EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS VINCULADOS AL AGUA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL VALLE DEL CABRIEL

Junio 2025

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales
Castilla-La Mancha
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Anthesis

1 Introducción 1

1.1 Estructura interna del documento 2

2 Objetivos 3

2.1 Objetivos Generales 3

2.2 Objetivos Específicos 3

3 Análisis cartográfico e identificación de unidades territoriales en la RBVC 5

3.1 Unidades de la zona baja de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel 6

3.2 Unidades de la zona media de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel 10

3.3 Unidades de la zona alta de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel 14

4 Los servicios ecosistémicos en la RBVC 19

4.1 Marco general 19

4.2 Los Servicios ecosistémicos dentro de la RBVC 21

4.3 Orientando el análisis de los servicios ecosistémicos a la metodología 24

4.4 La encuesta enviada a los expertos para la evaluación de los Servicios ecosistémicos 26

4.5 Resultados de la encuesta 27

4.6 Conclusiones 36

5 Análisis de la recarga de los acuíferos en la RBVC 37

5.1 Datos generales de la RBVC 37

5.2 Aplicación del método APLIS 37

5.3 Establecimiento de valores en la RBVC 38

5.4 Cálculo de la tasa de recarga 50

5.5 Resultados 50

5.6 Conclusiones 57

6 Evaluación de los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua dentro de la RBVC 59

6.1 Introducción 59

6.2 Metodología 59

6.3 Resultados obtenidos 60

6.4 Conclusiones 64

7 Conclusiones generales 67

8 Referencias 69

9 Anexos 71

9.1 Anexo cartográfico 73

9.2 Fichas de zona 75

Anthesis

1 Introducción

La Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel representa uno de los enclaves naturales más valiosos del interior peninsular ibérico, no solo por la riqueza de sus ecosistemas y paisajes, sino también por ser un ejemplo destacado de armonía entre el ser humano y el medio ambiente. Ubicada entre las comunidades autónomas de Castilla-La Mancha, Aragón y la Comunidad Valenciana, esta reserva abarca un amplio territorio vertebrado por el río Cabriel, uno de los ríos mejor conservados de Europa Occidental. En junio de 2019, la UNESCO otorgó a este espacio el reconocimiento oficial como Reserva de la Biosfera, consolidando así años de trabajo y colaboración entre entidades locales, administraciones públicas, organizaciones ambientales y la ciudadanía.

El reconocimiento como Reserva de la Biosfera por parte del Programa MaB (Hombre y Biosfera) de la UNESCO no fue una concesión casual, sino el resultado de un proceso de evaluación riguroso que valoró no solo las características ecológicas del territorio, sino también el compromiso social con la conservación, la sostenibilidad y el desarrollo local. Este tipo de figuras de protección busca fomentar una relación equilibrada entre las personas y la naturaleza, promoviendo modelos de desarrollo sostenible que respeten la integridad de los ecosistemas y, al mismo tiempo, mejoren la calidad de vida de las comunidades locales. Así, la Reserva del Valle del Cabriel se une a una red internacional de territorios ejemplares, que funcionan como laboratorios vivos para el estudio, la conservación y la gestión sostenible de los recursos naturales.

El proceso que condujo al reconocimiento de esta reserva comenzó mucho antes de su aprobación formal. Durante décadas, distintos agentes del territorio impulsaron iniciativas de conservación del río Cabriel, conscientes de su excepcional valor ecológico. A lo largo de su curso, el Cabriel ha mantenido niveles de calidad del agua muy superiores a la media de los ríos españoles, una biodiversidad notable y una geomorfología fluvial que ha escapado en gran medida a las agresiones humanas que han transformado otros cursos de agua. Este estado de conservación relativamente intacto no es fruto del azar, sino de un uso tradicional del territorio basado en prácticas agropecuarias extensivas, una baja densidad demográfica y una cultura local profundamente enraizada en el respeto al medio natural.

El Valle del Cabriel se caracteriza por una gran heterogeneidad paisajística, que incluye sierras, valles, cañones, altiplanos y bosques mediterráneos. Su geodiversidad y su clima de transición entre el mediterráneo continental y el subárido han favorecido la presencia de una flora y fauna muy diversas, con especies endémicas y hábitats prioritarios según la legislación europea. Entre sus ecosistemas más significativos destacan los bosques de ribera, los sabinares, los encinares y pinares, así como zonas esteparias de alto valor ecológico. Todo este mosaico natural se entrelaza con una ocupación humana milenaria, cuyos vestigios arqueológicos, arquitectura tradicional y modos de vida configuran un patrimonio cultural que merece igual atención que el natural.

Uno de los elementos clave que fundamentan la importancia de la Reserva del Valle del Cabriel es el papel que desempeñan sus ecosistemas como proveedores de servicios esenciales para el bienestar humano. Estos servicios ecosistémicos —concepto clave en la ciencia ambiental contemporánea— hacen referencia a los beneficios directos e indirectos que las personas obtenemos de la naturaleza. En el caso del Valle del Cabriel, estos servicios abarcan desde la regulación hídrica, la captura de carbono, la fertilidad del suelo o la polinización, hasta otros más intangibles, pero igualmente fundamentales, como el valor paisajístico, el disfrute estético, el turismo de naturaleza, la educación ambiental o la identidad cultural.

Conocer con detalle los servicios ecosistémicos que ofrece esta reserva es fundamental por varias razones. En primer lugar, porque permite visibilizar la función vital que cumple el medio natural en el sostenimiento de las sociedades humanas, superando una visión limitada que asocia la conservación únicamente con valores ecológicos abstractos. Evaluar estos servicios ayuda a poner en valor lo que la naturaleza “hace por nosotros” de forma gratuita, y permite, en consecuencia, integrar sus beneficios en las políticas públicas, la

planificación territorial y la toma de decisiones. En segundo lugar, esta información resulta imprescindible para diseñar estrategias de desarrollo rural sostenible. En un contexto de despoblación, envejecimiento y crisis climática, aprovechar los servicios de los ecosistemas de forma responsable puede abrir nuevas oportunidades económicas vinculadas al ecoturismo, la agricultura ecológica, la valorización de productos locales o la innovación en la gestión de recursos.

Por último, identificar, cuantificar y valorar los servicios ecosistémicos de la Reserva del Valle del Cabriel contribuye a reforzar el sentido de pertenencia y el compromiso de la población local con su entorno. Cuando las comunidades comprenden que su calidad de vida depende directamente del estado de conservación de los ecosistemas, crecen las probabilidades de que se involucren activamente en su protección. Además, este conocimiento puede ser una herramienta poderosa para la educación ambiental y la participación ciudadana, pilares fundamentales en la filosofía del Programa MaB.

1.1 Estructura interna del documento

El eje vertebrador del presente documento es el estudio de los servicios ecosistémicos dentro de la RBVC. Aun así, el amplio abanico de posibilidades dentro del estudio de esta temática, así como los recursos limitados para desarrollar este estudio han motivado que el presente documente aborde:

- El estudio general de los servicios ecosistémicos mediante una encuesta de valoración por parte de expertos de la región.
- Precisiones en el análisis de distintos servicios ecosistémicos de interés en la región, poniendo especial énfasis en:
    - La capacidad de recarga de los acuíferos, que se aborda con un análisis muy detallado mediante el método APLIS
    - La percepción ciudadana sobre los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua, que se ha estudiado mediante una nueva encuesta dirigida a las entidades y ciudadanía en general.

En cada apartado, se desarrolla una metodología específica y se finaliza éste con unas conclusiones referidas al apartado en cuestión, para acabar el documento con unas conclusiones finales que agrupan las de cada apartado específico.

2 Objetivos

En el presente trabajo se evalúan los servicios ecosistémicos que ofrece la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel en base a un análisis cartográfico previo y a la participación de expertos, agentes involucrados y entidades del territorio. Además, se abordan también otros aspectos relacionados con los servicios ecosistémicos y que son de interés por las características particulares del Valle: Su íntima relación con el agua se aborda así por partida doble, por un lado, evaluando la capacidad de recarga a lo largo de la Reserva de la Biosfera utilizando el método APLIS, y por el otro, recogiendo la opinión que distintos ciudadanos y entidades proporcionan sobre les servicios culturales ligados al agua en la reserva de la biosfera.

2.1 Objetivos Generales

El objetivo principal de esta evaluación es generar un diagnóstico integral que permita identificar con precisión la importancia, el estado actual, la vulnerabilidad y las tendencias de los servicios ecosistémicos en el conjunto del ámbito de la RBVC pero también en distintas zonas con características diferenciadas. Este diagnóstico debe entenderse como una herramienta estratégica para detectar carencias sobre las que enfocar esfuerzos de conservación y gestión, así como para identificar nuevas oportunidades de desarrollo sostenible que conviene potenciar.

Asimismo, el estudio tiene como finalidad recoger y sistematizar la percepción social que las personas vinculadas al territorio tienen respecto a los servicios ecosistémicos, incorporando así una dimensión cualitativa imprescindible para la toma de decisiones informadas y contextualizadas.

Del mismo modo, se persigue que esta evaluación constituya una metodología replicable en el tiempo, de manera que permita establecer un sistema de seguimiento periódico que facilite valorar la evolución de los servicios ecosistémicos de la RBVC y la eficacia de las distintas acciones implementadas.

Finalmente, el estudio aspira a consolidarse como un documento de referencia que sirva para visibilizar y comunicar, tanto a la ciudadanía como a potenciales visitantes, los valores naturales, culturales y funcionales de la reserva, reforzando así su reconocimiento social y su posicionamiento como modelo de sostenibilidad territorial.

2.2 Objetivos Específicos

Para alcanzar los objetivos generales planteados, se definieron los siguientes objetivos específicos:

2.2.1 Evaluación de los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte en distintas zonas de la RBVC

Este objetivo establece identificar, clasificar y valorar los principales servicios ecosistémicos relacionados con el agua dentro del territorio de la reserva, considerando su importancia, estado de conservación, vulnerabilidad y estado ante presiones externas y tendencias futuras. Para ello, se establecen criterios para la identificación y delimitación de distintas zonas que, en base a sus características diferenciadas, ofrecen distintos servicios ecosistémicos. Dichos criterios se validarán por parte de científicos especializados y vinculados al territorio y complementados con una metodología participativa que incluye encuestas de verificación de zonas y análisis cualitativo de los servicios detectados. Como resultado, se elaborarán fichas descriptivas y cartografías temáticas que representan de forma espacialmente distribuida estos servicios y sus atributos clave, lo que permitirá establecer un diagnóstico técnico detallado.

2.2.2 Determinación del potencial de recarga de acuíferos en las distintas zonas de la RBVC mediante el método APLIS

Este objetivo se enfoca a cuantificar la capacidad de infiltración del agua en el territorio como indicador fundamental del funcionamiento hidrológico natural y de la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos asociados. La evaluación se realiza mediante el método APLIS (*Aquifer Potential based on Lithology, Infiltration, and Slope*); una metodología multicriterio que utiliza datos SIG (Sistemas de Información Geográfica) para cuantificar el potencial de recarga de acuíferos en función de parámetros físico-naturales. El resultado de este análisis permitirá establecer zonas prioritarias de conservación o intervención, con vistas a optimizar la gestión hídrica en el ámbito de la reserva.

2.2.3 Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales asociados al agua desde una perspectiva territorial participativa:

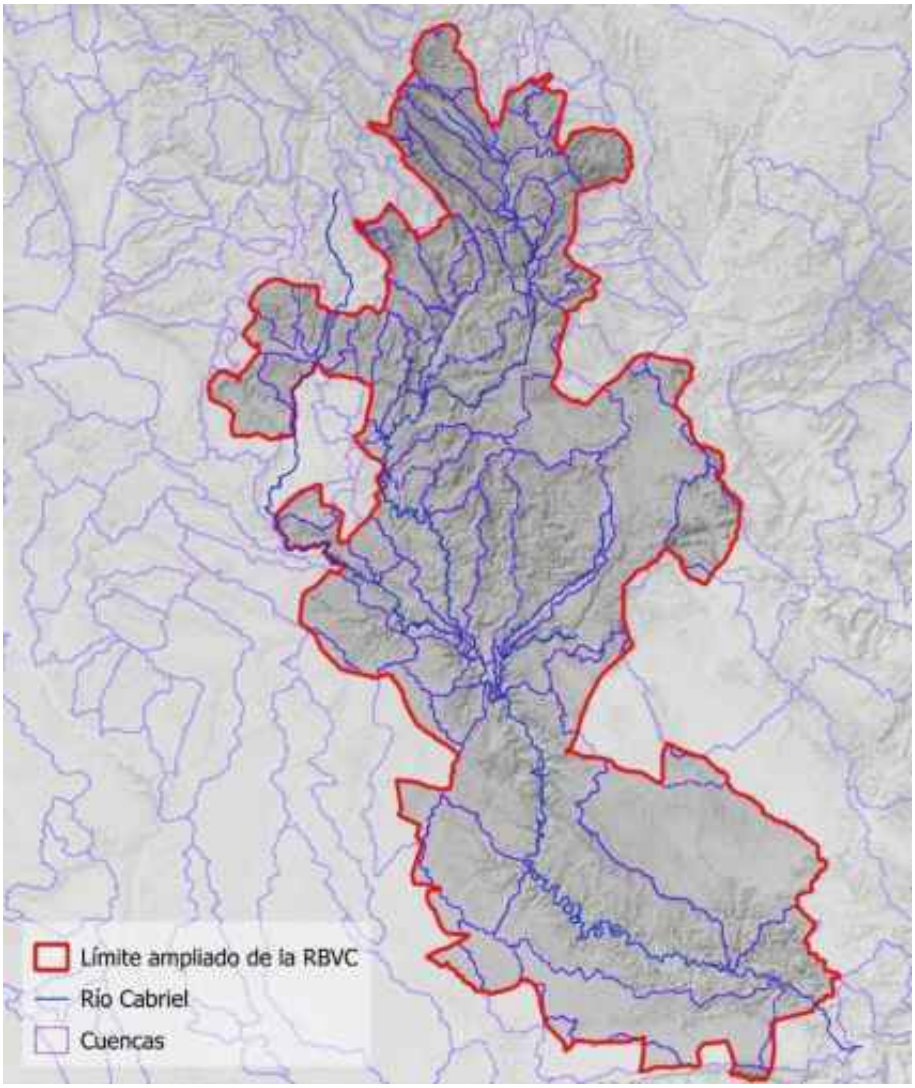
La dimensión cultural de los servicios ecosistémicos, frecuentemente subestimada, resulta clave en territorios de alta identidad como la RBVC. Este objetivo específico pretende identificar y valorar, a partir de la participación de los agentes locales y mediante la aplicación de encuestas georreferenciadas, los servicios culturales asociados al agua, tales como el valor paisajístico, la recreación, la espiritualidad, la educación ambiental o la identidad cultural vinculada al entorno fluvial. Los resultados obtenidos se mostrarán en un mapa que visibilice los territorios de especial significación cultural, facilitando así su protección y puesta en valor.

3 Análisis cartográfico e identificación de unidades territoriales en la RBVC

Es fundamental para el desarrollo de este proyecto la delimitación de las unidades de estudio dentro de la RBVC. La misma delimitación de estas unidades plantea un reto, al tener que identificar áreas con unos atributos similares que permitan ir delimitando donde termina y donde empieza cada zona, así como los atributos que la identifican como tal. Estos atributos pueden identificarse tanto a nivel ambiental, funcional o sociológico, siendo así muy importante explicar cómo se ha procedido a su definición.

El primer elemento que considerar, son los atributos físicos de cada zona, poniendo especial énfasis en los criterios hidrológicos y geomorfológicos. Estos elementos han tenido un peso muy significativo para la delimitación de las zonas, siendo de hecho las cuencas el elemento que más quilómetros de perímetro define en la delimitación final. En este sentido, y en términos generales, el análisis de cuencas permite distinguir muy claramente la zona baja de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (al sur del Embalse de Contreras), la zona media y la cabecera de la cuenca.

Figura 1. Límite ampliado de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel.



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, también se distinguen, claramente, aspectos diferenciales en los ámbitos delimitados por las cuencas de los principales ríos tributarios del Cabriel: el Gualazón y el río Henares, así como el río Mayor del Molinillo, cuya cuenca delimita el ámbito de las Serranías bajas y valle del Mayor. La litología y el tipo de suelos también han sido aspectos importantes que se han tenido en cuenta para la delimitación de las distintas zonas o unidades dentro de la RBVC.

Más allá de los criterios hidrológicos y geomorfológicos, también se han tenido en cuenta otros criterios muy determinantes, especialmente importantes en el tramo bajo del Cabriel, que debido a sus características morfológicas ya cuenta con una mayor antropización y complejidad. Se trata, principalmente, de los usos del suelo (que permiten identificar claramente distintos cultivos y distintas coberturas vegetales) y de los hábitats de interés comunitario.

3.1 Unidades de la zona baja de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel

El tramo bajo de la RBVC abarca el ámbito aguas debajo de la presa del embalse de Contreras. Se caracteriza por un paisaje fluvial bien definido, enmarcado en un valle encajado de origen tectónico y fluvial, donde el río Cabriel discurre profundamente entre escarpes y cortados calcáreos. Geomorfológicamente, esta zona presenta una morfología abrupta, con cárcavas, terrazas fluviales y formaciones de hoces que reflejan los procesos de incisión del río sobre los materiales mesozoicos, principalmente calizas y margas. Sin embargo, la Reserva se extiende ampliamente abarcando, más allá del valle de las Hoces del Cabriel, otras zonas más antropizadas donde ya dominan los campos de cultivo, mosaicos agroforestales y algunos pequeños núcleos de población.

En base a los criterios establecidos, las unidades del tramo bajo del Cabriel han quedado delimitadas de la siguiente forma:

Figura 2. Ámbitos del tramo bajo de la RBVC.

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Valle de las Hoces del Cabriel (74.779 Ha)

El Valle de las Hoces del Cabriel constituye una de las unidades más representativas y de mayor valor ecológico y paisajístico dentro de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (RBVC). Esta unidad comprende el tramo medio del río Cabriel a su paso por las espectaculares Hoces del Cabriel, que acoge tanto el Parque Natural de las Hoces del Cabriel, en la margen izquierda (Comunidad Valenciana), como la Reserva Natural de las Hoces del Cabriel, en la margen derecha (Castilla-La Mancha). El conjunto configura un espacio de elevada naturalidad, escasa ocupación humana y notable singularidad geomorfológica y ecológica.

Desde el punto de vista geomorfológico, se trata de un valle fluvial profundamente encajado, resultado de un proceso de incisión vertical intensa que ha esculpido un sistema de hoces y cañones sobre materiales calizos mesozoicos. Este relieve abrupto, dominado por vertientes escarpadas, farallones rocosos y formaciones estructurales singulares como los "cuchillos" del Cabriel, contrasta de forma muy marcada con la morfología plana de los llanos de La Manchuela, situados al norte. La transición entre ambas unidades queda definida por un knickpoint estructural, que marca el cambio de pendiente y da lugar a una zonación paisajística y ecológica claramente diferenciada.

Figura 3. Vista de las Hoces del Cabriel.

Fuente: www.cabrielbiosfera.org

El paisaje resultante es de gran espectacularidad y contraste visual, articulado por la sucesión de bosques de ribera bien conservados en el fondo del valle, laderas escarpadas colonizadas por pinares de *Pinus halepensis* y sabinares de *Juniperus thurifera*, y acantilados calcáreos desnudos, donde la vegetación es más dispersa. La complejidad del relieve y las condiciones microclimáticas generadas por la profundidad del valle y la presencia de agua favorecen la existencia de microhábitats diversos y hábitats de interés comunitario, entre los que destacan los pastizales basófilos iberolevantinos, lastonares termófilos valenciano-murcianos, bosques endémicos de *Juniperus* spp., y prados calcáreos del Alysso-Sedion albi. Esta riqueza de hábitats se

traduce en una alta biodiversidad florística y faunística, así como en un notable valor ecológico a escala regional.

Desde el punto de vista ambiental, el Valle de las Hoces del Cabriel constituye una zona núcleo de conservación prioritaria, con altos niveles de naturalidad y baja presión antrópica. La dificultad de acceso y la limitada infraestructura viaria han contribuido a preservar el carácter agreste del entorno, garantizando la conectividad ecológica a lo largo del eje fluvial y la conservación de especies forestales, rupícolas y acuáticas de alto interés. La presencia de agua en un entorno semiárido aporta un valor añadido como refugio climático y zona de cría para múltiples especies, además de sostener un importante conjunto de servicios ecosistémicos de regulación, provisión y disfrute cultural.

En cuanto al uso del suelo, el fondo de valle se mantiene mayoritariamente natural, sin aprovechamientos agrarios relevantes, mientras que las zonas de transición hacia los llanos muestran una mayor transformación, con cultivos extensivos, vegetación secundaria y menor presencia de hábitats de interés. Esta diferencia estructural remarca el carácter discontinuo y límite ecológico del borde norte del ámbito, donde se produce la ruptura paisajística entre las tierras altas cultivadas y el espacio abrupto y forestal del valle inciso.

En su conjunto, el ámbito del Valle de las Hoces del Cabriel representa un espacio clave para la identidad y funcionalidad ecológica de la RBVC, en el que convergen valores geológicos, biológicos y paisajísticos de primer orden. Su conservación constituye una prioridad estratégica dentro de la gestión integral del territorio, y ofrece además oportunidades para el desarrollo sostenible vinculado al ecoturismo, la educación ambiental y la investigación científica, siempre desde una perspectiva de uso compatible y no extractivo.

3.1.2 Llanos de la Manchuela (31.836 Ha)

El ámbito de los llanos de La Manchuela constituye una unidad morfoestructural y funcional claramente diferenciada del relieve abrupto y encajado de las vecinas Hoces del Cabriel. Se trata de una altiplanicie estructural de topografía predominantemente llana o suavemente ondulada, desarrollada sobre materiales calcáreos y dolomíticos del Mesozoico, con escasa fracturación superficial y una morfología abierta que facilita la ocupación y transformación del territorio.

Desde el punto de vista geomorfológico, estos llanos configuran una meseta tabular de altitud media, con amplias superficies cultivables, ausencia de accidentes topográficos relevantes y una red de drenaje superficial poco jerarquizada y de escasa energía erosiva. La homogeneidad del relieve y la escasa pendiente han favorecido el desarrollo histórico de sistemas agrarios extensivos, así como la implantación de infraestructuras lineales de trazado rectilíneo, muy característico del territorio.

El paisaje predominante en esta unidad es eminentemente agrario y antrópico, configurado por grandes parcelas de cultivos de secano, especialmente cereal, almendro y viñedo, que conforman una matriz territorial de carácter abierto y funcional. La vegetación natural está ampliamente relegada a los bordes de caminos, márgenes de parcelas o pequeños montes-isla que conservan fragmentos de matorral mediterráneo y pinares aclarados. Esta estructura espacial responde a una lógica de aprovechamiento agrícola racional y mecanizado, en un contexto donde la accesibilidad y la conectividad han sido determinantes.

En términos de ocupación humana y organización territorial, los llanos de La Manchuela presentan una distribución dispersa de pequeños núcleos de población, generalmente bien estructurados, que mantienen una conexión funcional fluida gracias a una red viaria densa y de trazado simple, facilitada por las condiciones topográficas del terreno. La existencia de caminos rurales, carreteras comarcales y ejes de comunicación rectilíneos ha permitido históricamente un acceso eficiente a las explotaciones agrarias y a los servicios de proximidad, generando un modelo territorial articulado y estable, característico de las llanuras agrícolas interiores del sureste peninsular.

Desde el punto de vista ambiental, aunque el grado de naturalidad es relativamente bajo en comparación con otras unidades más forestales o fluviales de la RBVC, esta zona sigue desempeñando funciones relevantes como zona de amortiguación, espacio de conectividad funcional para especies adaptadas a medios abiertos y soporte de una importante diversidad agrícola y paisajística ligada a los usos tradicionales del suelo. Además, la fragmentación agraria moderada y la persistencia de elementos estructurantes del paisaje (caminos, setos, arbolado disperso) confieren al territorio cierto valor desde el punto de vista ecológico y patrimonial.

En conjunto, los llanos de La Manchuela representan una unidad geográfica de elevado valor estratégico dentro de la RBVC, tanto por su función productiva como por su papel en la organización del poblamiento rural, la accesibilidad territorial y la compatibilidad entre usos agrícolas y conservación de servicios ecosistémicos básicos.

3.1.3 Mosaico agroforestal de Venta del Moro – Requena (22.963 Ha)

Esta unidad constituye un área de transición paisajística y ecológica entre las llanuras más homogéneas de la Plana de Utiel-Requena y el relieve abrupto y encajado del Valle de las Hoces del Cabriel, en su margen izquierda. Se trata de un territorio de orografía compleja, en el que el modelado del terreno por la acción hídrica —a través de la rambla de Albosa y una red de barrancos tributarios que drenan hacia el Cabriel— ha dado lugar a un relieve irregular, con lomas, vaguadas y escarpes que estructuran un paisaje dinámico y diverso.

En este entorno, la ocupación del suelo refleja un equilibrio entre los aprovechamientos agrarios y la vegetación natural, configurando un verdadero mosaico agroforestal. Las superficies cultivadas, principalmente destinadas al viñedo y a otros cultivos leñosos como el olivo y el almendro, se entreveran con manchas amplias de pinar y matorral mediterráneo, en una alternancia que genera una notable heterogeneidad espacial. Esta configuración del paisaje está profundamente enraizada en la historia de ocupación humana del territorio, lo que se manifiesta en la abundante presencia de muros de piedra en seco, bancales, terrazas y otras estructuras tradicionales de gestión y conservación del suelo. Tales elementos no sólo son testimonio del trabajo secular del hombre sobre el medio, sino también piezas clave en el mantenimiento de la funcionalidad ecológica del ecosistema, al favorecer la retención hídrica, la fertilidad edáfica y la conectividad entre hábitats.

Desde el punto de vista ambiental, esta unidad se caracteriza por su papel como zona de amortiguación ecológica entre espacios de mayor naturalidad y áreas más intensamente cultivadas. Su riqueza florística y faunística es notable, al beneficiarse tanto de la diversidad estructural del paisaje como de la variedad de hábitats disponibles. El relieve irregular, las orientaciones variadas y la coexistencia de medios agrícolas y forestales permiten la existencia de múltiples microambientes que albergan especies características tanto de ambientes abiertos como de medios boscosos o rupícolas.

Asimismo, el valor paisajístico de esta unidad reside en su armonía visual y en la huella cultural que imprime el manejo tradicional del territorio. La combinación de pequeñas explotaciones agrícolas, la vegetación natural y los elementos del patrimonio rural configura una imagen de alto valor escénico y cultural. Esta complejidad, producto de siglos de interacción entre el ser humano y el medio, convierte al mosaico agroforestal de Venta del Moro – Requena en una unidad clave dentro de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel, tanto por su aportación a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como por su potencial para el desarrollo de iniciativas ligadas al agroturismo, la educación ambiental y la puesta en valor del patrimonio rural.

3.1.4 Plana de Utiel – Requena (19.468 Ha)

Esta unidad territorial representa una de las zonas más claramente agrícolas dentro de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (RBVC). Se trata de una amplia llanura de origen terciario, de relieve suave y topografía abierta, que ha sido históricamente modelada por la actividad humana, en particular por la implantación intensiva del cultivo de la vid. Este uso del suelo, dominante y prácticamente hegemónico, otorga al paisaje una fisonomía homogénea, donde grandes extensiones de viñedo se disponen de forma ordenada y continua, en una matriz agraria de alto grado de antropización.

La estructura del territorio se organiza en torno a las parcelas vitícolas, los caminos rurales que las interconectan y un conjunto disperso de edificaciones agroindustriales, bodegas y pequeños núcleos de población, cuyas funciones están estrechamente ligadas al cultivo, transformación y comercialización del vino. Esta organización del espacio genera un paisaje funcional, eficiente y de identidad marcada, que constituye un reflejo directo de la vocación agrícola de la comarca.

Aunque el rasgo dominante es la uniformidad del viñedo, el relieve no es completamente plano. En los márgenes de la llanura y en las zonas de transición hacia unidades de mayor pendiente, aparecen suaves ondulaciones y pequeños cerros, donde aún subsisten manchas de vegetación natural. Estas zonas albergan masas forestales de pino carrasco (Pinus halepensis) y otros elementos de vegetación mediterránea, que introducen contraste y variedad en el paisaje, además de cumplir funciones ecológicas clave: favorecen la biodiversidad, ofrecen refugio para fauna, y actúan como corredores ecológicos que mejoran la conectividad territorial.

Desde el punto de vista ambiental, aunque el sistema agrario es predominante, la coexistencia con estos enclaves de vegetación natural permite mantener un cierto equilibrio funcional. Estos espacios actúan como amortiguadores ecológicos y son esenciales en procesos como la regulación del agua, la retención de suelo o la mitigación de los efectos del cambio climático.

En conjunto, la Plana de Utiel-Requena se configura como un paisaje cultural profundamente representativo de los usos tradicionales del suelo en la comarca. Es un territorio donde la interacción prolongada entre sociedad y medio ha dado lugar a un sistema productivo especializado y sostenible, que integra elementos naturales, culturales y económicos en un equilibrio dinámico, y que forma parte esencial del carácter identitario de la RBVC.

3.2 Unidades de la zona media de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel

En el tramo medio del Cabriel se distinguen 3 ámbitos diferenciados: el propio tramo medio del Cabriel, desde el embalse de Contreras hasta que el río discurre fuera del ámbito de la RBVC –en el municipio de Pajaroncillo–, el ámbito de la cuenca del bajo Guadazaón hasta la presa del Bujioso, y la cuenca del río Henares hasta el fondo de valle del Cabriel.

En base a los criterios establecidos, las unidades del tramo medio del Cabriel han quedado delimitadas de la siguiente forma:

Figura 4. Ámbitos del tramo medio de la RBVC.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Tramo medio del Cabriel – Embalse de Contreras (69.397 Ha)

Este ámbito se sitúa aguas arriba de la presa de Contreras y se extiende hacia el interior del macizo ibérico, hasta las proximidades de Pajaroncillo. Constituye un tramo intermedio del río Cabriel caracterizado por una transición geomorfológica y paisajística entre la profunda incisión de las Hoces del Cabriel y las serranías más abiertas y elevadas del entorno de Boniches y la cabecera del Guadazaón.

Desde el punto de vista geomorfológico, predomina un relieve de media montaña labrado sobre materiales carbonatados mesozoicos, con presencia de plataformas estructurales escalonadas, intercaladas con barrancos, laderas abruptas y valles angostos que canalizan el curso del río. El tramo fluvial ha excavado un valle de incisión moderada, con tramos encajados y otros más abiertos, dependiendo de la litología y la resistencia de los materiales. En algunas zonas, se observan formas de modelado kárstico, como dolinas, lapiaces y paredones calizos.

El paisaje combina grandes masas forestales de pino carrasco (Pinus halepensis), sabina albar (Juniperus thurifera) y encinares en regeneración, con claros más abiertos y zonas de matorral mediterráneo. La red hidrográfica secundaria está formada por una sucesión de barrancos que vierten hacia el Cabriel, estructurando el territorio y generando una notable variedad topográfica y visual. En las laderas soleadas, la vegetación es más rala, mientras que en las umbrías y zonas de mayor acumulación de suelo se desarrollan formaciones más densas.

Desde el punto de vista ambiental, este ámbito mantiene un grado medio de naturalidad, con baja densidad de población y escasa presencia de infraestructuras, salvo la línea ferroviaria Madrid-Valencia y la carretera N-III, que cruzan la zona en las inmediaciones del embalse. La diversidad de hábitats asociados a la heterogeneidad del terreno y a la presencia de agua en zonas permanentes y temporales, favorece la presencia de especies forestales, rupícolas y faunísticas de interés.

Aunque el predominio de la vegetación natural condiciona una elevada provisión de servicios ecosistémicos de regulación y conservación, el ámbito también ofrece servicios de tipo antrópico ligados a los usos agrarios

y recreativos. Las pequeñas zonas agrícolas, concentradas en valles más anchos y terrazas fértiles como las de La Pesquera, contribuyen a la producción local de alimentos (viñedos, secano y cultivos mixtos), mientras que la baja densidad poblacional y la calidad paisajística favorecen usos culturales como el senderismo, la observación de la naturaleza o el turismo rural. La accesibilidad relativa en ciertos sectores, combinada con la conservación del entorno, permite compatibilizar estas actividades humanas con los valores naturales del territorio, reforzando su multifuncionalidad y sostenibilidad.

En conjunto, se trata de una unidad de transición ecológica y paisajística, que conserva valores ambientales relevantes y actúa como corredor ecológico entre zonas más abruptas (Hoces del Cabriel) y áreas más elevadas y forestales del interior. Su carácter diverso y poco intervenido le otorga un valor estratégico dentro de la conectividad de la RBVC.

3.2.2 Cuenca del río Henares (74.268Ha)

El ámbito de la cuenca del río Henares, incluyendo a sus principales tributarios, el río San Martín y el río de los Ojos de Moya, constituye una unidad hidrográfica periférica y relativamente poco conocida del noreste del territorio de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (RBVC). Se trata de una red fluvial de cabecera que drena las vertientes occidentales del macizo montañoso de la Serranía Baja de Cuenca, y que presenta un alto grado de naturalidad e integridad ecológica.

Desde el punto de vista geomorfológico, esta cuenca se desarrolla sobre una base litológica fundamentalmente carbonatada (calizas y dolomías del Jurásico), alternando con materiales detríticos en las zonas de transición hacia las depresiones terciarias. La orografía es quebrada y montañosa, con una marcada incisión fluvial que ha dado lugar a valles profundos, cañones estrechos y escarpes, especialmente visibles en el tramo medio del río Henares y en las hoces de sus afluentes. Esta morfología compleja, moldeada por procesos fluviales, gravitacionales y kársticos, genera un entorno de gran interés geológico y paisajístico.

El paisaje predominante es de carácter forestal, dominado por extensos pinares naturales de Pinus nigra y Pinus sylvestris, acompañados de masas relictas de hayedo montano, sabinares albares (Juniperus thurifera), quejigares y matorrales supra-mediterráneos. Las zonas de ribera conservan bosques galería bien estructurados, con presencia de álamos, sauces, olmos de montaña y fresnos, que desempeñan funciones esenciales de regulación hidrológica, protección contra la erosión y soporte para una elevada biodiversidad. La baja intensidad de usos humanos ha favorecido la conservación de la vegetación natural y la presencia de una estructura paisajística compleja y funcional.

Desde el punto de vista ambiental, la cuenca del Henares y sus afluentes representa una zona núcleo de alto valor ecológico dentro de la RBVC, actuando como reservorio de biodiversidad y área clave para la conservación de especies sensibles o amenazadas, como la nutria paleártica (Lutra lutra), el desmán ibérico, o aves como el picamaderos negro y el azor común. Además, esta cuenca se configura como un importante corredor ecológico que conecta hábitats de montaña con los fondos de valle y otros sistemas fluviales mayores, como el propio Cabriel.

El río de los Ojos de Moya, alimentado por numerosos manantiales kársticos, destaca por la excelente calidad de sus aguas y por la presencia de hábitats acuáticos poco alterados, donde prosperan comunidades de macroinvertebrados sensibles y peces autóctonos. Del mismo modo, el río San Martín, en su curso medio, atraviesa estrechos valles bien conservados, con escasa intervención humana y notables valores escénicos.

En conjunto, el ámbito de la cuenca del río Henares y sus afluentes constituye un espacio clave para el equilibrio ecológico de la RBVC, con un elevado potencial para el seguimiento de procesos naturales, la conservación de especies de montaña y la puesta en valor del patrimonio hidrológico y forestal. Su aislamiento relativo y su estado de conservación lo convierten también en un área prioritaria para estrategias de investigación, monitoreo ambiental y desarrollo de actividades sostenibles vinculadas a la naturaleza y al conocimiento del medio.

Cuanto a los usos, este ámbito destaca por una notable presencia de pastizales naturales (33%) y vegetación esclerófila (14%), aunque también cuenta con bosques de coníferas (16%), bosques mixtos (6%), y matorrales boscosos de transición (8%). En las zonas más llanas, encontramos mosaicos de cultivos y frutales (5%) y tierras de labor en secano (10%).

3.2.3 Bajo Gadazaón (24.981 Ha)

La zona del Bajo Guadazaón, en el tramo comprendido entre el entorno de Arguisuelas y la presa de Batanejo, constituye una unidad territorial de fuerte identidad dentro de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel. Se trata de un espacio de transición entre las áreas forestales del Alto Guadazaón y las zonas más encajadas del valle medio del Cabriel, en el que confluyen elementos geológicos, paisajísticos y ecológicos de gran interés.

Desde el punto de vista geomorfológico, el Bajo Guadazaón se caracteriza por un relieve fuertemente articulado, modelado por la incisión progresiva del río Guadazaón y su red de afluentes secundarios sobre materiales sedimentarios, fundamentalmente calizas y margas del Jurásico y Cretácico, que dan lugar a valles estrechos, cortados fluviales y pequeñas terrazas aluviales. La presencia de estructuras de falla y fracturación ha favorecido el encajamiento del cauce y la formación de microvalles encajonados que alternan con laderas abruptas y collados.

El paisaje resultante es complejo y de gran valor escénico, combinando zonas boscosas relativamente continuas con áreas de vegetación riparia y algunas pequeñas explotaciones agrícolas localizadas en las escasas superficies llanas. Dominan los pinares naturales de Pinus nigra y Pinus halepensis, junto a coscojares, sabinares y matorrales mediterráneos de sustitución. La vegetación de ribera, compuesta por sauces, chopos y fresnos, acompaña al río en su curso bajo, aportando contraste y riqueza estructural al paisaje.

Desde una perspectiva ambiental, este sector cumple una función clave como corredor ecológico, facilitando la conexión entre ecosistemas forestales de altitud y los tramos fluviales principales. La calidad ecológica del río Guadazaón en esta zona es relativamente alta, al conservarse tramos con dinámica natural, buen estado hidromorfológico y hábitats acuáticos funcionales. En las laderas, la presencia de bosques maduros y zonas de difícil acceso favorece la conservación de fauna forestal y rupícola, como el halcón peregrino, el zorro, o diversos quirópteros forestales. Además, este espacio constituye una zona estratégica para la conectividad de especies y flujos ecológicos entre el macizo de la Serranía de Cuenca y el corredor del río Cabriel.

El embalse de Batanejo, aunque de dimensiones modestas, introduce un elemento antrópico de interés en términos de gestión hídrica y hábitat acuático artificial. Sus márgenes acogen comunidades vegetales adaptadas a fluctuaciones del nivel del agua y sirven como hábitat de alimentación y descanso para aves acuáticas y migratorias.

En conjunto, la zona del Bajo Guadazaón representa un territorio de elevada calidad ecológica, con un paisaje diverso y funcional, clave para el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales en el conjunto de la RBVC. Su valor reside tanto en la conservación de sus ecosistemas como en su potencial para usos sostenibles vinculados a la educación ambiental, la conectividad ecológica y la gestión integrada del agua y el paisaje.

3.3 Unidades de la zona alta de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel

En este tramo distinguimos la Cabecera del Cabriel y la Cabecera del Guadazaón, el ámbito de las Serranías bajas y Valle del Mayor y el tramo alto del Cabriel, desde Salvacañete hasta Boniches.

Figura 5. Ámbitos del tramo alto de la RBVC.

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Cabecera del Gadazaón (19.147 Ha)

Esta unidad comprende la parte alta del Guadazaón, situada en el sector noroccidental de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel. Se configura como una unidad de transición entre la serranía ibérica conquense y los sistemas fluviales que alimentan al río Cabriel. Desde el punto de vista geomorfológico, este territorio presenta una morfología accidentada y estructurada en una alternancia de altiplanicies, parameras y valles encajados, originados por la incisión del río Guadazaón y sus afluentes sobre materiales de origen principalmente mesozoico (calizas, dolomías y margas), con algunos afloramientos de materiales terciarios en las zonas más bajas. La tectónica ha jugado un papel relevante en la configuración del relieve, generando fracturas, escarpes y estructuras plegadas que condicionan el modelado del terreno y la dinámica hidrológica superficial. Destacan especialmente las lagunas de Cañada del Hoyo, donde existen un total de 34 torcas asociadas a la depresión cárstica del río Guadazaón.

Desde el punto de vista paisajístico, esta unidad se caracteriza por una composición estructural dominada por formaciones forestales extensas –principalmente pinares de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris*, en combinación con sabinares y quejigares– que confieren al territorio un alto grado de naturalidad. La topografía quebrada y la baja densidad de infraestructuras humanas han favorecido la conservación de un paisaje forestal continuo, solo interrumpido puntualmente por pequeños enclaves de uso agroganadero tradicional, que conforman un mosaico de usos poco intensivos.

En cuanto a sus valores ambientales, esta zona destaca por su elevada diversidad biológica y funcionalidad ecológica. Alberga hábitats de interés comunitario bien conservados, zonas de reproducción de especies

emblemáticas como el águila perdicera, el gato montés o el murciélago de herradura, y constituye un importante nodo de conectividad ecológica entre las sierras de Cuenca y los espacios fluviales del Cabriel. Las cabeceras del Guadazaón presentan manantiales, arroyos temporales y masas forestales maduras, que actúan como reservorios hídricos y contribuyen a la regulación del ciclo hidrológico regional.

Este conjunto de características confiere al Alto Guadazaón una notable relevancia dentro de la RBVC, tanto por su función ambiental como por su valor paisajístico y su potencial para el desarrollo de iniciativas de conservación, educación ambiental y ecoturismo de bajo impacto.

3.3.2 Serranías bajas y valle del Mayor (32.914 Ha)

Esta unidad se extiende por el sector meridional de la Serranía de Cuenca, recogiendo una serie de relieves montañosos de altitud media a elevada, marcadamente estructurados, que canalizan sus aguas hacia el valle del río Mayor del Molinillo, en el entorno de Cañete, y hacia el tramo medio del Cabriel por el sur, a través de un entramado de barrancos y arroyos que discurren por zonas como Valdemorillo de la Sierra.

Desde el punto de vista geomorfológico, esta unidad se caracteriza por un paisaje montano accidentado, modelado sobre materiales calcáreos mesozoicos, donde abundan los escarpes estructurales, los anticlinales erosionados y las plataformas elevadas. El relieve es complejo y quebrado, con importantes diferencias altitudinales que generan vertientes abruptas, estrechos valles encajados y zonas de transición más suaves en los piedemontes. La red hidrográfica es densa y muy ramificada, respondiendo a una intensa disección fluvial que crea una topografía en mosaico.

El paisaje está dominado por una matriz forestal continua de gran naturalidad, en la que destacan los pinares de montaña (*Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* en cotas más altas, y *Pinus halepensis* en laderas medias), acompañados por sabinares, quejigares y un matorral montano bien desarrollado en las áreas más expuestas. Las condiciones climáticas más húmedas respecto a otras zonas de la RBVC, junto con la altitud y la complejidad del relieve, favorecen la aparición de hábitats forestales de alto valor ecológico, así como zonas riparias bien conservadas en los fondos de valle. En las áreas más altas y frescas, pueden encontrarse también pequeños pastizales subalpinos y enclaves de vegetación nemoral, reforzando la diversidad biológica del conjunto.

Desde el punto de vista ambiental, esta unidad representa una zona de elevada capacidad de regulación hídrica, al actuar como cabecera de cuenca para múltiples afluentes del río Cabriel. La buena cobertura forestal favorece la infiltración y la recarga de acuíferos, con una notable provisión de servicios ecosistémicos relacionados con la regulación climática, la calidad del aire y la conservación del suelo. Además, se trata de un espacio de gran interés faunístico, que actúa como corredor ecológico entre las sierras interiores de Cuenca y los valles medios del Cabriel.

El carácter agreste y la baja densidad de población limitan los usos del suelo de carácter intensivo, manteniéndose los usos humanos en forma de aprovechamientos forestales sostenibles, ganadería extensiva y un incipiente desarrollo de actividades vinculadas al turismo rural y la educación ambiental. Estos usos compatibles refuerzan la conservación del entorno y su integración en la red ecológica de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel.

3.3.3 Tramo alto del Cabriel (32.527 Ha)

Esta unidad comprende el tramo del río Cabriel que discurre íntegramente por los términos municipales de Boniches, Campillos-Paravientos, Alcalá de la Vega y una amplia franja del territorio de Salvacañete, hasta su confluencia con el arroyo del Agua. Constituye un sector de cabecera dentro de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (RBVC), donde el curso fluvial comienza a consolidar su forma y dinámica tras abandonar las zonas más altas de los Montes Universales.

Desde el punto de vista geomorfológico, este tramo se caracteriza por una topografía montañosa y compleja, con sierras de orientación preferente N-S que superan frecuentemente los 1.300 metros de altitud. El río Cabriel discurre aquí encajado en un valle angosto, flanqueado por laderas boscosas y con frecuentes cambios de pendiente. El modelado fluvial se combina con procesos kársticos (dolinas, lapiaces) y periglaciares, lo que otorga al paisaje un alto grado de diversidad morfológica. Los principales afluentes —como el arroyo del Cubillo, de la Hoz y del Agua— refuerzan la complejidad hidrográfica y contribuyen a una dinámica hídrica activa, especialmente tras episodios de lluvias intensas.

El paisaje es de marcada naturalidad y carácter forestal, con grandes extensiones de pinares dominados por *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, acompañados por sabinares de *Juniperus thurifera* y, en algunas umbrías, pequeños rodales relictos de roble melojo (*Quercus pyrenaica*). En las riberas del Cabriel y sus afluentes, se desarrollan formaciones de álamos, sauces y alisos, que contribuyen a la funcionalidad ecológica del corredor fluvial. También se observan matorrales montanos y pastizales naturales en zonas abiertas, además de vegetación casmofítica en cortados rocosos, lo que crea una notable diversidad de hábitats.

Desde un punto de vista ambiental, el Tramo alto del Cabriel cumple funciones clave como zona de regulación hídrica, recarga de acuíferos y conservación de la calidad del agua. Su aislamiento y escasa presión antrópica lo convierten en un refugio climático de primer orden y en un eslabón esencial para la conectividad ecológica de toda la cuenca. La biodiversidad es alta tanto en flora como en fauna, con presencia de especies sensibles y escasas a nivel regional.

En cuanto a los usos del suelo, predominan los espacios forestales y naturales. La actividad agrícola es muy limitada y se restringe a pequeños valles interiores, donde subsisten mosaicos de cultivo tradicional, prados de siega o antiguos bancales. El poblamiento es muy reducido, con núcleos rurales dispersos como Boniches o Alcalá de la Vega, que han mantenido una fuerte vinculación con el medio natural. Esta baja intensidad de uso permite conservar intactas muchas de las funciones ecosistémicas del territorio, tanto de regulación (control hidrológico, protección contra la erosión) como de provisión (pastos, leña) y culturales (paisaje, patrimonio rural, turismo de naturaleza).

En conjunto, el Tramo alto del Cabriel destaca como una unidad de alto valor ecológico y paisajístico dentro de la RBVC, que combina una notable singularidad geomorfológica con un excelente estado de conservación, y que representa un espacio estratégico para garantizar la funcionalidad ambiental del conjunto de la cuenca.

3.3.4 Cabecera del Cabriel (42.246 Ha)

Esta unidad constituye el extremo nororiental de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel, abarcando el tramo alto del río desde su nacimiento en los Montes Universales, en la provincia de Teruel, hasta las proximidades de su confluencia con el arroyo del Agua, ya en territorio de Cuenca. Se trata de una unidad de alta montaña mediterránea con características geomorfológicas, ecológicas y paisajísticas que la distinguen claramente del resto del territorio.

Desde el punto de vista geomorfológico, predomina un relieve montañoso, modelado sobre materiales calcáreos y dolomíticos del Mesozoico, que da lugar a una topografía accidentada, con barrancos profundos, laderas escarpadas, crestas rocosas y dolinas. El río Cabriel nace en este entorno, en un paisaje de elevada altitud y clima más riguroso, y comienza aquí su progresiva incisión, configurando valles estrechos y angostos con cauces bien definidos y escasa llanura aluvial.

El paisaje es de gran naturalidad, dominado por extensas masas forestales de pino albar (*Pinus sylvestris*) en las zonas más elevadas, junto con pinares de pino negral (*Pinus nigra*) y sabina albar (*Juniperus thurifera*) en las laderas medias, y formaciones de ribera bien conservadas en los tramos del río. Esta vegetación, junto con los ambientes de pastizal y matorral de altura, configura un mosaico de hábitats de gran valor ecológico, con alta diversidad florística y faunística, y escasa presencia de usos antrópicos intensivos.

Desde el punto de vista ambiental, la cabecera del Cabriel actúa como una de las zonas de mayor calidad ecológica dentro de la RBVC. Su elevada altitud, el aislamiento relativo, la baja densidad de población y la escasa presión agrícola e infraestructural han favorecido la conservación de sus valores naturales. Es una zona de regulación hídrica clave, que alimenta los acuíferos y constituye la fuente principal del caudal del Cabriel, con una calidad de agua excepcional.

El paisaje cultural es también relevante, aunque sutil: antiguos caminos forestales, pequeñas construcciones tradicionales y áreas de pasto o aprovechamiento ganadero extensivo conviven de forma armónica con el medio natural, reflejando una ocupación humana de baja intensidad y compatible con la conservación.

En conjunto, la Cabecera del Cabriel representa uno de los espacios mejor conservados y de mayor valor ecológico, hidrográfico y paisajístico de la RBVC. Su papel como zona fuente del sistema fluvial del Cabriel la convierte en un ámbito prioritario para la conectividad ecológica y la regulación ambiental de todo el territorio.

4 Los servicios ecosistémicos en la RBVC

4.1 Marco general

Existen diversas definiciones sobre qué son los servicios ecosistémicos, pero de manera general podemos entenderlos como las contribuciones, tanto directas como indirectas, que los ecosistemas ofrecen al bienestar humano (*TEEB, 2010*). Algunos de estos servicios son fundamentales para la vida, mientras que otros se traducen en salud, bienestar y desarrollo social y económico, tanto en el presente como en el futuro.

Estos servicios dependen de la capacidad de los ecosistemas para conservar sus funciones, lo cual implica mantener su estructura y los procesos ecológicos que les son propios. La diferencia principal entre funciones y servicios ecosistémicos radica en que hablamos de servicios únicamente cuando existe un beneficio para las personas (*AEMA, 2011*).

En el marco de los servicios ecosistémicos existe otro concepto importante, llamado infraestructura verde. La infraestructura verde es el conjunto de elementos que garantiza que podamos conservar, a nivel global, un entorno con una calidad suficiente para que nuestras sociedades sigan disfrutando de los beneficios que nos proporciona la naturaleza. La infraestructura verde sustenta los servicios ecosistémico.

Figura 6. Clasificación de servicios ecosistémicos de la naturaleza en cuatro categorías

Fuente: Elaboración propia en base a TEEB 2010.

Aunque existen distintas formas de clasificar los servicios ecosistémicos, una de las más utilizadas los agrupa en las siguientes cuatro categorías:

- **Servicios de abastecimiento**: Son los bienes que obtenemos directamente de los ecosistemas, como alimentos, agua, materias primas, recursos energéticos o sustancias con propiedades medicinales, entre otros.
- **Servicios de regulación**: Se derivan de los procesos naturales mediante los cuales los ecosistemas regulan el entorno. Incluyen la purificación del agua, el control de la erosión, la polinización, la regulación del clima y el equilibrio de poblaciones mediante mecanismos como la depredación, el parasitismo o la acción de patógenos, lo cual contribuye también al control de plagas.
- **Servicios culturales**: Son beneficios inmateriales que la naturaleza proporciona y que inciden directamente en el bienestar físico y mental de las personas. Comprenden desde actividades recreativas y disfrute del paisaje hasta la inspiración artística, la espiritualidad o la conexión cultural.
- **Servicios de soporte**: Son aquellos procesos ecológicos fundamentales que permiten que los demás servicios ecosistémicos existan. Entre ellos se encuentran la formación del suelo fértil, la producción primaria vegetal y la fotosíntesis.

Esta clasificación en cuatro grandes grupos fue adoptada por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, así como por iniciativas como The Economics of Ecosystems and Biodiversity (*TEEB, 2010*) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (*AEMA, 2011*).

A continuación, se exponen los principales servicios ecosistémicos que ofrece la naturaleza, clasificados en las cuatro categorías adoptadas para la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (*MITERD 2020*):

***Tabla 1**. Listado de los Servicios Ecosistémicos*

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO
SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO	1. Alimentos
	2. Recursos hídricos (agua potable, de uso agrícola e industrial, recarga de acuíferos, etc.)
	3. Materias primas (madera, leña, materiales para tejidos, materiales de construcción, resinas, minerales, entre otros.)
	4. Combustibles renovables (biomasa, hidroelectricidad, energía eólica...)
	5. Recursos genéticos para la agricultura y la ganadería (variedades/razas autóctonas) y biotecnología.
	6. Recursos ornamentales, decoración, jardinería, etc.
	7. Compuestos bioquímicos de diferentes usos, recursos farmacológicos y medicinales, entre otros.
SERVICIOS DE REGULACIÓN	8. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos
	9. Regulación del clima
	10. Regulación del ciclo del agua (depuración, lucha contra la intrusión salina, etc.)
	11. Protección (contra la erosión, contra las inundaciones, temporales y otras catástrofes naturales)
	12. Mantenimiento de la fertilidad del suelo

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO
	13. Reciclaje de residuos y purificación de aguas residuales
	14. Control de enfermedades y plagas
	15. Polinización
SERVICIOS CULTURALES	16. Disfrute del paisaje
	17. Espiritualidad y valores religiosos
	18. Educación formal e informal de la sociedad
	19. Belleza, valores estéticos y fuente de inspiración
	20. Identidad cultural y sentido de pertenencia
	21. Patrimonio histórico y cultural
	22. Ocio y turismo de naturaleza
SERVICIOS DE SOPORTE	23. Formación de suelos
	24. Conectividad ecológica
	25. Producción primaria
	26. Ciclo de nutrientes
	27. Ciclo del agua

4.2 Los Servicios ecosistémicos dentro de la RBVC

La clasificación anterior es la que ha servido como inicio para los trabajos de evaluación de los servicios ecosistémicos dentro de la RBVC. Delimitados cuales son los servicios ecosistémicos que estudiar, el siguiente paso es realizar una valoración del potencial de cada uno de los servicios ecosistémicos en el ámbito de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel. Este se resume en las tablas siguientes, separados los servicios por sus cuatro grandes categorías:

4.2.1 Servicios de abastecimiento

__Tabla 2__. Listado y relevancia de los Servicios Ecosistémicos de Abastecimiento dentro la RBVC

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
Alimentos	**ALTA**	La agricultura (almendro, viña, olivo, cereal) y ganadería extensiva (ovina, caprina) forman parte esencial del paisaje agroecológico del Cabriel. Se practica una agricultura tradicional de bajo impacto, con variedades adaptadas al medio[1].
Recursos hídricos	**ALTA**	El río Cabriel está considerado uno de los ríos más limpios de Europa[2]. Su red hidrográfica alimenta acuíferos y abastece agua para riego, consumo

[1] Consorcio RBVC (2018). Memoria Técnica de Candidatura a Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel.
[2] https://aps.chj.es/siajucar/

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
		humano y usos recreativos. La calidad del agua es un elemento clave de la declaración como Reserva de la Biosfera.
Materias primas	MEDIA	Aunque históricamente se aprovechaba madera, leña y otros recursos forestales (resina, extracción de corcho, plantas aromáticas), actualmente su uso es más limitado y de carácter local. No obstante, existe un potencial en desarrollo vinculado al manejo forestal sostenible[3].
Combustibles renovables	MEDIA	Existen pequeños aprovechamientos de biomasa y un gran potencial para la energía solar, que de hecho se está visualizando en una proliferación de plantas solares en la zona de los llanos de la Manchuela y la Plana de Uriel – Requena. La energía eólica también es una fuente de energía con cierto potencial, encontrando ya hoy en día molinos en los municipios de Mira y de Enguidanos. La hidroelectricidad está limitada a pequeñas centrales. No es un uso principal, pero podría reforzarse con planes de sostenibilidad energética.
Recursos genéticos (variedades locales)	ALTA	Hay variedades tradicionales de viñedo (Bobal), olivo (Farga, Empeltre), y razas autóctonas ganaderas en recuperación. La conservación de esta agrobiodiversidad es estratégica por su resiliencia y valor patrimonial.
Recursos ornamentales	BAJA	Su uso es anecdótico y no representa una vía económica ni cultural relevante en el área. Poca extracción o aprovechamiento con fines comerciales.
Compuestos bioquímicos / farmacológicos	BAJA	Aunque existe biodiversidad vegetal con potencial etnobotánico, no hay una industria o línea de investigación activa que explote estos recursos en el ámbito local.

4.2.2 Servicios de regulación

Tabla 3. Listado y relevancia de los Servicios Ecosistémicos de Regulación dentro la RBVC

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
Mitigación de emisiones	MEDIA	La cobertura vegetal (bosques mediterráneos, matorral y cultivos leñosos) actúa como sumidero de carbono. Aunque no es su función principal, contribuye a reducir emisiones en el contexto rural.
Regulación del clima	MEDIA	Vegetación y masas forestales ayudan a moderar temperaturas y humedad, especialmente a nivel local. En zonas de regadío y ribera, este efecto es más notable.
Regulación del ciclo del agua	ALTA	El río Cabriel, los suelos permeables y la vegetación riparia permiten infiltración y depuración natural del agua, manteniendo acuíferos y evitando contaminación difusa.

[3] MITECO (2021). *Tercer Inventario Forestal Nacional. Comunidad Valenciana / Castilla-La Mancha*.
Consorcio de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel (2020). *Memoria técnica de candidatura a Reserva de la Biosfera*.
Centro de Estudios del Jiloca (2015). *Aprovechamientos tradicionales del monte en el Alto Jiloca y Cabriel*. Cuadernos de Etnografía, n.º 22.

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
Protección frente a la erosión e inundaciones	ALTA	El terreno presenta riesgos de erosión por pendiente, clima mediterráneo seco e incendios. La vegetación natural es clave en su retención. Los bosques y terrazas agrícolas actúan como barrera frente a avenidas e inundaciones.
Fertilidad del suelo	ALTA	Las prácticas tradicionales de manejo (rotación, ganadería extensiva, incorporación de materia orgánica) favorecen la conservación de suelos fértiles en un entorno propenso a la degradación.
Reciclaje de residuos y purificación de aguas	BAJA	Los sistemas naturales (riberas, zonas húmedas) tienen cierta capacidad de depuración, aunque no existen infraestructuras ecológicas a gran escala.
Control de enfermedades y plagas	MEDIA	La biodiversidad presente (aves insectívoras, depredadores naturales, flora auxiliar) contribuye al control biológico, especialmente en la agricultura ecológica o de bajo insumo.
Polinización	ALTA	Fundamental para cultivos como almendro, frutales y flora silvestre. Se da una fuerte presencia de polinizadores silvestres, vitales para el equilibrio ecológico y agrario.

4.2.3 Servicios culturales

Tabla 4. Listado y relevancia de los Servicios Ecosistémicos culturales dentro la RBVC

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
Disfrute del paisaje	ALTA	El valle del Cabriel es un paisaje de alto valor escénico, con elementos geológicos, agrícolas y fluviales bien conservados. Es un recurso turístico creciente y una motivación para la conservación.
Espiritualidad y valores religiosos	BAJA	Aunque pueden existir elementos simbólicos locales, no hay una práctica espiritual generalizada vinculada directamente al entorno natural.
Educación formal e informal	MEDIA	Existen programas educativos en desarrollo vinculados a la figura de la Reserva de la Biosfera, pero con margen de expansión. Importante como herramienta de sensibilización ambiental.
Estética, inspiración	ALTA	La belleza del paisaje, la biodiversidad y la conexión con la tradición rural ofrecen una fuente de inspiración artística, literaria y fotográfica, con potencial cultural y turístico.
Identidad cultural y pertenencia	ALTA	El paisaje agrícola y natural está profundamente arraigado en la identidad de los habitantes. Las prácticas tradicionales, las construcciones rurales y el modo de vida están estrechamente conectados con el entorno.
Patrimonio histórico y cultural	MEDIA	El territorio alberga elementos de valor etnográfico y arqueológico (castillos, hornos, acequias), aunque su estado de conservación y difusión varía.
Ocio y ecoturismo	ALTA	Senderismo, rutas BTT, observación de fauna y otras actividades están en expansión. Turismo sostenible es uno de los pilares del desarrollo local futuro.

4.2.4 Servicios de apoyo

Tabla 5. Listado y relevancia de los Servicios Ecosistémicos de apoyo dentro la RBVC

SERVICIO	RELEVANCIA	JUSTIFICACIÓN
Formación de suelos	**ALTA**	Las condiciones geoclimáticas del área hacen muy lenta la formación de suelos. La vegetación natural y el mantenimiento de prácticas tradicionales ayudan a conservar y generar suelo fértil.
Conectividad ecológica	**ALTA**	La reserva conecta ecosistemas forestales, agrícolas, fluviales y esteparios, sirviendo de corredor biológico entre espacios naturales de interés y favoreciendo la movilidad de especies.
Producción primaria	**ALTA**	Alta productividad primaria estacional en zonas forestales, ribereñas y agrícolas, esencial para mantener la cadena trófica y los servicios ecosistémicos asociados.
Ciclo de nutrientes	**MEDIA**	Funcionamiento adecuado en los sistemas naturales, aunque el abandono rural puede alterar el equilibrio en algunas zonas por pérdida de materia orgánica o erosión.
Ciclo del agua	**ALTA**	El río Cabriel, sus afluentes y el sistema de infiltración favorecen el mantenimiento de la humedad y la recarga hídrica, crucial para el clima semiárido regional.

4.3 Orientando el análisis de los servicios ecosistémicos a la metodología

El estudio de los servicios ecosistémicos resulta de un nivel de complejidad importante ya que implica abordar temáticas muy distintas entre sí: Desde el disfrute del paisaje hasta la biodiversidad del entorno, pasando por la producción de alimentos y la identidad cultural; todo son ámbitos que competen a los servicios ecosistémicos y su estudio, por su propia naturaleza, debe abordarse de maneras distintas entre sí. De esta manera, en un estudio que pretende hacer una evaluación global de los servicios ecosistémicos, no pueden utilizarse metodologías específicas para cada servicio ecosistémico, sino que debe utilizarse una metodología común a todos ellos. A tal efecto se determina que la mejor manera de proceder es pedir la opinión de expertos sobre distintos aspectos comunes a todos los servicios ecosistémicos que se encuentran dentro de la RBVC. Aspectos como la importancia, el estado, la tendencia y la vulnerabilidad son atributos valorables para todos los servicios ecosistémicos, y que se pueden así abordar de manera conjunta, a la vez que utilizando un criterio homogéneo en su valoración.

La evaluación por parte de expertos en los distintos servicios ecosistémicos conduce a una preparación previa del cuestionario que se les pedirá que respondan, cuestionario que resulta una pieza fundamental para la correcta valoración de los servicios ecosistémicos. Plantear un buen cuestionario debe contemplar:

- **Cuál es el objetivo del cuestionario:** En este caso, el objetivo es obtener la valoración experta sobre la importancia, vulnerabilidad estado y tendencia de cada servicio ecosistémico presente en la RBVC.
- **Granularidad:** La RBVC es un espacio muy grande, hecho que motiva que un mismo servicio ecosistémico pueda tener variaciones en la importancia, estado vulnerabilidad o tendencia dentro del territorio. El cuestionario debe permitir así una cierta variabilidad espacial en las respuestas de los encuestados.
- **Facilitar la obtención de respuestas:** A medida que se plantean más preguntas o se quiere abordar la complejidad de manera más específica, es habitual que el cuestionario se vuelva más pesado de contestar, requiriendo más tiempo de los encuestados a completarlo. Este hecho conlleva aumentar

el tiempo que se tarda en responder la encuesta, lo que acaba afectando a la cantidad de respuestas que se obtienen. Teniendo esto en cuenta, es primordial intentar simplificar al máximo el cuestionario, balanceando este hecho con los dos apartados anteriores.

Considerando todos los puntos anteriores, se decido abordar una simplificación en el número de servicios ecosistémicos a valorar por parte de los expertos. Para ello se considera la valoración que se ha realizado sobre el potencial de los distintos servicios ecosistémicos en el ámbito de la RBVC, y se excluyen del análisis aquellos servicios que no resultan relevantes dentro del ámbito. A la vez, se reclasifican los servicios en tres categorías: De provisión, de regulación y culturales.

Esta clasificación deja fuera, como categoría independiente, a los servicios de soporte, ya que se considera que estos no son comparables al resto, sino que constituyen la base sobre la cual se sostienen los demás servicios ecosistémicos. Esta manera de clasificar fue adoptada en los primeros marcos internacionales sobre servicios ecosistémicos y sigue siendo válida en la actualidad. De hecho, es la utilizada por la *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES), desarrollada por la Agencia Europea de Medio Ambiente, y también la recomendada por la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y la Restauración Ecológicas (*MITERD, 2020*), constituyéndose así en un referente clave en este ámbito.

De esta manera, los servicios ecosistémicos que serán objeto de estudio se reducen a un total de 14, clasificándose de la siguiente manera:

***Tabla 6**. Listado de los Servicios Ecosistémicos objeto de estudio*

ABASTECIMIENTO	REGULACIÓN	CULTURALES
Alimentos	Regulación climática y mitigación de emisiones de GEH	
Recursos hídricos	Regulación hídrica	Conocimiento científico y educación ambiental
Materias primas	Formación y fertilidad del suelo	Paisaje y disfrute estético
Energías renovables	Protección frente perturbaciones naturales y control biológico	Identidad cultural y sentido de pertenencia
Recursos genéticos, biotecnología y principios activos	Polinización	Actividades recreativas y ecoturismo

En la tabla se resaltan en rojo además aquellos servicios ecosistémicos que se valora es de interés estudiar teniendo en cuenta su granularidad. Para estos servicios ecosistémicos se separa su valoración en zonas (utilizando las definidas en el apartado 3. Análisis cartográfico e identificación de unidades territoriales en la RBVC), donde cada experto podrá especificar valores para los ítems considerados (Importancia, estado, vulnerabilidad y tendencia) por separado por cada zona.

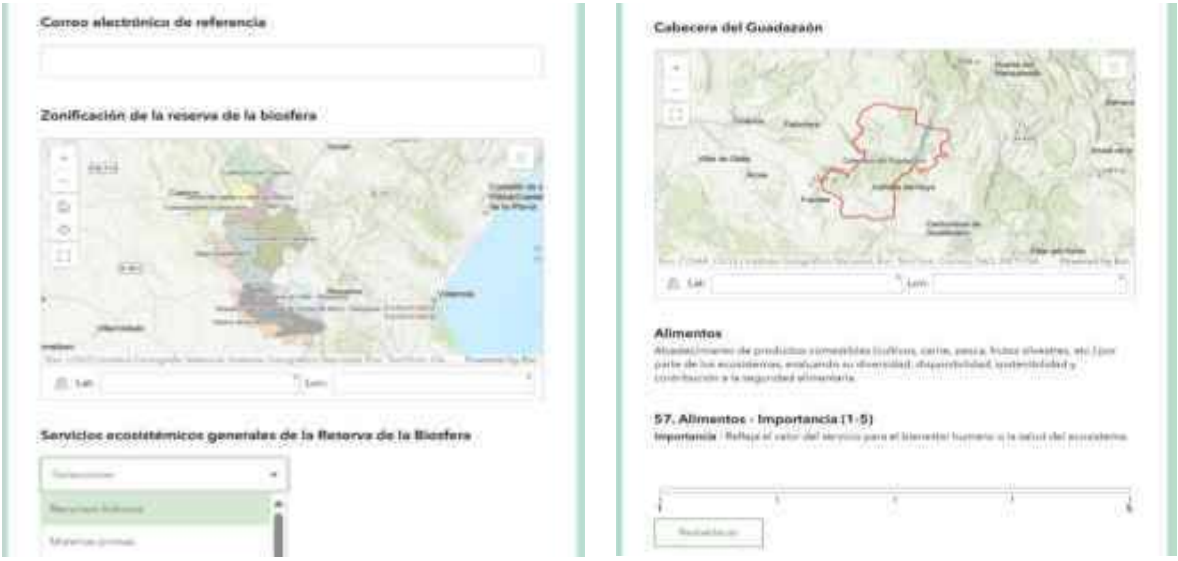
4.4 La encuesta enviada a los expertos para la evaluación de los Servicios ecosistémicos

Se decide emplear el programa Survey123 de Esri para realizar la encuesta, al ajustarse este perfectamente a las necesidades del proyecto en cuanto a que:

- Se pueden incorporar mapas en donde ofrecer información para completar la encuesta
- Permite recoger ubicaciones determinadas por los usuarios a la hora de responder
- La encuesta se puede configurar para que vayan apareciendo apartados de la esta al ir seleccionando el usuario los apartados que desea responder
- Se puede programar que no toda la encuesta sea de obligado cumplimiento antes de enviar la respuesta, así como que el usuario pueda dejar la respuesta a medias, cerrar sesión, y acabar de completar la respuesta en otro espacio de tiempo.
- Toda la información recogida se descarga en formato de tabla de datos, pudiendo a la vez ser descargada directamente como una capa geográfica de valores, propia de los programas de SIG (ya sea como geodatabase o como shapefile).
- La encuesta se adapta a distintos formatos de pantalla y de dispositivo de manera automática, estando su uso integrado tanto en móviles, tabletas o ordenadores.

De esta manera, el cuestionario se transmite a los expertos de los que se proporciona el contacto por parte de los responsables de la RBVC mediante un correo electrónico, en el que se explican los apartados de la encuesta, las asunciones que se han hecho al crearla y el resultado que se espera al obtener los datos.

__Figura 7__. Encuesta enviada a los expertos para la evaluación de los Servicios Ecosistémicos



Fuente: Elaboración propia

La encuesta se estructura así en tres partes:

- Una primera parte de datos generales sobre la persona que responde la encuesta
- Una segunda parte de datos sobre los servicios ecosistémicos que se valora son homogéneos en cuanto a variabilidad de los 4 aspectos a valorar dentro de la RBVC (recursos hídricos; materias primas; recursos genéticos, biotecnología y principios activos; Regulación climática y mitigación de

emisiones de GEH; polinización, paisaje y disfrute estético, Identidad cultural y sentido de pertenencia).

- Una tercera parte en que se pueden seleccionar las zonas establecidas dentro de la RBVC, y al seleccionar cada una de ellas, se abren los distintos ítems (Importancia, estado, vulnerabilidad y tendencia) de cada servicio ecosistémico a valorar dentro de esa zona (alimentos, energías renovables, regulación hídrica, protección frente a perturbaciones naturales y control biológico, conocimiento científico y educación ambiental, actividades recreativas y ecoturismo
- Una parte final en que cada experto puede añadir comentarios en general sobre su respuesta o precisiones a realizar sobre ella, así como otros aspectos a considerar.

4.4.1 Los ítems considerados en la encuesta

De mutuo acuerdo con los responsables de la RBVC, se establece que cada servicio ecosistémico quedará valorado según 4 aspectos: Importancia, vulnerabilidad, estado y tendencia. Estos se enfocaban ya en la fase de oferta del presente proyecto y se visualizan como los adecuados para valorar de manera conjunta los distintos servicios ecosistémicos de la RBVC. Cada experto podrá valorar así:

- Importancia del servicio ecosistémico para el global de la RBVC o de la zona especificada, según un rango de respuestas de 5 valores situando el 1 como “Poco importante” y el 5 en “Muy importante”
- El estado del servicio ecosistémico dentro de la RBVC o en la zona especificada. El rango de valores también se considera como 5, situando el 1 como “Mal estado” y el 5 como “Buen estado”.
- La vulnerabilidad se evalúa considerando un rango de tres valores, según se considere esta como “Alta” (1), “Media” (2) o “Baja” (3).
- La tendencia se clasifica también en tres valores: “Negativa” (1), “Neutra” (2) o “Positiva” (3).

Al tratar los valores como números, aun sin que los encuestados lo puedan percibir para la vulnerabilidad y la tendencia, se permite después tratar las respuestas numéricamente, estableciendo medias y analizando desviaciones de resultados.

4.5 Resultados de la encuesta

Al finalizar el período de respuesta de la encuesta (del 12 al 26 de Mayo), se recuentan 25 participaciones en esta. Se valora positivamente el número de participaciones, aunque se observa que la mayoría son respuestas parciales, no han realizado la encuesta en su totalidad. Aun así, se cuenta con más de 4 valoraciones en cada uno de los apartados, lo que permite considerar la participación como adecuada.

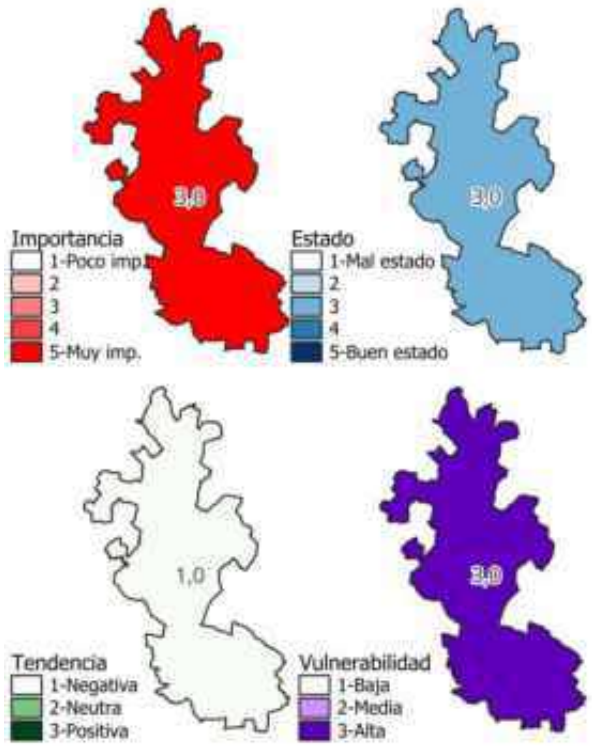
Las tablas con los datos totales de la participación se proporcionen en los adjuntos digitales de este proyecto. En este documento se recoge el tratamiento que se les ha dado, así como las conclusiones de este tratamiento.

Desafortunadamente, el número de respuestas para cada ítem no es el suficiente como para realizar un análisis estadístico profundo. Aun así, se considera que se dispone de una base sobre la cuál analizar o sacar conclusiones generales, sobre las que se puede después añadir un tratamiento más específico o que pueden servir para enfocar los siguientes pasos de la gestión de la RBVC en relación con los servicios ecosistémicos. De cada ítem analizado de cada servicio ecosistémico, se calcula el promedio de todos los valores recabados en la encuesta, mostrando los resultados en las distintas figuras que se pueden observar a continuación:

4.5.1 Resultados de la encuesta para los servicios ecosistémicos globales:

Formación y fertilidad del suelo:

Figura 8. Resultados encuesta. Formación y fertilidad del suelo

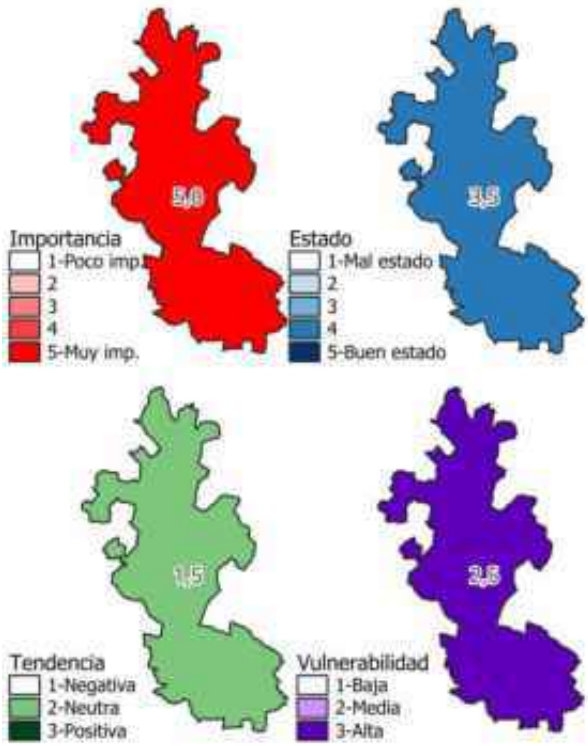


Fuente: Elaboración propia

La formación y fertilidad del suelo recibe valores medios en cuanto a importancia y estado (3). Probablemente, el hecho de relacionar la RBVC íntimamente con el río hace que los servicios de producción de alimentos y sus relacionados sean considerados menos importantes de cara a esta valoración. Es preocupante la valoración negativa que se considera en la tendencia de este servicio ecosistémico, así como la alta vulnerabilidad que los expertos han considerado, que considerado de manera conjunta nos presentan un servicio ecosistémico a tener en cuenta en cuanto a posibles actuaciones de mejora.

Identidad cultural:

Figura 9. Resultados encuesta. Identidad cultural

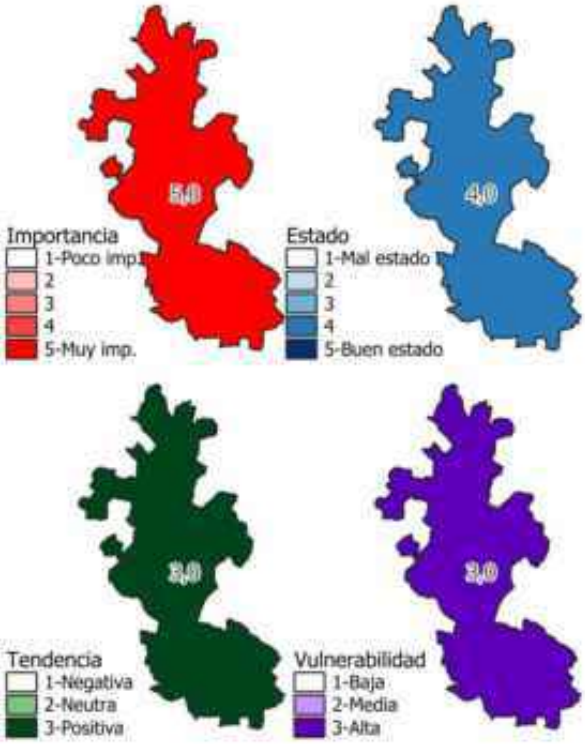


Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la identidad cultural, los distintos expertos han manifestado la gran importancia que esta tiene en la RBVC (5), considerando a la vez que su estado se mueve en el rango del estado medio avanzando hacia el bueno estado. En cuanto a la tendencia y vulnerabilidad, se considera que la identidad cultural tiene una tendencia negativa – netura; y aun sin ser tan vulnerable como la formación y fertilidad del suelo, si se mueve en rangos de vulnerabilidad elevada.

Materias primas:

Figura 10. Resultados encuesta. Materias primas

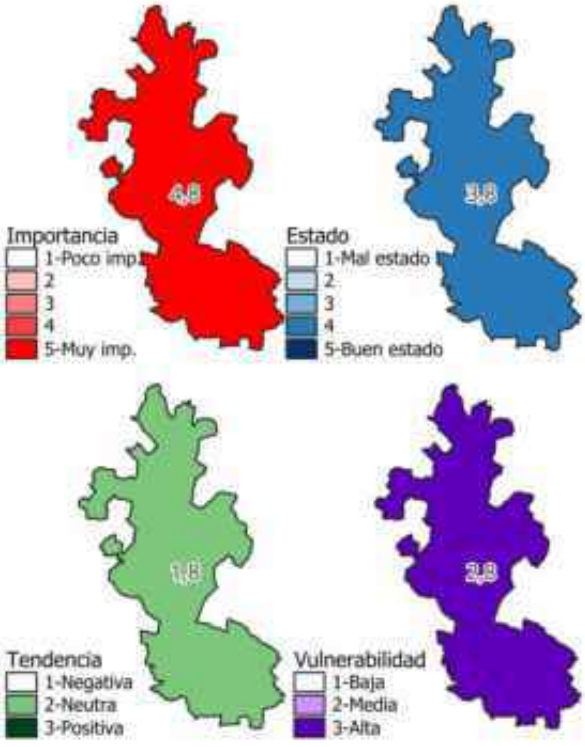


Fuente: Elaboración propia

Se clasifica para el servicio ecosistémico relacionado con el provisionamiento de las materias primas que la RBVC proporciona como muy importante, así como que este se encuentra en un buen estado. Combinando estos aspectos con la tendencia positiva que se valora tiene este servicio ecosistémico, este es quizá uno de los mejor valorados por los expertos. La vulnerabilidad pero se considera alta, así que debe tomarse precaución en caso de establecer medidas que puedan afectar al servicio en un futuro.

Paisaje y disfrute estético:

Figura 11. Resultados encuesta. Paisaje y disfrute estético

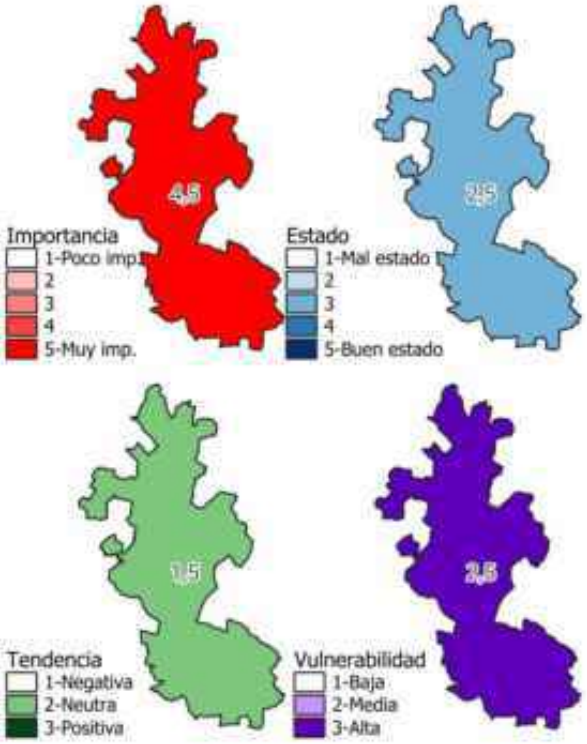


Fuente: Elaboración propia

Un caso similar es el del paisaje y disfrute estético. En este caso el servicio se considera muy importante dentro de la RBVC, a la vez que se ubica su estado como en favorable. La tendencia pero se sitúa cercana a la neutralidad si bien con muestras de ser negativa, y a la vez se considera que es un servicio con una vulnerabilidad elevada. El paisaje y disfrute estético puede entrar en colisión con el desarrollo económico de la zona, hecho por el que probablemente se explican los valores mostrados por los encuestados.

Polinización:

Figura 12. Resultados encuesta. Polinización

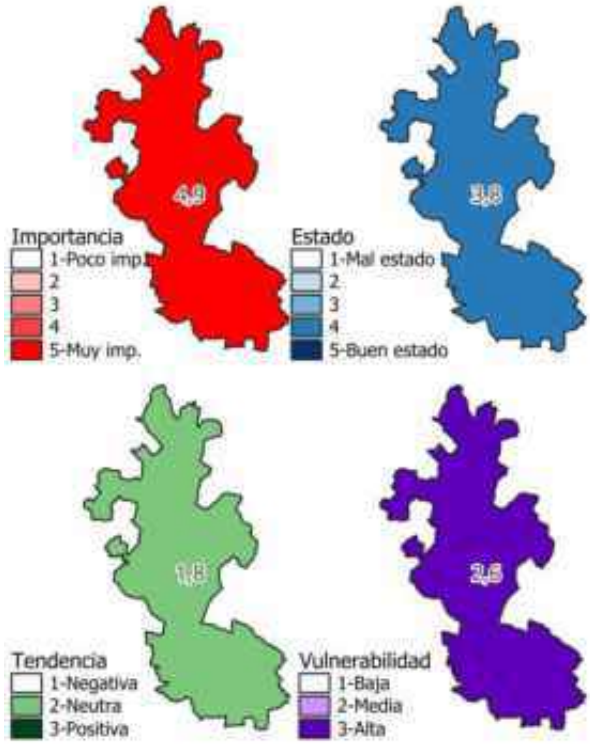


Fuente: Elaboración propia

La polinización recibe también valores muy altos de importancia dentro de la RBVC, pero se le asocia por parte de los expertos un estado muy próximo a valores bajos. La creciente presión sobre las abejas puede explicar estos valores, así como la perdida de terreno de matorral, dos aspectos que pueden explicar también la tendencia (cercana a la neutralidad pero por el rango negativo de esta) y su vulnerabilidad que se aproxima también a valores altos.

Recursos hídricos:

Figura 13. Resultados encuesta. Recursos hídricos

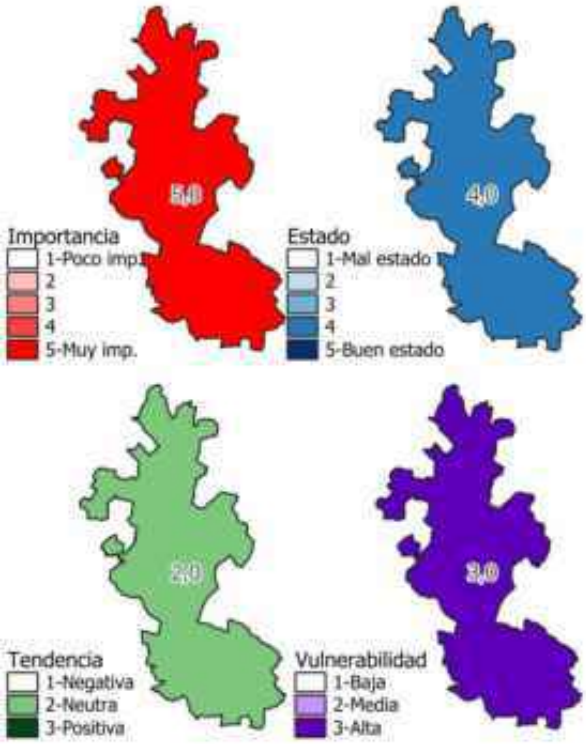


Fuente: Elaboración propia

Los recursos hídricos se consideran también, por parte de los expertos, como muy importantes dentro de la RBVC. Su estado se considera como positivo sin llegar a considerar que se encuentran en un estado óptimo, pero puede preocupar que se valore que su tendencia es neutra. Los valores cercanos a una vulnerabilidad alta muestran como de hecho todos los servicios ecosistémicos valorados son en cierta medida vulnerables.

Recursos genéticos:

Figura 14. Resultados encuesta. Recursos genéticos

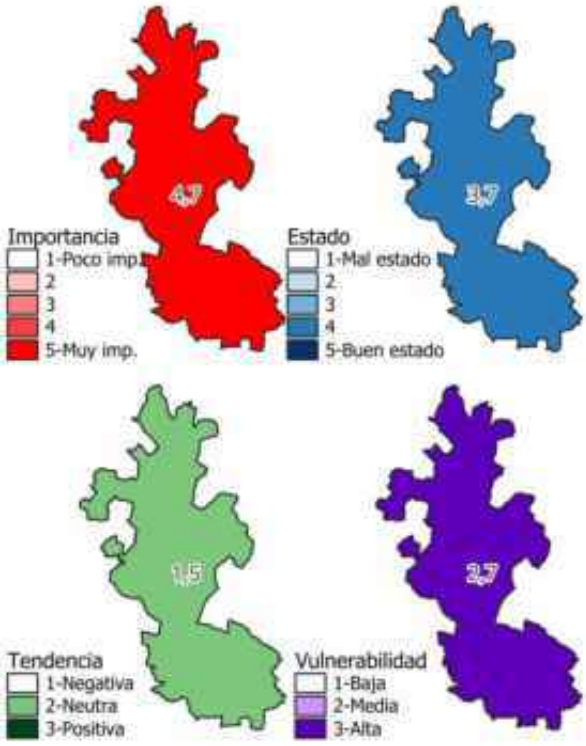


Fuente: Elaboración propia

Los recursos genéticos se consideran también como muy importantes dentro de la RBVC, siendo también considerados como que se encuentran en un buen estado. Considerando además la tendencia neutra en el servicio ecosistémico, conforman uno de los servicios ecosistémicos que cuenta con mejores valoraciones por parte del equipo experto. La vulnerabilidad del servicio se considera pero alta, motivo por el que aun siendo un servicio ecosistémico que puede considerarse muy positivo, no debe dejar de tenerse en cuenta a la hora de planificar actuaciones en la RBVC.

Regulación climática:

Figura 15. Resultados encuesta. Regulación climática



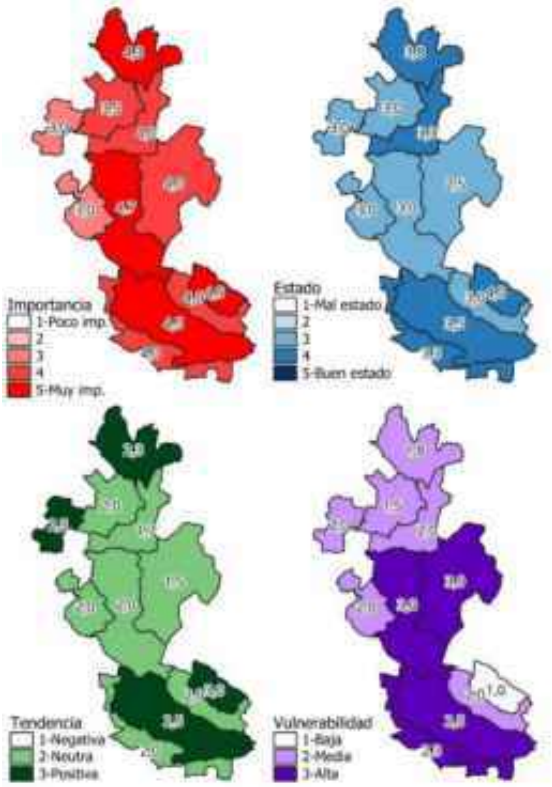
Fuente: Elaboración propia

La regulación climática en la RBVC se considera también como muy importante, recibiendo por parte del equipo experto además la consideración de que se encuentra en un estado próximo a la neutralidad. Aun así, la tendencia se considera a medio camino entre la neutralidad y la negatividad, situando la vulnerabilidad también cerca de valores altos.

4.5.2 Resultados de la encuesta para los servicios ecosistémicos regionalizados:

Actividades recreativas:

Figura 16. Resultados encuesta. Actividades recreativas

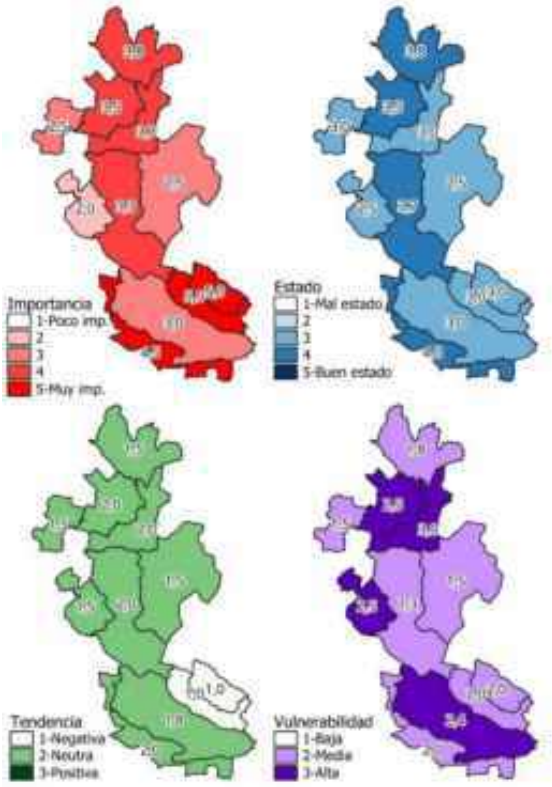


Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de las zonas de la RBVC reciben valores medio-altos en cuanto a la importancia de las actividades recreativas. Se puede observar pero que aquellas zonas con más influencia del río son las que reciben valores más altos, mientras que las que se alejan más de este reciben valores más medios. No ocurre lo mismo con la valoración que recibe el estado de las zonas en relación a este servicio ecosistémico, siendo de hecho los tramos alto y bajo los que reciben una consideración de estado mejor, mientras que el tramo medio recibe puntuaciones neutras o negativas. La tendencia de las zonas muestra también una distribución similar en los resultados, siendo el tramo bajo y alto de la RBVC donde se reciben valores más positivos mientras que la parte central recibe valores que la acercan más a la neutralidad o hacia la negatividad. Finalmente, la vulnerabilidad se clasifica como alta en el tramo medio y bajo de la RBVC, siendo esta menor en el tramo alto y los extremos oriental y occidental de la RBVC.

Alimentos:

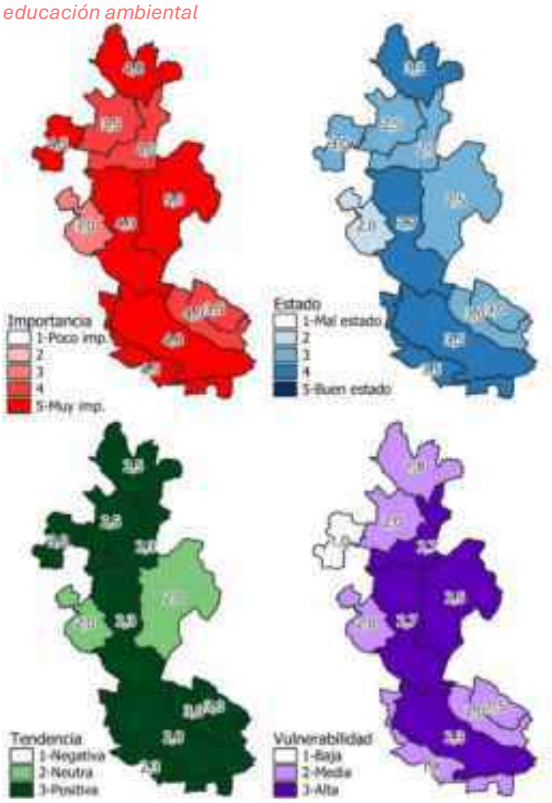
Figura 17. Resultados encuesta. Alimentos



La importancia de la producción de alimentos presenta una variabilidad importante dentro de la RBVC; siendo las zonas con mayor importancia las de los extremos oriental y occidental del tramo bajo del río. El estado es mayormente neutro – bueno, siendo las zonas del eje central del río mejor valoradas que las demás. La tendencia se valora como neutra-negativa en conjunto, recibiendo valores bajos o muy bajo (como los que se obtienen en la parte del sur-este de la RBVC. Finalmente, la vulnerabilidad es media en la mayoría de zonas contempladas de la RBVC; moviéndose en la mayoría de casos entre los valores de 1'5 y 2'5.

Conocimiento científico y educación ambiental:

Figura 18. Resultados encuesta. Conocimiento científico y educación ambiental

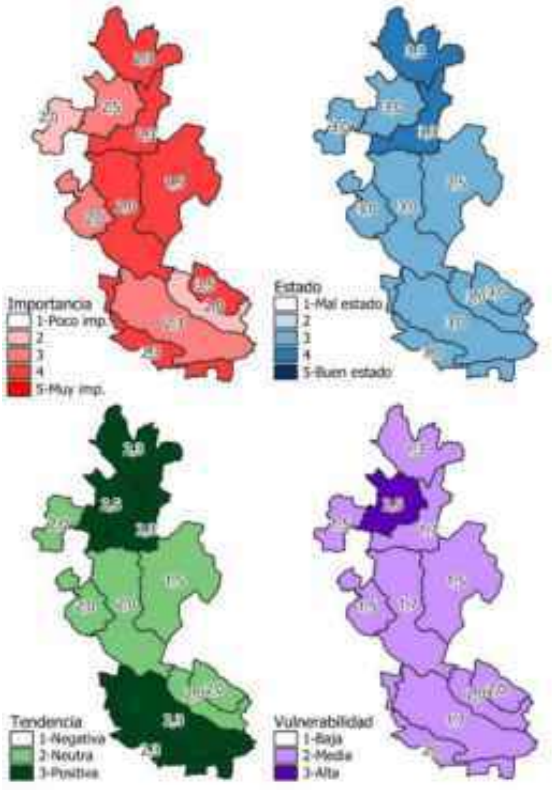


Fuente: Elaboración propia

La práctica totalidad de la reserva se considera como muy importante en lo referente al conocimiento científico y la educación ambiental. No es de extrañar que los tramos donde se puede encontrar la mayor longitud de río parecen obtener las puntuaciones más elevadas, al ser estas especialmente propicios a desarrollar actividades relacionadas con la educación ambiental. El estado de este servicio ecosistémico se sitúa en valores medios, entre el 2'5 y el 3'5 en la práctica totalidad de las zonas consideradas. La tendencia es positiva en prácticamente todas las zonas consideradas, mostrando así un servicio ecosistémico con buenos valores generales en todos los aspectos. Finalmente se considera que la vulnerabilidad del servicio ecosistémico es media, siendo esta mayor en los tramos donde se puede encontrar también el río (lugares que se consideraban a la vez más importantes en relación con este servicio ecosistémico).

Energías renovables:

Figura 19. Resultados encuesta. Energías renovables

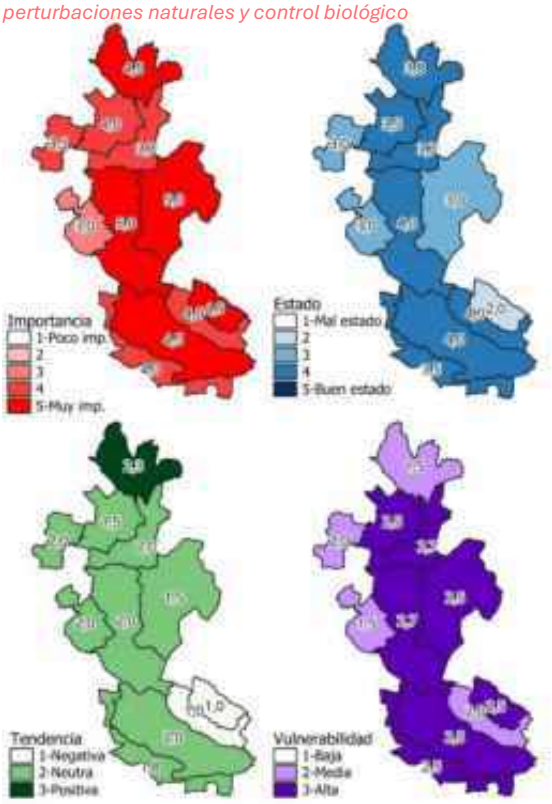


Fuente: Elaboración propia

Los expertos consultados han dado un promedio de importancia bajo al servicio ecosistémico de producción de energía renovable. Esto resulta sorprendente al tener en cuenta que dentro de la RBVC existe el embalse de contreras, que dedica parte de su actividad a la producción de energía hidráulica. Quizá la ausencia de centrales de producción solar de gran envergadura en la zona es la que motiva esta falta de importancia por parte de los expertos, el hecho debería tratarse en futuras indagaciones sobre los servicios ecosistémicos dentro de la RBVC. El estado se sitúa en términos medios prácticamente en toda la RBVC; mientras que la tendencia se considera mayormente neutra, aunque en los extremos norte y sur de la RBVC la tendencia presenta valores más positivos que en las zonas centrales. Finalmente, la vulnerabilidad de este servicio ecosistémico se considera media – baja; excepte en la zona de las serranías bajas y valle del Mayor, donde esta presenta valores bastante altos.

Protección frente a perturbaciones naturales y control biológico:

Figura 20. Resultados encuesta. Protección frente a perturbaciones naturales y control biológico

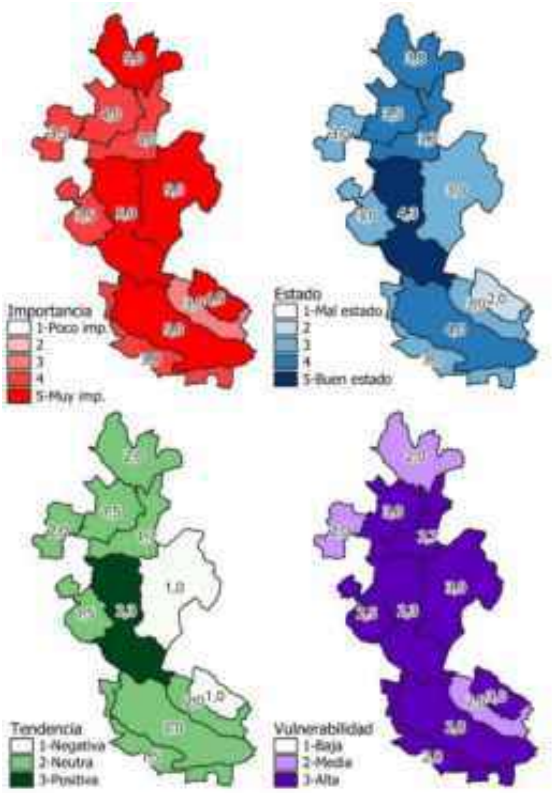


Fuente: Elaboración propia

La importancia de la protección frente a perturbaciones naturales y control biológico se considera, por parte del equipo experto, como muy importante dentro de toda la RBVC, siendo las zonas centrales y del este de ésta como las que obtienen valores mayores de importancia. Protección contra inundaciones y crecidas del río, reservorio de especies que actúan frente a plagas y hasta reservorio de agua frente a la lucha contra incendios, la RBVC muestra estas y otras muchas funciones relacionadas con este servicio ecosistémico. El estado del servicio ecosistémico también se considera mayormente bueno, aunque las zonas más alejadas del curso de río principal se consideran en un estado más neutro, hecho consecuente con las funciones relacionadas con este servicio ecosistémico. La tendencia del citado servicio ecosistémico es neutra, pero con algunas zonas (Plana de Utiel – Requena y el Mosaico Agroforestal de Venta del Moro – Requena) con una tendencia acusadamente negativa. La Vulnerabilidad, se mueve en valores neutros y altos, siendo esta una valoración común a la mayoría de servicios ecosistémicos valorados por los expertos.

Regulación hídrica:

Figura 21. Resultados encuesta. Regulación hídrica

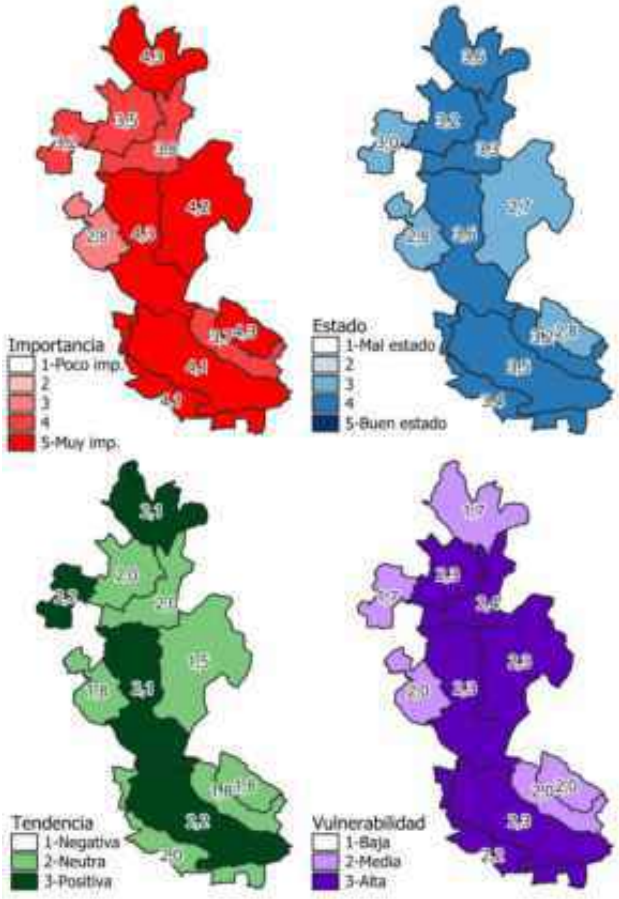


Fuente: Elaboración propia

La Regulación hídrica recibe una consideración de importancia elevada en las zonas de la RBVC. No existe ninguna zona donde esta caiga por debajo del punto medio, obteniendo diversas zonas (Cabecera del Cabriel, Tramo medio del Cabriel – Embalse de Contreras, Cuenca del río Henares y Valle de las Hoces del Cabriel) el valor máximo de importancia. El estado del servicio ecosistémico se considera medio – bueno, generalmente recibiendo las zonas más importantes valores más altos en cuanto también a su estado. La tendencia del servicio ecosistémico oscila entre la neutralidad y la negatividad, recibiendo también las zonas más importantes valores más neutros en cuanto a su tendencia. Finalmente, la vulnerabilidad del servicio ecosistémico en la mayoría de las zonas de la RBVC es alta, exceptuando las zonas de la Cabecera del Cabriel, la Cabecera del Guadazón y el Mosaico agroforestal de Venta de Moro – Requena, donde se han obtenido valores neutros de vulnerabilidad.

Análisis agregado de los datos:

Figura 22. Resultados encuesta. Análisis agregado de los datos



Fuente: Elaboración propia

Se han agregado los datos de importancia, estado, tendencia y vulnerabilidad para cada una de las zonas, calculando el promedio de cada valor obtenido de cada experto en cada zona. Se han excluido del análisis los datos de los servicios ecosistémicos que no se han regionalizado, al homogeneizar estos el general de las zonas si se hubieran tenido en consideración.

Toda la RBVC recibe puntuaciones de importancia elevadas, estando casi todas ellas por encima del 3, siendo este considerado el punto medio. Las zonas centrales del valle, por donde discurre el cauce principal del río reciben puntuaciones de importancia ligeramente más elevadas que las periféricas, mostrando como se relaciona la RBVC al elemento definitorio por antonomasia del espacio natural: El Río Cabriel.

El estado recibe puntuaciones ligeramente más reducidas que la importancia, tendiendo más hacia la zona de neutralidad – buen estado. También puede observarse, en este caso, como las zonas centrales de la RBVC reciben puntuaciones de estado más elevadas que las periféricas del valle, alejadas a la vez del cauce del río.

La tendencia dentro de la RBVC se considera mayormente neutra, si bien es visible que en las zonas más alejadas del cauce principal se tiende más a valorar una tendencia negativa, mientras que en las zonas centrales se observan tendencias más neutras. De nuevo, el río como elemento principal de la RBVC muestra su influencia entre la opinión de los expertos.

Finalmente, la vulnerabilidad presenta valores medio – altos, siendo el valle del Cabriel menos vulnerable, según los expertos, en las zonas del mosaico agroforestal de Venta de Moro – Requena, en la Plana de Utiel – Requena, en el Bajo Guadazón, y sobre todo en la Cabecera del Guadazón y la Cabecera del Cabriel.

4.6 Conclusiones

El estudio de los datos de la encuesta dirigida a los especialistas permite concluir que:

- Si bien los datos de la encuesta han permitido obtener valoraciones de cada ítem, para cada región, es necesario ampliar esta información para sacar conclusiones más robustas.
- Separar la RBVC en zonas para su valoración regionalizada ha arrojado resultados muy interesantes de cara al estudio de los servicios ecosistémicos en la zona. Debería valorarse la posibilidad de regionalizar el estudio de los servicios ecosistémicos que se han evaluado de manera conjunta para toda la RBVC.
- La mayoría de los expertos han señalado como importante cada uno de los servicios ecosistémicos de la RBVC. Esto es coherente con el hecho de que los expertos no tienen porque contestar toda la encuesta, así que cada uno valora los servicios ecosistémicos que son de su campo, identificándolos como importantes en parte porque justamente, son parte de su campo de estudio. De tener más participaciones, podría orientarse también la importancia en función del número de respuestas que cada servicio ecosistémico ha obtenido en la encuesta, o estudiar la posibilidad de que cada experto deba contestar toda la encuesta.
- En varios ítems (actividades recreativas, regulación hídrica, conocimiento científico y educación ambiental), se puede observar la incidencia del río en la distribución de los resultados. Esto reafirma la importancia de este en la dinámica de la RBVC, y el eje vertebrador que ejerce en toda la reserva.
- En general, los expertos coinciden al señalar una tendencia neutra y un espacio muy vulnerable entre los servicios ecosistémicos.

5 Análisis de la recarga de los acuíferos en la RBVC

5.1 Datos generales de la RBVC

La Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel abarca aproximadamente 421.765 hectáreas a lo largo de 220 kilómetros del río Cabriel y su territorio presenta una geología y geomorfología diversas y complejas.

El **sustrato geológico** de la reserva está compuesto principalmente por materiales del Mesozoico y Cenozoico:

- Triásico: Predominan afloramientos en áreas como Villargordo del Cabriel, caracterizados por margas y yesos del Keuper, que influyen en la composición florística local.
- Jurásico y Cretácico: Presentes en diversas zonas, aportando formaciones calizas que han sido modeladas por procesos kársticos, dando lugar a estructuras como torcas y dolinas.
- Terciario y Cuaternario: Incluyen depósitos sedimentarios que conforman llanuras aluviales y terrazas fluviales a lo largo del valle.

La **geomorfología** del valle es resultado de la interacción entre la litología y los procesos erosivos fluviales, destacando:

- Hoces y cañones: El encajonamiento del río Cabriel ha generado hoces y cañones de gran profundidad, especialmente en el Parque Natural de las Hoces del Cabriel, considerados ejemplos sobresalientes de hoz fluvio-kárstica.
- Formaciones kársticas: La disolución de las calizas ha originado un paisaje kárstico con torcas, dolinas y cuevas, como las presentes en la Serranía de Cuenca.
- Terrazas fluviales y meandros: En zonas de menor pendiente, el río ha formado terrazas y meandros, creando llanuras de inundación que albergan ecosistemas riparios.

5.2 Aplicación del método APLIS

En un área kárstica como la que nos ocupa, en términos generales, el volumen de agua que circula por el subsuelo es mucho mayor que el que lo hace en superficie debido a las características de este tipo de sistemas.

Uno de los aspectos fundamentales para conocer el funcionamiento de un acuífero kárstico y para valorar el recurso hídrico correctamente es la cuantificación de la capacidad de recarga, es decir, la cantidad de agua (generalmente de lluvia) que entra en un acuífero, como paso previo al establecimiento del balance hidrológico (entradas y salidas) del mismo. Debido a la propia naturaleza kárstica del acuífero resulta muy complejo la determinación del volumen de la recarga, que tradicionalmente se ha llevado a cabo mediante el cálculo de balances hídricos y otros métodos complejos. Sin embargo, estos métodos requieren de muchos medios (e.g. la instrumentación de las cuencas y la obtención de largas series de datos) y suelen arrojar resultados con un elevado grado de incertidumbre.

De acuerdo con *Lerner et al. (1990)* una de las condiciones que deben cumplir los métodos de estimación de la recarga es que sean fáciles de aplicar. Si el método utiliza gran cantidad de datos e información muy especializada, difícilmente podrá aplicarse fuera del ámbito de la investigación.

En este sentido, el método APLIS, ideado por el IGME y el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA), se ha demostrado un método útil y eficaz para realizar una estimación satisfactoria de la recarga de acuíferos kársticos *(Andreo, B., et al. 2004)*, por lo que resulta muy apropiado para conocer el funcionamiento hidrológico y valorar el recurso hídrico de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel.

La tasa media de recarga anual en acuíferos de zonas carbonatadas, expresada como porcentaje de la precipitación, se calcula a partir de las siguientes variables: Altitud (A), Pendiente (P), Litología (L), áreas de absorción-Infiltración preferencial (I) y Suelo (S). Esto permite la superposición en el SIG de las capas de información correspondientes a las variables para calcular la tasa de recarga y obtener la distribución espacial de la misma.

El método APLIS, en su versión inicial y en base a los datos disponibles en ese momento, propuso unos criterios concretos para el establecimiento de valores para cada una de las variables usadas para la estimación de la recarga anual de acuíferos.

Para el establecimiento de dichos valores en el caso de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel, se ha partido de los criterios de *Andreo, B., et al. 2004*, ajustando los valores a las características específicas del área de estudio y realizando mejoras en algunos casos, como en la variable infiltración, dado que se disponía de cartografía de calidad del SIMPA (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación), elaborada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (MITECO).

5.3 Establecimiento de valores en la RBVC

De cada variable se establecen categorías o intervalos, a cada uno de los cuales se le asigna un valor entre 1 (mínima influencia en la recarga) y 10 (máxima influencia) y se almacenan en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Como se ha mencionado anteriormente, las categorías e intervalos establecidos en este estudio su han basado en la propuesta metodológica de *Andreo, B., et al. 2004,* dado que las características geológicas y climáticas del ámbito de dicho estudio son comparables a las del Valle del Cabriel. Aun así, en algunos casos, las variables se han reclasificado y valorado de nuevo a partir de las características específicas del ámbito.

5.3.1 Altitud

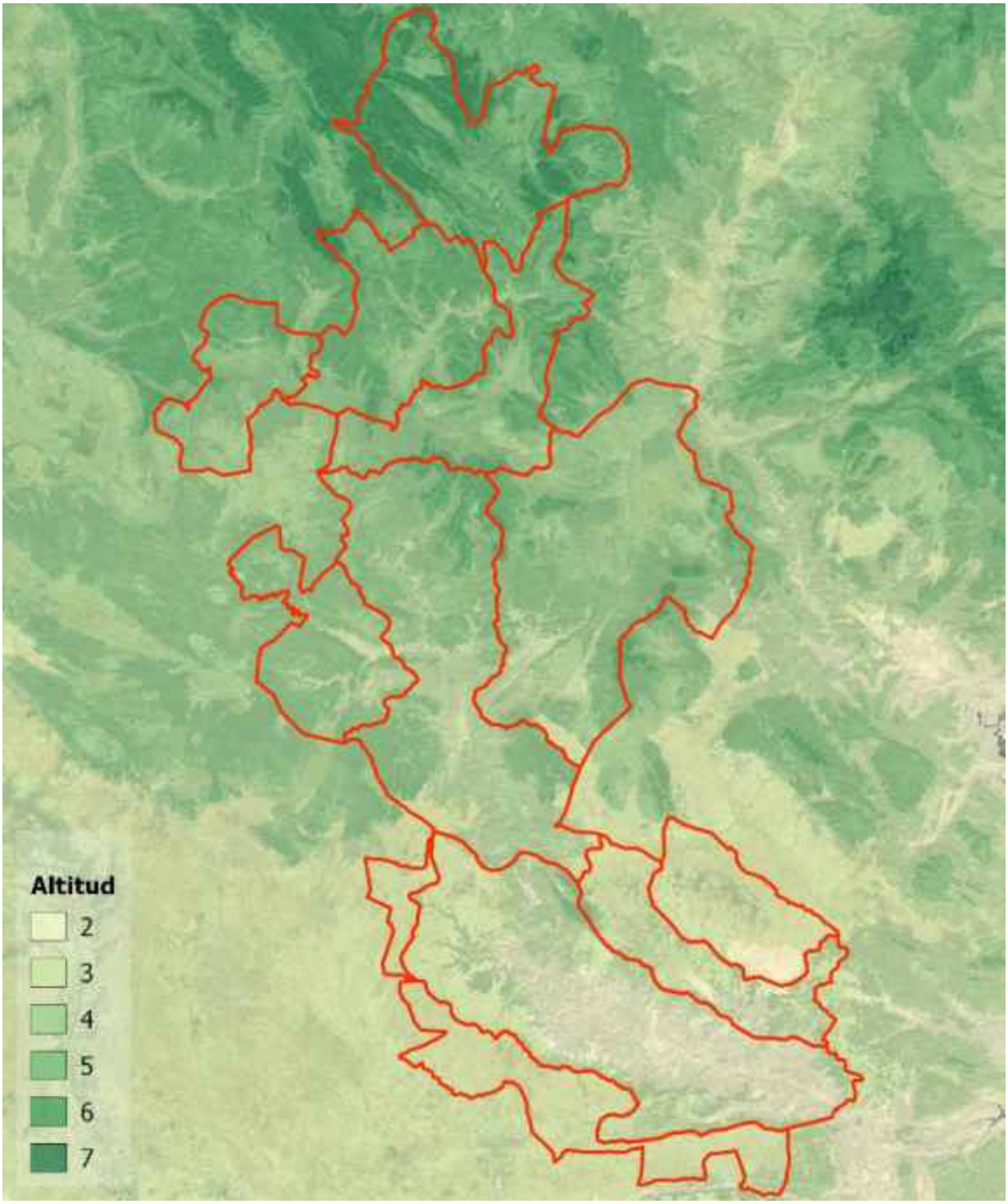
Siguiendo los criterios establecidos en el APLIS original, la altitud (Tabla 7) se ha dividido en clases que siguen una progresión aritmética de diferencia 1, de manera que conforme aumenta la altitud, aumenta la precipitación y aumenta la recarga del acuífero. Los valores de altitud se han agrupado en intervalos de 300 m y a partir de 2700 m de altitud se considera que las diferencias en la recarga son inapreciables.

Tabla 7. Valores establecidos por intervalos de altitud

Altitud (msnm)	Puntuación
≤ 300	1
(300-600]	2
(600-900]	3
(900-1200]	4
(1200-1500]	5
(1500-1800]	6
(1800-2100]	7
(2100-2400]	8
(2400-2700]	9
> 2700	10

Una vez establecidos los intervalos y valores de altitud, la cartografía resultante es la siguiente:

Figura 23. Método APLIS. Altitud



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los valores obtenidos se sitúan dentro del intervalo [2, 7] ya que las cotas se sitúan entre los 300 y los 2100 msnm.

5.3.2 Pendiente

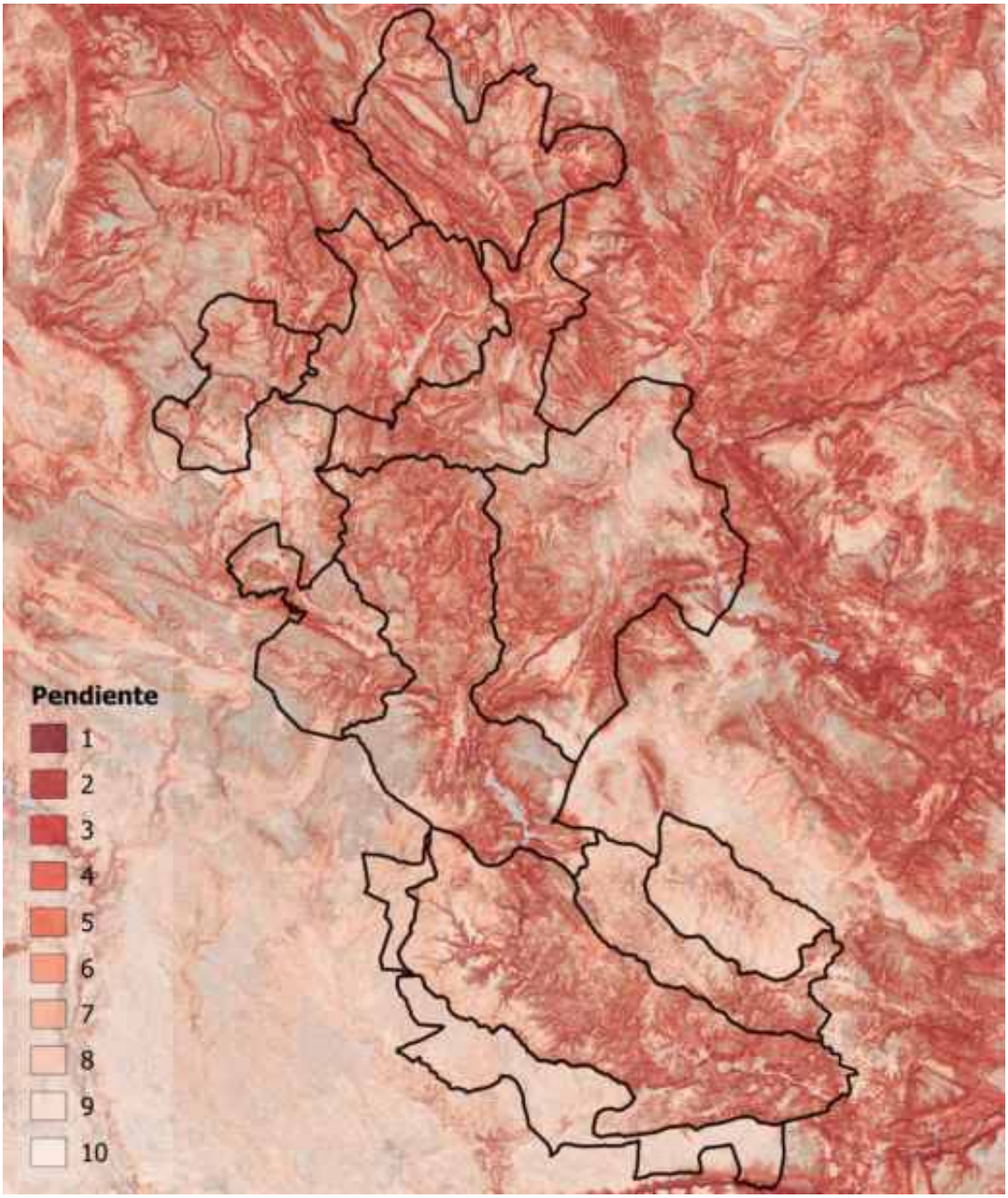
Las puntuaciones asignadas (Tabla 8) disminuyen una unidad conforme aumenta la pendiente; es decir, a mayor pendiente menor recarga del acuífero. Los valores de pendiente se han agrupado en intervalos irregulares según la clasificación utilizada por *Andreo, B., et al. 2004*. Según esta aproximación, por encima del 100% de pendiente, se ha considerado que la recarga es mínima y no sufre variaciones. Sin embargo, en este trabajo se ha considerado que, conceptualmente, el pendiente 0 representa la situación de máxima recarga.

Tabla 8. Valores establecidos por intervalos de pendiente

Pendiente (%)	0	(0-3]	(3-8]	(8-16]	(16-21]	(21-31]	(31-46]	(46-76]	(76-100]	> 100
Puntuación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Para la variable pendiente, el mapa obtenido mediante los intervalos y valores establecidos es el siguiente:

Figura 24. Método APLIS. Pendiente



Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Litología

La asignación de valores a las distintas litologías se efectúa en función de criterios hidrogeológicos (Tabla 9). Dado que el método APLIS está concebido para la estimación de la recarga en acuíferos carbonáticos, las puntuaciones entre 5 y 10 se atribuyen según el grado de fisuración y karstificación. Así, conforme aumenta el grado de fracturación y/o karstificación aumenta la recarga del acuífero.

Tabla 9. Valores establecidos para la variable Litología

Litología	Puntuación
Calizas y dolomías karstificadas	10, 9
Calizas y dolomías fracturadas, algo karstificadas	8, 7
Calizas y dolomías fisuradas	6, 5
Arenas y gravas, coluviones	4
Brechas y conglomerados	3
Rocas plutónicas y metamórficas	2
Esquistos, pizarras, limos, arcillas	1

Tomando como referencia esta clasificación, las litologías presentes en el ámbito de la RBVC se han valorado de la siguiente manera:

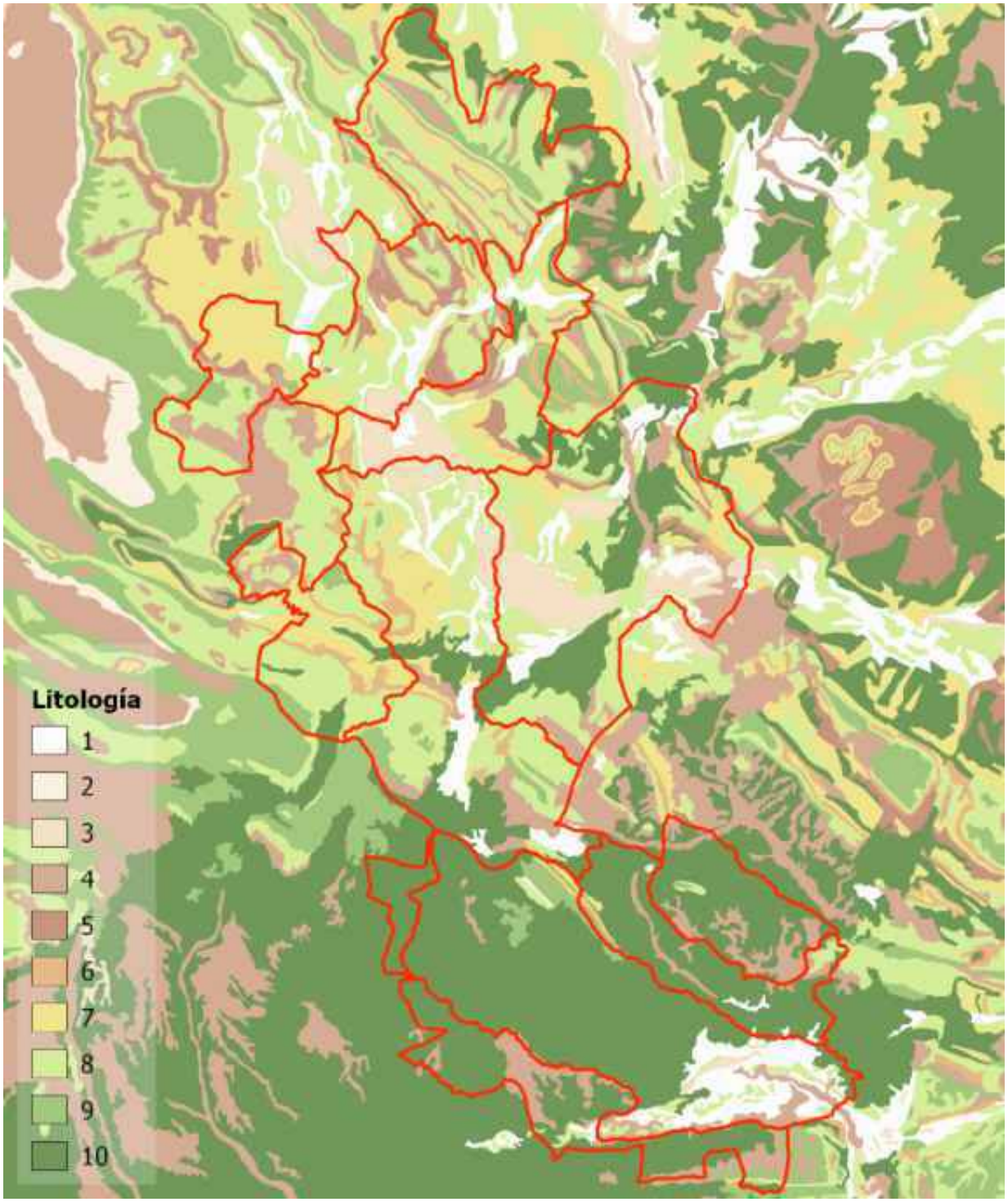
Tabla 10. Valoración de las litologías presentes en el ámbito de la RBVC

Litología local	Serie (Piso)	Rango Puntuación APLIS	Puntuación asignada	Justificación
Conglomerados, areniscas, gravas, arenas, limos y arcillas	Holoceno	3–4	4	Material detrítico no consolidado (coluviones, arenas y gravas)
Conglomerados, areniscas, lutitas y calizas. Facies Weald (Gr. Cabuerniga, Pas, Urbion, Enciso y otros)	Cretácico Inferior (Berriasiense – Albiense)	3–5	5	Predominio detrítico; presencia de calizas fisuradas
Calizas y margas	Cretácico Inferior (Hauteriviense – Barremiense)	5–7	6	Calizas algo fisuradas; margas bajan la permeabilidad
Calizas, calizas con toucasias, calizas detríticas, margas y areniscas. Complejo Urgoniano y otros	Cretácico Inferior (Barremiense – Albiense)	6–8	7	Calizas algo karstificadas + detríticos
Areniscas y conglomerados cuarcíticos de tonalidades blanco-amarillentas. Facies Utrillas	Cretácico Inferior - Cretácico Superior (Albiense – Turoniense)	3–4	4	Detrítico con baja permeabilidad
Calizas arenosas, calizas bioclásticas, calizas, areniscas, margas y lutita	Cretácico Inferior - Cretácico Superior (Albiense – Cenomaniense)	5–7	6	Mezcla de calizas parcialmente karstificables y materiales finos
Calizas bien estratificadas, margas y dolomías de aspecto masivo, a veces con arenas en la base	Cretácico Inferior - Cretácico Superior (Albiense – Turoniense)	7–8	8	Dolomías masivas + calizas: karstificadas en parte
Dolomías, calizas, calcarenitas, brechas dolomíticas de aspecto masivo, areniscas calcáreas, margas, calizas bioclásticas, a veces con arenas en la base	Cretácico Inferior - Cretácico Superior (Albiense – Maastrichtiense)	7–9	9	Alta karstificación potencial, aunque mezcla con detríticos
Conglomerados, areniscas, lutitas, yesos y margas	Eoceno Inferior - Eoceno Superior (Neustriense – Headoniense)	2–3	2	Material detrítico fino + yesos: baja permeabilidad
Conglomerados, brechas, areniscas, lutitas, calizas y yesos	Eoceno Superior - Mioceno Inferior (Headoniense – Ageniense)	3–5	4	Mezcla detrítica con algo de calizas
Cuarcitas y pizarras. SERIE de Los Cabos y otras		1–2	1	Rocas muy poco permeables
Conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y yesos	Oligoceno Superior - Mioceno Inferior (Arveniense – Ageniense)	3–5	4	Similar al anterior; algo más de caliza
Conglomerados, areniscas, lutitas, calizas, margas y yesos	Mioceno Inferior - Mioceno Medio (Rambliense - Aragoniense Inferior)	3–5	4	Baja a media permeabilidad
Conglomerados, areniscas, lutitas, calizas, margas y yesos	Mioceno Medio - Mioceno Superior (Aragoniense Medio- Vallesiense)	3–6	5	Baja a media permeabilidad
Yesos	Mioceno Superior (Vallesiense)	1	1	Muy baja permeabilidad (alta disolución, pero poca infiltración directa)
Pizarras y areniscas		1–2	2	Muy baja permeabilidad
Conglomerados, areniscas y arcillas rojas. Facies Buntsandstein	Triásico Inferior - Triásico Superior (Induense – Carniense)	3	3	Dominio detrítico arcilloso

Litología local	Serie (Piso)	Rango Puntuación APLIS	Puntuación asignada	Justificación
Dolomías, calizas y margas. Facies Muschelkalk	Triásico Medio - Triásico Superior (Landiniense – Carniense)	6–8	8	Potencialmente karstificables
Lutitas rojas y verdes con yesos, a veces con intercalaciones de areniscas. Facies Keuper	Triásico Superior (Carniense – Noriense)	1–2	1	Arcillas y yesos: mínima permeabilidad
Esquistos negros, liditas, cuarcitas y calizas		1–2	1	Rocas metamórficas y pizarras
Lutitas, areniscas, conglomerados, yesos y a veces niveles calcáreos. Facies Garum (Gr Tremp y equivalentes)	Cretácico Superior - Eoceno Inferior (Campaniense – Ypresiense)	2–4	2	Predominio arcilloso con algo de caliza
Carniolas, brechas dolomíticas, dolomías y calizas. Gr. Renales y equivalentes	Triásico Superior - Jurásico Inferior (Noriense – Pliensbachiense)	7–9	8	Karstificables, incluso muy favorablemente
Calizas	Mioceno Superior - Plioceno Inferior (Turoliense – Ruscieniense)	8–10	10	Alta karstificación (dependiendo del grado de fracturación)
Calizas margosas, calizas tableadas, calizas bioclásticas, margas, margocalizas y areniscas. Gr. Ablanquejo, Chelva y otros	Jurásico Inferior - Jurásico Superior (Pliensbachiense – Oxfordiense)	5–7	7	Intercalación de materiales permeables y poco permeables
Calizas, calizas margosas, calizas nodulosas, calizas oolíticas, calizas arrecifales. Gr. Turia y otros	Jurásico Superior (Oxfordiense – Kimmeridgiense)	8–10	10	Muy karstificables (calizas arrecifales y oolíticas)
Rocas volcánicas. Andesitas, basaltos, dacitas y riolitas		2	2	Rocas ígneas: baja fracturación, baja permeabilidad
Cuarcitas y pizarras. Fm San Vitero y otras	Devónico Superior	1–2	1	Muy baja permeabilidad
Calizas	Plioceno Superior – Pleistoceno (Villafranquiense – Pleistoceno)	8–10	10	Alta karstificación si están bien desarrolladas
Conglomerados generalmente cuarcíticos. Rañas	3		3	Detríticos gruesos: baja permeabilidad
Calizas bioclásticas, margas, calizas y brechas	Eoceno Superior - Mioceno Inferior (Priaboniense – Aquitaniense)	7–9	8	Alta karstificación, aunque con elementos detríticos
Rocas volcánicas. Basaltos olivínicos. Vulcanismo del Campo de Calatrava y Olot	Plioceno Superior – Holoceno (Villafranquiense – Holoceno)	2	2	Volcánicas básicas: baja permeabilidad
Conglomerados, gravas, arenas, lutitas, margas, calcarenitas, calizas travertínicas y tobas	Pleistoceno - Holoceno	3–5	4	Mezcla amplia: moderada permeabilidad
Arcillas, areniscas, conglomerados y calizas. Facies Purbeck (Gr. Campóo, Tera, Oncala y equivalentes)	Jurásico Superior - Cretácico Inferior (Titoniense – Bearriasiense)	3–5	4	Mezcla con baja a media permeabilidad

Aplicando los valores asignados a las distintas litologías presentes en el ámbito, esta variable queda distribuida de la siguiente manera:

Figura 25. Método APLIS. Litología



Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Infiltración

En la propuesta metodológica propuesta por *Andreo et al. 2008* la puntuación asignada a la variable relativa a las zonas de Infiltración preferencial únicamente presenta dos clases (Tabla 11): valor 10 para las zonas que son áreas preferenciales de absorción y valor 1 para el resto. En ese caso particular, sólo se distinguieron estas dos clases extremas porque no se disponía para todos los acuíferos de cartografías geomorfológicas adecuadas.

De esta manera, las dos clases se definieron a partir de fotografías aéreas y reconocimientos de campo, identificando las áreas con formas kársticas mayores, donde predomina la infiltración.

Tabla 11 Valores establecidos para la variable infiltración

INFILTRACIÓN-ABSORCIÓN PREFERENCIAL	PUNTUACIÓN
Abundantes formas de infiltración preferencial	1
Escasas formas de infiltración preferencial	10

Para la variable infiltración, en el caso de la RBVC, se ha utilizado la cartografía de infiltración del SIMPA (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación), elaborada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (MITECO). Estos datos ráster tienen una resolución de 500 metros y para el ámbito de estudio muestran valores medios anuales (del período 1940-2017) que oscilan entre 0 y 450 mm de infiltración.

Con el objetivo de representar la variabilidad espacial de la capacidad de infiltración dentro del ámbito de estudio, estos valores se han clasificado con puntuaciones del 1 al 10, siendo 1 los valores de infiltración 0 y del 2 al 10, intervalos generados a partir del algoritmo de cortes naturales de Jenks disponible en QGis.

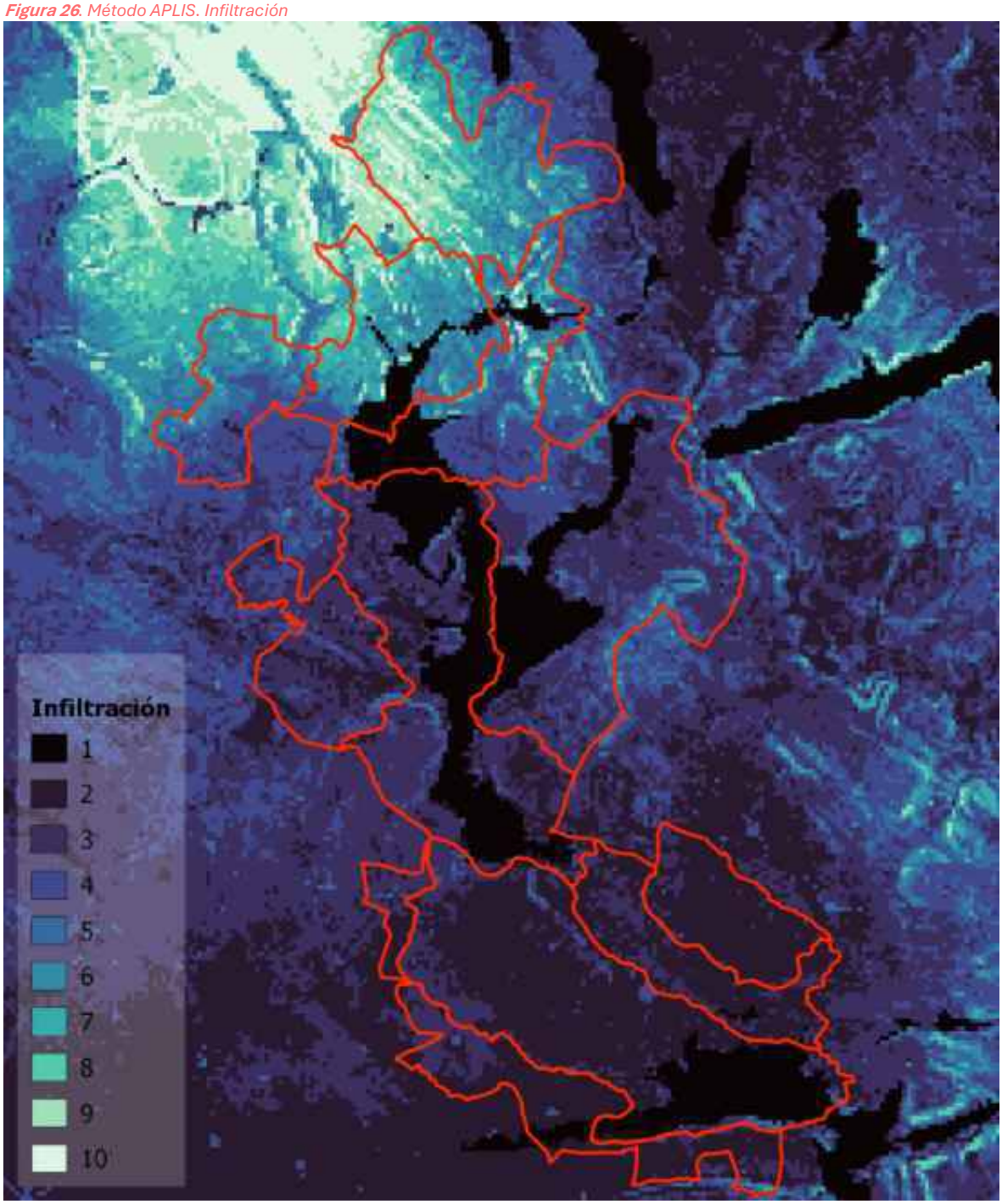
De esta manera, los valores de infiltración de la RBVC han quedado clasificados y puntuados como sigue:

Tabla 12 Clasificación de los valores establecidos para la variable infiltración

INFILTRACIÓN (mm/año)	PUNTUACIÓN
0	1
0 < x ≤ 18,38	2
18,38 < x ≤ 45,113	3
45,114 < x ≤ 81,872	4
81,873 < x ≤ 123,644	5
123,645 < x ≤ 162,073	6
162,074 < x ≤ 202,174	7
202,175 < x ≤ 245,616	8
245,617 < x ≤ 305,767	9
>305,768	10

Una vez clasificados, los distintos valores se distribuyen dentro del Valle del Cabriel de la siguiente manera:

Figura 26. Método APLIS. Infiltración



Fuente: Elaboración propia

5.3.5 Suelos

Las distintas clases se han agrupado en función de las características generales de espesor y textura que predominan en sus horizontes. Para establecer valores según los distintos tipos de suelo se han tomado, como valores de referencia, los de la propuesta original del método APLIS (Tabla 13). 13

Según esta clasificación, se considera que en los suelos poco evolucionados como los leptosoles, generalmente con escaso espesor y textura muy gruesa, la recarga es máxima (puntuación 10), mientras que en suelos que suelen ser potentes y arcillosos (vertisoles crómicos), la recarga es mínima (puntuación 1):

Tabla 13 Valores de referencia para la variable Suelos

SUELO	PUNTUACIÓN
Leptosoles	10
Arenosoles álbicos y Xerosoles cálcicos	9
Regosoles calcáreos y Fluvisoles	8
Regosoles eútricos, dístricos y Solonchaks	7
Cambisoles cálcicos	6
Cambisoles eútricos	5
Histosoles eútricos y Luvisoles órticos y cálcicos	4
Luvisoles crómicos	3
Planosoles	2
Vertisoles crómicos	1

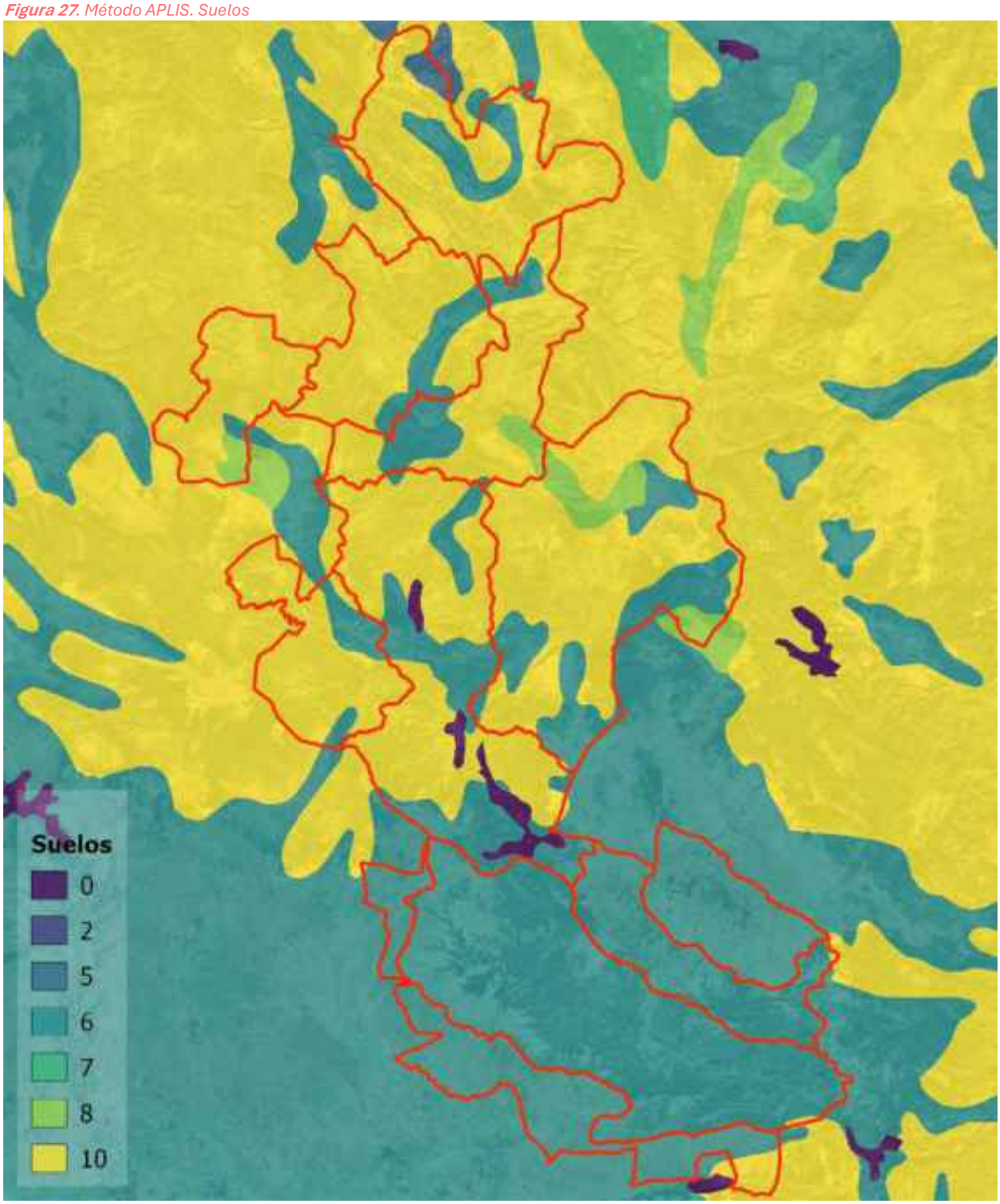
En base a esta clasificación, los suelos presentes en el ámbito de la RBVC se han valorado de la siguiente manera:

Tabla 14 Valores asignados para los distintos tipos de suelo de la RBVC

CÓDIGO WRBFU	TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
CMca	Cambisoles cálcicos	Suelos con horizonte cámbico y acumulación secundaria de calcio. Típicos de climas semiáridos.	**6**
LPrz	Leptosols réticos	Suelos muy someros (sobre roca) con propiedades réticas (sequía extrema). Comunes en zonas áridas.	**10**
ACgl	Acrisoles gleycos	Suelos ácidos con horizonte argílico y saturación de agua permanente (gley). Típicos de trópicos húmedos.	**2**
LPca	Leptosols cálcicos	Suelos someros con acumulación de carbonatos cálcicos. Frecuentes en regiones calcáreas.	**10**
CMeu	Cambisoles éutricos	Suelos jóvenes y fértiles (alta saturación de bases). Usados en agricultura en zonas templadas.	**5**
CMmo	Cambisoles mólicos	Suelos con horizonte superficial oscuro y rico en materia orgánica (mólico). Similar a suelos de pradera.	**6**
RGeu	Regosoles éutricos	Suelos minerales no desarrollados, pero fértiles (ej. depósitos volcánicos o aluviales).	**7**
FLca	Fluvisoles cálcicos	Suelos aluviales recientes con carbonatos. Comunes en valles fluviales áridos.	**8**

La clasificación y puntuación de los suelos existentes ha dado como resultado la siguiente distribución espacial de valores de la variable “S”:

Figura 27. Método APLIS. Suelos



Fuente: Elaboración propia

Cabe indicar que los valores 0 corresponden a zonas con falta de datos (ND) asociadas a los cuerpos de agua del río Cabriel y del embalse de Contreras.

5.4 Cálculo de la tasa de recarga

La expresión del método APLIS para estimar la tasa de recarga es la siguiente:

$$R = (A + P + 3 \cdot L + 2 \cdot I + S) / 0'9$$

La ponderación asignada a cada variable en la expresión presentada tiene como objetivo representar cuantitativamente la influencia relativa de cada factor sobre el proceso de recarga, en concordancia con los resultados obtenidos en el análisis multivariable de los determinantes hidrogeológicos de la recarga (*Durán et al., 2004).* En este contexto, se ha determinado que la variable "Litología" presenta una incidencia tres veces superior a la ejercida por las variables "Altitud", "Pendiente" y "Suelo", mientras que la variable correspondiente a "Infiltración" muestra una relevancia relativa duplicada. La normalización mediante el divisor 0,9 permite obtener tasas de recarga que fluctúan entre un valor mínimo del 8,88% y un valor máximo del 88,8% respecto al total de la precipitación incidente sobre el acuífero, lo que indica que el sistema siempre experimenta algún grado de recarga, sin alcanzar en ningún caso la totalidad del volumen precipitado.

5.5 Resultados

5.5.1 Valores obtenidos de recarga de acuíferos

Como se ha expuesto, la expresión matemática del método APLIS permite obtener valores de la tasa de recarga coherentes con los obtenidos mediante técnicas convencionales (e.g. *Andreo et al. 2007, Andreo et al. 2008, Ballesteros, et al. 2010)*. Una vez realizados los cálculos, se ha obtenido una tasa media de recarga del 52%.

En comparación con otras regiones de España, la tasa media de recarga en la RBVC se sitúa en un rango moderado-alto (*Tabla 15*). Por ejemplo, en la Sierra de Enmedio y Los Tajos se ha estimado una recarga media similar del 51%, mientras que en la Sierra de las Nieves se han reportado valores medios del 55%, alcanzando hasta el 70% durante periodos húmedos. En contraste, la Cordillera Bética presenta una tasa media de recarga más baja del 38%, atribuida a condiciones climáticas más áridas y a una menor permeabilidad de los materiales geológicos.

La variabilidad de valores obtenidos en la RBVC, con mínimos del 21,7% y máximos del 71,3%, y una desviación estándar de 10,3, refleja la heterogeneidad típica de los sistemas kársticos, donde factores como la litología, la topografía y la cobertura del suelo influyen significativamente en la infiltración. Esta variabilidad es coherente con la observada en otras regiones kársticas de España, donde las tasas de recarga pueden variar ampliamente incluso dentro de un mismo acuífero.

Tabla 15 Valores obtenidos en estudios análogos en otras zonas de España

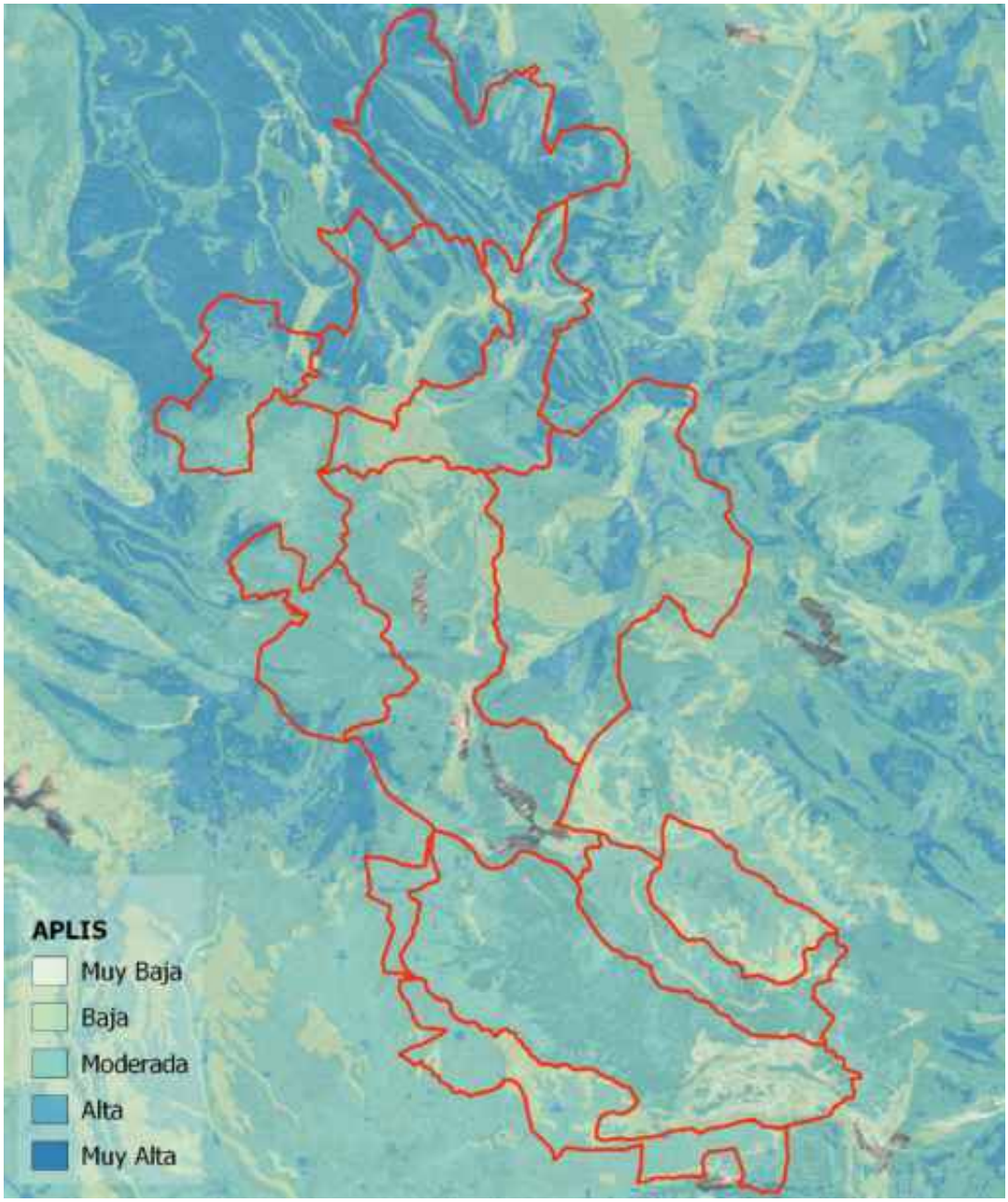
Ámbito de estudio	Tasa media de recarga (%)	Rango de recarga (%)	Referencia
Sierra de Enmedio y Los Tajos (Granada)	51	44,8 – 57,8	Mudarra, M. et al. (2019).
Sierra de las Nieves (Málaga)	55	45,0 – 65,0	Guardiola-Albert, C. et al. (2014).
Cordillera Bética (Sur de España)	38	26,0 – 50,0	Andreo, B. et al. (2014).
Sierra de las Nieves (Málaga) – periodo húmedo	70	60,0 – 80,0	Guardiola-Albert, C. et al. (2015).
Provincia de Alicante (SE España)	35	20,0 – 50,0	Martínez-Santos, P. et al. (2021).

De esta manera, se puede concluir que los resultados obtenidos para la RBVC son consistentes con estudios similares en España, destacando la importancia de considerar la variabilidad espacial y temporal en la estimación de la recarga en sistemas kársticos.

5.5.2 Distribución espacial de los valores y capacidad de recarga en cada unidad de la RBVC

La cartografía obtenida mediante el método APLIS permite identificar de forma muy clara las diferencias existentes entre distintas unidades territoriales debido a sus características diferenciales:

Figura 28. Resultado método APLIS



Fuente: Elaboración propia

Para la visualización de los resultados, los valores se han clasificado en las siguientes categorías, basadas en el modelo APLIS original:

Tabla 16 Categorías de la tasa de recarga según el método APLIS (Andreo et al. 2008).

Recarga (% P) Método APLIS	Clase recarga
≤ 20	Muy Baja
20-40	Baja
40-60	Moderada
60-80	Alta
>80	Muy Alta

El análisis zonal a partir de las distintas unidades previamente delimitadas permitió evaluar la distribución espacial de la recarga en la Reserva de la Biosfera.

La siguiente tabla resumen muestra los estadísticos básicos obtenidos en cada una de las unidades territoriales establecidas, dando cuenta de las diferencias en la capacidad de recarga entre cada una de ellas:

***Tabla 17** Valores estadísticos básicos de la tasa de recarga por unidades territoriales en la RBVC.*

UNIDADES TERRITORIALES	Media	Max	Min	Desvest
01. Valle de las Hoces del Cabriel	48,2%	64,4%	15,6%	12,5
02. Llanos de la Manchuela	53,3%	73,3%	20,0%	8,6
03. Mosaico agroforestal de Venta del Moro - Requena	52,9%	62,2%	17,8%	7,9
04. Plana de Utiel-Requena	51,5%	62,2%	30,0%	8,6
05. Tramo medio del Cabriel – Embalse de Contreras	48,1%	67,8%	16,7%	10,9
06. Cuenca del río Henares	49,7%	73,3%	18,9%	11,9
07. Bajo Gadazaón	53,9%	67,8%	36,7%	5,3
08. Cabecera del Guadazaón	56,5%	73,3%	31,1%	7,8
09. Serranías bajas – Valle del Mayor	55,1%	78,9%	17,8%	11,8
10. Tramo alto del Cabriel (Alcalá de la Vega - Boniches)	50,2%	80,0%	17,8%	12,7
11. Cabecera del Cabriel	63,2%	81,1%	37,8%	7,2

Los valores obtenidos muestran que la recarga media estimada oscila entre el 48,1% (moderada) y el 63,2% (alta) de la precipitación anual, en función de las características geomorfológicas, litológicas y edáficas de cada zona.

A continuación se analizan de manera sistemática los resultados obtenidos para cada una de las unidades delimitadas en la RBVC:

5.5.3 Unidad 01 – Valle de las Hoces del Cabriel

La unidad del Valle de las Hoces del Cabriel se caracteriza por una notable heterogeneidad en sus valores APLIS, como lo demuestra su desviación estándar elevada (12,5). Esto se explica por la complejidad topográfica del área, marcada por profundos cañones fluviales y relieves abruptos que incrementan la variabilidad en pendiente y altitud. Las pendientes altas están asociadas a puntuaciones APLIS menores debido a la escasa infiltración en superficies inclinadas. Sin embargo, zonas con litología caliza y dolomítica bien karstificada, especialmente en sectores más elevados o en relieves estructurales, presentan mayores valores APLIS debido a su alta permeabilidad y al desarrollo de conductividad secundaria.

En términos de suelos, predominan Leptosoles y Cambisoles sobre materiales carbonatados, que muestran puntuaciones elevadas (10 y 6, respectivamente). Esto se traduce en una capacidad potencial de recarga de acuíferos significativa en zonas puntuales, contrastando con áreas de yesos o margas, donde tanto litología como suelo disminuyen el potencial.

La infiltración presenta un rango amplio, posiblemente oscilando entre 45–123 mm/año, lo que concuerda con los valores medios observados en la zona. La fuerte variabilidad interna también puede estar condicionada por factores de cobertura vegetal y usos del suelo, con áreas forestales mejor conservadas mostrando mayor capacidad de recarga frente a zonas con compactación superficial.

5.5.4 Unidad 02 – Llanos de la Manchuela

La Llanura de la Manchuela se distingue por un relieve prácticamente plano, lo que se refleja en su pendiente media muy baja (mayormente <3%), puntuando alto en el modelo APLIS. La litología dominante incluye calizas bien estratificadas y dolomías del Mioceno y Jurásico, que son altamente karstificables y permiten una buena infiltración. Estas condiciones explican las puntuaciones máximas cercanas al 73%.

La infiltración en esta unidad se estima moderada, alcanzando en algunos puntos los 160 mm/año, lo que encaja con la permeabilidad del substrato. Los suelos predominantes incluyen Leptosoles cálcicos y Cambisoles mólicos, ambos favorables para la recarga de acuíferos, con puntuaciones APLIS de 10 y 6 respectivamente.

La variabilidad interna, aunque más baja que en otras unidades, responde a microvariaciones en la textura del suelo y en zonas de acumulación de finos, además del uso intensivo agrícola que puede compactar la capa superficial. Las zonas con cultivos intensivos pueden tener valores algo reducidos frente a sectores con vegetación natural o forestal residual.

5.5.5 Unidad 03 – Mosaico agroforestal de Venta del Moro - Requena

Esta unidad presenta un paisaje heterogéneo de colinas suaves y valles intermitentes. Las pendientes dominantes están en el intervalo de 3–16%, lo que se traduce en puntuaciones APLIS de entre 7 y 9 para este factor. La litología es variada, combinando materiales detríticos del Mioceno con intercalaciones de calizas, lo que provoca un rango medio de puntuaciones litológicas (4–6).

La infiltración se considera moderada, alcanzando valores de 120 mm/año. Los suelos predominantes son Cambisoles éutricos (puntuación 5) y Regosoles éutricos (7), lo que contribuye positivamente pero sin alcanzar valores extremos.

La moderada desviación estándar sugiere una cierta homogeneidad interna, aunque zonas con mayor pendiente o litología más permeable (e.g., sectores con calizas) presentan los mayores valores APLIS. La existencia de mosaicos de uso del suelo, con zonas agrícolas, forestales y matorrales, también introduce una componente de variabilidad.

5.5.6 Unidad 04 – Plana de Utiel-Requena

Área caracterizada por una topografía llana con pendientes suaves (principalmente 0–8%), lo que favorece una alta puntuación en ese factor. La litología está dominada por calizas bioclásticas y margas del Mioceno y Cretácico, con una mezcla de materiales de media permeabilidad. La infiltración estimada está entre los 18-100 mm/año.

Los suelos presentes incluyen Cambisoles mólicos y Fluvisoles cálcicos, ambos con buena capacidad de infiltración (puntuaciones 6 y 8). El uso agrícola generalizado puede impactar negativamente en zonas localizadas debido a la compactación superficial.

La variabilidad interna es moderada, producto de variaciones litológicas menores y diferencias en el uso del suelo. Áreas con margas o yesos locales presentan infiltración reducida, justificando el mínimo observado del 30%.

5.5.7 Unidad 05 – Tramo medio del Cabriel – Embalse de Contreras

Zona de transición con gran complejidad geomorfológica. Predominan litologías variadas, desde calizas y dolomías hasta lutitas y margas, lo que genera puntuaciones muy dispares para la litología. Las pendientes también muestran un amplio rango, combinando zonas llanas con sectores abruptos, lo que impacta en la infiltración.

Los suelos incluyen Leptosoles réticos en zonas altas (puntuación 10) y Cambisoles cálcicos o mólicos en sectores más bajos (6), con zonas de Regosoles (7) en áreas fluviales. La infiltración se estima entre 80–160 mm/año dependiendo del substrato y uso del suelo.

La alta desviación estándar confirma esta heterogeneidad. Las zonas de mayor valor APLIS se localizan en plataformas calcáreas fracturadas con suelos poco profundos pero muy permeables. En contraste, los valores bajos se encuentran en zonas con arcillas, yesos o elevadas pendientes, donde el agua tiende a escurrir más que a infiltrarse.

5.5.8 Unidad 06 – Cuenca del río Henares

Unidad de carácter intermedio con una combinación de materiales mesozoicos y terciarios, que genera un mosaico litológico variado. Se encuentran calizas y margas del Cretácico superior en las laderas, junto con materiales detríticos y yesíferos del Mioceno en depresiones estructurales. Esto da lugar a valores litológicos muy dispares, desde puntuaciones altas en zonas calizas (hasta 10) hasta valores bajos en sectores margosos y yesíferos (1–3).

Las pendientes varían moderadamente (5–20%), con valles fluviales relativamente planos alternando con laderas estructurales. Esto se refleja en puntuaciones de pendiente intermedias (5–7). La infiltración es también muy variable, con registros estimados entre 0 y 180 mm/año, condicionada por la litología y cobertura edáfica.

Los suelos muestran una amplia gama: destacan Cambisoles cálcicos y mólicos en los valles (puntuaciones 6–7) y Leptosoles cálcicos y réticos en sectores más altos y escarpados (puntuaciones 9–10). Esta heterogeneidad edáfica, junto con las variaciones litológicas, contribuye a una alta variabilidad interna en los valores de recarga.

Las zonas con mayor potencial de recarga se localizan en plataformas calizas o laderas fracturadas con suelos someros y bien drenados.

En contraste, los sectores más bajos, con yesos, lutitas y suelos profundos arcillosos, presentan valores bajos debido a la escasa infiltración y el incremento de escorrentía superficial.

5.5.9 Unidad 07 – Bajo Guadazaón

Unidad con relativa homogeneidad geomorfológica y litológica, lo que se refleja en su baja desviación estándar. El sustrato está dominado por calizas y dolomías del Jurásico medio e inferior, con alta capacidad de karstificación. Esto se traduce en puntuaciones litológicas elevadas (8–10) de manera bastante constante en toda la unidad.

Las pendientes son suaves a moderadas, sin grandes contrastes topográficos, lo que genera condiciones bastante favorables para la infiltración. La estimación de infiltración oscila entre 18 y 160 mm/año, alcanzando valores elevados para el contexto regional.

Los suelos dominantes son Leptosoles cálcicos y Cambisoles sobre rocas carbonatadas, con una distribución bastante regular. Sus puntuaciones oscilan entre 7 y 10, favoreciendo la percolación hacia niveles freáticos.

Las zonas de mayor valor APLIS se concentran en laderas expuestas con calizas fracturadas y suelos delgados, mientras que los valores algo más bajos corresponden a valles colmatados con depósitos aluviales finos o coberturas detríticas locales. No obstante, la diferencia entre máximos y mínimos no es extrema, lo que confirma el carácter uniforme de la unidad.

5.5.10 Unidad 08 – Cabecera del Guadazaón

Unidad montañosa situada en una zona de cabecera hidrográfica, dominada por relieves abruptos y materiales carbonatados. Las pendientes son significativas en laderas estructurales, aunque también existen zonas de topografía suavizada en altiplanos estructurales, lo que implica puntuaciones de pendiente entre 3 y 7.

La litología se compone principalmente de calizas y dolomías jurásicas y cretácicas, bien karstificadas, que aportan puntuaciones litológicas altas (8–10). La presencia puntual de materiales detríticos o yesíferos reduce localmente estas puntuaciones.

La infiltración es relativamente alta, alcanzando valores de 220 mm/año, favorecida por la buena permeabilidad del sustrato, aunque disminuye puntualmente en sectores con pendientes muy pronunciadas.

Los suelos predominantes son Leptosoles réticos y Cambisoles cálcicos, que oscilan entre puntuaciones de 6 (en zonas más evolucionadas) y 10 (en sectores someros). La vegetación natural, con bosques y matorral mediterráneo, contribuye a mantener la capacidad de infiltración.

Las zonas de mayor valor APLIS se localizan en mesetas kársticas con suelos someros y fracturación intensa. Por otro lado, los valores más bajos corresponden a sectores con fuertes pendientes, suelos poco desarrollados o cobertura litológica menos favorable, lo que genera una moderada variabilidad interna.

5.5.11 Unidad 09 – Serranías bajas – Valle del Mayor

Unidad con una de las mayores complejidades estructurales y litológicas del área de estudio. Se alternan calizas, dolomías, margas, lutitas, areniscas y materiales yesíferos, lo que genera puntuaciones litológicas que van desde el mínimo (1) hasta el máximo (10). Esta amplísima gama litológica es la principal responsable de la elevada variabilidad interna del valor APLIS.

El relieve es también muy heterogéneo, con laderas abruptas, valles fluviales amplios y zonas intermedias. Las pendientes oscilan entre 4% y 30%, generando puntuaciones de 2 a 7 en ese parámetro.

La infiltración varía desde valores bajos (40 mm/año) en zonas margosas y yesíferas, hasta valores superiores a 300 mm/año en áreas calcáreas fracturadas. Esta amplitud en los valores de infiltración refuerza la irregularidad del comportamiento hidrológico.

Los suelos son muy diversos, desde Leptosoles réticos o cálcicos (10) en zonas altas o escarpadas, hasta Regosoles, Cambisoles mólicos o incluso suelos hidromorfos (puntuaciones 4–7) en zonas de acumulación.

Las zonas de alta recarga se concentran en relieves tabulares calizos bien conservados y con cobertura edáfica delgada. En contraste, los valores mínimos se asocian a zonas deprimidas o con presencia de arcillas, yesos o coluviones, que dificultan la infiltración.

5.5.12 Unidad 10 – Tramo alto del Cabriel

Zona de montaña alta con fuerte contraste topográfico y gran complejidad litológica. Las pendientes muestran zonas muy escarpadas, con sectores casi verticales que limitan fuertemente la infiltración en algunos tramos.

La litología está compuesta por una alternancia de calizas, dolomías, areniscas y materiales yesíferos, con predominio de formaciones del Jurásico y Cretácico. Las puntuaciones litológicas varían enormemente, desde 2 (en zonas con margas) hasta 10 (en calizas kársticas).

La infiltración media es alta, superando en algunas zonas los 200 mm/año, pero sufre grandes oscilaciones según el substrato y el relieve. La fracturación intensa en algunas áreas mejora notablemente la infiltración local.

Los suelos son muy variables: Leptosoles (9–10) en cumbres y laderas, Cambisoles y Regosoles (6–7) en zonas de menor pendiente. En algunos valles, hay depósitos coluviales y suelos más profundos pero menos permeables (5–6).

La desviación estándar (12,7) revela esta heterogeneidad interna. Las zonas de mayor APLIS están asociadas a laderas de calizas fracturadas y suelos finos. Las zonas de valor bajo se relacionan con pendientes extremas, litologías impermeables y suelos arcillosos. Esta es, probablemente, una de las unidades más variables y fragmentadas del conjunto.

5.5.13 Unidad 11 – Cabecera del Cabriel

Zona de cabecera hidrográfica, estructuralmente elevada, con presencia predominante de calizas kársticas del Jurásico. Esta unidad presenta las mejores condiciones de recarga del conjunto, con una media del 63,2% y valores máximos del 81,1%.

El relieve, aunque accidentado, presenta pendientes medias, lo que permite una combinación favorable entre escorrentía e infiltración. La litología dominante son calizas masivas, con elevada fracturación, que generan puntuaciones litológicas entre 8 y 10 de forma generalizada.

La infiltración media del ámbito se sitúa en torno a los 180–240 mm/año, entre las más altas del área de estudio. Esta situación se ve favorecida por una cobertura de suelos someros y bien drenados: Leptosoles y Cambisoles cálcicos que aportan puntuaciones entre 8 y 10.

La vegetación natural y la baja presión antrópica permiten mantener un buen estado del suelo, evitando compactaciones o sellados que limiten la infiltración.

La variabilidad interna es baja, con algunas diferencias locales derivadas del uso del suelo (áreas deforestadas, pistas, etc.) o de la aparición de formaciones detríticas locales. Sin embargo, en conjunto, esta unidad representa una de las principales zonas de alimentación de acuíferos del sistema hidrogeológico regional.

5.6 Conclusiones

El análisis de los resultados del índice APLIS aplicado al conjunto del territorio de la RBVC pone de manifiesto una alta heterogeneidad espacial en la capacidad de recarga de agua al subsuelo, condicionada por la complejidad geológica, geomorfológica y edáfica del área. Esta diversidad tiene implicaciones directas sobre los servicios ecosistémicos hídricos que la RBVC puede ofrecer, tanto desde una perspectiva ecológica como socioeconómica.

- **Diversidad hidrogeomorfológica y contrastes regionales**

El territorio de la RBVC presenta una estructura geológica y fisiográfica muy diversa, resultado de la interacción entre litologías de distinta permeabilidad, un relieve contrastado y una amplia variedad de suelos. Estas condiciones generan patrones muy dispares en la infiltración del agua de lluvia, lo que se refleja en los valores medios y la variabilidad interna del índice APLIS para cada unidad delimitada.

Así, las unidades de cabecera (como la Unidad 11 – Cabecera del Cabriel y la Unidad 08 – Cabecera del Guadazaón) muestran los valores medios de APLIS más elevados, debido a la combinación de materiales carbonatados fracturados, suelos bien drenados y pendientes moderadas. En contraposición, zonas más bajas o intermedias, como la Unidad 05 – Tramo medio del Cabriel o la Unidad 04 – Plana de Utiel-Requena, presentan una infiltración más limitada y altamente variable, debido a la presencia de margas, arcillas o yesos, suelos más evolucionados y pendientes elevadas en ciertos sectores.

- **Función estratégica de las áreas de cabecera**

Las zonas situadas en la cabecera de los ríos Cabriel y Guadazaón actúan como áreas de recarga clave dentro del sistema hidrogeológico regional. Estas áreas, con predominio de calizas masivas, dolomías y estructuras kársticas, facilitan una infiltración profunda que alimenta acuíferos subterráneos, manantiales y escorrentías base. Su papel es esencial para el mantenimiento de caudales en los ríos principales durante los períodos de estiaje, contribuyendo así a la estabilidad hídrica del conjunto de la cuenca.

Desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, estas unidades desempeñan una función destacada en la regulación del ciclo hidrológico, el almacenamiento natural de agua y la recarga de acuíferos, lo que las convierte en zonas prioritarias para la conservación y gestión sostenible del territorio.

- **Vulnerabilidad y riesgo en zonas con litologías blandas o baja infiltración**

Otras unidades analizadas, como la Llanura de la Manchuela o los valles intermedios del Cabriel, presentan materiales de baja permeabilidad, como margas, arcillas o yesos, combinados con suelos profundos que tienden a favorecer la escorrentía superficial. Esta combinación da lugar a valores de APLIS medios o bajos, lo que indica una escasa capacidad de recarga hídrica. Estas zonas están más expuestas a procesos de erosión, pérdida de suelo fértil y degradación hidrológica, especialmente bajo usos agrícolas intensivos o en ausencia de coberturas vegetales adecuadas.

Desde el punto de vista ecosistémico, estas áreas ofrecen una menor capacidad de regulación del agua, y su funcionalidad hídrica depende en gran medida de una **gestión del suelo** orientada a reducir la escorrentía y promover la retención superficial y subterránea del agua.

- **Papel modulador del suelo y la cobertura vegetal**

El análisis pone en evidencia la relevancia del suelo como factor condicionante de la infiltración. Los suelos de tipo Leptosol, asociados a zonas elevadas y materiales calcáreos, presentan altas tasas de infiltración pese a su escasa profundidad, especialmente cuando se combinan con una cobertura vegetal densa y

natural. En cambio, los suelos más evolucionados como Cambisoles mólicos o Regosoles fluviales, si bien permiten cierto grado de infiltración, pueden limitarla si se encuentran sobre materiales de baja permeabilidad o si están sujetos a compactación por el uso agrícola o ganadero.

Este patrón resalta la importancia de conservar las coberturas vegetales y evitar prácticas que degraden la estructura del suelo, ya que de ello depende en gran medida la funcionalidad hidrológica del territorio. El mantenimiento de suelos activos y estructurados contribuye también a la **purificación natural del agua**, otro servicio ecosistémico clave.

❖ **Servicios ecosistémicos ligados al agua y potencial territorial**

A la luz de los resultados, el conjunto de la RBVC puede considerarse como un territorio con alto valor estratégico en términos de servicios ecosistémicos hídricos, aunque con marcadas diferencias funcionales entre sus unidades. De forma global, la RBVC contribuye a:

- La regulación del ciclo del agua, gracias a las zonas de recarga en cabeceras, que actúan como amortiguadores frente a la escasez hídrica.
- El suministro de agua limpia, mediante procesos naturales de filtrado e infiltración que recargan acuíferos y mantienen la calidad del recurso.
- El soporte a la biodiversidad, al mantener zonas húmedas, arroyos temporales y microhábitats esenciales para especies de interés.
- La resiliencia frente al cambio climático, al disponer de sistemas naturales de regulación hídrica que pueden ser claves ante episodios de sequía o lluvias torrenciales.

Este potencial debe ser considerado en las estrategias de planificación y conservación del territorio, integrando los servicios hídricos como eje transversal de la gestión de la RBVC.

❖ **Implicaciones para la planificación y gestión**

Los resultados del índice APLIS permiten identificar áreas prioritarias para la conservación y para el desarrollo de políticas de gestión hídrica sostenible. Se propone:

- Promover la conservación activa de las zonas de alta infiltración y cabecera hidrográfica.
- Diseñar políticas agroambientales que favorezcan la infiltración en zonas agrícolas, limitando el uso de maquinaria pesada y promoviendo cubiertas vegetales.
- Integrar los resultados APLIS en los instrumentos de ordenación territorial y gestión del agua, como base para definir zonas de recarga, áreas vulnerables o corredores ecológicos.
- Apostar por una infraestructura verde e hídrica que complemente o sustituya a infraestructuras grises, en línea con los objetivos de sostenibilidad y resiliencia climática.

6 Evaluación de los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua dentro de la RBVC

6.1 Introducción

Durante las fases anteriores de este proyecto se han evaluado los servicios ecosistémicos de la RBVC, así como se ha profundizado en un elemento muy específico y de importancia dentro del Valle, como es la recarga de los acuíferos (ligado íntimamente con los servicios ecosistémicos de recursos hídricos y del ciclo del agua).

El siguiente apartado del presente proyecto pretende poner el foco en los servicios ecosistémicos culturales presentes en el valle del Cabriel. Específicamente, aquellos ligados al agua. Muchas veces, los servicios ecosistémicos relacionados con el ámbito cultural quedan relegados a un segundo plano en los estudios de gestión de los espacios naturales, al ser desarrollados estos por científicos del campo de la Biología o la Geología que, al no ser la sociología su ámbito de especialidad, ponen sus esfuerzos en otros campos más afines como la conservación de la biodiversidad o el análisis de suelos. Sin entrar a criticar esta práctica, conviene recordar que de hecho los espacios naturales forman parte también de nuestra sociedad, y su éxito como espacio naturales funcionales depende en buena medidad de que las personas que se relacionan con ellos entiendan estos espacios como un valor a conservar.

Así, los servicios ecosistémicos culturales (Disfrute del paisaje; espiritualidad y valores religiosos; educación formal e informal de la sociedad; belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración; identidad cultural y sentido de pertenencia; patrimonio histórico y cultural y el ocio y turismo de naturaleza) son de hecho tan importantes como los servicios más relacionados con el mundo natural, y conviene tener presente también con qué se les relaciona, como pueden promoverse y cuál es su estado dentro de los espacios de gestión. Por su propia naturaleza, el Valle del Cabriel es un entorno estrechamente ligado con el agua, así que estudiar como la ciudadanía relaciona los servicios ecosistémicos culturales con esta propiedad se antoja un eje importante dentro de la gestión del valle en sí.

6.2 Metodología

Con el objetivo de conocer como la ciudadanía se relaciona con el valle del Cabriel y con sus servicios ecosistémicos culturales ligados al agua, en el marco del proyecto se plantea enviar una encuesta para ser contestada online a todas las entidades conocidas que se relacionan con el valle. Esta encuesta puede ser a su vez propagada por estas entidades a sus afiliados o personas que participen de sus actividades, con el fin de obtener el máximo de respuestas dentro de la ciudadanía.

Las respuestas de la encuesta serán analizadas estadísticamente para hacer aflorar:

- Espacios de relevancia para el objeto del análisis: los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua.
- Las problemáticas y estado de estos espacios.

6.2.1 Diseño de la encuesta

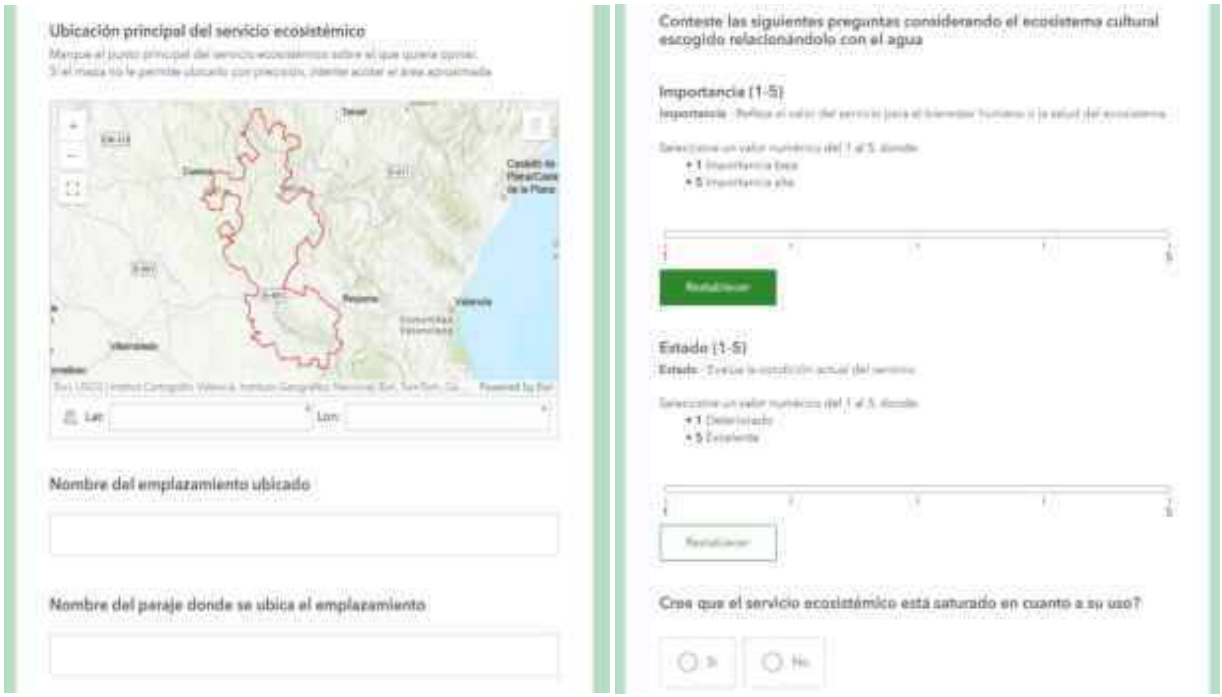
Se considera que la experiencia obtenida con la encuesta creada para la valoración de los servicios ecosistémicos en general dentro de la RBVC es muy satisfactoria, y se decide utilizar la misma tecnología de cara a la encuesta dirigida a las entidades. Esta nueva encuesta pero, debe ser mucho más escueta, y diseñada para que una misma persona pueda realizar la encuesta tantas veces como desee; una por cada uno de los espacios que se les ocurran.

A tal efecto, la encuesta se diseña con una primera parte con información de contacto general para la persona que está contestando la encuesta, seguida de un mapa de la RBVC donde esta puede ubicar un punto en

concreto o indicar con un nombre el espacio que querría añadir a la lista de espacios importantes para este tipo de servicios ecosistémicos.

Una vez ubicado el lugar, la persona recibe algunas preguntas básicas sobre el espacio, como el ecosistema cultural con el que lo relaciona, su importancia y estado y también si valora que existe alguna problemática actual en el espacio.

Figura 29. Encuesta entidades relacionadas con la RBVC



Fuente: Elaboración propia

6.3 Resultados obtenidos

La encuesta se abre a recibir respuestas el día 19 de Mayo, y permanece abierta hasta el día 2 de Junio, momento en que se cierra para poder tener espacio para valorar sus resultados. Aun así, no se obtiene un número elevado de respuestas a esta (27), así que se considera adecuado realizar un cierto análisis con los datos recibidos pero volver a abrir la encuesta, con el afán de que la ciudadanía pueda tener más espacio para la participación. Al término del proyecto, los datos de la encuesta serán nuevamente descargados y proporcionados, ahora ya si de manera definitiva, a los responsables de la RBVC; a quien se entregará también el proyecto de QGIS con la simbolización de los mapas y datos necesarios para realizar el análisis específico de los datos.

Los datos recibidos se analizan en dos vertientes:

- La ubicación de los espacios relevantes para la ciudadanía en relación con los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua
- La valoración que la ciudadanía hace de estos.

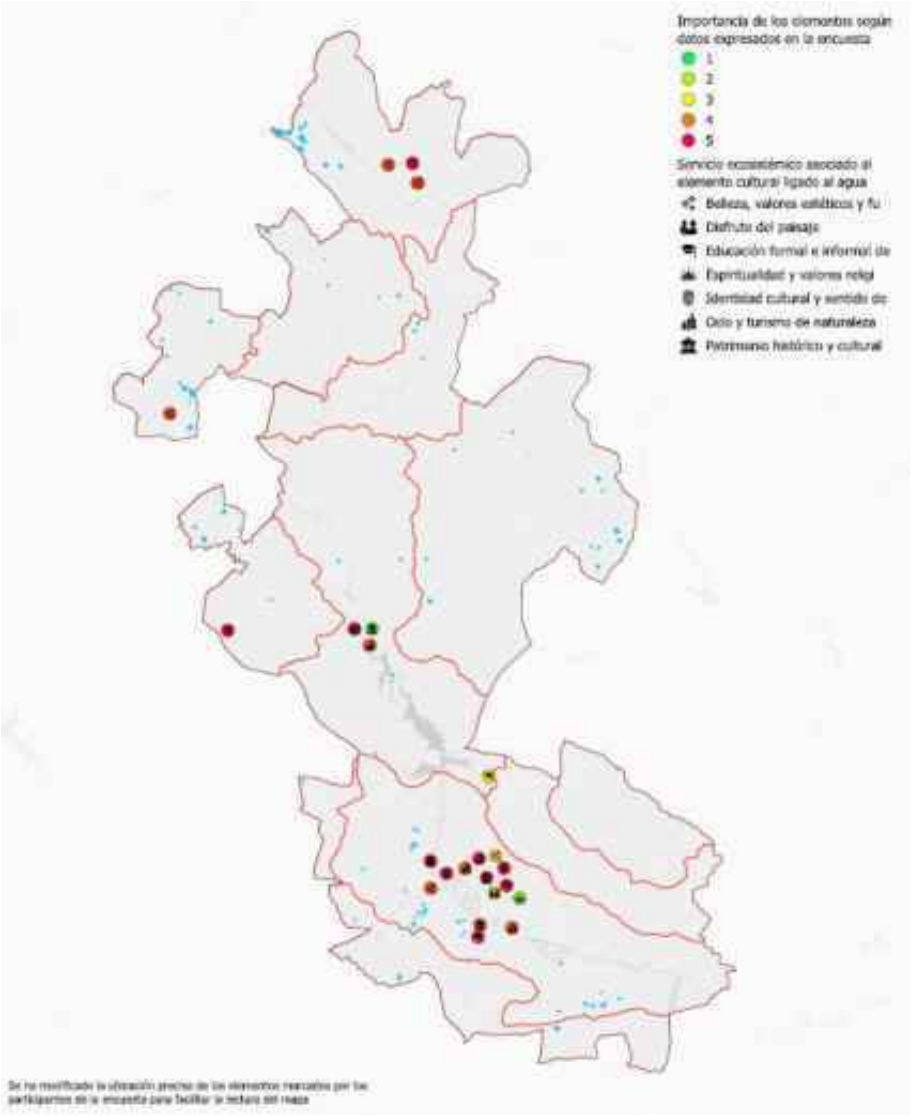
Para realizar estos análisis, se generan dos mapas distintos que muestran las aportaciones de la ciudadanía en relación con cada temática. Además, se incluye también una tabla con todas las aportaciones realizadas por la ciudadanía, resumida en el documento y con todas las aportaciones en el apartado de “anexos” del proyecto.

Tabla 18 *Aportaciones realizadas por la ciudadanía*

Nombre del espacio	Serv. Ecosistémico	Importancia	Estado	¿Saturado?
LobeTum	Identidad cultural y sentido de pertenencia	5	2	Si
Cueva de los ángeles	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	4	4	No
La Terrera	Patrimonio histórico y cultural	4	3	No
Las Chorreras	Ocio y turismo de naturaleza	4	3	Si
Valle de la Fonseca, Hoces del Cabriel y Derrubiada	Identidad cultural y sentido de pertenencia	5	4	No
Parque Natural Hoces del Cabriel	Ocio y turismo de naturaleza	4	4	No
Ojos del Cabriel	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	4	4	No
Cascada del Molino de San Pedro	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	5	3	No
Fuente de los juncos	Educación formal e informal de la sociedad	3	4	No
La Terrera	Educación formal e informal de la sociedad	5	2	No
Lagunas de Cañada del Hoyo	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	4	4	No
Cascada del molino de San Pedro	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	4	2	Si
Cascada del molino de San Pedro	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	4	2	Si
Rio Cabriel	Identidad cultural y sentido de pertenencia	5	4	No
Puente de Vadocañas	Patrimonio histórico y cultural	5	4	No
Requena	Educación formal e informal de la sociedad	4	4	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Disfrute del paisaje	3	5	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Espiritualidad y valores religiosos	1	2	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Educación formal e informal de la sociedad	5	2	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Belleza, valores estéticos y fuentes de inspiración	3	5	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Identidad cultural y sentido de	5	4	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Patrimonio histórico y cultural	5	2	No
Parque Natural de las Hoces del Cabriel	Ocio y turismo de naturaleza	5	3	No
la Terrera	Ocio y turismo de naturaleza	4	2	No
Monumento Natural de las Chorreras del Cabriel	Patrimonio histórico y cultural	1	1	Si
Las Chorreras del Cabriel	Disfrute del paisaje	5	5	Si

6.3.1 Identificación de espacios

Figura 30. Identificación de espacios en base la encuesta ciudadana

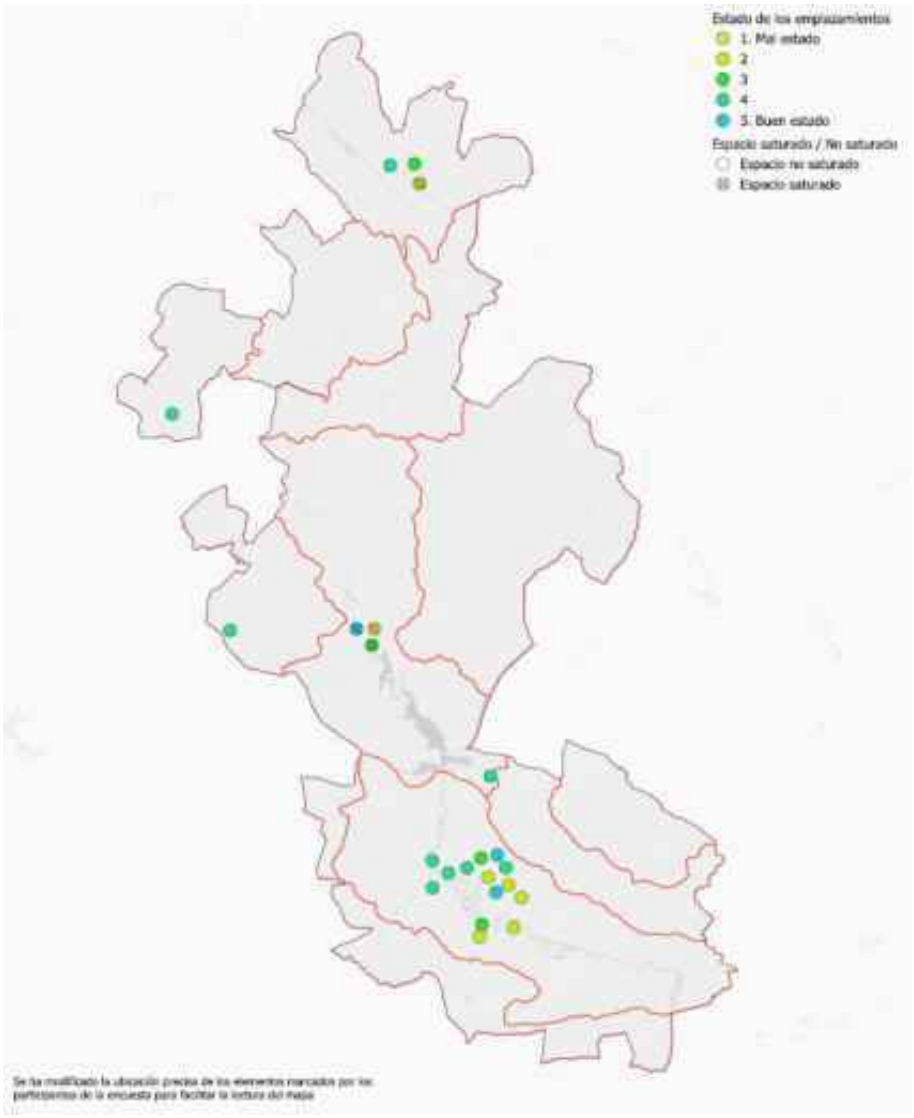


Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los espacios que la ciudadanía ha tenido a bien indicar su importancia se encuentran en el tramo bajo de la RBVC (prácticamente todos en el Valle de las Hoces del Cabriel). El código de colores nos muestra que la mayoría de ubicaciones se catalogan como de mucha importancia, y los servicios ecosistémicos relacionados con los espacios son muy heterogéneos, aunque la educación y el ocio y turismo son los que más entradas contienen para la ciudadanía. Varios de estos espacios señalados en el tramo bajo hacen referencia a todo el Valle del Cabriel, según lo indicado por los comentarios de las respuestas, así que de hecho la “hiperrelevanca” mostrada de este entorno probablemente no sea tal.

6.3.2 Valoración de los espacios

Figura 31. Valoración de los espacios en base la encuesta ciudadana



Fuente: Elaboración propia

Existe bastante heterogeneidad en cuanto al estado de los espacios que la ciudadanía ha identificado como espacios relevantes para los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua. La media de los datos muestra un estado alrededor del 3'2; lo que se encontraría dentro del rango neutro; pero la variabilidad es muy elevada entre los resultados. Si bien los escasos datos sobre los que se basa la encuesta no permiten señalar conclusiones, si que reflejan una tendencia si se comparan con los proporcionados con los expertos, que situaban el estado de los servicios ecosistémicos dentro de la RBVC en una media neutra – buena.

También es importante dotar de relevancia como, así que mientras que los datos que se han recogido por el tramo bajo del Cabriel no muestran ningún resultado de "Espacio saturado"; este si que aparece en todos los inputs del tramo medio del río – Embalse de Contreras.

6.4 Conclusiones

El estudio sobre los datos arrojados por la encuesta dirigida a entidades ha permitido obtener las conclusiones siguientes:

- Los datos recabados necesitan ser ampliados para llegar a conclusiones más consistentes. Obtener una nube de puntos permitirá analizar no los datos individuales, sino el conjunto de datos.
- La zona de referencia por parte de la ciudadanía en cuanto a los servicios culturales ligados al agua es la zona del tramo bajo, el valle de las hoces del Cabriel
- Existe cierta sensación de saturación en el tramo medio del Cabriel, focalizada en la zona de Las Chorreras, donde se concentra un alto volumen de personas.

7 Conclusiones generales

Aun considerando las conclusiones que se han obtenido de cada uno de los apartados realizados, el proyecto también ha permitido llegar a las conclusiones siguientes:

- El estudio de los servicios ecosistémicos de la Reserva de la Biosfera del Valle del Cabriel es necesario para poder encarar bien la gestión de los distintos espacios que la conforman. El río Cabriel, así como sus afluentes, son los principales agentes dinamizadores de los servicios ecosistémicos, el que los determina en mayor medida.
- El estudio APLIS aplicado a la zona del valle del Cabriel ha permitido comprobar que este se comporta como la mayoría de las zonas karstificadas peninsulares, con una amplia variedad de infiltración en toda la región si bien la mayoría de zonas se mueven en infiltraciones de valor medio.
- Si bien no se cuenta con un volumen de datos que permita generar conclusiones firmes, la ciudadanía ha mostrado su focalización en el aspecto de los servicios culturales ligados al agua dentro de la zona del Valle de las Hoces de Cabriel. Los espacios destacados muestran un rango importante en cuanto a su estado; y no muestran signos importantes de saturación, si bien si que se han manifestado estos en la zona de Las Chorreras
- Tanto los datos obtenidos por la encuesta dirigida a expertos, como los que se han obtenido de la encuesta dirigida a las entidades, pueden ser complementados por ulteriores métodos de participación. Sesiones de participación dirigidas a los expertos, para obtener consensos relativos a cada servicio ecosistémico y sus atributos podrían realizarse en formato presencial, y de la misma manera, organizar talleres para hacer aflorar muchos más espacios relevantes de cara a los servicios ecosistémicos culturales ligados al agua.

8 Referencias

AEMA. 2011. Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its Integration into policies using monitoring systems. EEA Technical Report No 18/2011. European Environment Agency – Publications Office of European Union, 138 pp.

Andreo, B., et al. (2004). "Propuesta metodológica para la estimación de la recarga en acuíferos carbonáticos." Boletín Geológico y Minero, 115(2), 177-186.

Andreo, B., Vías, J. M., Mejías, M., Ballesteros, B. J., & Marín, A. I. (2007). Estimación de la recarga mediante el método APLIS en el acuífero jurásico de El Maestrazgo (Castellón, NE España). III Simposio Internacional sobre Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros.

Andreo, B., Vías, J. M., Mejías, M., & Marín, A. I. (2008). Estimación de la recarga mediante el método APLIS en los acuíferos de la Sierra de Estepa (Sevilla). Boletín Geológico y Minero.

Ballesteros, B. J., Mejías, M., & Marina, M. (2010). Estimación de la recarga natural mediante el método APLIS de los acuíferos carbonatados de la Sierra de Baza (Granada, España). Revista de la Sociedad Geológica de España.

Durán J.J, Andreo B., Vías J., López-Geta J.A., Carrasco F. y Jiménez P. 2004. Clasificación de acuíferos carbonáticos de la Cordillera Bética según la tasa de recarga. Boletín Geológico y Minero, 115, 2, 199-212.

MITERD. 2020. Estrategia Nacional de la Infraestructura Verde y de la Conectividad y la Restauración Ecológicas. Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 249 pp.

Palma-Nava, A., et al. (2022). "Estimación de la recarga natural en la Cuenca de México mediante la aplicación del método APLIS." Ingeniería, investigación y tecnología, 23(2). Este estudio adapta y aplica el método APLIS para estimar la recarga natural en la Cuenca de México, ofreciendo una perspectiva sobre su aplicabilidad en diferentes contextos geográficos.

Solís Berdasco, A. (2014). Bases de datos y GIS en Hidrogeología. Método APLIS. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Oviedo.

Tapia Morales, N. (2013). Aplicación de metodologías para la estimación espacial de recarga y conductividad hidráulica. Caso de los Andes centrales de Perú. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Málaga.

Tapia Morales, N. (2013). "Aplicación de metodologías para la estimación espacial de recarga y conductividad hidráulica. Caso de los Andes centrales de Perú." Trabajo Fin de Máster, Universidad de Málaga.

TEEB. 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. 39 pp.

Mudarra, M. et al. (2019). Combining Experimental Methods and Modeling to Quantify the Complex Recharge Behavior of Karst Aquifers. Water Resources Research. https://doi.org/10.1029/2017WR021819

Guardiola-Albert, C. et al. (2014). Significance of Preferential Infiltration Areas for Groundwater Recharge Rate Estimated with APLIS in the Mountain Karst Aquifer System of Sierra de las Nieves (Southern Spain). In: Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17435-3_8

Andreo, B. et al. (2014). Synthesis of Groundwater Recharge of Carbonate Aquifers in the Betic Cordillera (Southern Spain). In: Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17435-3_11

Guardiola-Albert, C. et al. (2015). Comparison of Recharge Estimation Methods During a Wet Period in a Karst Aquifer. Groundwater, 53(6), 885–895. https://doi.org/10.1111/gwat.12287

Martínez-Santos, P. et al. (2021). An Assessment of Groundwater Recharge at a Regional Scale for Sustainable Resource Management: Province of Alicante (SE Spain). Water, 13(6), 862. https://doi.org/10.3390/w13060862

9 Anexos

- Anexo cartográfico
    1. Mapa de Situación – Ortofotoimagen
    2. Mapa de Situación – Topográfico
    3. Mapa de resultados del método APLIS
    4. Mapa de los servicios ecosistémicos de la RBVC – Datos agregados
    5. Mapa con los resultados de la encuesta a la ciudadanía: Importancia y tipo
    6. Mapa con los resultados de la encuesta a la ciudadanía: Estado
- Fichas de zona: Diversas fichas-resumen de los resultados del proyecto, una ficha de cada zona estudiada de la RBVC.
- Ficheros digitales asociados al proyecto:

  Asociados a este proyecto se entregan los siguientes archivos, estructurados también según las carpetas siguientes

    1. /Entrega_digital
        - /Capas: Las capas que se han trabajado y usado para generar la cartografía asociada al proyecto
            - /APLIS: Se encuentran las capas que han producido el modelo predicho del APLIS; Así como un modelo que sistematiza las operaciones para realizar el análisis con las capas reclasificadas.
        - /Encuestas: Los ficheros .shape y Excel asociados a las encuestas tanto dirigidas a la ciudadanía como al equipo de expertos
        - /IMG: Imágenes generadas para el proyecto, logos, imágenes de marca, etc.
        - /Mapas: Se puede encontrar un proyecto de QGIS con la simbolización y “layouts” usados para generar los mapas asociados al proyecto
        - /APLIS: Dentro se encuentra el proyecto en QGIS con el modelo que incluye las capas que se utilizan para generar el cálculo del APLIS.
        - /Documento: Dentro se encuentra el proyecto en formato PDF, con los anexos cartográficos adjuntos

9.1 Anexo cartográfico

Anthesis

9.2 Fichas de zona

Anthesis

Anthesis

Rambla de Catalunya, 6, pral.
08007 **Barcelona**
Av. de Roma, 252
08560 **Manlleu** - Barcelona
Gran Vía, 63, 3º derecha
28013 **Madrid**
T +34 938 515 055
hola@anthesisgroup.com
www.anthesisgroup.com

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

Castilla-La Mancha

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO