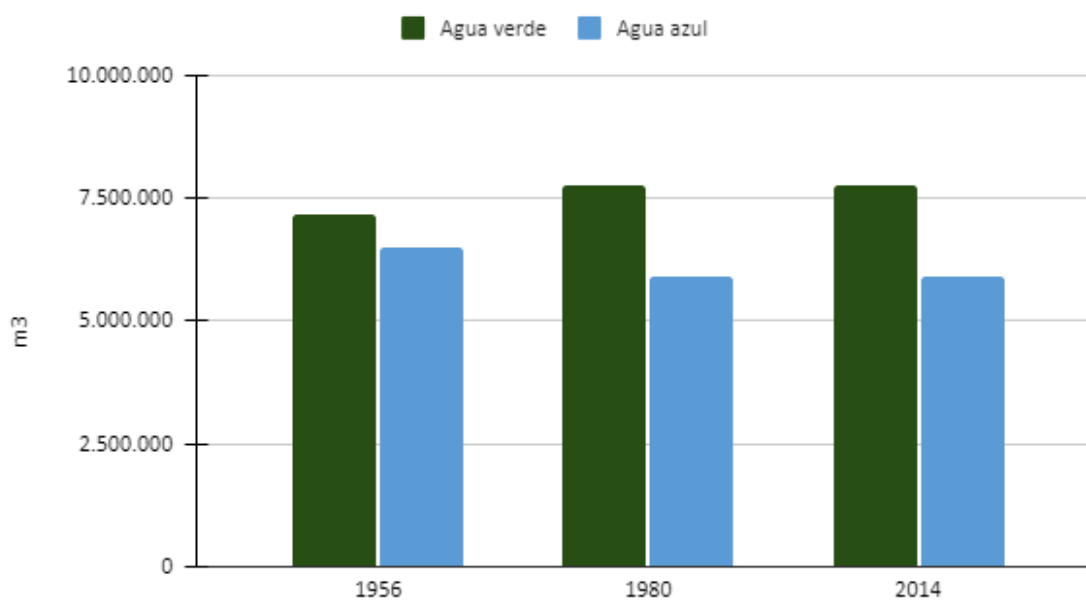


Figura 46: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Gurpegui. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (64%), un alto porcentaje de bosque (29%) y una pequeña parte de herbáceos/cultivos (6%); en los 80 la mayoría de la superficie se encuentra cubierta por

bosque (82%) y una minoría por vegetación mixta (13%) y herbáceos/cultivos (5%); en 2014 todas las superficies se mantienen constantes, tal y como se muestra en la figura 47.

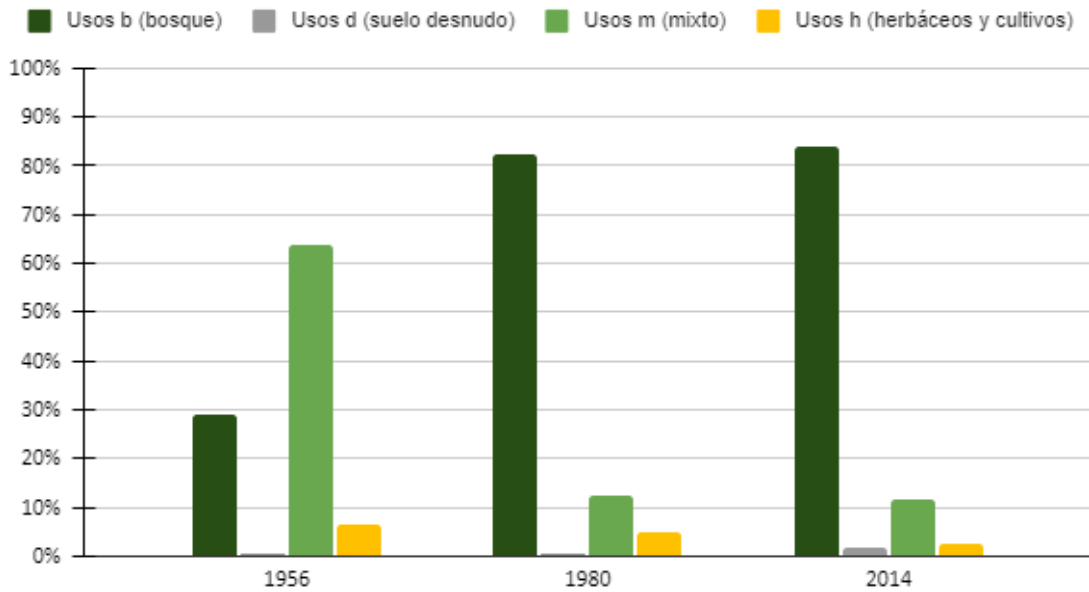


Figura 47: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Gurpegui. Elaboración propia.

Lacabe

El agua verde aumenta de 53% de la precipitación anual (7941276 m³) a 56% (8365778 m³) de 1956 a 1980; para después mantenerse en 56% en 2014 (8023865 m³). El agua azul, disminuye de un 47% (6949416 m³), a un 44% (6525873 m³); en 2014 se mantiene en 44% (4100232 m³), tal y como se muestra en las figuras 48 y 49.

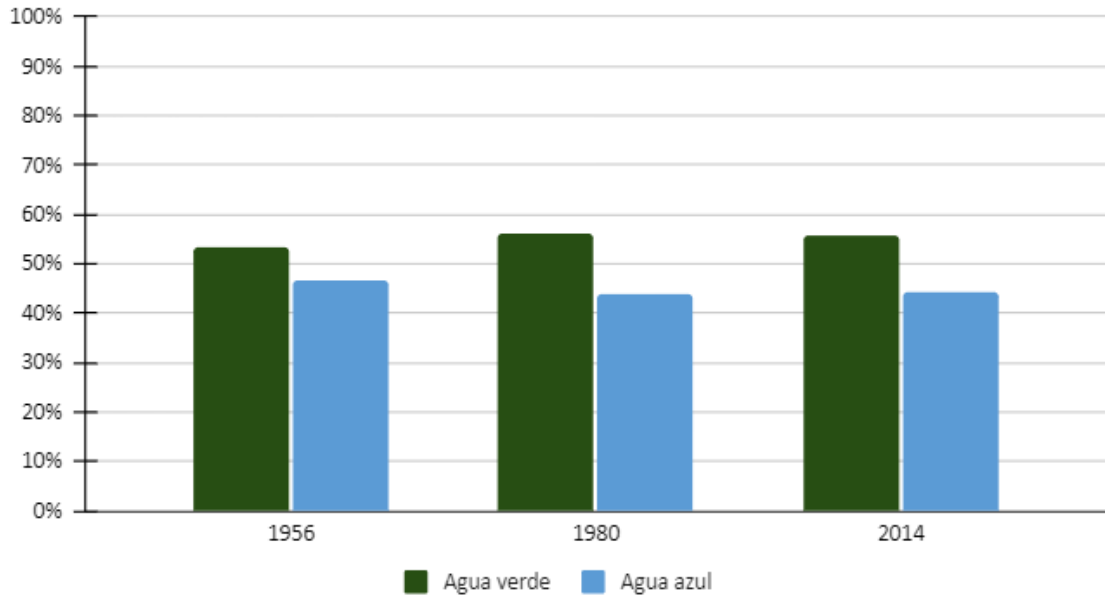


Figura 48: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Lacabe. Elaboración propia.

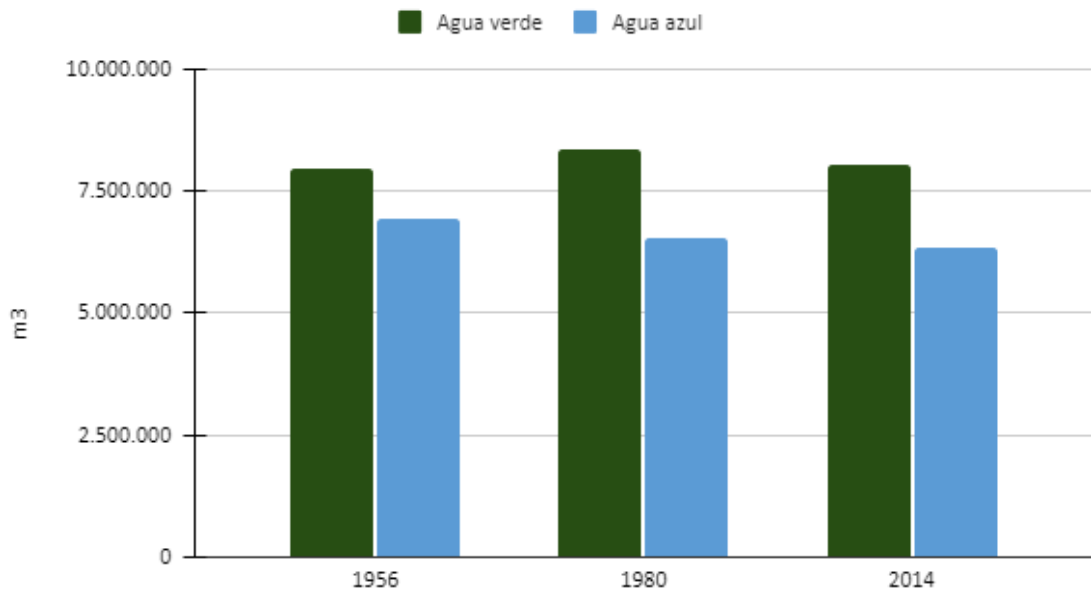


Figura 49: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Lacabe. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (52%) un alto porcentaje por bosque (41%) y una minoría por herbáceos/cultivos (6%); en los 80 la mayoría de la superficie se encuentra cubierta por bosque (75%) y una minoría por vegetación mixta (20%) y herbáceos/cultivos (5%); en 2014 la

superficie de bosque aumenta (72%), la vegetación mixta disminuye (22%) y los herbáceos/cultivos aumentan (3%), tal y como se muestra en la figura 50.

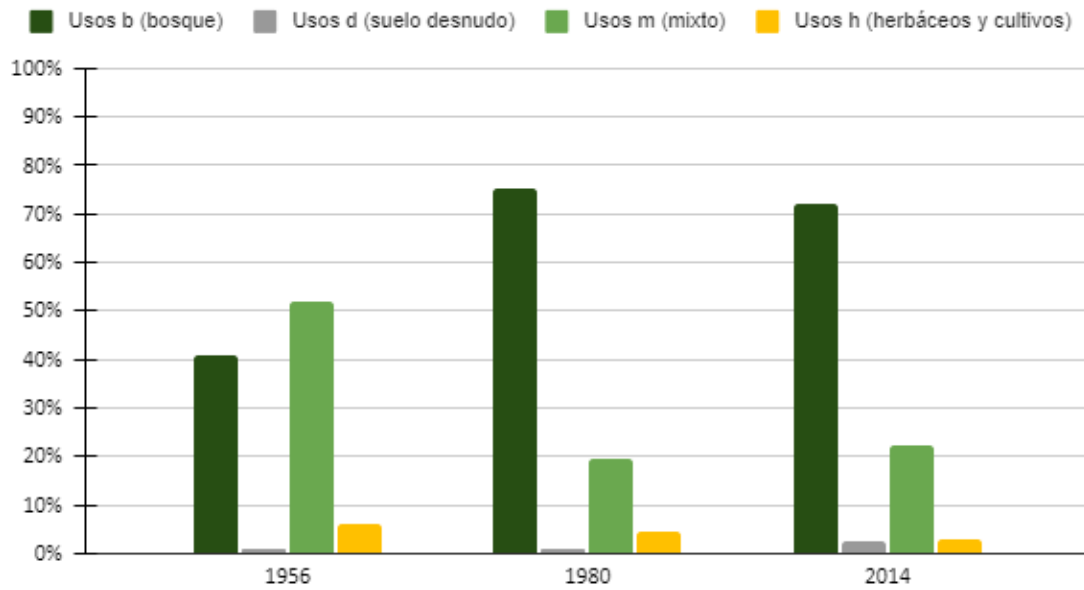


Figura 50: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Lacabe. Elaboración propia.

Síntesis

A modo de resumen, en la figura 51 se representan gráficamente los datos del balance hídrico de la provincia de Navarra, con la distinta evolución de cada uno de los pueblos. Mientras que en la figura 52, se representan gráficamente los datos de los distintos usos de los suelos de la provincia de Navarra.

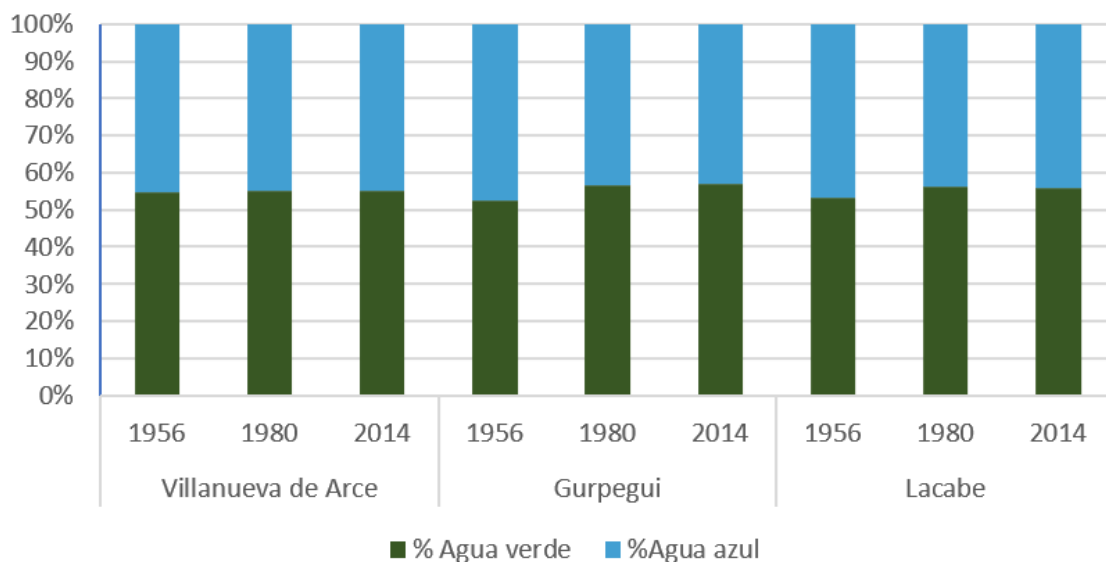


Figura 51: Grafica de la evolución del balance hídrico expresada en porcentaje por año de la provincia de Navarra. Elaboración propia.

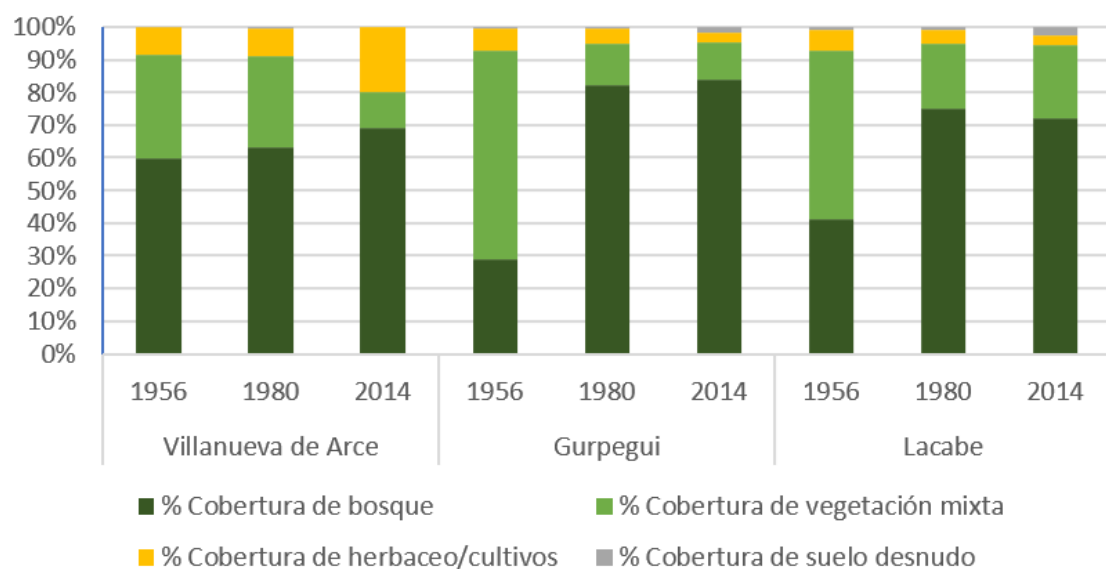


Figura 52: Grafica de la evolución del uso de los suelos expresada en porcentaje por año de la provincia de Navarra. Elaboración propia.

Guadalajara

Campillo de Ranas

El agua verde y azul no experimentan cambios durante los años 1956, 1980 y 2014, manteniéndose en 63% el agua verde (entre 4398021 y 4467271 m³) y en 37% el agua azul (entre 2569212 y 2581922 m³), tal y como se muestra en las figuras 53 y 54.

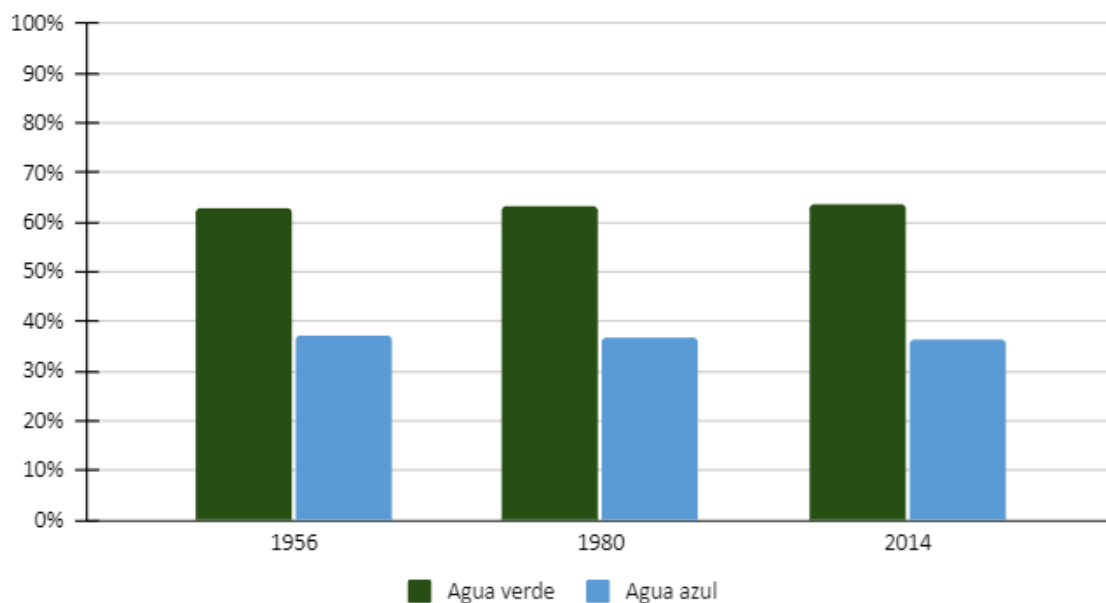


Figura 53: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Campillo de Ranas. Elaboración propia.

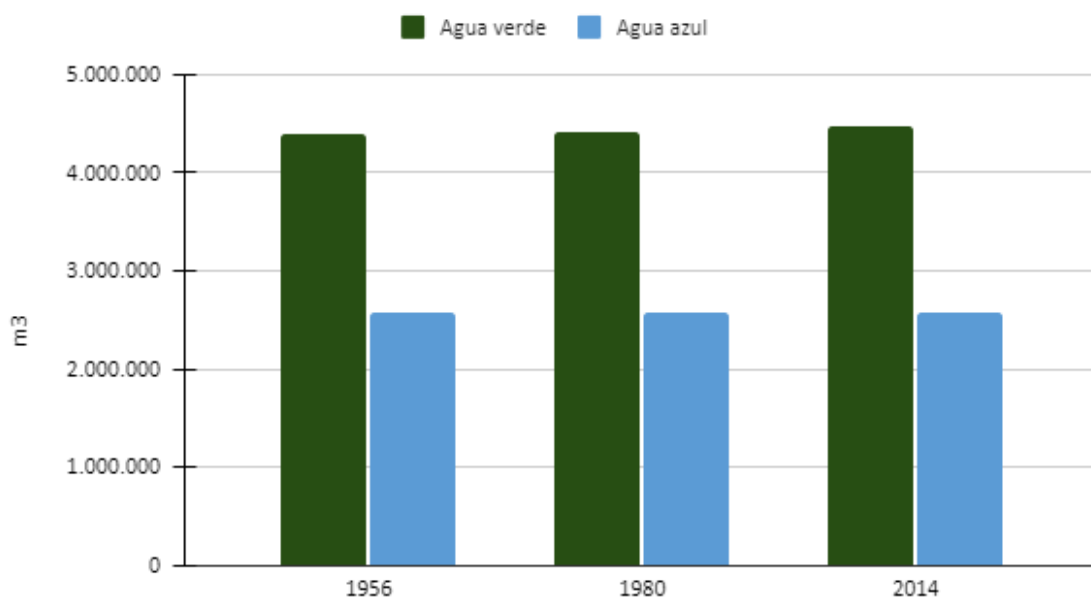


Figura 54: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Campillo de Ranas. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (79%) y una minoría por herbáceos/cultivos (17%) y bosque (3%); en los 80 todas las superficies se mantienen constantes; en 2014 la vegetación

mixta disminuye (73%), mientras que aumenta levemente el bosque (9%), tal y como se muestra en la figura 55.

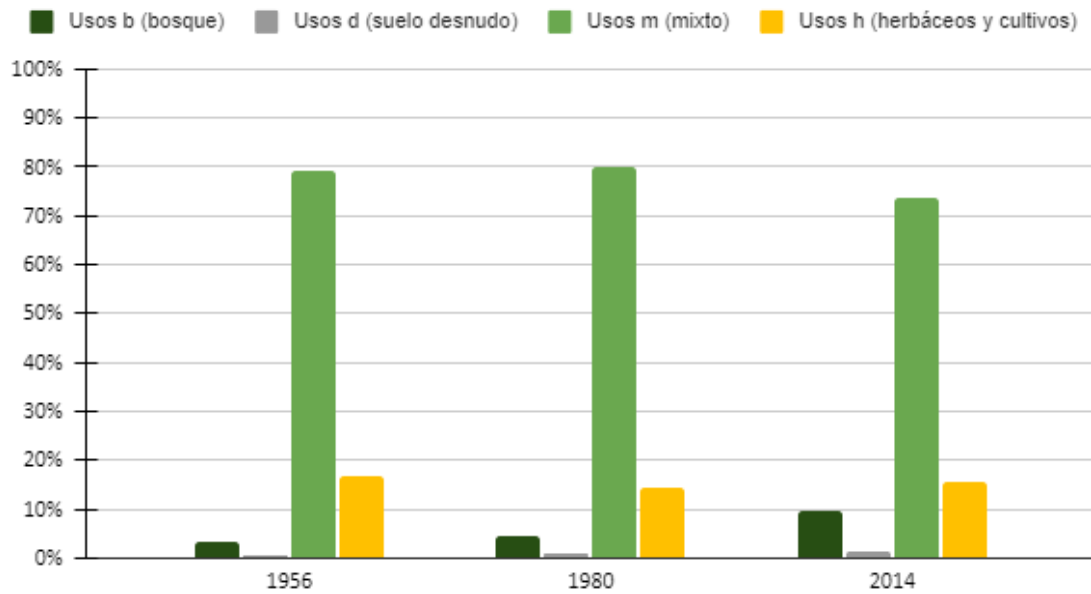


Figura 55: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Campillo de Ranas. Elaboración propia.

La Vereda

El agua verde aumenta de 61% de la precipitación anual (6969533 m3) a 67% (7682565 m3) de 1956 a 1980; para después disminuir hasta 66% en 2014 (7603276 m3). El agua azul, disminuye de un 39% (4508713 m3), a un 33% (3737691 m3); en 2014 aumenta de nuevo a un 33% (3839566 m3), tal y como se muestra en las figuras 56 y 57.

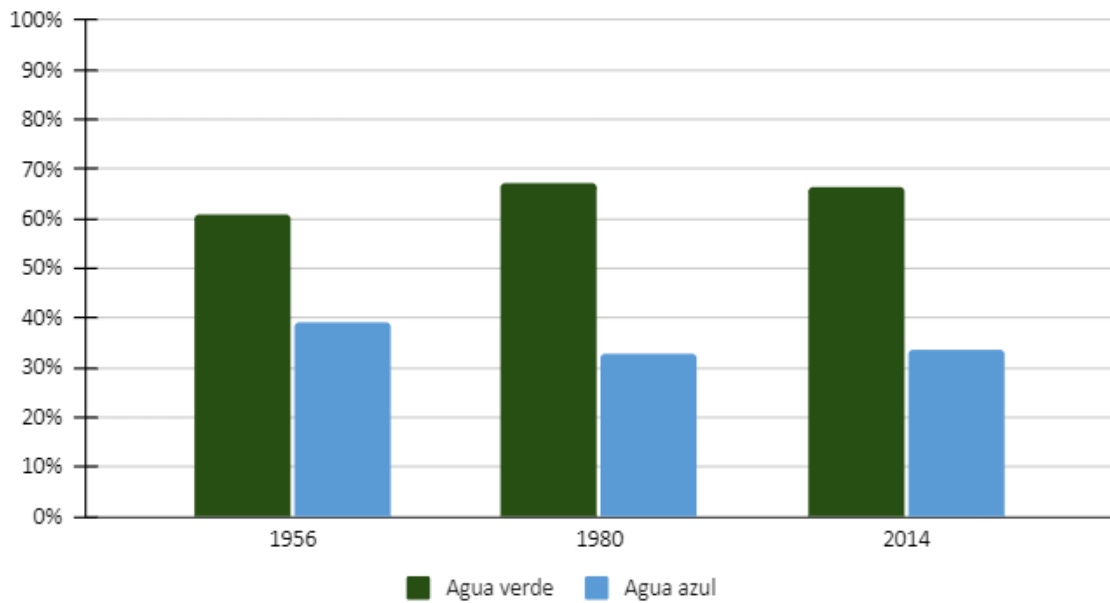


Figura 56: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en La Vereda. Elaboración propia.

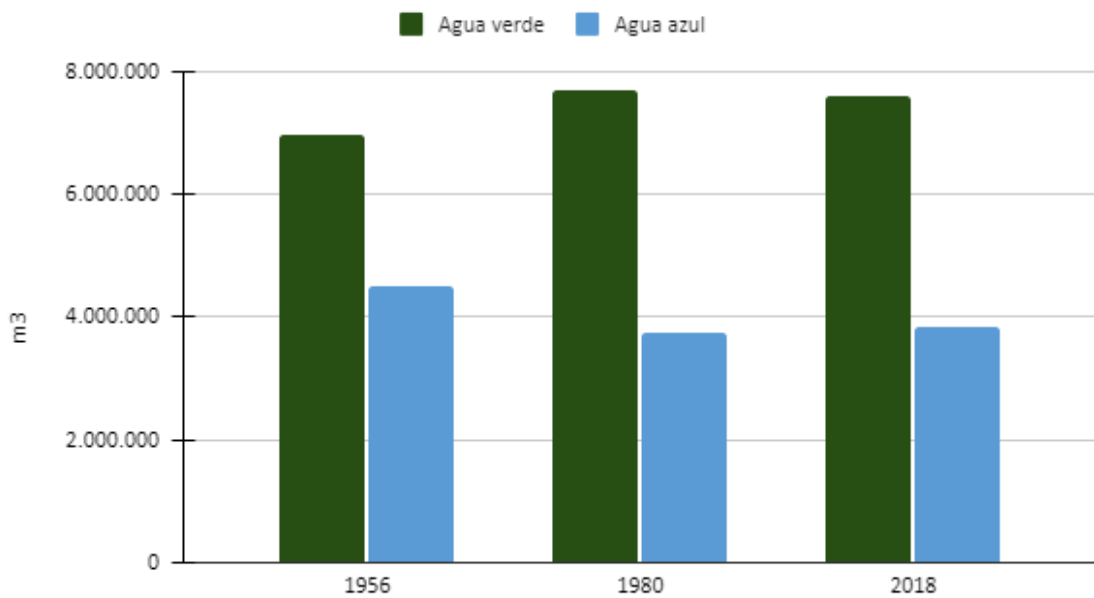


Figura 57: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en La Vereda. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (61%), un alto porcentaje por herbáceos/cultivos (27%) y una minoría por suelo desnudo (11%); en los 80 el bosque aumenta cubriendo gran parte de la superficie (70%) y una minoría se encuentra cubierta por herbáceos/cultivos (14%), suelo

desnudo (12%) y vegetación mixta (4%); en 2014 el bosque disminuye (56%) y la vegetación mixta aumenta (21%), tal y como se muestra en la figura 58.

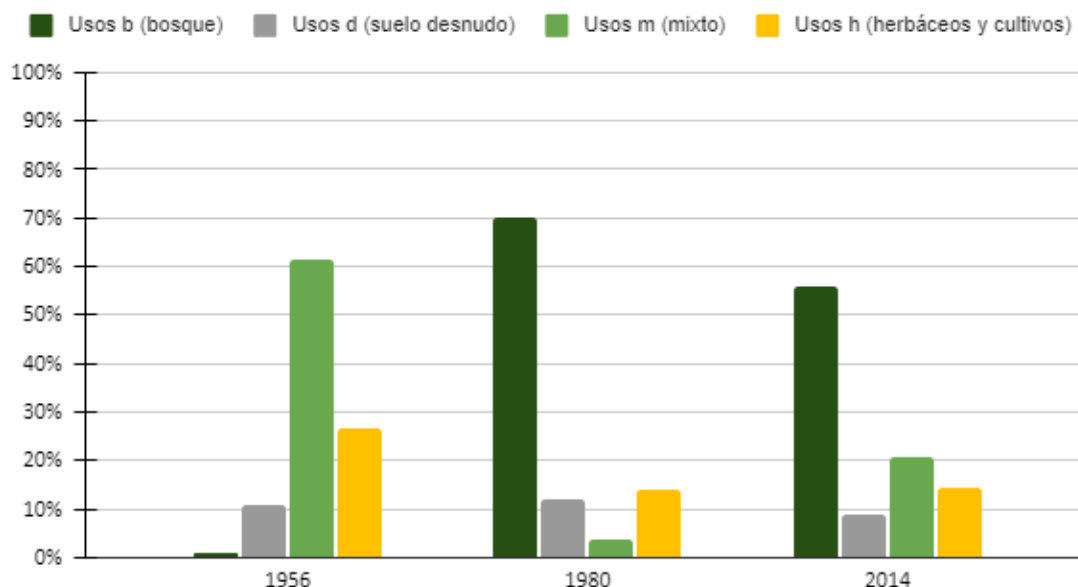


Figura 58: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en La Vereda. Elaboración propia.

Matallana

El agua verde aumenta de 62% de la precipitación anual (5947773 m³) a 69% (6577363 m³) de 1956 a 1980; para después disminuir hasta 68% en 2014 (6437371 m³). El agua azul, disminuye de un 38% (3584025 m³), a un 31% (2891043 m³); en 2014 aumenta de nuevo a un 32% (3006130 m³), tal y como se muestra en las figuras 59 y 60.

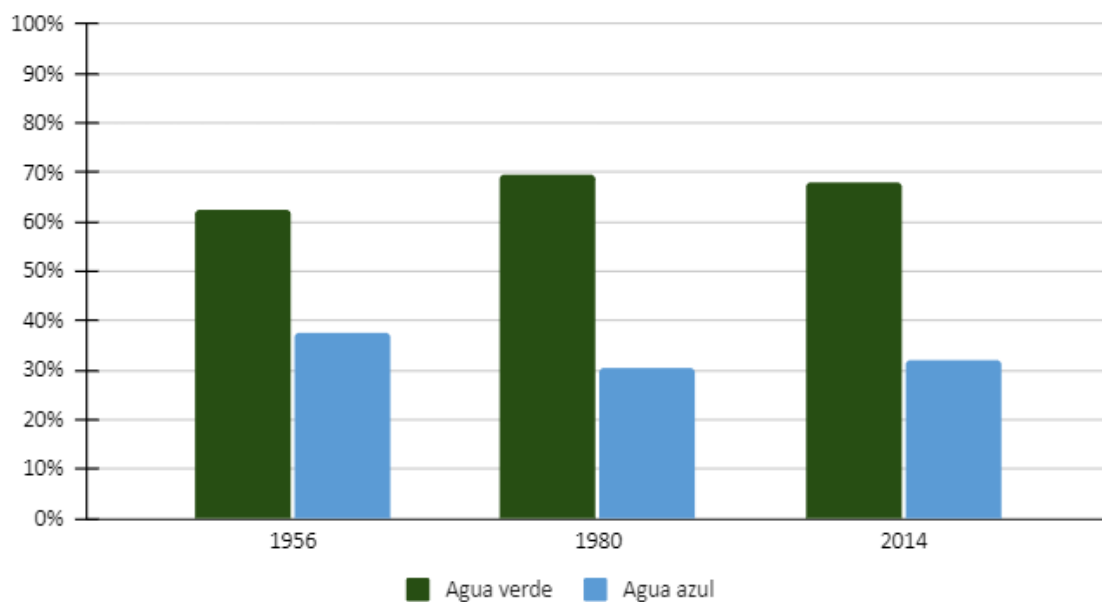


Figura 59: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en porcentaje de agua por año en Matallana. Elaboración propia.

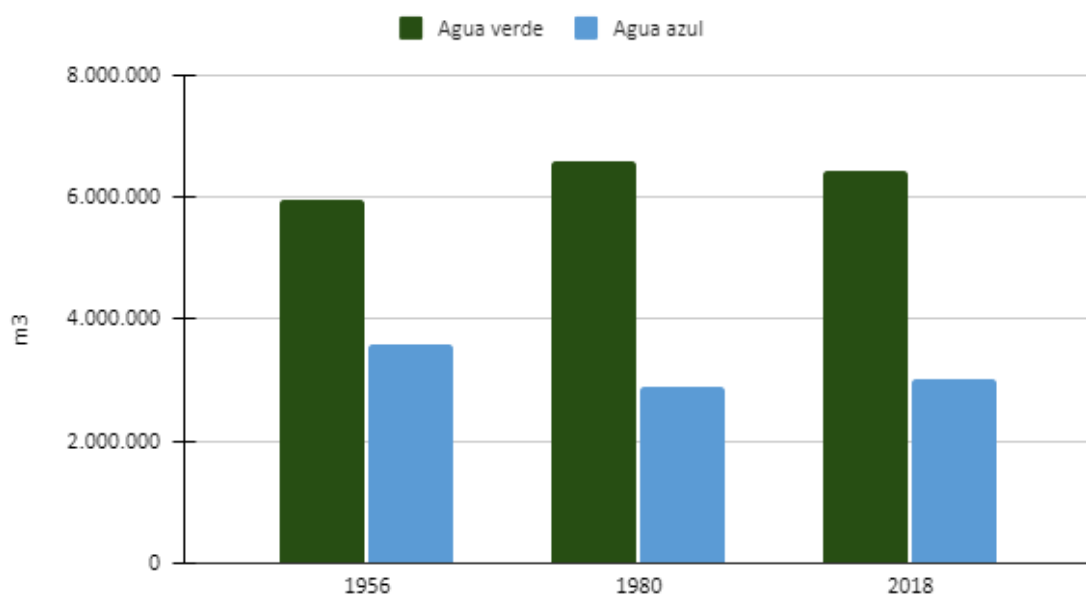


Figura 60: Gráfica de la evolución del agua azul y agua verde expresada en volumen de agua por año en Matallana. Elaboración propia.

Con respecto a los usos de los suelos, en los años 50 la mayor parte de la superficie del municipio se halla cubierta por vegetación mixta (74%) y una minoría por herbáceos/cultivos (18%), suelo desnudo (5%) y bosque (3%); en los 80 el bosque aumenta cubriendo gran parte de la superficie (79%) y una minoría se encuentra cubierta por vegetación mixta (8%), herbáceos/cultivos (8%)

y suelo desnudo (5%); en 2014 el bosque disminuye (66%) y aumenta la vegetación mixta (19%), herbáceos/cultivos (10%) y suelo desnudo (5%), tal y como se muestra en la figura 61.

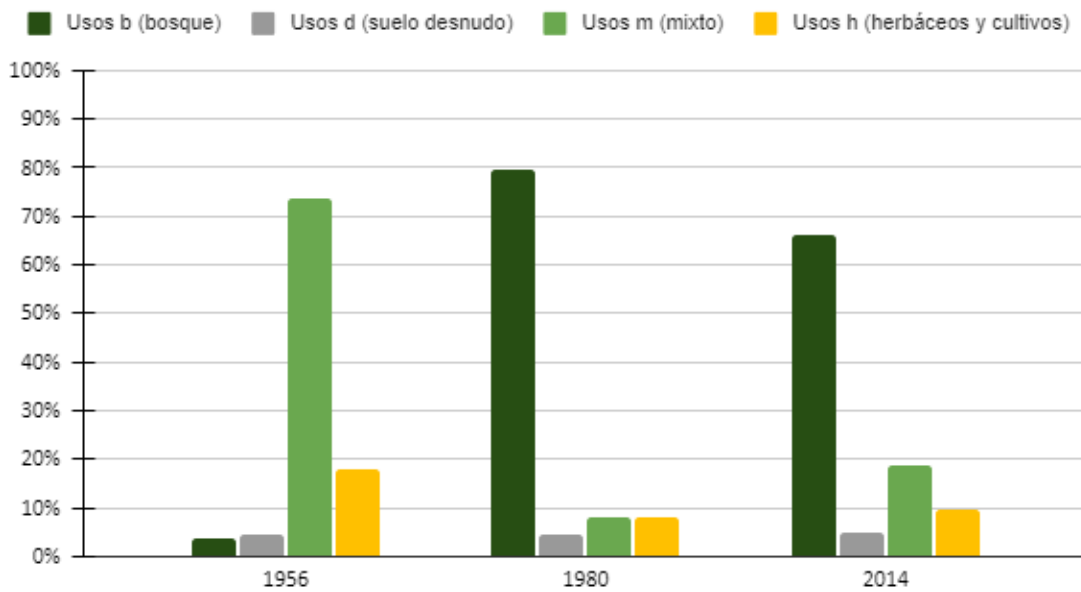


Figura 61: Gráfica de la evolución de los usos de los suelos expresada en porcentaje de superficie por año en Matallana. Elaboración propia.

Síntesis

A modo de resumen, en la figura 62 se representan gráficamente los datos del balance hídrico de la provincia de Guadalajara, con la distinta evolución de cada uno de los pueblos. Mientras que en la figura 63, se representan gráficamente los datos de los distintos usos de los suelos de la provincia de Guadalajara.

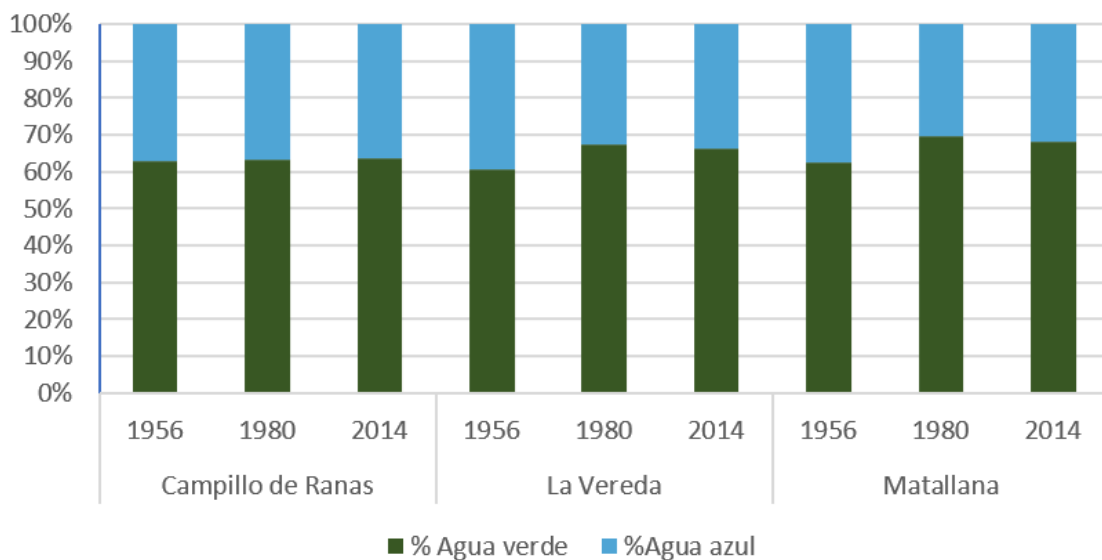


Figura 62: Grafica de la evolución del balance hídrico expresada en porcentaje por año de la provincia de Guadalajara. Elaboración propia.

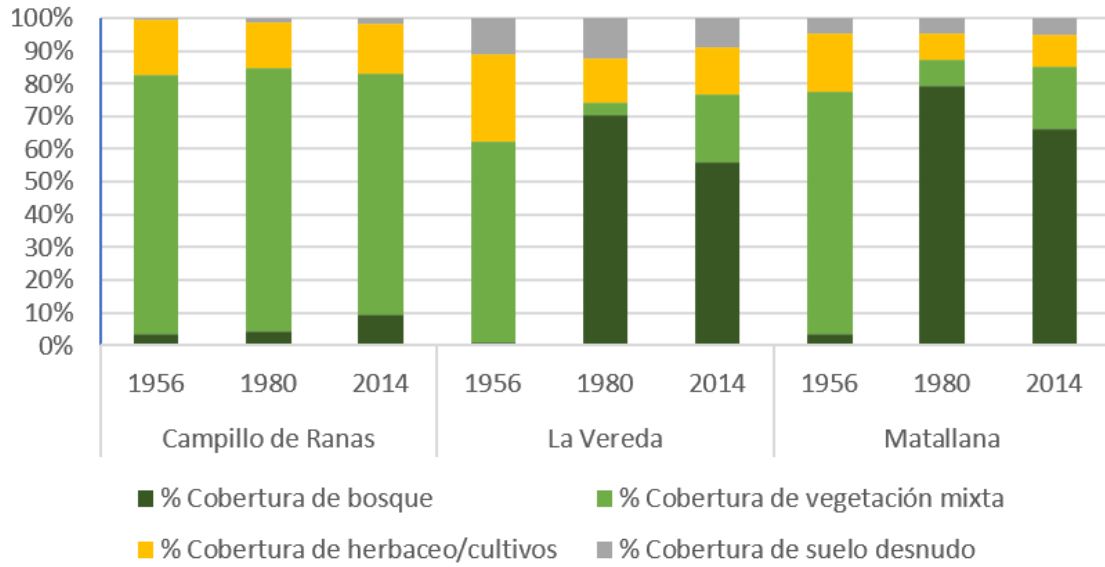


Figura 63: Grafica de la evolución del uso de los suelos expresada en porcentaje por año de la provincia de Guadalajara. Elaboración propia.