

A mi madre, un ejemplo de lucha y superación, mujer valiente que me ha enseñado todo lo que soy y que sin ella cerca este trabajo no hubiera tenido sentido.

A mi hermana por la comprensión en los días en que nada salía bien y la ayuda prestada.

A mi familia, tíos, primos y a mi iaia, gracias por los mensajes de apoyo y ánimos que siempre me han ayudado a seguir.

A mis tutores Leticia y Jose Andrés, que han sabido guiarme en este camino con su sabiduría y experiencia.

Al grupo de trabajo: Ana Lía, María Z, Alejandro, Carlos y Roger, que sin ellos aun quedarían por resolver muchas dudas.

A Edu, porque sin él este trabajo hubiera quedado a medias. Porque su ayuda ha sido vital para llegar a conseguirlo y que ha sido igual de importante que lo es su amistad. Gracias por todo.

A mis Picanyísticos por ser como son, geniales y auténticos, que han sabido tener conmigo la paciencia que han demostrado. Da igual la distancia que pueda haber entre nosotros porque siempre vamos a estar unidos. Os quiero muchísimo.

A l@s chic@s de Darcy, mi gente hidráulica de la que he aprendido mucho. Gracias por haber estado ahí, siempre y a cualquier hora, y haberme permitido conocerles y compartido estos 2 años de vivencias juntos.

A mis niñas que tan buenos ratos hemos pasado. Y aunque cambiamos de sede, vuestras risas siempre han estado ahí dando ánimo y fuerza.

A vosotros que, aun estando lejos de mi, habéis sabido transmitirme vuestro apoyo para seguir adelante. Ainhoa, Marcos, Belen, Pili, Goyi.

A todos, gracias de corazón.

A mi abuelo Gerardo, que con su
sabiduría y genio me enseñó a amar
la tierra.

A mi padre, del que heredé la fuerza
para seguir hacia delante aunque las
cosas se pongan feas.

En la naturaleza no hay recompensas o castigos.
Hay consecuencias.
H.A. Vachell

Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado.
El esfuerzo total es una victoria completa.

M. Gandhi

INDICE

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo General.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 ESTADO DEL ARTE. ANTECEDENTES	12
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1 ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO	26
2.2 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	26
2.2.1 Situación	26
2.2.1.1 Localización geográfica.....	27
2.2.1.2 Caracterización general de la cuenca.....	28
2.2.2 Geología y Litología.....	29
2.2.2.1 Litofacies y Suelos.....	30
2.2.2.2 Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos	34
2.2.3 Descripción de los suelos.....	34
2.2.4 Clima.....	37
2.2.4.1 Elección de observatorios meteorológicos	39
2.2.4.2 Balance hídrico	40
2.2.4.3 Clasificación climática	42
2.2.5 Vegetación y cultivos.....	44
2.2.5.1 Vegetación potencial.....	45
2.2.5.2 Vegetación actual y distribución de usos del suelo en la zona de estudio.....	47
2.2.5.3 Mapa forestal.....	48
2.2.5.4 Espacios protegidos.....	49
2.2.5.5 Montes a cargo de la administración	51
2.2.6 Características socioeconómicas	52
2.2.6.1 Demografía y datos geográficos	52
2.3 HIDROLOGÍA FORESTAL	54
2.3.1 Reseña Hidrográfica	54
2.3.2 Características morfológicas.....	59
2.3.2.1 Parámetros de forma	59
2.3.2.1.1 Coeficiente de Gravelius	59
2.3.2.2 Parámetros de relieve	60
2.3.2.2.1 Curva hipsométrica	60
2.3.2.2.2 Altura media	61
2.3.2.2.3 Altitud media	62
2.3.2.2.4 Pendiente media	62
2.3.2.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica.....	63
2.3.2.3.1 Densidad de drenaje.....	63
2.3.2.3.2 Pendiente media del cauce principal	63
2.3.3 Erosión en la zona de estudio.....	64

2.3.3.1	Índices de protección del suelo por la vegetación	64
2.4	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCAS BASADA EN EL MÉTODO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN	66
2.4.1	Métodos de cálculo para los factores USLE	68
2.4.1.1	Factor de erosión pluvial (R).....	68
2.4.1.2	Factor de erosionabilidad del suelo (K).....	68
2.4.1.3	Factor longitud – inclinación (LS).....	70
2.4.1.4	Factor cubierta vegetal o factor (C).....	70
2.4.1.5	Factor de prácticas de conservación (P)	70
2.4.2	Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE	71
2.4.3	Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca.....	74
2.5	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCAS CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990).....	76
2.6	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD	79
2.6.1	Estudio de la problemática en la cuenca	80
2.6.2	Establecimiento de los objetivos y selección de actividades.....	81
2.6.3	Inventario y análisis del medio: cartografía temática	82
2.6.4	Estudio de la capacidad de acogida de las actividades.....	84
2.6.4.1	Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de convivencia	91
2.6.5	Adecuación del medio para la realización de actividades.....	98
2.6.6	Relación entre actividades.....	102
2.6.7	Propuesta de actividades para optimizar los objetivos	103
2.6.7.1	Asignación de actividades.....	103
2.6.7.2	Actividades propuestas.....	104
	CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	106
3.1	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	106
3.2	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ORDENACIÓN	107
3.2.1	Comparación de resultado entre el Modelo USLE y Mintegui (1990)	108
3.2.2	Comparación de resultados entre el Modelo USLE y MOCS.....	109
3.2.3	Comparación de resultados entre MOCS y Mintegui (1990)	112
3.3	PROPUESTA DE UNA NUEVA METODOLOGÍA OPTIMIZADA	115
3.3.1	Datos de partida y adaptación.	115
3.3.2	Resultados de la nueva propuesta.....	122
3.4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	124
3.4.1	Información previa	124
3.4.2	Clasificación y elección de criterios	125
3.4.3	Discusión de los resultados.....	132
	CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y APORTACIONES	139
4.1	CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	139

4.2 APORTACIONES	142
4.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	144
CAPITULO 5. BIBLIOGRAFÍA.....	146

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Factores a considerar en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca hidrográfica.	18
Tabla 2. Precipitación media anual	38
Tabla 3. Temperatura media anual	38
Tabla 4. Estaciones meteorológicas de la cuenca.	39
Tabla 5. Balance hídrico Alcoy I.	40
Tabla 6. Balance hídrico Alcoy II.	41
Tabla 7. Clasificación Climática de Thornthwaite	43
Tabla 8. Clasificación agroclimática de J. Papadakis.	44
Tabla 9. Valores del Índice de Martonne	44
Tabla 10. Distribución de especies vegetales y áreas urbanizables.	48
Tabla 11. Propiedad de los montes.	51
Tabla 12. Tabla de altura y superficie por encima de la cota correspondiente	60
Tabla 13. Proporción de pendientes en función del uso del suelo.	66
Tabla 14. Valor de K del método USLE	69
Tabla 15. Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos (FAO, PNUMA, UNESCO)	72
Tabla 16. Pérdida de suelo por estrato de vegetación.	72
Tabla 17. Superficie de la cuenca en la que se producen pérdidas de suelo en los rangos establecidos	73
Tabla 18. Ordenación de los usos del suelo en diferentes superficies según el modelo USLE.	74
Tabla 19. Superficie correspondiente para cada uso futuro siguiendo el método USLE.	75
Tabla 20. Clasificación para la ordenación siguiendo el criterio de la metodología de Mintegui.	77
Tabla 21. Superficies definitivas de los usos según criterios de Mintegui.	78
Tabla 22. Objetivos de la ordenación según criterios de sostenibilidad y actividades propuestas.	82
Tabla 23. Matriz de capacidad de acogida de las actividades.	85
Tabla 24. Matriz de conveniencia del medio para realizar actividades.	92
Tabla 25. Adecuación del medio para las actividades propuestas.	98
Tabla 26. Clases de Adecuación global	98
Tabla 27. Compatibilidad entre las actividades propuestas.	102
Tabla 28. Superficies de adecuación para las actividades propuestas	104
Tabla 29. Tabla de actividades compatibles bajo criterios de sostenibilidad.	105
Tabla 30. Resultados de la Ordenación según el modelo USLE	106
Tabla 31. Resultados de la Ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990)	107
Tabla 32. Resultados de la Ordenación según metodología con criterios de Sostenibilidad (MOCS)	107
Tabla 33. Superposición del modelo USLE y Mintegui (1990)	108
Tabla 34. Superposición del modelo USLE y MOCS.	110
Tabla 35. Superposición del modelo MOCS y Mintegui (1990)	113
Tabla 36. Superficie de actividades propuestas para cada metodología	120
Tabla 37. Superficie de actividades propuestas coincidentes completamente	122
Tabla 38. Resumen Comparativo de Metodologías. Análisis de fortalezas y debilidades	133
Tabla 39. Resumen de la nueva propuesta de metodología en ordenación de cuencas	136

ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1. Situación de la cuenca del río Serpis. CHJ (2009)</i>	24
<i>Figura 2. Localización de los diferentes tipos de suelos</i>	33
<i>Figura 3. Capacidad de acogida del medio Actividades 1, 2 y 3.</i>	88
<i>Figura 4. Capacidad de acogida del medio Actividades 4, 5 y 6.</i>	89
<i>Figura 5. Capacidad de acogida del medio Actividades 7, 8 y 9</i>	90
<i>Figura 6. Conveniencia del medio Actividades 1, 2 y 3.</i>	95
<i>Figura 7. Conveniencia del medio Actividades 4, 5 y 6.</i>	96
<i>Figura 8. Conveniencia del medio Actividades 7, 8 y 9.</i>	97
<i>Figura 9. Adecuación del medio Actividades 1, 2 y 3.</i>	99
<i>Figura 10. Adecuación del medio Actividades 4, 5 y 6.</i>	100
<i>Figura 11. Adecuación del medio Actividades 7, 8 y 9.</i>	101
<i>Figura 12. Resultado a la adaptación a cada metodología para la nueva leyenda.</i>	121
<i>Figura 13. Mapa adaptado según la nueva Propuesta de Ordenación</i>	123

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Balance hídrico Alcoy I.</i>	<u>41</u>
<i>Gráfico 2. .Balance hídrico Alcoy II</i>	<u>42</u>
<i>Gráfico 3. Curva hipsométrica del río Serpis hasta su desembocadura.</i>	<u>61</u>
<i>Gráfico 4. Esquema para la toma de decisiones en áreas de No - coincidencia</i>	<u>128</u>

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua, como componente principal e imprescindible del medio natural, se encuentra en peligro de agotamiento. Aunque existe una mentalidad de cuidado y adecuación del uso que se hace de ella, desde hace unos años su estado ha ido degradándose. La intensa explotación del recurso para abastecimiento y riego unido a las temporadas de sequía que vienen dándose en la Comunidad Valenciana, hacen que el agua sea el actor más importante a tener en cuenta en la gestión del medio.

En el ámbito forestal se debe considerar en una misma integración los recursos naturales agua – suelo – vegetación para una cuenca hidrográfica, ya que forman un sistema complejo, interdisciplinario, sintetizado matemáticamente en el ciclo hidrológico y definido territorialmente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación afecta al sistema (López Cadenas de Llano, 1994)

Una línea de importante relevancia, dentro de la política forestal, es la protección específica del suelo y la cubierta vegetal que soporta y le sirve de sujeción. La adecuación de la red hidráulica que guía la escorrentía superficial, contribuye a la defensa frente a los fenómenos hídricos que dan como resultado procesos de erosión edáfica, degradación biológica y alteración o inestabilidad de los cauces y márgenes.

La restauración hidrológica forestal es el conjunto de planes, acciones y trabajos necesarios para la conservación y fertilidad de los suelos, la regulación de escorrentías, la consolidación de cauces fluviales y laderas, la contención de sedimentos y acarreo, y, en general, la defensa del suelo contra la erosión.

El presente trabajo analiza tres metodologías de la ordenación de cuencas de las que se comparan los resultados obtenidos y pudiendo definir qué metodología se adapta mejor en el ámbito del mediterráneo, para lo que se aplican a la cuenca del río Serpis, que se considera representativa en este ámbito biogeográfico. Para ello se utilizarán:

1. Metodología de ordenación de cuencas según la Ecuación de Pérdidas de Suelo (USLE)
2. Metodología de ordenación agro – hidrológica según criterios de Mintegui (1990)
3. Metodología de ordenación de cuencas según criterios de sostenibilidad (MOCS)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general es el estudio de distintas metodologías de ordenación de cuencas, para determinar sus posibles debilidades y fortalezas aplicadas a un ámbito biogeográfico concreto y aportar las bases para la propuesta razonada de una nueva Metodología de Ordenación de Cuencas en el Ámbito del Mediterráneo (MOCAM), mediante el análisis y la comparación de las diferentes metodologías.

1.2.2 Objetivos Específicos

Dentro del análisis y la comparación de las diferentes metodologías de ordenación de cuencas, se investigan los puntos fuertes y débiles de cada una de ellas para la mejor gestión del territorio a nivel de cuenca. Se realiza la aplicación de distintas metodologías de ordenación a la cuenca del Serpis que se considera representativa de las características que definen la problemática general y el régimen hidrológico de las cuencas del ámbito del mediterráneo.

Para ello

- Se identifican y analizan las metodologías que se vienen empleando para la ordenación de cuencas hidrográficas en el ámbito del mediterráneo.
- Se aplican las metodologías propuestas de ordenación de cuencas a la cuenca del Serpis.

- Se comparan los resultados obtenidos de los datos del trabajo de campo y del estudio de la cuenca con sistemas de información geográfica (GIS)
- Se analiza cualitativa y cuantitativamente las coincidencias de las superficies de actuación resultantes de las distintas metodologías empleadas.
- Se aporta en el ámbito del manejo de cuencas, la idoneidad o no de los diferentes métodos de ordenación de cuencas analizados, en función de los resultados de la investigación, y así como las conclusiones que permitan propuestas de acciones que mejoren las metodologías actuales.

1.3 ESTADO DEL ARTE. ANTECEDENTES

La erosión es una de las mayores amenazas ambientales para la sostenibilidad y la capacidad productiva de la agricultura convencional en todo el mundo. Durante los últimos 40 años, casi una tercera parte de la tierra arable del mundo ha sido perdida por causa de la erosión. (López Cadenas de Llano; FAO, 1988)

Los principales efectos causados por la erosión son la pérdida de la agricultura y la fertilidad de suelos forestales, el aumento de la degradación de la cubierta vegetal, y una reducción en el control hidrológico natural. Estos procesos quedan vinculados a la amenaza de la desertificación (Soto, 1992). Y es que España es uno de los países más afectados por la erosión de la región mediterránea europea.

En la cuenca mediterránea, la erosión del suelo se ha convertido en un problema muy grave y por eso se ha desarrollado como objeto de estudio de organismos de la administración central y regional, y de la propia política comunitaria europea. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED, 1992) se definió formalmente la *desertificación* como “la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y secas subhúmedas resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y actividades humanas” y es actualmente la base de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD)

La zona de estudio se caracteriza por unos factores físicos adversos como la irregularidad y torrencialidad de las lluvias, la gran erosionabilidad de los suelos, la falta de materia orgánica y fuertes pendientes en gran parte de la cuenca alta. A esto se le debe unir los factores socio – económicos potenciadores de la erosión como son el abandono de la tierra, la deforestación, la frecuencia de los incendios forestales y la intensificación de las prácticas agrícolas.

Fue en la primera mitad del siglo XIX cuando el territorio se vio gravemente afectado por los cambios descritos y que hoy en día no ha sido restaurada lo suficiente. A esta situación hay que sumarle la intensificación agrícola, la sobreexplotación de los acuíferos ha reducido buena parte de los recursos hídricos subterráneos y a la sequía estructural se suma con frecuencia la escasez pluviométrica (CONESA, 2007). Con ella, la torrencialidad de las lluvias y las corrientes de avenida terminan siendo agentes indiscutibles de erosión y pérdida de suelo. Indiscutiblemente estos cambios van de la mano de la destrucción de la cubierta vegetal por incendios forestales incrementando los fenómenos erosivos, inundaciones...

ANTECEDENTES HISTÓRICO – LEGISLATIVO DE LA RHF

La Restauración Hidrológico Forestal (RHF) nace en Centroeuropa como la necesidad de mitigar las consecuencias provocadas las fuertes avenidas, así como el control de los procesos erosivos. En España comienza a aplicarse a mediados del siglo XX dónde ya existía una conciencia importante sobre la necesidad de conservar y restaurar los montes arbolados. Después del desastre económico, social y ecológico que provocó la *Ley de Desamortización de 1 de mayo de 1855*, conocida también como *Ley Madoz*, se pusieron en marcha varias iniciativas poniendo énfasis sobre la defensa de los montes españoles y los pilares de la restauración hidrológico forestal.

En 1863 se promulgó la *Ley de Montes de 24 de mayo de 1863* seguida, en 1865, por el Reglamento de la Ley de Montes (Real Decreto de 17/05/1865) las cuales marcaron el ámbito de acción de la política forestal y sentaron las bases de su desarrollo administrativo. En 1877 se formuló la *Ley para la mejora, fomento y repoblación de los*

montes públicos exceptuados de la desamortización (Ley General de Repoblación), la cual fue acogida con motivación debido a la etapa de desastres naturales que venían ocurriendo en el país (la riada del Júcar en 1864 y las del Guadalentín y Almanzora en 1879). De ella nacieron Comisiones Técnicas y la elaboración de Estudios sobre Avenidas e Inundaciones (estimación de daños y prevención) que sirvieron de base para promulgar el “Plan Sistemático de Repoblación de Cabeceras de Cuencas Hidrográficas” y su reglamento (R.O de 28 de julio de 1888). Fue con esta disposición con la que se realizaron los primeros trabajos de restauración hidrológico forestal en nuestro país.

Las cuencas en el ámbito mediterráneo se caracterizan por tener relieves abruptos y pendientes acusadas sobre diferentes tipos de litofacies, algunas de ellas muy erosionables. Esto, unido a la falta de cubierta vegetal, debido en gran parte al fenómeno recurrente de los incendios forestales, provoca elevadas tasas de erosión, consecuentemente las pérdidas de suelo son muy altas y el aporte de sedimentos es elevado. Esta grave situación provocó la firma en Abril de 1985 el “Convenio de Cooperación para la Restauración Hidrológico Forestal de cuencas entre la Comunidad Valenciana y el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza”.

Este convenio destacaba la importancia de la restauración hidrológico forestal de cuencas para garantizar la conservación de los suelos forestales, corrección de torrentes y ramblas, contención de aludes y fijación de dunas y suelos inestables, en orden a conseguir la regulación del régimen de las aguas, defensa de los embalses, vías de comunicación, poblados y tierras agrícolas y en general, la conservación de los recursos naturales y la protección de estructuras civiles y obras públicas de gran importancia económica y social (CONESA, 2005).

Actualmente, la evaluación y seguimiento del sector forestal corre a cargo de la Subdirección General de Montes, dentro de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN) y, por tanto, a la Secretaría general de Medio Ambiente del mismo Ministerio.

Todas las competencias en materia forestal se encuentran transferidas a las Comunidades Autónomas, con la única excepción de las que desarrollan los servicios de

aplicaciones forestales en las Confederaciones Hidrográficas, es decir la restauración en las riberas y cabeceras de las cuencas. Así pues, la restauración hidrológico forestal viene regulada por la normativa forestal estatal (artículos 341 a 356 del reglamento de Montes) y por la autonómica (artículo 51, de la Ley Forestal 3/1993, de 9 de diciembre de 1993 de la Comunidad Valenciana)

En España y como respuesta a los cambios ocurridos en el siglo XIX (revolución industrial: conlleva un cambio en la explotación de productos de origen forestal, sustitución del carbón vegetal por el mineral, utilización del hierro en lugar de la madera...) en el periodo 1876 – 1936, la gestión forestal tiene dos motivaciones principales: a) el mantenimiento de las áreas forestales dentro de su uso natural, con un aprovechamiento que garantizase la persistencia de las masas y el abastecimiento en madera, como objetivo forestal; b) la protección del suelo y la corrección de los torrentes de montaña y sus cuencas vertientes (Mintegui, 2006)

La mayor política hidráulica de la época se desarrolló en 1940, en la que la regulación de los principales cauces fluviales era la máxima del momento y de donde se comenzó a difundir el término de Restauración Hidrológico Forestal, como lo conocemos hoy en día. Se puso como objetivo la protección de embalses, se garantizó y prolongó la vida útil de los mismos, utilizando para ello un programa de restauración hidrológico forestal de sus cuencas alimentadoras que adaptaba técnicas que habían sido experimentadas con buenos resultados en la corrección de torrentes montañosos.

Es en 1954 cuando García Nájera publica la ecuación de "Pendiente máxima admisible en cultivos" seguida un año después por la "Pendiente máxima admisible en pastizales" (1955) destinadas a vegetación permanente, de preferencia arbolada, para quedar de este modo defendidas de la erosión hídrica acelerada, protegiendo al mismo tiempo las áreas situadas aguas abajo. El desarrollo de estas dos ecuaciones permitió el establecimiento de los "Índices de Protección del Suelo por la Vegetación" por parte de López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1968).

En 1979 se define el proyecto LUCDEME (Lucha Contra la Desertificación en el Mediterráneo) referido a la totalidad de la vertiente mediterránea española y el cual busca conocer la situación real de las áreas afectadas y sus particularidades.

Entre 1980 – 1988 se realizaron importantes estudios como la "Determinación del factor lluvia, coeficiente R ó índice de erosión pluvial de la USLE en la vertiente mediterránea española" y "Agresividad de la lluvia en España".

Finalmente, como resultado de éstos y otros estudios, se han elaborado los "Mapas de estados erosivos" (1987-93), que apoyándose en el modelo USLE, reflejan la erosión potencial en las diferentes áreas de España. Dichos conceptos han permitido concretar los primeros esquemas con los "Criterios para la Ordenación Agro-hidrológica de una cuenca alimentadora" (Mintegui 1990).

Ya en el nuevo siglo, el Ministerio de Medio Ambiente de España puso en marcha el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES, 2001) donde se precisa localizar, cuantificar y analizar la evolución de los fenómenos erosivos, con el fin último de delimitar con la mayor precisión posible las áreas prioritarias de actuación en la lucha contra la erosión, así como definir y valorar las actuaciones a llevar a cabo.

El trabajo INES, vendría a ser la continuación técnica de los Mapas de Estados Erosivos cuyos objetivos fueron los de detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los procesos de erosión de suelos en España, así como su evolución previsible en el tiempo.

LA ORDENACIÓN Y RESTAURACION HIDROLÓGICO FORESTAL

La RHF se concibe como una conjunción de acciones mecánicas y biológicas e hidrotecnias, armónicamente distribuidas entre la cuencas y sus cauces (López Cadenas de Llano, 1994) Los trabajos de reforestación de terrenos rasos de la cuenca forestal deben ser considerados como prioritarios y utilizarse de forma preferente, siempre que sea posible, frente a otra alternativa de uso.

La forestación de cuencas torrenciales debe considerarse como una ayuda a la naturaleza que invierte su proceso de degradación y anticipa en varios estadios su evolución hacia un ecosistema de bosque. Son las masas heterogéneas e irregulares las que mejor aprovechan la energía del medio, objetivo por tanto principal para el logro de la permanencia de la cubierta forestal. (López Cadenas de Llano, 1998)

La RHF, junto a la ordenación de cuencas y la desertificación, supone un avance en las políticas y acciones mundiales sobre la erosión, principal causa de la desertificación, que pasan formalmente a formar parte de una estrategia de ordenación más global de las relaciones del hombre con la biosfera (Tejera, 2001). De ahí se desarrolló las técnicas que a continuación se describen.

La *ordenación agro-hidrológica* y la *restauración hidrológico-forestal* son actuaciones técnicas, pero profundamente culturales y pensadas para la población; siendo su propósito final compaginar sus necesidades con las capacidades y limitaciones naturales del medio donde se asientan, para asegurar el presente y futuro de los recursos naturales (Robredo, 1994).

La ordenación agro-hidrológica está basado en el estudio del estado físico de la cuenca vertiente y en el análisis de un comportamiento futuro ante un eventos torrencial, tanto ordinario como extraordinario, con el propósito de conocer cómo es y cómo se comporta realmente la cuenca. También se busca preveer su evolución y detectar sus carencias, a fin de proponer las medidas pertinentes para tratar de subsanarlas.

Según Mintegui (2006), el objetivo principal de la ordenación agro-hidrológica es la mejora de la calidad de vida de la población local, actuando sobre:

- a. La mejora del medio natural (protección de los suelos, regulación hídrica y conservación de la biodiversidad) como medio de lucha contra la desertificación.

- b. La mejora de los recursos económicos, para generar empleo y estabilizar la población como herramienta para evitar las migraciones en origen, potenciando el desarrollo de los sectores económicos basados fundamentalmente en el aprovechamiento ordenado de los recursos naturales propios: sector forestal, turismo rural, caza y pesca, sector agroganadero, productos naturales, etc.

Habitualmente en la confección de la ordenación agro-hidrológica se tienen en cuenta los modelos hidrológicos, de conservación de suelos y de utilización del territorio. Además, debe basarse en los factores que se exponen en la tabla 1, donde se establecerá una clasificación de las actuaciones necesarias a llevar a cabo en cada una de las zonas de la cuenca objeto de restauración.

Tabla 1. Factores a considerar en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca hidrográfica.

Altitudes según las zonas de la cuenca	Áreas dominantes (cabeceras) Áreas dominadas (valles)
Cubierta vegetal	Estado actual de la vegetación Procedencia Vocación (forestal, agrícola, otros usos)
Morfología de la cuenca	Pendientes (dependiendo de las zonas de la cuenca) Orientación (solana, umbría)
Geología	Áreas con erosiones superficiales Áreas con erosiones de fondo
Edafología	Tipos de suelo en las diferentes zonas de la cuenca
Modelos de protección del suelo	Índices de protección del suelo por la vegetación Aplicación de ecuaciones paramétricas (tipo USLE o RUSLE) Otros modelos de erosión
Índices fito – sociológicos	Índices bio – climáticos Índices de potencialidad de una estación
Actuaciones en el territorio	En la cuenca vertiente (alternativas posibles y selección de la opción de proyecto)

	En los cauces (alternativas posibles y selección de la opción de proyecto)
Clasificación del área de proyecto	Zonas de actuaciones Zonas de recomendaciones Zonas sin actuaciones

Fuente: Mintegui, 2006.

La RHF implica llevar a cabo en la cuenca vertiente las medidas adoptadas en la ordenación agro-hidrológica, para protegerla de los daños que pudiera causarle el geodinamismo torrencial provocado por los eventos torrenciales o la fusión repentina del manto de nieve, así como para asegurar su buen funcionamiento hidrológico y la correcta conservación de sus suelos en los periodos que transcurren entre eventos torrenciales.

Los objetivos de la RHF de una cuenca con carácter torrencial están centrados en el uso racional de los recursos que dispone, fundamentalmente suelo y agua, y son:

- La retención del suelo mediante el control de la erosión, tratando al mismo tiempo de aprovechar este recurso.
- La regulación de las avenidas y del transporte de materiales, provocado por las mismas, así como la sedimentación de éstos últimos en las áreas dominadas.
- La provisión hídrica.

Así mismo, éstos objetivos se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. La resolución de los problemas generados por los eventos torrenciales acaecidos en la cuenca.
2. La utilización agrícola y forestal de la cuenca aprovechando racionalmente sus recursos hídricos, potenciando la agricultura en los lugares idóneos y concretando las potencialidades vegetativas en las diferentes zonas de misma; de modo que la vegetación permanente no se imponga sólo como protección integral de la cuenca sino que se instale ajustada a la realidad física del territorio y su

clima, en función del comportamiento del ciclo del agua en la zona.

Como consecuencia de éstos objetivos, se tiene la planificación dinámica de las cuencas hidrográficas.

MANEJO Y PLANIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En 1992, la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), definió la planificación de cuencas hidrográficas como la *ordenación de los recursos naturales* y la *restauración de ecosistemas degradados*, en función del mejoramiento del bienestar y de la calidad de vida de la comunidad.

Su aplicación se ofrece en la cuenca hidrográfica, concebida como un marco interdisciplinario, que queda sintetizado matemáticamente por el ciclo hidrológico y definido geográficamente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación afecta el sistema. Además, las técnicas de restauración han considerado tomar la cuenca hidrográfica, como unidad territorial de actuación de planificación (FAO, 1992) y de gestión (López Cadenas de Llano, 1994).

A finales de los años 90 surgió la “*Ordenación de Cuencas Hidrográficas*” como una expresión europea del concepto americano de “manejo de cuencas”. Igual que sucedió en América, para Europa (principalmente en España y Francia) se desarrolló un gran campo de estudio en materia de gestión integral de cuencas, promoviendo la creación una línea de investigación fundamental en esta área.

Con lo que se concreta que la condición actual y futura de una cuenca hidrográfica depende de una serie de factores, tales como:

- La dinámica demográfica que se presenta en la cuenca y su grado de vinculación con las otras cuencas de un país o una región
- La disponibilidad e intensidad de uso de sus recursos naturales

- Las características de la producción y la economía que se verifica en su espacio geográfico
- La tecnología existente en materia de infraestructura hídrica
- Las instituciones y el modo de funcionamiento
- Las leyes, reglamentaciones y normas que rigen el funcionamiento de los procesos que se verifican dentro de la cuenca
- La cultura y el grado de conciencia de los habitantes sobre la importancia de preservar los recursos y cuidar el medio ambiente
- La complejidad y el tamaño de la cuenca.

El presente trabajo, abordará el *análisis* y la *comparación* de metodologías de ordenación de cuencas, las cuales están dentro de un marco de planificación física destinada a la conservación y buen uso de los recursos naturales.

PROBLEMAS DE EROSIÓN EN LA CUENCA MEDITERRÁNEA.

La cuenca mediterránea durante largo tiempo, ha sido objeto de una intensa ocupación por parte del hombre, dando como resultado un complejo sistema de interacciones entre el medio natural y las actividades humanas (SANCHEZ, 2010)

La degradación de la cubierta vegetal, la erosión y la desertificación constituyen hoy en día los problemas más extendidos y acuciantes de cuantos directa o indirectamente afectan a los suelos mediterráneos, siendo en consecuencia, indicadores básicos de la “sostenibilidad ambiental” de esta región (CONESA, 2007).

La deforestación progresiva causada por un abusivo uso del suelo y los continuos incendios producidos en la zona, acompañada por las lluvias torrenciales y las condiciones edáficas, han provocado pérdidas de suelo muy considerables. Según el estudio de “Mapas de estados Erosivos” (ICONA, 1988), la pérdida media anual, no ponderada, del suelo, para el conjunto de la cuenca del Júcar es de $28,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Uno de los problemas más graves de las pérdidas de suelo en estas cuencas, es la acumulación de sedimentos en las presas. En la actualidad la colmatación de embalses es un problema ambiental de primer orden donde la erosión potencial, y real, afecta con intensidad a un buen número de ríos regulados. (Avendaño et al., 1999). No hay soluciones definitivas para el mantenimiento de los embalses, pero existen medidas tanto preventivas como correctoras que pueden contribuir a minimizar los procesos de colmatación.

La identificación de las áreas fuente de sedimentos, su acondicionamiento y control de la erosión mediante obras de contención y/o preferentemente, mediante una correcta recuperación y mantenimiento de la cubierta forestal, son aspectos clave en la disminución de la producción de sedimentos y en la conservación de la vida útil de los embalses. En tal caso, la eficacia de la restauración forestal pasa por recuperar todos los estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo) hasta las densidades adecuadas.

METODOLOGÍAS Y MODELOS PARA LA ORDENACIÓN DE CUENCAS

La ordenación de cuencas hidrográficas condiciona los usos del suelo en una cuenca a la conservación del suelo, el agua y el equilibrio del ciclo hidrológico. Una de las herramientas que más ha contribuido en el campo de la planificación es el empleo de los modelos matemáticos.

“Todo modelo, según Gómez Orea (1978), aspira a elaborar una teoría del sistema, es decir, un conjunto de enunciados, ecuaciones, fórmulas, esquemas, etc., que permitan describir adecuadamente el funcionamiento presente del sistema, así como explicar lo ocurrido en el pasado y predecir lo que pasará en dicho sistema en el futuro”.

Por otro lado, la elección final de un determinado modelo depende de su utilidad y alcance, lo que a su vez viene condicionado a:

- La amplitud que pretende abarcar
- Los parámetros y coeficientes que utilice

- El rigor que exige o es posible exigir en las mediciones de los parámetros que en él intervienen.
- Las disponibilidades de medida con las que se cuentan
- Los coeficientes de ajuste obtenidos de la experiencia

Es frecuente que los modelos no consigan aportar la solución óptima, debiendo contentarse con una que resulte satisfactoria.

El desarrollo y utilización de modelos matemáticos es la única herramienta posible para integrar las contribuciones de todas las disciplinas presentes en el problema y para incorporar datos y estudios procedentes de distintos sectores. En estos, el algoritmo utilizado crea el puente necesario para unir a los especialistas y poder llegar a la resolución del problema (FAO - PNUMA 1984).

Gracias al desarrollo experimentado de las nuevas técnicas informáticas, el uso de modelos, cada día más complejos, se ha podido llevar a cabo. Esto ha permitido que el tratamiento matemático, rápido y seguro de la multitud de datos que conlleva la problemática, se está considerando, y por otra parte, las grandes innovaciones en el análisis de sistemas que permiten la utilización de modelos para integrar diversas disciplinas.

La metodología clásica para la asignación de usos del suelo, es decir, para la ordenación de la cuenca, más aplicada en España parte de un mapa de erosión del suelo (Rojo, 1995). El procedimiento de cartografía de la erosión más empleado, está inspirado en la generalización de los factores de erosión de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE). El uso de este modelo de la ecuación universal con objetivos de planificación, se basa en la comparación de la cifra de pérdida de suelo que proporciona el mapa con una cifra de pérdidas admisibles fijada de antemano.

En aquellas áreas en las que las pérdidas de suelo son superiores a las admisibles, el uso del suelo es considerado incompatible con su conservación y por tanto, se proponen medidas y prácticas de conservación de suelos o acciones que proporcionasen una mejora de la cubierta vegetal protectora frente a la erosión.

En la mayoría de los proyectos de restauración hidrológico forestal el mapa de erosión es considerado como una valiosa herramienta para asignar prioridades de actuación y definir estrategias de planificación en la restauración y gestión. A pesar de las simplificaciones que se asumen en cualquier ejercicio de cartografía de la erosión, el procedimiento de ordenación es válido para establecer un mapa en el que las áreas afectadas se pueden agrupar en distintas categorías en función de la intensidad de dicha erosión.

La planificación de este tipo de actuaciones debe cumplir con el conjunto de objetivos, que en este caso, serán los objetivos de la ordenación de una cuenca hidrográfica. Estos pasan por el conocimiento del estado de la cuenca y su comportamiento; posteriormente se debe preveer su evolución, detectar las carencias y finalmente proponer las medidas pertinentes para tratar de subsanarlas.

Los modelos hidrológicos resaltan los aspectos hidráulicos en los cauces y del uso del suelo en la cuenca vertiente, en especial la importancia de las superficies dedicadas a la vegetación arbolada permanente. Por este hecho, en el campo de la ordenación agro-hidrológica, los modelos hidrológicos han desempeñado una importante función clarificadora en cuanto a la orientación que los proyectos han ido utilizando, la cual se ha centrado más en el enfoque de protección del suelo sin tomar mucho en cuenta el estudio del curso torrencial y su repercusión en la cuenca (López Cadenas de Llano, 1994).

Actualmente se tiende a utilizar modelos hidrológicos integrados en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca objeto de restauración ligando:

1. La ordenación del territorio tomando en cuenta las pérdidas de suelo por erosión
2. La ordenación de los usos de la cuenca dependiendo de sus potencial hídrico y bioclimático y tratando de potenciar sus capacidades productivas y reguladoras de los recursos hídricos.

La posibilidad de obtener con un solo modelo la mayor parte de la información necesaria para abordar la restauración de la cuenca, podría conducir a adoptar modelos distribuidos.

Uno de los objetivos principales de este tipo de modelos es llegar al conocer con precisión las disponibilidades hídricas de la cuenca. Un ejemplo de esto aplicó Robredo (1994) en su tesis doctoral *“Diseño de un modelo distribuido elemental para el análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca vertiente”* en el establecimiento del modelo, no pensó tanto en las disponibilidades hídricas en sí mismas, sino en la demarcación de las zonas capaces de mantener unos recursos hídricos suficientes, para poder realizar en las mismas las repoblaciones propuestas con los proyectos restauradores.

Por su parte, los modelos cartográficos han adquirido gran importancia en el área del manejo de los recursos naturales, ya que existe una gran disponibilidad de información cartográfica digital, la cual puede ser manipulada y analizada mediante la realización de combinaciones oportunas de dicha información disponible en diversos formatos. Los modelos que expresan relaciones espaciales y que se emplean en la práctica deberán ser sencillos y fáciles en su manejo, velando por la utilidad en su aplicación.

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 *ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO*

La cuenca elegida para el presente estudio es la del río Serpis en la provincia de Alicante. Dicha elección se justifica por tener unas características representativas de la problemática general en el ámbito geográfico del Mediterráneo, tal y como se deduce de sus antecedentes históricos en cuanto a inundaciones y sucesos torrenciales.

Presenta una de las superficies más notables de las cuencas pertenecientes a la Comunidad Valenciana a la vez que destaca por tener regímenes intermitentes en todo su curso alto y medio, una torrencialidad acusada que favorece la aparición de fenómenos erosivos causando graves problemas de degradación de la cuenca.

2.2 *DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO*

2.2.1 Situación

La cuenca del río Serpis se encuentra situada al Noreste de la provincia de Alicante, perteneciendo una parte del territorio al Sudeste de la provincia de Valencia.

Enclavada entre las comarcas de La Safor, La Marina Alta, La Vall d'Albaida, L'Alcoià, La Costera El Comptat y Alto Vinalopó, la cuenca del río Serpis cuenta con una superficie de 752,80 km², desembocando en la ciudad de Gandia en el mar Mediterráneo.

A continuación se presenta un mapa de las cuencas que forman la Confederación Hidrográfica del Júcar y en el que se señala la ubicación de la cuenca completa del río Serpis.

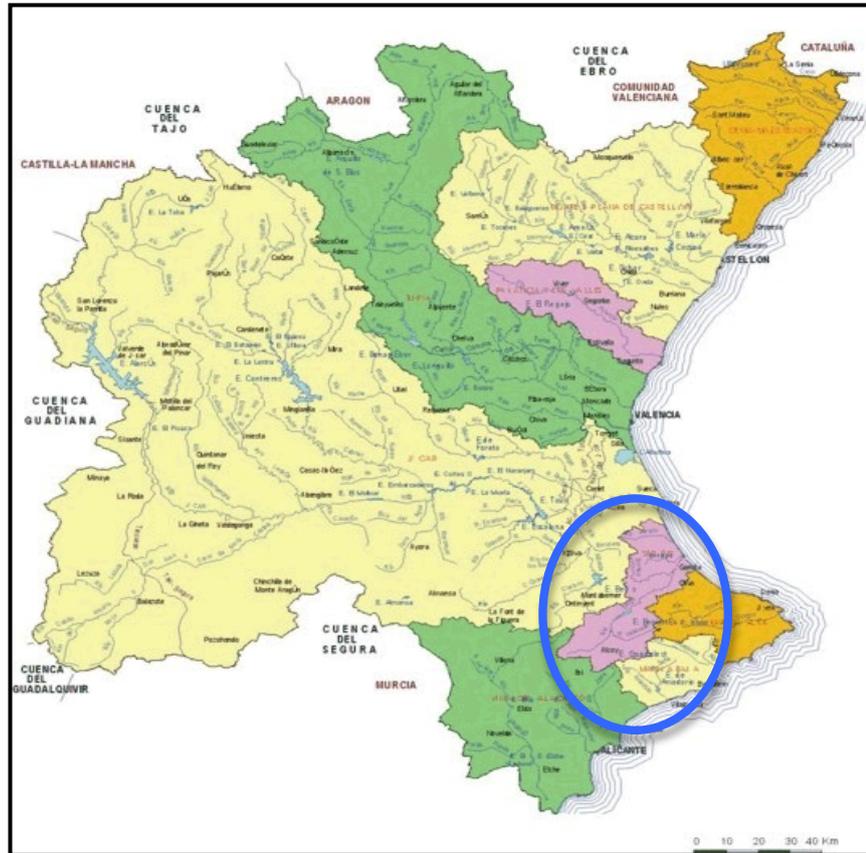


Figura 1. Situación de la cuenca del río Serpis. CHJ (2009)

2.2.1.1 Localización geográfica

La cuenca del río Serpis tiene como coordenadas geográficas:

Latitud	39° 00' 24" N	38° 36' 06" N
Longitud	0° 13' 43" O	0° 37' 23" O

El límite divisorio de la cuenca completa pasa por los siguientes puntos:

Desde la desembocadura del Vernisa y hacia el este: Creu (166 m.), Sierra de Gallinera, Sierra de Azafor destacando el pico Azafor con 1.013 m., Sierra de Foradá, Loma del Coco (843 m.), Solana (945 m.), Carboneras (1.166 m.), Sierra de Alfaro, Cunils

(808 m.), Plá de la Casa (1.375 m.), Sierra de Serrella, El Pinar, Alto del Camarell (1.122 m.), Loma del Farringo (1.169 m.) y Alto de la Sierra del Carrascal (1.200 m.).

Al sur limita con: Sierra de Aitana, Plá de Cirer (1.125 m.), Alto Las Foetas, Sierra del Retonar, Pozo del Zurdo (1.132 m.), Carrasqueta (1.204 m.), dentro de la Sierra Menechaor destaca Menechaor con 1.352 m. y continua hasta el Alto de Biscoy y el Serral (1.070 m.).

La parte occidental de la cuenca se encuentra limitada en parte por la linde entre las provincias de Valencia y Alicante por la Sierra de Mariola, destacando en ella el alto de la Cueva, Portín (1.086 m.) y el alto de la Caba. Desde allí pasa por Cueva Alta (890 m.), Sierra de Benicadell con el Alto de Morral (1.015 m.), Alto de Benicadell (1.028 m.) y Benicadell (1,105 m.), Collado de la Cava (840 m.), Alto de la Carena, Alto de Enserrellar, Alto de la Sima, Loma Ullastre (788 m.), El Blanquet, los Hondones, Luxent (284 m.), Escollan (497 m.), el Cerro de la Cruz y ya al N.O la Sierra del Buscarró.

Las cotas que delimitan la cuenca de estudio por el norte son: El Alto de la Hedra (673 m.), Alto de la Carrasca (600 m.), Alto de Carpi (684 m.), Alto del Collado dels Caragols (700 m.), Alto del Sesparr (709 m.), Alto del Barranco Vert y la Peña El Frontón (609 m.) y ya por último la Sierra Falconera al N.E, llegando casi hasta el margen izquierdo del río Vernisa.

2.2.1.2 Caracterización general de la cuenca

El río Serpis se le conoce también como río de Alcoy o río Blanco. Nace en el puerto de La Carrasqueña a 1.020 m.n.m situada al sureste de Alcoy, entre los barrancos Polop y del Troncal, y destaca por su importante desnivel en todo su recorrido. Su área son 752,80 km², y el área de estudio es de 525,70 km² en Alicante.

El curso alto de la cuenca se caracteriza por fuertes pendientes en la que destacan poblaciones de coníferas y matorral, asentados sobre calizas y margas. Existe una

erosión hídrica en las zonas más escarpadas donde la vegetación es apenas existente, en los primeros kilómetros del nacimiento del río Serpis.

El curso medio está cerrado por el embalse de Beniarrés, con una extensión de 260 Ha y el cual finaliza en una presa de gravedad de 53 m de altura, longitud de coronación de 395 m y que fue acabada en 1971. El embalse de Beniarrés cuenta con una capacidad de 99.000 m³ y un volumen de embalse de 31 Hm³.

La presa y el embalse se construyeron con el objetivo de retención de agua para el riego de la zona, pero la contaminación era tan alta que se promovió la construcción de una depuradora cerca del embalse. De esta manera se mejoraría la calidad del agua embalsada y no se perdería el fin para el cual se había construido el embalse.

La capacidad del embalse está condicionada por el aporte de sedimentos que el cauce principal, así como sus afluentes, descargan en él. Esto viene provocando el depósito progresivo que afecta directamente al aterramiento del mismo. Será un elemento importante en los puntos siguientes del presente trabajo, del cual nacerá un criterio basado en la zona dominada por Embalse – Presa, en la toma de decisiones para las actividades a llevar a cabo en la ordenación.

2.2.2 Geología y Litología

Para la definición geológica de la cuenca se requiere hacer uso del Mapa Geológico de España escala 1:50.000 hojas nº 794 – 795 – 796 – 820 – 821 y 822, editadas por el instituto Tecnológico Geo – Minero de España.

La zona de estudio presenta como límite oriental las sierras de la Gallinera, Azafor y Foradá que tienen una clara alineación Prebética .La zona de estudio se encuentra dominada en su mayor parte por materiales de Neógeno, fundamentalmente margas que ocupan amplias extensiones a ambos lados del embalse.

Por el contrario, los límites en el norte (Marchuquera, sierra Falconera...) no presentan una dirección preferente, sino que se encuentran en una zona de interferencias de las cadenas béticas e ibéricas. Estas estructuras se caracterizan por desplazamientos verticales de grandes bloques principalmente debido a un juego de fallas de dirección norte-sur.

No existen, por tanto, grandes accidentes de carácter compresivo, sino más bien suaves ondulamientos. Estas alineaciones se encuentran truncadas con amplias llanuras del cuaternario que rodean los extremos de los relieves calcáreos y se adentran en las presiones margosas.

2.2.2.1 Litofacies y Suelos.

La serie mesozoicas está representada por un Triásico de tipo Germánico que alcanza la superficie en estrechas franjas ligados a la tectónica alpina. En Concentaina aparece una mancha más importante de areniscas rojas del triásico, pero en general son pequeños afloramientos.

Como ya se ha indicado, los materiales del triásico superior afloran debido a su carácter extrusivo, sin embargo las pertenecientes al Liásico no llegan a alcanzar la superficie.

En cuanto al Dogger, se ha detectado un tramo calizo – dolomítico situado al sur del barranco de Fare (al sur de LlocNou de Sant Jeroni) en contacto por cabalgamiento con Neocomiense y Cermaniense – Turoniense. El Jurásico superior aparece ampliamente representado en el río Serpis, caracterizándose en general por un escasa variación litológicas (caliza grises) muy bien estratificada en bancos.

La serie cretácica es muy variable a lo largo de la superficie de la cuenca en cuanto a características litológicas a través de sus diferentes pisos, pero también según las diversas áreas de deposición, ocupando la mayor parte de los relieves mesozoicos.

El Neocomiense se encuentra en la columna del río Serpis, por encima de las calizas, “en losas” del Portlandiense. Se pueden distinguir a efectos cartográficos 2 tramos:

- a) 57 metros de caliza biodetríticas y oolíticas más o menos arenosas, con pasadas de areniscas y margas arenosas que contienen abundantes ostreas.
- b) Más de 15 metros de margas limosas verdes. En la base de este tramo hay un novel igualmente margoso, que contiene abundante macrofauna.

El Neocomiense aflora también en la sierra Mariola pero una gran tectonización impide levantar cortes precisos. No obstante, en la bóveda de Concentaina pueden estudiarse dichas litofacies. Se diferencian una base carbonatada y detrítica y, sobre ella, un tramo constituido por margas grises más o menos endurecidas y delgadas con calizas arcillosas, hojosas y con gránulos de piritita intercaladas.

Son muy frecuentes los amonites piritosos o calcáreos. El paquete superior está caracterizado por la aparición de material detrítico terrígeno. Son, pues, margas arenosas amarillas y pequeños bancos de areniscas calcáreas – ferruginosas.

El Cretácico inferior se localiza muy desarrollado en el flanco meridional del anticlinal de la sierra Gallinera. Se trata de una sedimentación con una primera formación margosa neocomiense, contigua a una nueva formación de calizas y dolomías cuyo límite con las dolomías del cretácico superior se ha establecido en un estrecho nivel de margas con orbitolinas.

En la serie terciaria podemos distinguir en el lugar denominado El Salt, un afloramiento del paleoceno con un abundante conjunto faunístico, y mitológicamente constituido por calcarenitas bioclásticas, biomicritas grises, margas y argilitas arenosas de tonalidad verde. Su potencia total es de unos 300 metros y representa el flanco volcado de un sinclinal cuyo eje se encuentra en la parte más alta del Mioceno, por el

paraje Baradello y el barranco del Sing, lo que, salvo aloctonía, representa la continuidad de sierra Mariola.

Los afloramientos del Eoceno se extienden por el sur de la cuenca y se debe a dos razones:

- a) Al final del Cretácico la regresión es casi general, por lo que en pocas áreas se deposita Eoceno inferior.
- b) El desmantelamiento orogénico que ha dado en el Mioceno conglomerados, a veces casi monogénicos en la proximidad de estas áreas, que actúan como zona de aporte.

En el Cuaternario los depósitos, de muy diversas génesis, se encuentran ampliamente repartidos encajados generalmente en depresiones ocupadas por sedimentos neógenos, aunque no faltan los conos de deyección y los depósitos de ladera. La mayor parte de los ríos y ramblas llevan asociados a su cauce varios niveles de terraza.

Los niveles más recientes no se representan cementados y su granulometría es más fina. Los piedemonte se encuentran constituidos con cantos, generalmente de calizas, sobre una matriz arcillo – arenosa roja. En cuanto a los depósitos aluviales, están formados por arenas y limos con cantos redondeados.

Por último, la localización de los diferentes períodos y eras es, como resumen, la siguiente:

ERA O PERIODO	LOCALIZACIÓN
Cuaternario	A lo largo del río Serpis, ocupando amplia zona en el margen izquierdo del mismo y antes del embalse: Muro de Alcoy, Concentaina y Alcoy. En tramos de muchos barrancos y arroyos como el B. de Regall, B. de Marchuquera, río Vernisa...
Terciario	Amplia superficie en el margen derecho del río Serpis antes de alcanzar el embalse (Benilloba, Cuatretondeta, Alcolecha, Benifallim...), gran llanura entre el margen izquierdo del embalse y la sierra de Benicadell. En el barranco del Troncal y al SO de la cuenca (salpicado por pequeñas manchas del cuaternario), llanuras próximas a Benicolet así como en los márgenes del río Vernisa.
Cretácico	Límite oriental y límite montañoso occidental de la cuenca. Banda correspondiente a las cumbres de la sierra de Ador, sierra de Marchuquera, proximidades de Palma de Gandía. Pequeña mancha próxima a Potrías.
Jurásico	Fundamentalmente en el tercio septentrional de la cuenca, en el B. de la China, B. Plá de los Motes, B. de la Fuente o del Lobo. Proximidades a la Fontd'EnCarrós y Potrías.
Triásico	Es poco abundante, tan solo aparecen unas pequeñas manchas entre el Alto de Biscoy y el Serral. Otras pequeñas manchas al sur de Alcoy, una banda localizada entre la la cabecera del barranco de Pantanellas y Concentaina, y por último también se encuentran en la loma de Peña Roja, en el collado del Carreró, en la loma del Castillo y en el barranco de la Fuente.

2.2.2.2 Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos

Teniendo en cuenta el grado de erosionabilidad, los materiales anteriormente descritos pueden ser agrupados en los siguientes grupos:

Nivel de erosión	Clasificación litológica
Suelos muy erosionables	Terrazas el cuaternario, depósitos aluviales, de laderas y conos de deyección; Colusiones antiguos, gravas, arenas y arcillas; Travertinos, margas blancas, arcillas abigarradas y yesos; Arenas y areniscas poco compactas; Margas con yesos en la base; Arcillas verdes, arena y caliza margosa.
Suelos erosionables	Areniscas, calcarenitas, margas esquistas amarillentas, arcillas rojas y calizas arcillosas. Caliza pararrecifales con algas. Biomicritas y margas alternantes con orbitolinas. Arcillas margosas, margas y calizas arenosas con tubos. Areniscas calcáreas y calizas areniscosas. Micro-conglomerados, conglomerados marinos de cementos calcáreo con abundantes pasadas de margas.
Suelos pocos erosionados	Dolomías, calizas y margas. Calizas blancas y tramos con abundantes granos de cuarzo. Calizas en paquetes. Biomicritas nodulosas.

2.2.3 Descripción de los suelos.

Para entender el comportamiento de la cuenca se requiere tomar información sobre los distintos tipos de suelos que la forman. Se distinguen 3 tipos: suelos aluviales, coluviales y transformados por el riego. Se localizan principalmente en los márgenes del río en las proximidades a Alcoy, Concentaina y Muro de Alcoy; en menor extensión se

extienden en la zona de Font d'En Carrós y en la confluencia del río Vernisa con el río Serpis.

En las partes más altas de la cuenca predomina el suelo pardo calizo sobre material no consolidado. Estos suelos presentar un horizonte de humus muy poco desarrollado sobre materiales calizos.

En el margen noroccidental de la cuenca se presenta una zona de suelos rendziniformes sobre margas calizas y en las proximidades a Luxent hay una pequeña mancha de suelos grises subdesérticos.

El resto de la superficie de la cuenca se compone de suelo pardo calizos sobre material consolidado. Estos suelos presentan un horizonte de humus muy poco desarrollados sobre materiales calizos.

Se explica a continuación la leyenda de la figura de la situación de suelos, adjuntada más abajo :

1. Suelos aluviales, coluviales o transformados por el riesgo.
2. Suelo pardo calizo sobre material no consolidado
3. Suelo pardo calizo material consolidado
4. Rendziniformes sobre margas calizas
5. Suelos grises subdesérticos



Figura 2. Localización de los diferentes tipos de suelos

2.2.4 Clima

La Comunidad Valenciana se caracteriza por tener un clima variado. De norte a sur se puede encontrar zonas con pluviometría superior a los 1.100 mm hasta zonas de sequía extrema con 50 mm.

La zona de estudio presenta un característico clima mediterráneo, en el que las temperaturas suaves predominan durante los meses de primavera y otoño. Así bien, en los meses de invierno las temperaturas descienden hasta los 6°C de mínima y 18°C de máxima; mientras que en los meses álgidos de verano se dan temperaturas mínimas de 22°C y máximas de 38°C.

Las heladas son raras y más aun las nevadas. Pero hay que destacar que, las bajas temperaturas en la época invernal, traen al menos un par de veces nevadas y heladas que provocan pequeños incidentes entre poblaciones, dejándolos con carreteras incomunicadas o cosechas perdidas.

La humedad relativa media anual tiene poca variación entre las zonas de la comarca oscilando entre 63.5% y el 68%. Los registros tuvieron un máximo del 74% en el mes de septiembre y un mínimo en febrero con un 54%.

Los vientos dominantes son muy variables. Como preferente el de Poniente que ofrece un aumento en las temperaturas desde finales de otoño hasta principios de la primavera. Durante los meses de verano destacan los vientos de Levante y de Llebeig.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL.

Debido a la escasa información, ha sido necesario tomar datos pluviométricos de estaciones situadas fuera de la cuenca para poder contrastar los datos. Se ha calculado la precipitación media anual para las distintas estaciones reflejados en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Precipitación media anual

Estación	Precipitación media anual (m.m)	Altitud
Agres	629,94	722
Alcolecha	724,14	739
Alcoy	473,21	575
Almudaina	653,48	586
Benifallim (Carrascales)	433,68	700
Ibi (C.H.Júcar)	392,40	816
Montichelvo	698,90	257
Villalonga	840,25	90

Fuente: geoportal. Capa de Información: estaciones Meteorológicas. Sistemas de Información Geográfica de Datos Agrarios. [SIGA] . <http://sig.marm.es/geoportal/>

TEMPERATURA MEDIA ANUAL

Por lo que respecta a los datos termométricos se han utilizado los datos de las siguientes estaciones:

Tabla 3. Temperatura media anual

Estación	Temperatura media anual (º C)	Altitud
Alcolecha	13,80	739
Alcoy	14,62	575
Concentaina	15,70	434
Ibi (C.H.Júcar)	12,68	816
Rafelcofer	16,64	20
Villalonga	16,67	90

Fuente: geoportal. Capa de Información: estaciones Meteorológicas. Sistemas de Información Geográfica de Datos Agrarios. [SIGA] . <http://sig.marm.es/geoportal/>

2.2.4.1 Elección de observatorios meteorológicos

Las estaciones más representativas de la zona de estudio son las de Alcoy, por estar en la cabecera de la cuenca, y la del embalse de Beniarrés, del tramo final del área de estudio que incluye el trabajo. Por disponibilidad de datos, se utilizará la estación de Alcoy. Para el posterior análisis del mapa iso - R, se utilizarán estaciones no pertenecientes a la cuenca para obtener mayor uniformidad en los resultados.

Tabla 4. Estaciones meteorológicas de la cuenca.

Código	Nombre de la estación	Municipio	Provincia	Tipo	Altitud (m)	Coordenadas
8058I	Rafelcofer	Rafelcofer	Valencia	TP	20	745049,90 O 4312912,67 N
8058E	Piles	Piles	Valencia	TP	20	748621,78 O 4314103,29 N
8059	Alcoy	Alcoy	Alicante	TP	562	719914,43 O 4286520,43 N
8060	Alcolecha	Alcolecha	Alicante	TP	739	731886,85 O 4283940,73 N
8063	Gorga	Gorga	Alicante	P	545	729637,89 O 4289166,26 N
8066	Almudaina	Almudaina	Alicante	P	586	729770,18 O 4293664,19 N
8067	Pantano de Beniarrés	Beniarrés	Alicante	P	296	729505,60 O 4298151,77 N
8068E	Villalonga	Villalonga	Valencia	TP	90	742404,06 O 4307488,70 N
8071	Gandia 'Vital S A'	Gandia	Valencia	TP	30	743263,96 O 4315823,09 N
8071A	Gandia 'H E'	Gandia	Valencia	P	28	743925,42 O 4316484,55 N
8069I	Llutxent	Llutxent	Valencia	TP	284	729108,72 O 4313574,13 N
8288E	La Pobla del Duc	La Pobla del Duc	Valencia	TP	220	724809,24 O 4308745,47 N

Fuente: geoportal. Capa de Información: estaciones Meteorológicas. Sistemas de Información Geográfica de Datos Agrarios. [SIGA] . <http://sig.marm.es/geoportal/>

2.2.4.2 Balance hídrico

Para el cálculo de los balance hídricos se utilizarán los datos del apartado anterior correspondientes a temperaturas y precipitaciones medias anuales. Para ello se utilizaran los datos de la estación de Alcoy.

La capacidad de campo dependerá de la cubierta vegetal y la textura del suelo que predomine en el área de la cuenca, con altitudes altas donde predomina el arbolado forestal y matorral y ya en la zona baja el suelo agrícola.

A partir de los datos meteorológicos disponibles y de acuerdo con el proceso e cálculo establecido por Thornthwaite y Matter, se han obtenidos los resultados que se adjuntan a continuación.

Tabla 5. Balance hídrico Alcoy I.

Estación: Alcoy I Altitud: 575 m. Capacidad de campo: 150 mm.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Totales
T (°C)	7,7	8,3	10,1	11,7	15,7	19,8	23,8	23,7	20,5	15,2	10,8	8,2	
ETP (mm)	15	33	62	81	121	143	168	149	90	55	26	20	963
P (mm)	39	35	50	48	53	27	10	19	22	65	51	56	475
P - ETP	24	2	-12	-33	-68	-116	-158	-130	-68	10	25	36	-488
p.p.a (mm)		61	-73	-106	-174	-290	-448	-578	-646				
ST (mm)	97	99	91	73	46	21	7	3	2	12	37	73	
Δ ST (mm)	24	2	-8	-18	-27	-25	-14	-4	-1	10	25	36	
ETR	15	33	58	66	80	52	24	23	23	55	26	20	475
D (mm)	0	0	-4	-15	-41	-91	-144	-126	-67	0	0	0	-488
S (mm)													
R (mm)													
DT (mm)	97	99	91	73	46	21	7	3	2	12	37	73	

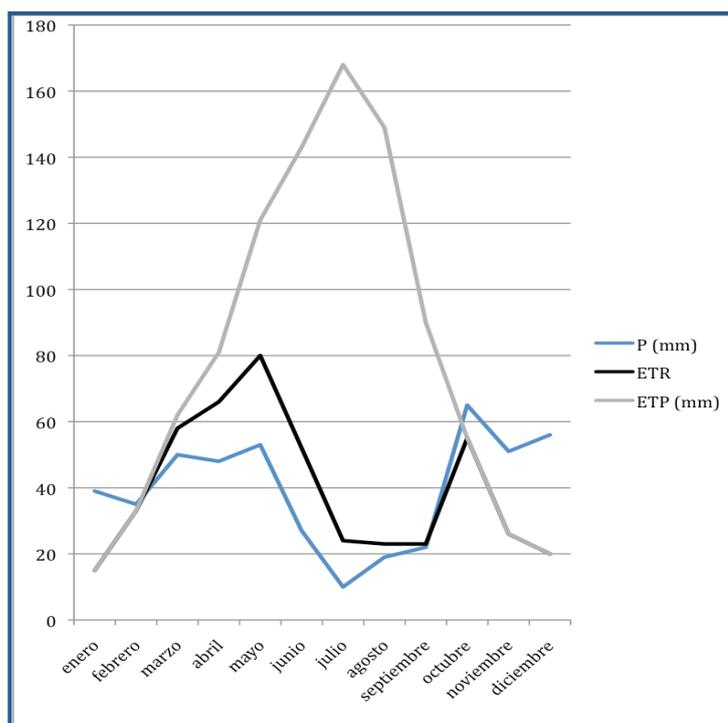


Gráfico 1. Balance hídrico Alcoy I.

Tabla 6. Balance hídrico Alcoy II.

Estación: Alcoy II

Altitud: 575 m.

Capacidad de campo: 125 mm.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Totales
T (°C)	7,7	8,3	10,1	11,7	15,7	19,8	23,8	23,7	20,5	15,2	10,8	8,2	
ETP (mm)	15	33	62	81	121	143	168	149	90	55	26	20	963
P (mm)	39	35	50	48	53	27	10	19	22	65	51	56	475
P - ETP	24	2	-12	-33	-68	-116	-158	-130	-68	10	25	36	-488
p.p.a (mm)		-30	-42	-75	-133	-279	-407	-537	-605	0	0	0	
ST (mm)	96	98	88	68	42	17	5	2	1	11	36	72	
ΔST (mm)	24	2	-10	-20	-26	-25	-12	-3	-1	10	25	36	
ETR	15	33	60	68	79	52	22	22	23	55	26	20	475
D (mm)			-2	-13	-42	-91	-146	-127	-67				-488
S (mm)													
R (mm)													
DT (mm)	97	98	88	68	42	17	5	2	1	11	36	72	

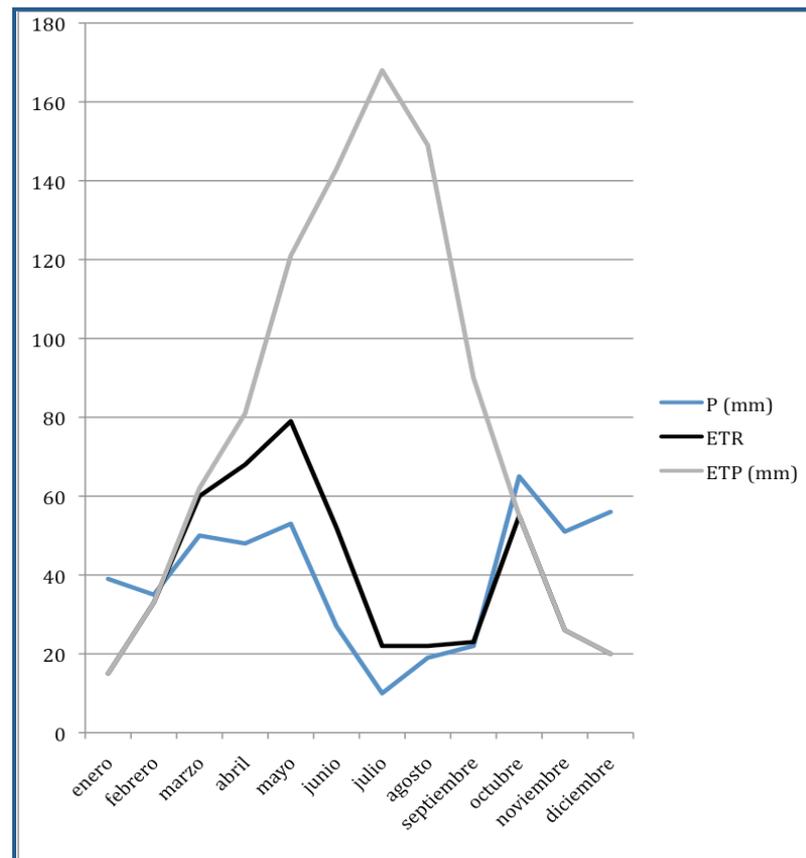


Gráfico 2. Balance hídrico Alcoy II

Una vez obtenidos los datos de los balances hídricos se obtienen las siguientes conclusiones: la época de lluvias se da desde finales de septiembre a mitad de diciembre y de finales de febrero a mayo, siendo el mes con más precipitación a finales de octubre. La ETP obtiene un punto máximo en el mes de julio

2.2.4.3 Clasificación climática

A continuación se resumen los índices climáticos que caracterizan a la cuenca de estudio (índice de Thornthwaite) y, en el aspecto principal que afecta a este trabajo, se nombrará al índice que muestra la influencia del clima en la erosionabilidad conocido como índice de agresividad del suelo F.Fournier, índice de aridez de Martonne.

- Clasificación climática de Thornthwaite

Ampliamente asumida por las aportaciones del autor, la clasificación de Thornthwaite se basa en considerar la eficacia térmica obtenida por la ETP y la humedad disponible. Se expresan como índices de humedad e índices de aridez a partir del balance hídrico. Es una clasificación importante ya que cuenta con el clima que afecta al suelo y a la planta (evaporación, transpiración y agua disponible en el suelo)

Para cuenca de estudio y la estación más representativa (Alcoy) el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana da la siguiente información para los índices y tipo de clima:

Tabla 7. Clasificación Climática de Thornthwaite

ET potencial	ET real	Índ. Humedad	Índ. Aridez	Índ. Global	Tipo climático	Código
78,4	66,5	55,1	27,7	6,3	Húmedo, mesotérmicos, bosques claros	II B ₂

Fuente: Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994

- Índice de Papadakis

Este sistema de clasificación, basado en la ecología de los cultivos y que sirve extraordinariamente bien a los fines de agro – climatología, permite establecer el espectro cultural de una zona dada y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma, en base a parámetros meteorológicos relativamente sencillos.

Considera que las características fundamentales de un clima que afectan al desarrollo de los cultivos son dos: el régimen térmico en sus dos vertientes (el tipo de invierno y tipo de verano) y el régimen de humedad, que se define fundamentalmente por los períodos de sequía, su duración y su situación en el ciclo anual.

Para establecer los períodos de sequía se utiliza el balance de agua anual y mensual. Este último se realiza mes a mes, comparando la evapotranspiración mensual con la pluviometría, incrementada en las disponibilidades de agua en el suelo procedentes del mes anterior. El autor distingue tres tipos de situaciones: húmedo, seco

e intermedio. Éste último concepto introducido por Papadakis, es de gran importancia en la valoración agronómica de la estación o zona considerada.

Tabla 8. Clasificación agroclimática de J. Papadakis.

Estación	Altitud	Tipo invierno	Tipo verano	Régimen térmico	Régimen humedad	Lluvia lavado	Índice anual humedad	Tipo climático
Alcoy	562	Av	O	CO/TE	Me	139,6	054	Mediterráneo cont. Templado

Fuente: Atlas Agroclimático Nacional de España. Ministerio Agricultura (1979)

- Índice de Martonne

Se obtiene que para el área de estudio la zona climática es semiárido de tipo mediterráneo, con un valor de 19,22.

Tabla 9. Valores del Índice de Martonne

Valor de la Ia	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Árido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perúmeda

2.2.5 Vegetación y cultivos

La cuenca de estudio se encuentra sometida una notoria sequía estival que la proceden de escasas precipitaciones medias anuales y unos suelos que soportan procesos de degradación importantes. A ello tenemos que añadir la proliferación de

incendios que han asolado año tras año la comarca y que han dejado despoblada la zona arbolada.

La existencia de vegetación es muy importante, ya sea de forma natural o mediante repoblaciones, puesto que su porcentaje disminuye considerablemente debido a la degradación progresiva que sufre la cuenca. Por ello es necesario definir con que vegetación cuenta y como se distribuyen las formaciones vegetales que son representativas en la zona de estudio.

2.2.5.1 Vegetación potencial

Siguiendo la memoria del Mapa de las Series de Vegetación de España de S. Rivas Martínez de 1987 y dentro de la región mediterránea, la cuenca del río Serpis está incluida en el piso termomediterráneo mayoritariamente, pero a partir de los 400 m. comienza el piso mesomediterráneo.

Aquí se pueden distinguir las siguientes formaciones bioclimáticas:

Encinares: estos bosques, característicos del Tipo Climático Estructural esclerófilo están escasamente representados en la hoja. La encina (*Quercus ilex subsp.ballota*) aparece en las zonas montañosas, siendo muy rara en la banda cercana a la costa o bajo su influencia directa. Hacia el interior se hace más frecuente, aunque formaciones puras de esta especie o al menos dominadas por ellas son raras y de poca extensión. En muchos casos entra en contacto con pinares de pino carrasco, con el que forma unidades en mosaico y/o mezcla.

Pinares: las formaciones dominadas por el pino carrasco (*Pinus halepensis*) constituyen la unidad de vegetación forestal que ocupa mayor extensión en toda la cuenca. Gracias a su plasticidad coloniza ambientes muy diversos en una amplia banda altitudinal. Se encuentra repartido desde las cotas más bajas próximas a la costa sobre suelos arenosos hasta elevaciones calizas que forman los acantilados.

Suelen formar masas monoespecíficas, pero en algún ocasión aparece mezclado con especies forestales formando, así, masas mixtas. Claro ejemplo es la frecuencia con la que encuentran *Quercus ilex subsp. ballota*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* o *Fraxinus ornus*. Son masas abiertas, de escasa altura, en ocasiones de talla arbustiva (menor de 7 m) que se encuentran en distintas fases de degradación o regeneración.

Matorrales: dentro de esta formación cabe destacar la garriga: es la unidad de vegetación más ampliamente extendida en la superficie de la cuenca. Se trata de una formación arbustiva, siempre verde, densa y espinosa, lo que la hace impenetrable, y dominada por las coscoja (*Quercus coccifera*) que da la estructura a la comunidad.

Las garrigas son matorrales muy bien adaptados a los fuegos; gran parte de las especies que los forman rebrotan de cepa, por lo que en ausencia de nuevas perturbaciones como pérdidas de suelo, pastoreo intenso... vuelven a regenerar poco tiempo después del incendio.

La composición es variable a lo largo de todo el territorio según cambien las características climáticas, edáficas y topográficas. Las especies más habituales son: *Pistacea lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Juniperus oxycedrus*, *Daphne gnidium*, *Cistus albidus*, *Ulex parviflorus*, *Juniperus phoenicea*, *Rhamnus alaternus*, *Rhamnus lycioides* o *Asparagus acutifolius*.

Caducifolios: hay algunos enclaves como umbrías y fondos de barrancos en los que viven especies caducifolias o marcescentes. Aparecen, normalmente, como pies dispersos en medio de pinares o de los poco encinares, aunque en ocasiones forman grupos o rodalillos de mayor entidad. Se destacan las especies *Fraxinus ornus* y *Crataegus monogyna*, como frecuentes aunque poco abundantes y *Acer opalus subsp. granatense* y *Amelan chierovalis* ambos muy escasos y en general asociados a la encina.

2.2.5.2 Vegetación actual y distribución de usos del suelo en la zona de estudio

La vegetación natural ha sufrido notables modificaciones debido a la expansión de la superficie cultivada así como a los incendios ocurridos en la zona. La mayor extensión la ocupan las masas de matorral sin arbolado.

Generalmente, son zonas de abundante jocosidad superficial en las que se hace prácticamente imposible la repoblación, o bien, en las zonas donde existía pinares, se han producido incendios y posteriormente se han visto invadidos por matorral.

La especie más abundante es la aliaga (*Genista scorpius*), seguida del tomillo (*Thymus vulgaris*), el romero (*Rosmarinus officinalis*) y la carrasca (*Quercus ilex*). Su aprovechamiento ganadero es escaso debido a la pequeña importancia de la cabaña en la zona, sin embargo, es relativamente importante el aprovechamiento cinegético. En cuanto a las superficie forestal, destacan los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en la zona de Lorxa y de Alcoy, estando esta última asociados con antiguos encinares.

Los cultivos leñosos de secano ocupan también una gran extensión. Las plantaciones suelen realizarse en bancales, con lo que la mecanización de las labores se dificultan. Esto, unido a la baja rentabilidad de los cultivos, ha terminado en un progresivo abandono. Por ello este tipo de cultivo son el resultado de la sustitución de especies no rentables, en las que la plantación más antigua convive con la que se ha elegido para su sustitución hasta que la segunda alcance un grado de desarrollo adecuado que permita eliminar la especie originaria.

Los cultivos arbóreos de regadío, en especial los cítricos (naranjos, mandarinos, limoneros...) ocupan amplias superficies en las proximidades a Muro de Alcoy, Alquerías de Aznar, así como en la confluencia de los afluentes del Serpis a éste, y en la Vall de la Gallinera. Se observa una tendencia a cultivar variedades que les permitan cubrir toda la campaña de producción, alternando las variedades tempranas con las de media estación y variedades tardías.

En cuanto a los cultivos herbáceos de secano, a excepción de los núcleos detectados en Muro de Alcoy, Concentaina, Alcoy, Penáguila y Planes, las parcelas dedicadas a estos cultivos aparecen diseminadas entre las plantaciones de frutales y viñedos. La imposibilidad de mecanizar las labores, por la pequeña dimensión de las explotaciones y por la accidentada topografía en otros casos, ha reducido la dimensión de este aprovechamiento.

Las especies principales son de barbecho blanco, trigo, cebada. Existe un claro predominio de la alternativa clásica cereal de invierno – barbecho blanco.

Los núcleos de cultivos hortícolas que alcanzan la dimensión mínima cartografiable son escasos. Las especies principales son la sandía, melón... y otros como el maíz, patata o alfalfa. Todas ellas suelen ser explotaciones familiares que generalmente se dedican al autoconsumo.

Para la confección del mapa de usos del suelo se ha utilizado el Mapa de Cultivos y Usos del Suelo escala 1: 100.000 de la Comunidad Valenciana

2.2.5.3 Mapa forestal

En la superficie de estudio de la cuenca del río Serpis se distribuyen las especies vegetales según la información detallada del Mapa Forestal de España a escala 1:150.000, facilitado por el Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Las especies destacables son:

Tabla 10. Distribución de especies vegetales y áreas urbanizables.

Código	ESPECIE	SUPERFICIE (Km²)
24	<i>Pinus halepensis</i>	76,34
26	<i>Pinus pinaster</i>	4,59
89	<i>Juniperus oxycedrus</i>	5,34
169	<i>Brachypodium retusum</i>	1,12

378	Garriga media degradada	1,97
379	Garriga clara, muy degradada o incipiente	16,48
448	Matorral mixto con predominio de <i>Ulex parvoflorus</i>	32,46
534	Cultivos agrícolas	265,91
543	<i>Arundo donax</i>	1,67
552	Áreas en proceso de urbanización o urbanizadas	28,8
TOTAL		436,60

2.2.5.4 Espacios protegidos

Se ha de considerar en el presente proyecto, las zonas en las que por un motivo ambiental, biótico o faunístico, constan de una protección relevante. Destacar en la cuenca del Serpis perteneciente a la provincia de Alicante: Valls de la Marina (LIC), Solana de Benicadell y Serpis (Paisaje Protegido) y el Parque Natural de Serra Mariola (LIC, ZEPA).

Para ello se definen los Lugares de Interés Comunitario (LIC) como todos aquellos ecosistemas protegidos con objeto de contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres en el territorio consideradas prioritarias por la directiva 92/43/CEE de los estados miembros de la Unión Europea. Estos lugares, pasarán a formar parte de las Zonas de Especial Conservación, que se integrarán en la Red Natura 2000.

El Lugar de Interés Comunitario de Valls de la Marina tiene una extensión en la cuenca de 28,48 km². Consta de una extensa zona constituida por un conjunto de valles y sierras de gran interés paisajístico, ambiental y cultural. Albergan formaciones de cultivos tradicionales –mayoritariamente instalados en terrazas o bancales a causa del accidentado relieve—con zonas fluviales de gran relevancia y áreas de matorral y pastizal. Además, la abrupta topografía ha permitido la conservación de una valiosa comunidad de rapaces y de numerosas singularidades botánicas. Este LIC, forma parte

de la cuenca colindante Vall de la Gallinera, y en los últimos años se ha visto gravemente afectado por los incendios forestales. (MARM, 2003)

El Parque Natural de Serra de Mariola cuenta con 61,27 km² dentro de la cuenca. Situada entre las comarcas de L'Alcoià, El Comtat y La Vall d'Albaida, constituye uno de los territorios valencianos en los que se concentran en mayor medida valores medioambientales, paisajísticos y socioculturales de especial relevancia. Es un área de importancia faunística y vegetal por ello, tiene dentro de sus dominios las figuras Zona de Especial protección para las Aves (ZEPA) y LIC (como se puede apreciar en el Anexo de Mapas, nº 9) Formada mayoritariamente por materiales calizos, la intensa actividad tectónica ha generado un macizo con una topografía muy variada, que alcanza su máxima agresividad en el extremo nord-oriental, presididas por alturas de 1.390 metros del emblemático Montcabrer.

Otra figura de protección son los Paisajes Protegidos. Son zonas del territorio que contemplan notorios valores estéticos y culturales merecedores de una especial protección. Cabe destacar, en esta mención de figura de protección, la Solana de Benicadell y el Espacio Protegido del Serpis.

El Paisaje Protegido de la Solana del Benicadell completa la protección del macizo montañoso en la vertiente incluida en la provincia de Alicante. Este espacio se localiza al norte de la cuenca del Serpis y contempla una superficie de 8,6 km².

El Espacio Protegido del Serpis se distribuye desde Villalonga, de donde se accede a la Sierra de la Safor. Lo más emblemático es el Circo de La Safor, característico por enclave y altura, que rodean el valle con la sensación de querer abrazarlo. Su origen, a pesar de su apariencia, no es glaciar sino que se ha formado a partir de procesos de disolución de las rocas calcáreas proporcionando vertiginosas pendientes y perfiles abruptos. Se amplía la información visual en el Anejo de Mapas, nº 9.

2.2.5.5 Montes a cargo de la administración

A continuación se adjunta un resumen de la relación de los montes a cargo de la Administración, que están en total o parcialmente incluidos en la cuenca de estudio. Se hace referencia a su situación administrativa, superficie dentro de la cuenca del Serpis y estado forestal.

Tabla 11. Propiedad de los montes.

Tipo de monte	Has. dentro de la cuenca	Nombre	Estado forestal - Especies
1	424,05	Sotorroni	Masa forestal adulta. <i>Pinus halepensis</i> y <i>Q. Ilex</i>
105	20,52	Tossal Redó	Masa forestal adulta <i>Pinus halepensis</i>
12	162,28	El Carrascal y Masía del Tetuán	Masa forestal adulta. <i>Pinus halepensis</i> y <i>Q. Ilex</i>
13	299,93	San Antón	Masa forestal adulta. <i>Pinus halepensis</i> y <i>Q. Ilex</i>
14	659,49	San Cristóbal	Masa forestal adulta. <i>Pinus halepensis</i> y <i>Q. Ilex</i>
3	82,47	Plà de Barsella	Masa forestal adulta <i>Pinus halepensis</i>
47	554,98	Umbría o Mariola	Masa forestal regeneración < 10 años <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Taxus baccata</i> y <i>Acer granatense</i>
52	628,58	La Solana	Masa forestal adulta <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Ceratonía siliqua</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Quercus coccifera</i> y <i>Chamaerops humilis</i> .
57	1.035,16	Umbría	Masa forestal adulta <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus faginea</i> .
58	804,90	Azafor	Masa forestal adulta <i>Pinus halepensis</i>
63	125,24	Benicadell	Matorral <i>Rosmarinus officinalis</i>
73	170,09	Umbría	Masa forestal regeneración < 10 años <i>Pinus halepensis</i>
84	12,80	Faro y Lomas	Masa forestal regeneración < 10 años <i>Pinus halepensis</i>
86	11,55	Llano de Alcalá	Matorral y monte bajo <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Pistacea lentiscus</i> y <i>Rhamnus alaternus</i>

La localización de los montes a cargo de la administración dentro de la zona de estudio, se puede observar en el Anejo de Mapas nº 10.

2.2.6 Características socioeconómicas

La cuenca del río Serpis se encuentra enclava entre las comarcas de l'Alcoià y La Safor, principalmente; comarcas que separan las provincias Valencia y Alicante. Ambas se encuentran bien comunicadas por una amplia vía de comunicación formada principalmente por la A-7, N-340, las comarcales CV-70 y CV-640 y una serie de carreteras locales, alguna de ellas de importancia por el tráfico que discurre y la función que cumplen como punto de unión de poblaciones importantes. La CV-710 comunica las poblaciones pequeñas que se encuentran al sureste de la cuenca. Se accede desde la N-340 a la altura de Concentaina dirección Benilloba, y una vez en ella se divide el trabajo con la CV-700 para dar llegada a Planes por la CV-711 y descender hasta el embalse de Beniarrés.

2.2.6.1 Demografía y datos geográficos

En la cuenca del Serpis, podemos diferenciar 2 núcleos poblacionales como son La Safor y la hoya de Alcoy.

En cuanto a crecimiento demográfico, la comarca de La Safor (área de Valencia) ocupa los primeros puestos. Esto se debe básicamente a una riqueza agrícola potenciada por unas tierras de muy buena calidad y acompañada por un microclima que evita los riesgos de heladas, como ocurre en otras comarcas. Esto permite adelantar los cultivos hortícolas a las demás zonas de la región. A estas cualidades se le une la favorable coyuntura comercial basada en la exportación de los productos, principalmente la naranja.

Sin embargo, el auge naranjero y la riqueza acumulada por los beneficios obtenidos no han llegado a un crecimiento industrial como si ocurrió en otras comarcas.

Produjo movimientos de las zonas más pobres a las ricas en busca de trabajo seguro y eso propició un aumento de la población en la comarca de La Safor.

Por otra parte también se debe a la expansión turística que, desde hace unas décadas, se viene dando en la playa de Gandía. La imparable construcción de apartamentos y casas próximas a la costa y el clima estable durante todo el año lo hacen un lugar idóneo para explotar el sector turístico.

En cuanto a las restantes ciudades, cada una debe su crecimiento poblacional a una serie de causas específicas. En concreto para Villalonga en su actividad industrial basada en materiales para construcción. Actualmente encontramos una fuerte crisis en el sector de la construcción a nivel nacional pero poco a poco va mejorando la situación para volver al estado de hace unos años atrás.

En el caso de Rótova es la ganadería aviar la que pone cierta dinámica económica al municipio. Hace unos años hubo una fuerte enfermedad que bajo la producción un 30%; actualmente sigue existiendo granjas e importante exportación.

En la segunda área encontramos municipios de Almiserat y la Font d'En Carrós que se dedican principalmente al sector primario y tienen una población más o menos estable.

Finalmente la tercera área la forman los municipios que pierden población, los cuales, a su vez, podemos clasificarlos en dos grupos. En primer lugar los situados en la parte interior de la cuenca distanciados de los núcleos principales y con difíciles vías de comunicación. Son: Castellonet, Potrías, Lloc Nou de Sant Jeroni, Ador, Alfahuir y Palma de Gandía. El segundo grupo lo forman Beniarjó y Real de Gandía; municipios de tamaño reducido y situados alrededor de Gandía, que se han visto absorbidos por la capital de la comarca y perjudicados, en cierta forma, por su crecimiento incontrolado.

En el interior de la cuenca del río Serpis cabe destacar la demografía de la comarca de Alcoy. La evolución de la población comarcal manifiesta una tendencia expansiva continua y registra una tasa de crecimiento media, con respecto al resto de la

provincia. Las localidades más importantes del norte de la cuenca del Serpis son: Alcoy, Muro de Alcoy y Concentaina. Los tres han presentado tasas de crecimiento positivo y se han consolidado como espacios urbanos con actividades industriales y comerciales.

2.3 *HIDROLOGÍA FORESTAL*

2.3.1 Reseña Hidrográfica

La cuenca del río Serpis está considerada como mediana dentro del conjunto que forman la cuenca del Júcar. Es una cuenca que lleva agua todo el año a lo largo de su cauce principal. Tiene diferentes ríos y barrancos que vierten sus aguas en él, pero éstos pueden llegar a ser intermitentes incluso llevar agua tan sólo en las épocas de fuertes lluvias durante los meses de octubre a diciembre.

Una vez conocida y descrita la zona de estudio, se detallan los principales cauces que conforman la cuenca analizada.

RIO SERPIS.

El cauce principal lo forma el río Serpis, de 74,5 km de longitud y un área total de 752,80 km². Del total de la superficie, el estudio se fijará en la comprendida dentro de la provincia de Alicante descartando, así, los últimos kilómetros de río hasta su desembocadura al mar por la ciudad de Gandía.

En su curso medio es dividido por el embalse de Beniarrés y de esta forma podemos definirlo en dos tramos, la zona perteneciente a la provincia de Alicante y la de Valencia.

La cuenca alta aguas arriba del embalse: nace el río Serpis por la unión de los ríos Polop, *Barchell*, *Molinar* y *del Sing* a la altura de Alcoy. Transcurre sinuosamente por

zonas permeables, terrenos llanos u ondulados, dedicados al cultivo de secano y frutales, campos abancalados o incluso atravesando zonas de margas blancas abundantes de la vertiente derecha entre los términos municipales de Planes, Almudaina o Benimarfull.

La cuenca baja aguas abajo del embalse: una vez pasada la presa de Beniarrés se encuentra la vega de los pueblos L'orxa y Beniarrés. Aquí destacan choperas en la zona de ribera, así como los campos de frutales y huertas que se alternan entre sí. En esta parte de la cuenca se diferencian los montes de las laderas, fuertemente abancaladas, que fueron campos de cultivos arbóreos de secano y que en la actualidad están prácticamente abandonados.

El río Serpis inicia su recorrido entre paredes de roca caliza a la altura de la población de Alcoy. Desciende manteniendo la pendiente hasta la población de L'Orxa donde, una vez sobrepasada se aprecia el entorno de gran belleza. Es aquí donde, hace unos años, se planificó y creó una ruta excursionista – ecologista de 11 km.

Así, en el tramo final, el río Serpis se abre a campos de naranjos cultivados en banales que poseen taludes verticales de piedra y una pendiente considerable. Finalmente atraviesa las poblaciones de Potrías, Beniarjó, Almoines y Real de Gandia, para desembocar sus aguas al Mar Mediterráneo por la ciudad de Gandia.

RIO DE AGRES.

El río Agres es un afluente del río Serpis por su margen izquierdo. Nace en el término municipal de Agres, recorre su valle sobre piedra caliza y pasa cerca del municipio de Muro de Alcoy antes de desembocar en el río principal.

Con una longitud de 12 km, el río Agres mantiene una forma alargada, transcurriendo de oeste a este. Es un cauce seco, que sólo lleva agua en épocas de lluvia (septiembre - diciembre) de forma intermitente, por lo que a veces se comporta como un torrente mediterráneo.

BARRANCO DE BASIETS y DE LES FOYES.

Estos dos barrancos son afluentes del río Serpis por su margen derecho, se unen inmediatamente antes de su paso por el municipio de L'orxa sus cauces son aproximadamente paralelos entre ellos.

Transcurren por zonas de caliza, formando gargantas profundas entre grandes peñas. Se van uniendo diferentes barrancos que recogen las aguas de la Sierra Azafor, pasando por el pueblo de L'orxa y desembocando en zona de vega del río Serpis, aguas abajo de la presa de Beniarrés. Debido a la mayor pendiente aguas arriba que aguas abajo, los cauces presentan abundantes acarreos con existencias de bolos y dinámica latente.

BARRANCO DE LA ENCANTADA.

Atravesando las sierras de Cantalar y la Albuerca, el barranco de la Encanta lleva agua desde el Valle de Alcalá hasta el río Serpis. Aquí desemboca inmediatamente después de la presa de Beniarrés habiendo recorrido el cañón de gran belleza escalonado por cascadas y pozas de aguas limpias y cristalinas.

Mantiene su agua todo el año, con un caudal importante y de forma continuada. En el barranco de la Encantada no se considera un grado de contaminación importante ya que no se dan vertidos ni acumulación de basuras en su cauce, como puede ocurrir en la cuenca baja del cauce principal.

BARRANCO HONDO y BARRANCO DEL AZUFRE.

Son afluentes del río Serpis por su margen derecho y sus aguas desembocan directamente dentro del pantano de Beniarrés. Son barrancos que transcurren por terrenos de margas blancas, es decir, terrenos muy erosionables y tienen gran emisión de sedimentos finos. Esto provoca que el aporte de sedimentos con los que contribuyen positivamente al aterramiento del embalse hagan reducir la vida útil de la presa.

RIO MOLINAR.

Se une al río Serpis a la altura de Alcoy, desembocando en él por su margen derecho. Se localiza en la cabecera de la cuenca de estudio tras la unión de los barrancos del Regal y de Serra. El lecho el río Molinar se caracteriza por tener una dinámica importante y en plena actividad. Se aprecian acarreo de todas las granulometrías desde arenas finas hasta piedras con diámetros entorno a 50 cm.

RIO PENÁGUILA.

Es un afluente del río Valleseta. Se inicia en la unión de los barrancos de Ares y el de los Huertos de Marra, recogiendo también en su cabecera a los barrancos de la Torre del Sena, barranco del Amayat, barranco del Grau o el barranco de los Clots, todas aguas arriba de la población de Beniloba. Es importante destacar y señalar el grado de contaminación de las aguas de este río. En el vierte parte de los residuos de la población de Beniloba, lo que provoca que la calidad de sus aguas se degrade en todo el tramo

RIO POLOP Y RIO MARCHELL.

Se sitúan en la cabecera de la cuenca y se unen al cauce del río Serpis propiamente dicho a la altura del municipio de Alcoy. Son los ríos que conforman el inicio del cauce principal. Transcurren por terrenos abiertos, sin pendientes acusadas, dedicados en su mayoría a campos de cultivos abancalados.

Destaca la presencia de choperas, ubicadas prácticamente a la orilla del cauce, y restos de avenidas como ramas, pajas y troncos acumulados, lo que indica que sus cauces apenas llegan a desbordarse pero sí a transportar materiales sólidos, provocando un depósito continuo en el lecho y que puede derivar en graves problemas si se diese una lluvia torrencial.

BARRANCO DEL SING.

Situado en la cabecera de la cuenca de estudio, desemboca al río Serpis por su margen izquierdo, prácticamente a la misma altura que lo hace del río Molinar. Recorre entre cortados de piedra caliza formando grandes saltos y desniveles a la altura de la sierra Mariola donde recoge agua desde el Alto de Cerincal.

Su tramo alto y medio transcurre entre terrenos de cultivos y montes. Estos últimos acusados por los incendios anuales que por la temporada estival se producen en la zona, pero que no han dado lugar a una dinámica torrencial acusada en cuanto arrastre de materiales y avenidas torrenciales.

RIO VALLESETA.

Afluente del río Serpis por su margen derecho, abarca una cuenca extensa que recoge las aguas del barranco del Benadoch y del río Penáguila. Atraviesa terrenos de margas entre campos de cultivos abancalados, de poca pendiente y realizando meandros entre cárcavas y bancales de cereales. En los primeros kilómetros, el cauce está compuesto por materiales carbonatados y desciende desde los 1.100 metros a los 700 metros de altitud. A continuación, se localizan formaciones de margas y disminuye su pendiente pues baja 300 metros en casi 20 km.

Recoge aguas desde la sierras de Serrella, Alfaro y Almudaina pero durante el verano permanece seco. Existe una presa de tierra a unos 15 metros de altura que embalsa aguas. Tiene un vertedero que se puede ver desde la carretera que va de Benilloba a Gorga y después de la unión del barranco del Benadoch con el río Valleseta.

RIO VERNISA.

El río Vernisa es uno de los afluentes más importantes del río Serpis, junto al río Valleseta. Es el último río importante que desembocada en el Serpis en la provincia de Valencia antes de su llegada al mar. No será objeto de análisis, por no pertenecer al área de estudio.

2.3.2 Características morfológicas

Se define la morfología de la cuenca una vez conocidos los parámetros que a continuación de detallan.

2.3.2.1 Parámetros de forma

2.3.2.1.1 Coeficiente de Gravelius

La forma superficial de las cuencas hidrográficas tienen interés por el tiempo que tarda en llegar el agua desde los límites hasta la salida de la misma. Para ello se relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca circular teórica y de la misma superficie. Su valor, por tanto, es igual o mayor que la unidad de modo que cuanto más cercano a ella se encuentre más se aproximará su forma al círculo, en cuyo caso la cuenca tendrá mayores posibilidades de producir crecientes con mayores picos (caudales)

Su expresión es:

$$K = \frac{0.282 * P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- K: coeficiente de Gravelius
- P: perímetro de la cuenca: 183 km.
- A: superficie de la cuenca: 754,695 km²

Para la cuenca de estudio se obtiene un resultado de: K = 1,88

Es decir que estamos frente a una cuenca rectangular alargada según la clasificación de cuencas en función del valor del coeficiente.

2.3.2.2 Parámetros de relieve

2.3.2.2.1 Curva hipsométrica

A continuación se presenta la curva hipsométrica a partir de los siguientes datos:

Tabla 12. Tabla de altura y superficie por encima de la cota correspondiente

Cota (m)	Superficie por encima de la cota correspondiente	% acumulado	% relativo
1.470	0,000	0	-
1.400	0,100	0,1	0,10
1.300	1,940	0,26	0,16
1.200	9,295	1,23	0,97
1.100	25,365	3,36	2,13
1.000	54,015	7,16	3,80
900	124,675	16,52	9,36
800	198,795	26,34	9,82
700	267,655	35,47	9,13
600	348,545	46,18	10,71
500	451,710	59,85	13,67
400	543,840	72,06	12,21
300	622,585	82,49	10,43
200	677,985	89,84	7,35
100	718,395	95,19	5,35
38	754,695	100,00	4,81

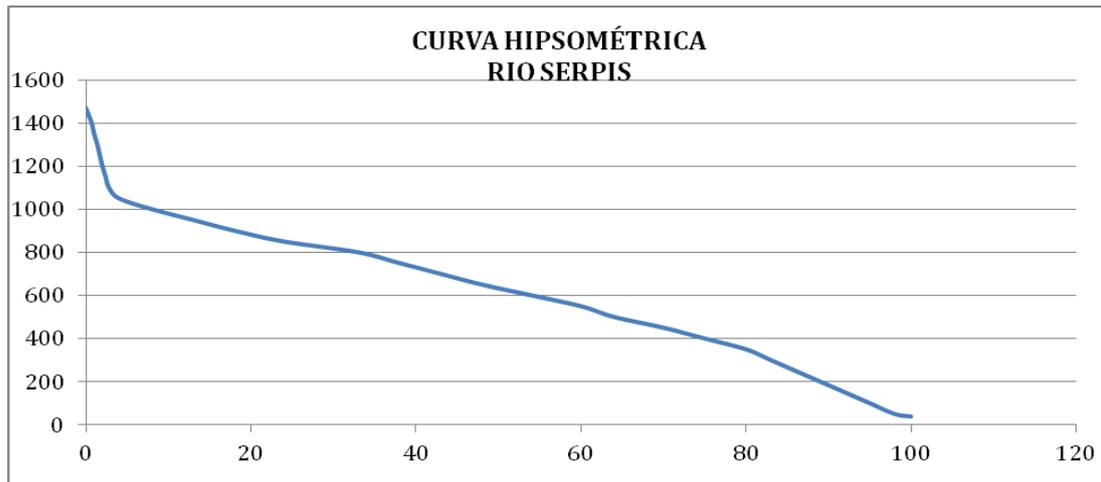


Gráfico 3. Curva hipsométrica del río Serpis hasta su desembocadura.

2.3.2.2.2 Altura media

La altura media de la cuenca la calculamos como el resultado obtenido del cociente entre volumen de la cuenca (superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes de coordenadas) y su superficie.

Por tanto tenemos que:

$$H_{\text{media}} = \frac{V}{A}$$

Donde:

- H_{media} : altura media (m)
- V : volumen de la cuenca (m^3)
- A : superficie de la cuenca (m^2)

Para nuestra zona de estudio, la altura media resulta ser: H_{media} : 549,2 m.

Y la altitud media será pues: $549,2 + 38 = 587,2$ m.

2.3.2.2.3 Altitud media

Es el resultado de la suma de la altura media y la cota más baja a la que pertenece la cuenca, es decir:

$$H = H_{\text{media}} + \text{cota mínima}$$

- H: altitud media (m)
- H_{media} : altura media (m)

La altitud media de la cuenca de estudio es, por tanto: 587,2 m

2.3.2.2.4 Pendiente media

Se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \frac{\sum li \times E}{A} \times 100$$

Donde tenemos que:

- S: pendiente media (%)
- $\sum li$: suma de las longitudes de las curvas de nivel (km.)
- E: equidistancias entre curvas de nivel (km.)
- A: superficie de la cuenca (km².)

La pendiente media de la cuenca del río Serpis es por tanto del 26,05%.

Además se ha realizado el mapa de pendientes de la cuenca a escala 1:150.000 (Anejo de Mapas, nº5) en el que se ha representado 6 clases de pendientes:

1	< 10%
2	10 – 20%
3	20 – 30%
4	30 – 45%
5	> 45%

2.3.2.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica

2.3.2.3.1 Densidad de drenaje

Se define con la expresión:

$$D = \frac{\sum li}{A}$$

Donde:

- D: densidad de drenaje (km⁻¹)
- $\sum li$: suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km)
- A: superficie de la cuenca (km²)

Para la cuenca de estudio el valor obtenido es: $D = 0,94 \text{ km}^{-1}$

2.3.2.3.2 Pendiente media del cauce principal

Se calcula mediante la expresión:

$$J = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

Donde:

- H_{\max} : altura máxima del cauce (m)
- H_{\min} : altura mínima del cauce (m)
- L: longitud del cauce (m)

El resultado de la pendiente media del cauce de nuestra cuenca es: $J = 1,23 \%$

2.3.3 Erosión en la zona de estudio

Los procesos erosivos pueden llegar a tener graves consecuencias naturales, sociales y económicas como aterramientos de embalses, agravamiento de las inundaciones e incremento de su frecuencia, deterioro de ecosistemas naturales... pero sobre todo la pérdida de suelo y su fertilidad. Se llama erosión, a la serie de procesos naturales, físicos y químicos, que forman parte del ciclo geológico externo en la corteza terrestre y que desgastan y/o destruyen los suelos y rocas.

A este proceso de degradación ecológica en el que el suelo fértil y productivo pierde total o parcialmente su potencial de producción de conoce como *desertificación*.

En la región mediterránea, a la que pertenece la cuenca de estudio, una de las principales causas de la certificación es la intensa degradación que sufren los suelos por la erosión hídrica.

La valoración conjunta de los factores R (agresividad climática), K (erosionabilidad del suelo), LS (topografía) y C (cobertura vegetal), según el modelo USLE, da una estimación de la cantidad de suelo perdido por la erosión hídrica en el tiempo, expresado en t/ha-año. El valor de las pérdidas de suelo se apoyó en el proyecto I.N.E.S (Inventario Nacional de Erosión de Suelos) facilitado por el Ministerios de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Si desapareciese el papel protector de la cobertura vegetal, la predicción de esas pérdidas darían como resultado la erosión potencial. Las diferencias entre una y otra constituyen el riesgo de erosión, de mayor o menor gravedad en función de sus ratios.

2.3.3.1 Índices de protección del suelo por la vegetación

Está basado en los criterios, que se exponen a continuación, relacionados con la influencia de la vegetación en el régimen hidrológico:

- La vegetación protege al suelo del impacto de las gotas de la lluvia en gran medida, contribuyendo a que estas incidan sobre el terreno con menor energía cinética, gracias al efecto del frenado a las que les somete.
- La vegetación contribuye a disminuir la escorrentía superficial y a decrecer los caudales punta de avenidas. Esto se debe a un doble motivo:
 - Aumenta la permeabilidad del suelo, incrementando con ello la infiltración
 - Disminuye la velocidad de la lámina de escurrido. (se considera que la velocidad del agua en una ladera cubierta de vegetación con buena espesura, es igual a la cuarta parte de la velocidad que existiría en esa misma ladera pero con suelo desnudo)
- Las raíces de la cubierta vegetal con sus numerosos entramados protegen al suelo ayudando a que este no se degrade.

Esta protección se valora mediante un índice que varía entre 0 y 1, para lo cual se tiene en cuenta:

- el tipo de cubierta vegetal (tanto en cuanto a su parte aérea como en cuanto a su sistema radical)
- su densidad y espesura; así como la pendiente del terreno.
- los aprovechamientos a los que se le somete

Tomando como base la asignación de índices de protección según tipo de vegetación, estado de la vegetación y pendiente, elaborada por López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1968) , se obtuvo de la caracterización de la cuenca. Así la matriz definidora del mapa de protección del suelo por la vegetación para la cuenca de estudio es la siguiente:

Tabla 13. Proporción de pendientes en función del uso del suelo.

ESTRATO VEGETAL	ESTRATO DE PENDIENTES %					
	<3	3 - 12	12 - 20	20 - 35	35 - 50	> 50
0 Improductivo	0	0	0	0	0	0
1 Herbáceo seco	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2
2 Herbáceo regadío	0.9	0.8	-	-	-	-
3 Arbolado seco	0.9	0.8	-	-	-	-
4 Arbolado regadío	0.9	0.8	-	-	-	-
5 Forestal Fcc >70	1	1	1	1	0.9	0.7
6 Forestal 30 > Fcc < 70	1	1	0.9	0.8	0.6	0.4
7 Forestal Fcc < 30	-	0.9	0.8	0.7	0.5	0.3
8 Matorral	1	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2
9 Pastizal	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2

El índice medio de protección para la cuenca es de 0.54, un valor medio que refleja el estado actual en el conjunto de la cuenca pero que enmascara la situación de desprotección en amplias zonas debido a los incendios de los últimos años y a bancales en algunos de los usos.

En el Anejo de Mapas , se adjunta el Mapa de Índices de Protección del suelo por la Vegetación (nº 11), creado por superposición de los mapas de cultivos y aprovechamientos del suelo y el mapa de pendientes de la cuenca. En este mapa se observan unos huecos en blanco de los que no se poseen datos (en SIG: Sin Valor). Corresponden a los usos de arbolado de seco, arbolado de regadío y herbáceo de regadío entre las pendientes 12% y >50%. Se encuentran fundamentalmente en bancales, por lo tanto a partir de una determinada pendiente no se ve influenciada por ella.

2.4 METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCAS BASADA EN EL MÉTODO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN

La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo es el modelo matemático más utilizado para predecir las pérdidas de suelo debidas a la erosión superficial del mismo.. Su base está suficientemente documentada en los estudios originales de Wischmeier y Smith (1957 - 1978). Durante muchos años, la ecuación ha sido utilizada en terrenos

agrícolas, pero fue en 1972 cuando también comenzó a aplicarse sobre pastizales y terrenos forestales.

Es un modelo empírico que da el promedio de las pérdidas anuales de suelo a largo plazo, en una situación determinada de uso y manejo del suelo teniendo en cuenta los factores que afectan a la erosión como son: las características físicas y topográficas del suelo, el clima (erosividad de la lluvia en la región de estudio), el sistema de uso y manejo del suelo y las medidas mecánicas de control.

La fórmula utilizada para el cálculo de dicho modelo viene expresada de la siguiente manera:

$$A = R \cdot K \cdot (LS) \cdot C \cdot P$$

Donde:

A	Pérdida de suelo por unidad de superficie (t/ha · año)
R	Factor de erosión pluvial. Wischmeier (J cm/m ² hora)
K	Factor erosionabilidad del suelo (t m ² hora/J cm ha)
LS	Factor topográfico (L: longitud del declive ; S: pendiente) (adimensional)
C	Factor cultivo y ordenación (adimensional)
P	Factor prácticas de conservación el suelo agrícola (adimensional)

Para integrar estos factores en un resultado que pueda utilizarse de forma comparativa con otros aspectos relativos a la pérdida de suelo, se utiliza software especializado como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de los que se obtienen mapas temáticos de la cuenca estudiada y que finalmente y bajo superposición de los mismos, se crea un mapa final que engloba todos los factores anteriormente nombrados. Este resultado se conoce como mapa de erosión, mapa de estados erosivos o mapa de paisajes erosivos y es la intersección de los siguientes mapas temáticos:

- Líneas iso – R
- Litofacies
- Pendientes

- Usos del suelo o vegetación
- Prácticas de conservación de suelos agrícolas

El resultado obtenido son polígonos iguales respecto al grado de erosión y que son clasificados en función de unos baremos o parámetros establecidos previamente.

2.4.1 Métodos de cálculo para los factores USLE

A continuación se hace una breve descripción de los factores que forman la ecuación de pérdidas de suelo.

2.4.1.1 Factor de erosión pluvial (R)

El índice de erosión pluvial es una medida de la fuerza erosiva de una lluvia determinada y su valor viene definido por los índices de erosividad. Se define como el producto de la energía cinética total de la lluvia por la intensidad máxima en 30 minutos. Se encarga de medir el efecto en que la erosión por salpicadura y la turbulencia del flujo se combinan con el escurrimiento para remover las partículas del suelo separadas por éste. (Figuerola *et. al.*, 1991).

Para el cálculo de R en la Comunidad Valenciana, se ha utilizado el portal <http://sig.marm.es/geoportal/> en el cual el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino pone a disposición pública los valores de R para cada estación.

2.4.1.2 Factor de erosionabilidad del suelo (K)

El factor de erosionabilidad indica cómo de susceptible es el suelo para erosionarse. Por ello es dependiente de la textura, mineralogía de arcillas, velocidad de infiltración, estructura o conductividad hidráulica, entre otras características edáficas.

El valor de K depende básicamente de la vegetación y la erosionabilidad del suelo. Por ello, se han combinado todas las opciones posibles entre ambos factores comprobando así cual de éstas existen en la cuenca de estudio y la superficie que ocupan. Si se recuerdan los códigos de vegetación y erosionabilidad, se tiene:

Vegetación		Erosionabilidad	
0	Improductivo	a	Muy erosionable
1	Cultivo herbáceo de secano	b	Erosionable
2	Cultivo herbáceo de regadío	c	Poco erosionable
3	Arbolado de secano		
4	Arbolado de regadío		
5	Forestal con $F_{cc} > 70\%$		
6	Forestal con $30\% < F_{cc} < 70\%$		
7	Forestal $F_{cc} < 30\%$		
8	Matorral		
9	Pastizal		

Siguiendo la fórmula de obtención del valor K, y utilizando para ello los mapas temáticos de usos de suelo, litología y geología, se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los campos.

Tabla 14. Valor de K del método USLE

Vegetación	Litofacies		
	a	b	c
1. Cultivo herbáceo de secano	-	0,356	-
2. Cultivo herbáceo de regadío	-	0,326	-
3. Arbolado de secano	0,339	0,331	0,230
4. Arbolado de regadío	0,372	0,332	0,293
5. Forestal con $F_{cc} > 70\%$	0,234	0,135	0,100
6. Forestal con $30\% < F_{cc} < 70\%$	0,247	0,167	0,121
7. Forestal $F_{cc} < 30\%$	-	0,245	-
8. Matorral	0,330	0,322	0,146
9. Pastizal	-	0,328	0,209

2.4.1.3 Factor longitud – inclinación (LS)

El factor LS que evalúa la erosionabilidad de los terrenos por causa única de relieve, conjuga a su vez dos factores: 1) la pendiente y 2) la longitud de pendiente.

La pendiente es un factor fácil de medir en el plano topográfico, ya que la distancia entre curvas de nivel la definen. La longitud de ladera es un factor cuya determinación es más complicada. Los métodos que mejor la estiman se basan en la valoración de la densidad de drenaje, dentro de un área concreta. De ahí se deduce una aproximación a la longitud de pendiente media en dicha área.

2.4.1.4 Factor cubierta vegetal o factor (C)

La asignación de este factor se hace en base a la agrupación de usos del suelo que se viene manejando. Se define como la relación entre las pérdidas de suelo que se producen bajo una alternativa y con unas determinadas técnicas de cultivos, y las pérdidas correspondientes al barbecho continuo.

Los valores utilizados para la creación cartográfica han sido obtenidos de la base de datos que proporciona el Centro Nacional de Información Geográfica para los Estados Erosivos de las Cuencas Hidrográficas de España del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2001-2010)

2.4.1.5 Factor de prácticas de conservación (P)

El factor P evalúa el coeficiente de minoración que hay que tener en cuenta como consecuencia de las acciones antrópicas de prácticas de conservación realizadas en las zonas agrícolas. Se define, pues, como aquella relación que existe entre las pérdidas de suelo con cultivo a nivel (fajas o terrazas) y las pérdidas de suelo con cultivo en surcos según la pendiente.

2.4.2 Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE

La metodología que sigue la USLE es utilizado como guía para la selección de propuestas o medidas para la conservación de determinadas superficies de suelo. Para ello es necesario tener presente el concepto de “tolerancia de pérdidas de suelo”. Se puede definir como la *cantidad de suelo en t/ha x año que un terreno puede perder sin que se vea afectada su productividad* (Mellerowicz, 1994) y depende de distintos factores, tales como la profundidad del suelo, sus propiedades físicas, el desarrollo de los sistemas radicales de la vegetación, la reducción de la materia orgánica, las pérdidas de nutrientes y simientes...

Esta tolerancia refleja la pérdida máxima de suelo que puede consentirse, alcanzando todavía el grado de conservación necesario para mantener una producción económica en un periodo futuro previsible con los medios técnicos actuales (López Cadenas de Llano y Blanco Criado, 1976)

En la práctica, la obtención de las pérdidas de suelo siguiendo el método de la USLE se hace por superposición de las capas de los parámetros que integran dicha ecuación. Estos son:

Usos del suelo (definidor de C y P)	Líneas iso – R (definidor de R)
Litofacies (definidor de K, C y P)	Pendientes (definidor de LS)

En función de la pérdida tolerable, la FAO, PNUMA y UNESCO confeccionaron en 1981, una Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelo. Los baremos fueron los siguientes:

Tabla 15. Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos (FAO,PNUMA, UNESCO)

Código	Pérdidas de suelo A (t/ha x año)	Grado de erosión hídrica
1	10	Ninguna o ligera
2	10 – 25	Moderada
3	25 – 50	
4	50 – 200	Alta
5	>200	Muy alta
0	Improductivo	-

Los resultados obtenidos para cada estrato de vegetación en la cuenca de estudio, se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Pérdida de suelo por estrato de vegetación.

Clase	Estrato de vegetación	Pérdidas de suelo		
		Total (t /año)	Superficie (t / ha · año)	Media por uso (t / ha · año)
1	Herbáceo seco	2.896,97	441,90	6,55
2	Herbáceo de regadío	2.867,50	123,84	23,15
3	Arbolado seco	1.338.577,50	22.539,11	59,39
4	Arbolado regadío	1.992,19	987,97	2,02
5	Forestal Fcc >70%	5.499,3	4.588, 27	1,19
6	Forestal 30%< Fcc >70%	2.446,07	1.014,28	2,41
7	Forestal Fcc <30%	10.322,10	456,67	22,60
8	Matorral	975.506,32	18.870,48	51,69
9	Pastizal	36.682,63	891,01	41,16
0	Improductivo	0,00	2.613,57	0,00
TOTAL		2.376.790,29	52.527,10	45,25
Media de pérdidas		45,25		

De la tabla anterior se obtiene que la tasa media de pérdidas de suelo en la cuenca es de 45,25 t/ha·año, siendo el grado de erosión moderado según la clasificación de la FAO, PNUMA y UNESCO.

El estrato que más pérdidas proporciona es arbolado de seco, con 1.338.577,50 t/año, seguido del matorral, con 975.506,32 t/año. Este valor supera con mucha diferencia las pérdidas del estrato de arbolado forestal 30% < Fcc > 70% con unas pérdidas de 2.446,07 t/año.

Para el mapa final de pérdidas de suelo y referido a los intervalos de erosión, se mantiene los mismos aunque de 10 a 50 t/ha·año se fracciona en 2 intervalos más, para que se pueda definir con más precisión qué pérdidas se están dando en esa franja. Así, el mapa de pérdidas de suelo se define en seis categorías, que están acompañadas por el resultado de la distribución superficial de la cuenca en estudio.

Tabla 17. Superficie de la cuenca en la que se producen pérdidas de suelo en los rangos establecidos

Grado de erosión hídrica	Nivel de erosión (t/ ha · año)	Superficie (km²)
Ninguna o ligera	A < 10	130,20
Moderada	10 < A < 25	124,36
	25 < A < 50	47,85
Alta	50 < A < 100	127,48
	100 < A < 200	59,81
Muy alta	A > 200	9,62
-	Improductivo	26,13

En el Anejo de Mapas se adjunta el mapa nº 12 con la representación de las pérdidas de suelo calculadas para el método de la USLE, siguiendo los intervalos de grado de erosión de la FAO, PNUMA y UNESCO.

2.4.3 Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca

En toda la metodología de la USLE se establece la erosión como el parámetro clave a identificar y analizar. Para ello se establece unas pérdidas de suelo en función de la superficie donde A_t representa las pérdidas de suelo tolerables, que se establecen en 10 t /ha x año según la FAO, PNUMA y UNESCO, y A son las pérdidas de suelo genéricas.

Después del análisis y según éste valor, será necesario conservar el uso actual en las áreas donde las pérdidas del suelo sean menores o iguales al valor marcado y se deberá intentar llevar a este valor aquellos terrenos donde actualmente se esté soportando valores superiores. Bajo este criterio se deberán realizar prácticas de conservación de suelo agrícola o cambios en los usos del suelo según se indica en la siguiente tabla fijada por la USLE:

Tabla 18. Ordenación de los usos del suelo en diferentes superficies según el modelo USLE.

Valoración del suelo en parcela	Código número	Condición que debe cumplirse	Tolerancia respecto a la erosión
Terrenos forestales	1	$A < A_t$	Uso actual del suelo compatible
	2	$A > A_t$	Uso actual incompatible (precios sustituir o mejorar)
Terrenos agrícolas	3	$A < A_t$	Uso actual compatible
	4	$A > A_t$ $A \cdot P < A_t$	Uso compatible si se realizan prácticas de conservación de suelos (puede tratarse de cultivos a nivel o en fajas o incluso terrazas)
	5	$A > A_t$ $A \cdot P > A_t$	Uso incompatible
Improductivo	0	No se considera	

La pendiente a partir del 30% no disminuye las pérdidas de suelo aunque se realicen prácticas de conservación de suelo. Por ello la única opción como solución restauradora será el cambio de uso.

El modelo USLE no diferencia bien las formaciones vegetales. Para solucionarlo se ha cruzado el mapa de ordenación con los usos del suelo de manera que en lugar de considerar exclusivamente terrenos agrícolas y forestales, se han diferenciado los otros usos. Las actuaciones obtenidas han sido las siguientes:

1. Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida (bien sea agrícola o forestal)
2. Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas
3. Repoblación en terrenos forestales (cambio de uso)
4. Repoblación (cambio de uso) en el caso de Matorral y Pastizal
5. Cambio de uso; básicamente para terrenos agrícolas con pérdidas de suelos muy elevadas

Se han obtenido las siguientes superficies de actuación y que se representan en el Anejo de Mapas (nº 13)

Tabla 19. Superficie correspondiente para cada uso futuro siguiendo el método USLE.

Código	Uso futuro	Superficie (Km²)
1	Mantener uso agrícola	65,23
2	Mantener uso forestal	64,96
3	Realizar prácticas de conservación de suelos	76,86
4	Repoblación en terreno forestal	116,22
5	Cambio de uso	176,30
6	Improductivo	26,13
Total		525,70

2.5 METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCAS CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990)

El modelo que se describe a continuación se conocía anteriormente como de Ordenación Agrohidrológica. En la actualidad se habla de ordenación de la cenca, puesto que el marco físico donde evolucionan las actuaciones de la ordenación incluye ambos usos.

La metodología con criterios de Mintegui tiene su base en los índices de protección del suelo por la vegetación, siguiendo el modelo USLE, y considerando la vegetación como el elemento fundamental de gestión en la ordenación de una cuenca hidrográfica por ser el mas manejable y a la vez teniéndolo en cuenta para que las prácticas de conservación en suelos agrícolas pueda realizarse. Estas prácticas estarán orientadas casi siempre a mantener el uso actual y no tener que modificarlo.

Para ello, Mintegui (1990) establece unos criterios para la ordenación Agrohidrológica de una cuenca vertiente. Con este nuevo aspecto, lo que hace un siglo se solucionaba aplicando la repoblación forestal a grandes superficies degradadas hoy en día se emplea dicho criterio de ordenación dentro de las obras y trabajos de una restauración hidrológico – forestal. Estos criterios se encuentran recogidas en la siguiente tabla.

Tabla 20. Clasificación para la ordenación siguiendo el criterio de la metodología de Mintegui.

Pendiente	Uso actual del suelo		Tipo de suelo	Vocación del territorio	Aplicación del modelo USLE	Actuaciones en el territorio Selección De alternativas
	Estrato de vegetación	Observaciones				
$i > 30$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: - denso - aclarado - no degradado - afectado o no por razones sociales	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL	Según que: $A < A_t$ O bien: $A > A_t$	Dado que $i > 30\%$ se propone con carácter general mantener, restaurar o crear el monte alto arbolado. No obstante, se analizan las situaciones singulares y se proponen soluciones concretas en general transitorias
$12 < i < 30$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: - denso - aclarado - no degradado - con o sin prácticas de conservación de suelos - afectados o no por razones sociales	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL Ocasional AGRÍCOLA	Según que: $A < A_t$ O bien: $A > A_t$	- De existir arbolado se propone su continuidad y mejora - Los matorrales y pastizales no degradados pueden permanecer, pero a los degradados se propone restaurarlos o transformarlos en monte alto arbolado. - De existir cultivos, siempre es necesario prácticas de conservación. - Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas en general transitorias.
$i < 12$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: - denso - aclarado - degradado - no degradado	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	AGRÍCOLA Ocasional FORESTAL	Según que: $A < A_t$ O bien: $A > A_t$	No existen limitaciones para el uso del suelo en función de la pendiente. Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas.

Fuente: Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca Alimentadora (Mintegui, J. A. 1990)

Como se destaca en la tabla anterior, el uso agropecuario del suelo como influyente en los procesos hidrológicos que tienen lugar en la cuenca es el más recurrente. Por ello, el planteamiento se fundamenta en la ordenación con la intención de adaptar los usos actuales a los futuros y considerando la adaptabilidad del territorio, debido a la existencia de condicionantes sociales de cara a un cambio de uso.

A pesar de ello, esta agrupación carece de puntos de interés para la ordenación como zonificación o aspectos posicionales de la cuenca (áreas dominantes y áreas dominadas), ni la capacidad actual del territorio para permitir un cierto nivel de la serie climática, es decir, no hace mención de las potencialidades bioclimáticas del medio (Tejera, 2001).

Siguiendo el criterio de Mintegui y ayudado por la herramienta informática ArcMap, se obtiene el mapa resultante para la ordenación agrohidrológica bajo criterios de Mintegui, donde se ha asignado para cada polígono con las mismas características, un uso futuro del suelo que se expone en la tabla siguiente:

Tabla 21. Superficies definitivas de los usos según criterios de Mintegui.

Código	Uso futuro	Superficie (km²)
1	Completar espesura en matorral	28,56
2	Completar espesura en pinar	37,10
3	Mantener cultivos	40,88
4	Mantener uso agrícola	90,50
5	Mantener uso forestal	28,34
6	Realizar de conservación en cultivos	132,44
7	Repoblación protectora	148,92
8	Improductivo	18,96
	TOTAL	525,70

2.6 METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

La siguiente metodología a describir tiene como base la incorporación del criterio de sostenibilidad en el uso de los recursos naturales de la cuenca. En él se destaca la capacidad del medio para asumir determinadas actividades, ya que cada medio, bien natural o seminatural, posee una aptitud distinta para acoger las diferentes actividades.

Así bien se puede definir también en términos de “capacidad de carga”, como el máximo cuantitativo de una actividad o de sus efectos que puede soportar indefinidamente un hábitat o un ecosistema sin dañarlo de manera irreversible y permanente (Rees, 1988)

Como no es posible aplicar el concepto íntegro de la capacidad de carga , por carecer de la información cuantitativa necesaria, procede acudir, en la línea del Informe Dobris (Agencia Europea del Medio Ambiente [AEMA], 1995), al concepto de capacidad del medio como expresión de su aptitud para acoger las diferentes actividades que pueden proponerse en la ordenación de la cuenca.

Para esta metodología basada en criterios de sostenibilidad se presentan los siguientes elementos a tomar en consideración por su relevancia en el estudio:

- Se aplica sobre un espacio físico, definido territorialmente por la cuenca vertiente.
- Concurren recursos naturales, agua y suelo, que es preciso proteger.
- Contempla múltiples actividades socioeconómicas para hacer posible el sostenimientos de la población.
- Las actividades humanas deben asignarse según la capacidad del medio para acogerlas.

También hay que tener en cuenta los factores de aptitud e impacto. Según Barredo (1996), la aptitud puede definirse como el potencial que posee un lugar para

soportar una actividad determinada, es decir, el conjunto de requisitos que debe poseer un lugar para poder acoger una actividad determinada. La aptitud variará a medida que varían los factores del medio o clases de los factores, estableciéndose así un rango de aptitud para una actividad en un territorio dado.

Mientras, el impacto puede entenderse como el efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio, o en las unidades ambientales, efecto que puede ser o no, es decir, positivo o negativo (MMA, 1996).

2.6.1 Estudio de la problemática en la cuenca

El área de la cuenca de estudio, debido a su caracterización y descripción anteriormente descrita, presenta un estado de degradación que tiene como base las siguientes causas:

- La presencia de matorral degradado es consecuencia directa de las importantes pérdidas de suelo. Al ser una vegetación deficiente, predomina la escorrentía frente a la infiltración.
- Una parte de la vegetación arbustiva se localiza en pendientes mayores al 35%, lo que dificulta la protección del suelo aportando a la vez un caudal sólido al río principal y sus afluentes.
- La cuenca presenta unas variadas e intensas tormentas entre los meses de septiembre a noviembre que provocan fuertes crecidas, conocida como gota fría, y que llegan a desencadenar inundaciones y avenidas.
- Durante los últimos años se han dado grandes e intensos incendios forestales lo que ha provocado una fuerte modificación de la cubierta vegetal dificultando la regeneración del bosque natural.
- Las características morfológicas, geológicas, climáticas y biológicas de la cuenca en estudio dan lugar a unos fenómenos de erosión y depósito de sedimento que implican importantes pérdidas de suelo.
- La degradación y pérdida consecutiva de este suelo provoca un aterramiento de la presa de Beniarrés, disminuyendo su vida útil y capacidad total.

2.6.2 Establecimiento de los objetivos y selección de actividades

La ordenación de la cuenca de estudio se centra básicamente en la corrección de las graves situaciones de degradación, así como en el uso correcto de los recursos naturales. Como objetivo fundamental de carácter hidrológico forestal está la protección del suelo y control de la erosión.

Destacar también que la cuenca tiene una serie de hábitats y espacios de gran interés para su conservación, de forma que se discute la necesidad de plantear una serie de objetivos de protección/conservación y restauración del medio físico, aumentar su riqueza en biodiversidad y procurar un desarrollo sostenible (Tejeda, 2001).

Además se tiene en consideración el mantenimiento de actividades agrícolas de la zona como objetivo de carácter socioeconómico puesto que representa una actividad económica importante en la región.

Esta metodología incluye objetivos para la protección hidrológico forestal, lo que complementa a los objetivos de la ordenación de cuencas y a los de sostenibilidad. Se sucede, pues, una visión del conjunto del medio natural junto con el aprovechamiento sostenible de los recursos habiendo analizado, previamente, el grado de conveniencia de las actuaciones que se propagan.

Para obtener los resultados propuestos, se definen un conjunto de actividades a realizar y que dependen de elementos del medio, representativos mediante mapas temáticos. Los objetivos y las actividades vienen expresados en la siguiente tabla.

Tabla 22. Objetivos de la ordenación según criterios de sostenibilidad y actividades propuestas.

Objetivos	Actividades
De carácter hidrológico forestal	
Proteger el suelo	1. Repoblación Forestal protectora 2. Completar espesura en masa con espesuras defectivas
Evitar y/o controlar erosión en cauces	3. Hidrotecnias de corrección en cauces
De conservación de ecosistemas y aumento de biodiversidad (sostenibilidad)	
Aumento de biodiversidad	4. Restauración de riberas
Conservación y/o restauración de ecosistemas	5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad 6. Conservación de enclaves de interés (conservar cultivos, cubierta actual)
De carácter socioeconómico	
Mantenimiento del uso agrícola	7. Mantenimiento del uso agrícola
Mantenimiento y/o mejora del uso forestal	8. Mantener/mejorar uso forestal
Otras actividades	9. Mantener actividad

Es común en los estudios de planificación física, trabajar con escalas gráficas entre 1:100.000 y 1:250.000, en función de las características de la zona, la superficie y los objetivos que se definan (Claver et al, 1982). La escala gráfica elegida es de 1:175.000 y se adjuntan como figuras en los apartados correspondientes.

2.6.3 Inventario y análisis del medio: cartografía temática

Para la caracterización del medio físico de la cuenca de estudio, se han definido y seleccionado una serie de elementos influyentes, o que guardan relación directa con las actividades propuestas, y que se dividen en sus correspondientes tipos o clases. Estos elementos son:

Pendiente	Influencia hidráulica
Uso del suelo	Litología
Pérdidas de suelo	Protección
Propiedad	Espesura de la cubierta arbórea

Cada elemento forma una capa de información compuesta por una serie de áreas contiguas, denominado mapa temático. La digitalización de estas áreas, su información alfanumérica y la construcción de la topología, da lugar a cada uno de los mapas. Así pues y utilizando ArcView 9.3 como software, se generaron las siguientes capas:

- Pendiente: se obtuvo a partir del modelo digital del terreno (MDT), con paso de malla de 5 metros; del portal web del Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Influencia hídrica: partiendo de la red hidrográfica. La influencia hídrica es alta en toda la zona del cauce principal.
- Uso del suelo: obtenida a partir del Mapa de Ocupación del suelo en España correspondiente al proyecto europeo Corine Land Cover, versión 2006. Se obtiene también del portal web del Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Litología: se obtiene a través del Instituto Geológico Minero de España (IGME) a escala 1:100.000
- Pérdidas de suelo: después de calcular los factores que componen la fórmula de la USLE, se obtienen las pérdidas de suelo en T/ha·año.
- Propiedad: los mapas han sido creados mediante la escasa cartografía que facilita la Generalitat Valenciana a través de su web (www.gva.es). Incluye la propiedad pública de todos los montes existentes en la zona de estudio.
- Protección: los mapas han sido creados mediante la escasa cartografía que facilita la Generalitat Valenciana a través de su web (www.gva.es). Recoge sitios susceptibles a ser considerados como parte de las áreas protegidas para la zona de estudio, por su valor ecológico y natural.
- Espesura de la cubierta arbórea: se obtuvo gracias al Mapa Forestal de España a escala 1:200.00, que especifica el tipo de cubierta vegetal.

2.6.4 Estudio de la capacidad de acogida de las actividades

Para encontrar la relación entre los elementos del medio y actividades, desde el punto de vista de asignación de usos del suelo, se han de concretar dos conceptos básicos para su asignación: capacidad y grado de conveniencia.

Así, y para considerar la cantidad de elementos y procesos que definen el medio físico, sólo se tienen presentes aquellos que son verdaderamente claves ante la actividad. Con esto se especifica que sólo aquellos que presentan cualidades positivas o negativas o excluyentes para el desarrollo de la actividad serán los que se mantengan bajo este criterio.

La evaluación de la capacidad se realiza en dos fases:

- a. Relación elementos del medio-actividades
- b. Relación conjunto del medio-actividades

Hasta ahora en el desarrollo de este estudio se han definido un conjunto de actividades a_i (donde $i= 1,2,3\dots,m$) y una serie de elementos del medio e_j ($j= 1,2,3\dots,n$) cada uno dividido en k tipos e_{jh} ($h= 1,2,3\dots,k$)

Por ello es preciso establecer las relaciones entre $e_j - R - a_i$ entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado indique la capacidad de acogida del territorio para sostener cada una de las actividades propuestas.

La aptitud o capacidad de acogida para cada actividad, de cada una de las clases o tipos de cada elemento del medio seleccionado se evalúa con la siguiente escala cuantitativa:

P_{jh} (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i):

Excluyente	$-\infty$	Positivo	+ 1
Negativo	- 1		
Indiferente	0	Muy positivo	+ 2

Por lo tanto, la relación de elementos del medio-actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión $m \times n$, donde m corresponde a las actividades propuestas y n a los elementos del medio, con sus respectivos tipos, cuyas coberturas son descritas en el inciso 2.6.3. Cada una de las celdas de la matriz representa el valor asignado conforme a los

Tabla 23. Matriz de capacidad de acogida de las actividades.

Elementos	Clase	Actividades								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pendiente	0 - 10%	0	0	0	0	1	0	2	2	2
	10 - 20 %	1	0	1	0	2	0	1	2	$-\infty$
	20 - 30 %	2	0	1	0	2	0	0	1	$-\infty$
	30 - 45%	2	0	2	0	-1	0	-1	1	$-\infty$
	>45 %	2	0	2	0	$-\infty$	0	-1	1	$-\infty$
Influencia hídrica	Si	1	1	2	2	0	0	2	0	0
	NO	-1	-1	$-\infty$	$-\infty$	0	0	-1	0	0
Usos del suelo	Herbáceo seco	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	0	0	1	$-\infty$	$-\infty$
	Herbáceo de regadío	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	0	0	1	$-\infty$	$-\infty$
	Arbolado seco	2	1	$-\infty$	$-\infty$	0	1	1	$-\infty$	$-\infty$
	Arbolado regadío	1	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	0	1	1	$-\infty$	$-\infty$
	Forestal Fcc >70%	1	1	$-\infty$	$-\infty$	2	2	$-\infty$	2	0
	Forestal 30% < Fcc >70%	1	2	$-\infty$	$-\infty$	2	1	$-\infty$	1	0
	Forestal Fcc <30%	2	2	$-\infty$	$-\infty$	1	1	$-\infty$	1	0
	Matorral	2	2	$-\infty$	$-\infty$	1	1	$-\infty$	1	0

	Pastizal	1	1	-∞	-∞	0	-∞	1	-∞	0
	Improductivo	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
Litología	Muy erosionables (a)	2	2	2	2	2	-1	-1	2	0
	Erosionables (b)	2	1	1	1	2	1	1	1	0
	Poco erosionables (c)	1	0	1	1	1	2	0	0	0
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera < 10	0	1	1	0	1	0	1	1	1
	Moderada 10 - 50	1	1	1	0	1	0	1	1	1
	Alta 50 - 200	2	2	2	1	2	1	0	0	-1
	Muy alta >200	2	2	2	1	2	1	-1	-1	-1
Propiedad del suelo	Monte público	2	2	2	2	2	2	0	0	0
	Particular	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Protección	SI	1	1	1	1	2	2	0	0	0
	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completar > 80%	-∞	-∞	0	0	-∞	0	0	0	0
	Defectiva 40 - 80%	1	1	0	0	1	0	0	0	0
	Ralo < 40%	2	1	0	0	1	0	0	0	0

Actividades: 1. Repoblación forestal protectora 2. Completar espesura en masas de espesura defectiva 3. Hidrotecnias de corrección de cauces 4. Restauración de riberas 5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad 6. Conservación de enclaves de interés 7. Mantener uso agrícola 8. Mantener/Mejorar uso forestal 9. Mantener actividad.

Para este caso concreto, los elementos definidos van a tener igual peso/importancia. Para calcular ese valor que representa la capacidad del medio para acoger una de las actividades definidas se ha seguido el siguiente procedimiento:

Al haber 8 coberturas y 9 actividades, se obtiene un cruce de información total de 72 puntos con información. Cada cobertura genera 9 variables (una para cada actividad) Utilizando las herramientas del programa ArcGis 9.3, se ha seleccionado cada cobertura con sus clases y se ha asignado el valor correspondiente a las 9 variables. A las capacidades excluyentes ($-\infty$) se le da el valor -999 para que el programa no de error en el cálculo.

A continuación se superponen las 8 coberturas referidas a cada una de las 9 actividades utilizando la herramienta "Overlay - Union" de ArcGis. La combinación ha de ser de dos en dos, porque el programa no facilita que sean grupos mayores y para que el resultado sea manejable se ha empleado el comando "Eliminate - Res area". Con esta acción se han eliminado polígonos de superficie inferiores a 1 m² (recintos en el plano menores a 0,6 mm² para la escala 1:175.000)

Posteriormente, se crearon nueve variables de las nueve correspondientes a las nueve actividades. Los valores que toman cada una de dichas variables es la suma de todos los valores de cada polígono (polígonos de las capas del ArcGis). Esta suma es igual a la *capacidad del medio para acoger las diferentes actividades*, obteniendo, así, una cobertura para cada actividad, en la que la única variable que existe es la representación de este valor.

Por tanto se tiene una serie de valores que representan la capacidad del medio para acoger cada actividad y para poder manejar los valores obtenidos, se procedió a establecer una estratificación en las siguientes clases:

Capacidad EXCLUYENTE	-
Capacidad BAJA	Valores comprendidos hasta el percentil 25%
Capacidad MEDIA	Valores entre el percentil 25 y el 75%
Capacidad ALTA	Valores mayores del percentil 75%

Se adjuntan a continuación los resultados gráficos de los valores de capacidad de acogida para las actividades indicadas. (hay actividades que dan un valor apenas representativo en la cuenca).

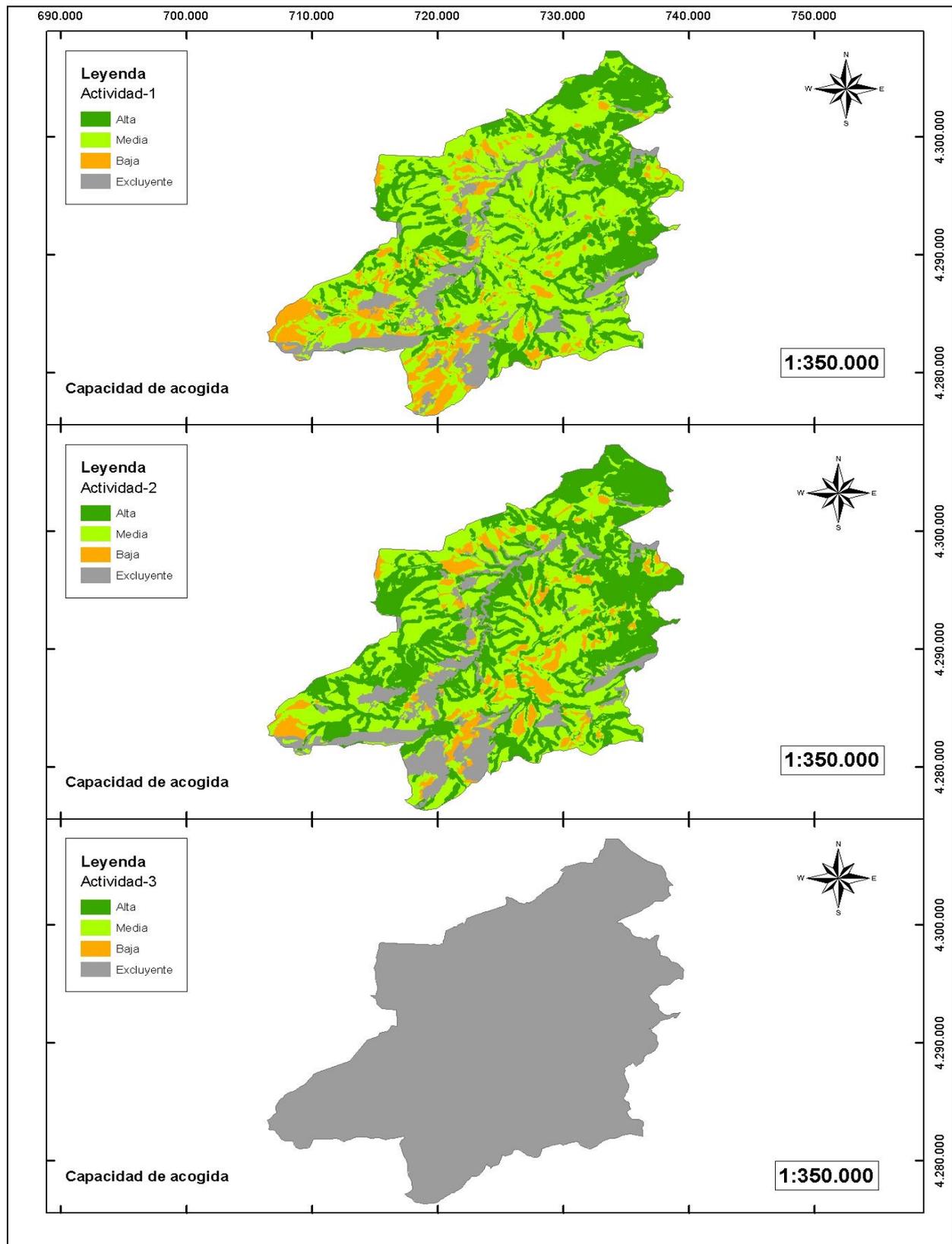


Figura 3. Capacidad de acogida del medio Actividades 1, 2 y 3.

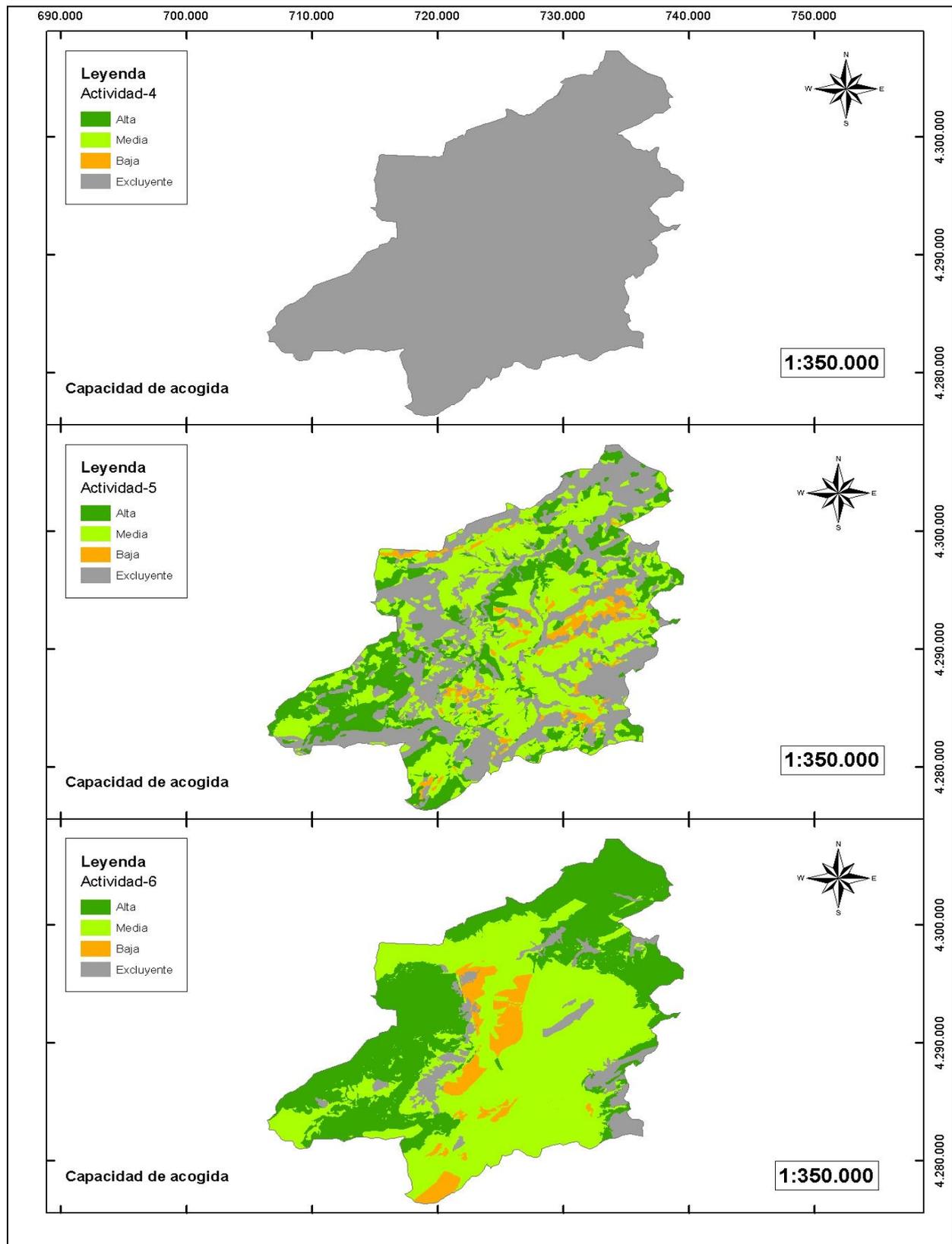


Figura 4. Capacidad de acogida del medio Actividades 4, 5 y 6.

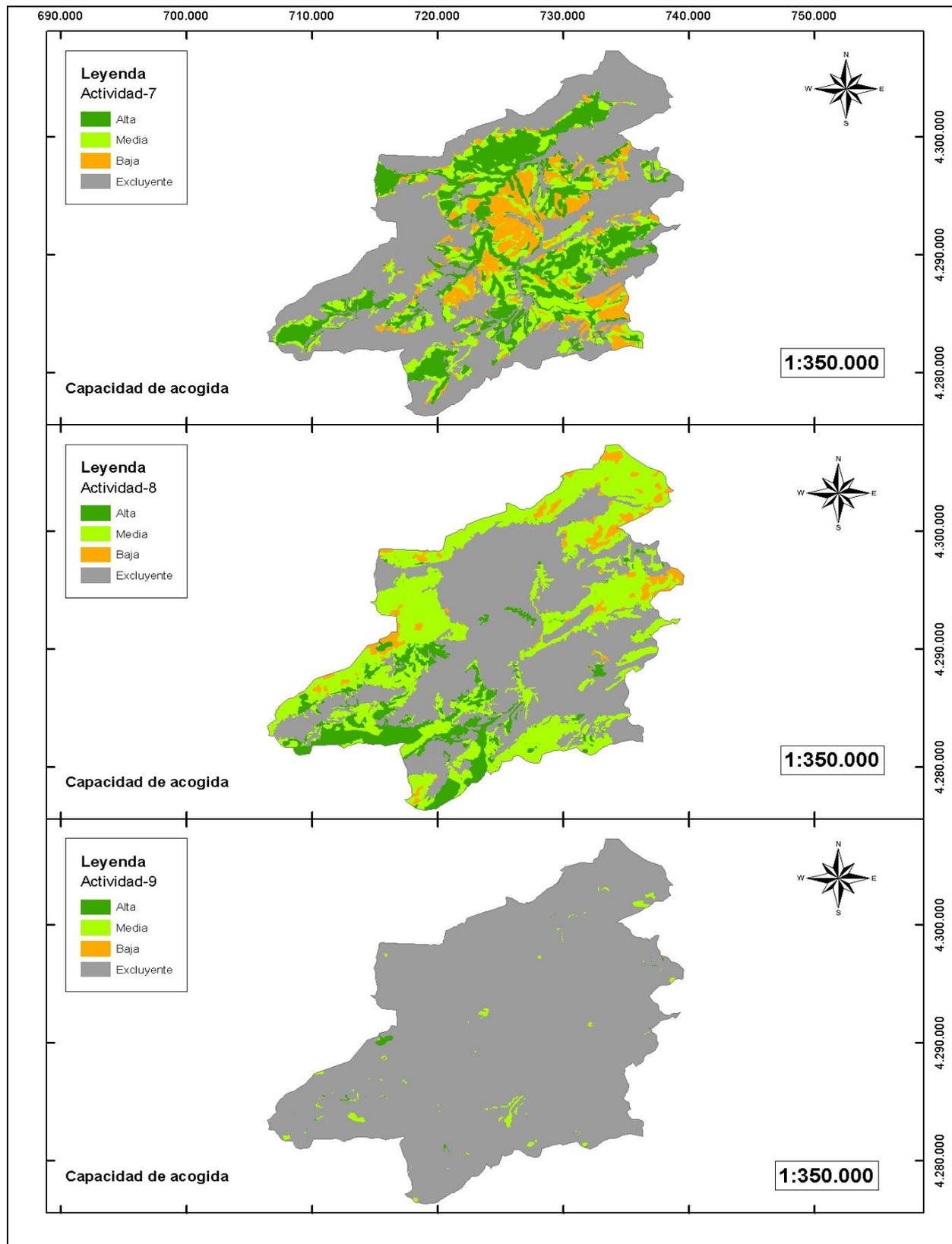


Figura 5. Capacidad de acogida del medio Actividades 7, 8 y 9

2.6.4.1 Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de convivencia

En toda RHF se han de tomar unas acciones que permitan afrontar con éxito la problemática existente en la cuenca de estudio. De esta forma se hace imprescindible analizar el medio y sus elementos, para poder integrar estas acciones y que los resultados sean los perseguidos.

En esta metodología, además de un análisis de la capacidad del medio, se requiere una visión de la conveniencia del medio donde los elementos representativos se verán afectados positiva o negativamente por las actividades que se lleven a cabo por la ordenación.

En función del beneficio que cada actividad aporta al territorio y de los distintos tipos en que se ha dividido dichos elementos, se aplican los siguientes criterios:

R_{ijh} (valor del grado de conveniencia asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i):

2	Actividad muy conveniente	-1	Actividad poco conveniente
1	Actividad conveniente	-2	Actividad muy poco conveniente
0	Actividad indiferente	$-\infty$	Actividad no conveniente
		-	No influyente ¹

La relación entre los elementos del medio y actividades de cara a evaluar el beneficios que producen las mismas, se vuelve a expresar por medio de una matriz de dimensión $m \times n$ donde $m=9$ actividades y $n=8$ elementos.

¹ El elemento "j" no influye en el desarrollo sobre el territorio de la actividad "i" o no existe capacidad para la actividad por lo que no se evalúa el grado de conveniencia.

Tabla 24. Matriz de conveniencia del medio para realizar actividades.

Elementos	Clase	Actividades								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pendiente	0 – 10%	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	10 – 20 %	1	1	1	2	1	1	1	2	1
	20 – 30 %	2	1	1	2	1	2	1	2	1
	30 – 45%	2	2	2	2	1	2	0	1	1
	>45 %	2	2	2	2	1	2	0	1	1
Influencia hídrica	Si	1	1	2	2	1	0	1	1	1
	NO	-1	0	0	0	0	0	1	1	1
Usos del suelo	Herbáceo seco	-	-	-	-	-	0	2	-	0
	Herbáceo de regadío	-	-	-	-	-	0	2	-	0
	Arbolado seco	-	-	-	-	-	0	2	-	1
	Arbolado regadío	-	-	-	-	-	0	2	-	1
	Forestal Fcc >70%	1	1	-1	1	-1	2	-∞	2	2
	Forestal 30% < Fcc >70%	2	2	2	2	1	1	-2	1	1
	Forestal Fcc <30%	2	2	2	2	2	2	0	1	1
	Matorral	2	2	1	2	2	1	-	2	2
	Pastizal	1	1	0	1	0	0	2	-	1
	Improductivo	-	-	2	2	-	0	-	-	-
Litología	Muy erosionables (a)	2	2	2	2	0	0	-2	1	-2
	Erosionables(b)	2	2	2	2	0	0	0	0	0

	Poco erosionables (c)	-1	0	0	0	0	0	1	1	1
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera < 10	0	1	1	0	1	0	1	1	1
	Moderada 10 – 50	2	2	1	1	2	1	1	2	1
	Alta 50 – 200	2	2	2	2	2	1	-1	2	1
	Muy alta >200	2	2	2	2	2	1	-∞	2	-∞
Propiedad del suelo	Monte público	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Particular	1	0	1	1	0	2	0	0	0
Protección	SI	0	0	0	2	2	2	2	0	0
	NO	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completar > 80%	1	2	-	0	1	0	0	0	0
	Defectiva 40 – 80%	2	1	-	0	2	0	0	0	0
	Ralo < 40%	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Actividades: 1. Repoblación forestal protectora 2. Completar espesura en masas de espesura defectiva 3. Hidrotecnias de corrección de cauces 4. Restauración de riberas 5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad 6. Conservación de enclaves de interés 7. Mantener uso agrícola 8. Mantener/Mejorar uso forestal 9. Mantener actividad.

El procedimiento considerado ha sido el de la sumatoria para pasar del conjunto de valores de una columna de la matriz a un valor escalar único que represente el grado de conveniencia de una determinada actividad en un recinto del medio. El valor de la conveniencia de una actividad i en una unidad territorial homogénea es dado por la siguiente suma:

$$\sum_{j=1}^8 r_{jh}^i$$

Si alguno de los valores fuese $-\infty$, no se realizaría la suma al ser directamente inadmisibles la conveniencia de la actividad debido a alguno de los elementos del medio.

Para trabajar con los valores, se ha empleado la herramienta SIG, donde se han superpuesto las capas (coberturas) del medio calculando en cada recinto obtenido, los valores del grado de conveniencia para cada una de las actividades propuestas. Así se obtiene, a su vez, el listado de los valores indicativos del grado de conveniencia de las actividades para el territorio y que se clasifican de la siguiente forma:

- Muy conveniente
- Poco conveniente
- Conveniente
- No conveniente o Inadmisible

A continuación se adjuntan las figuras obtenidas para los valores de Conveniencia del medio para realizar las actividades y el resultado gráfico de los mismos.

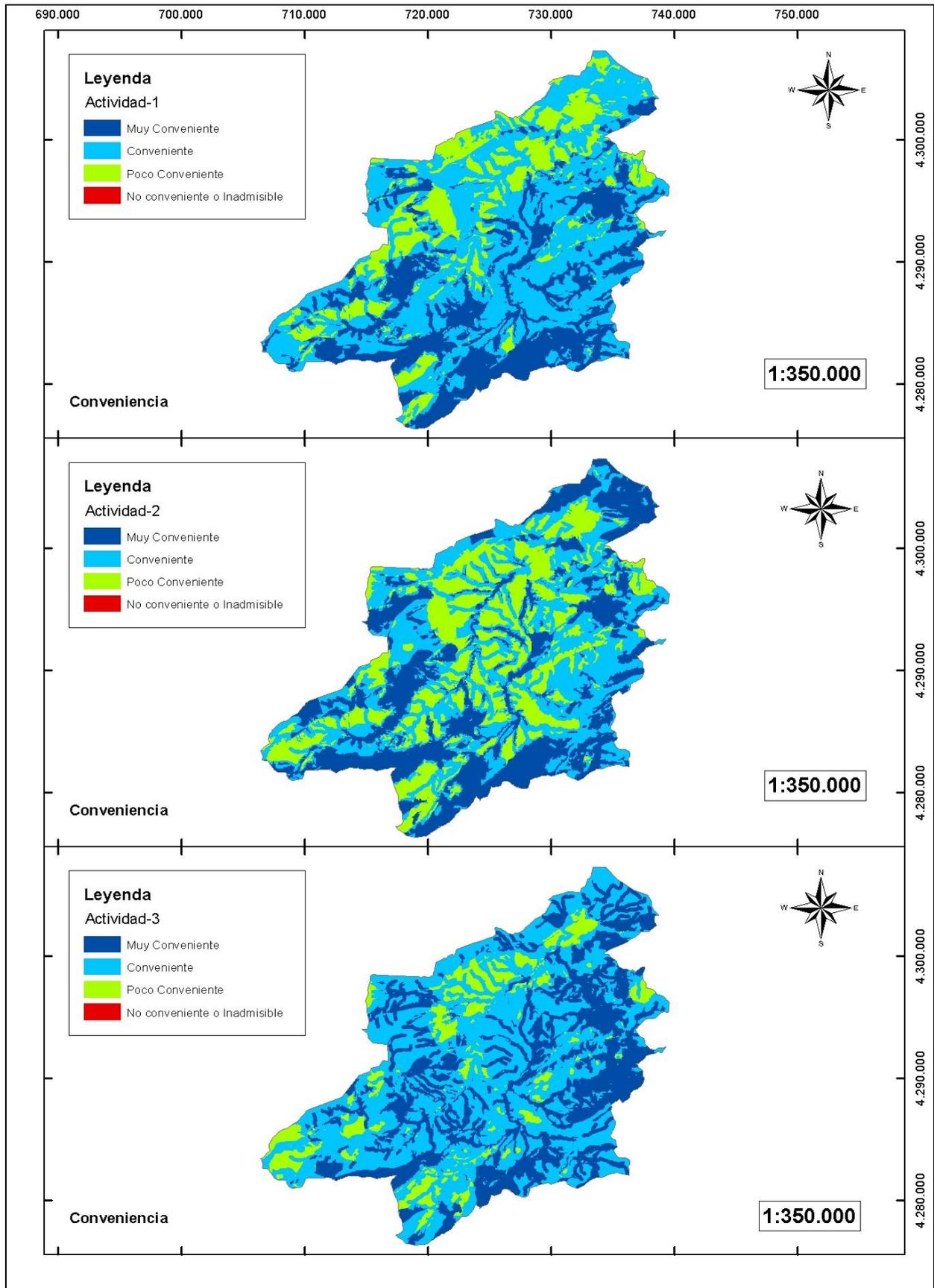


Figura 6. Conveniencia del medio Actividades 1, 2 y 3.

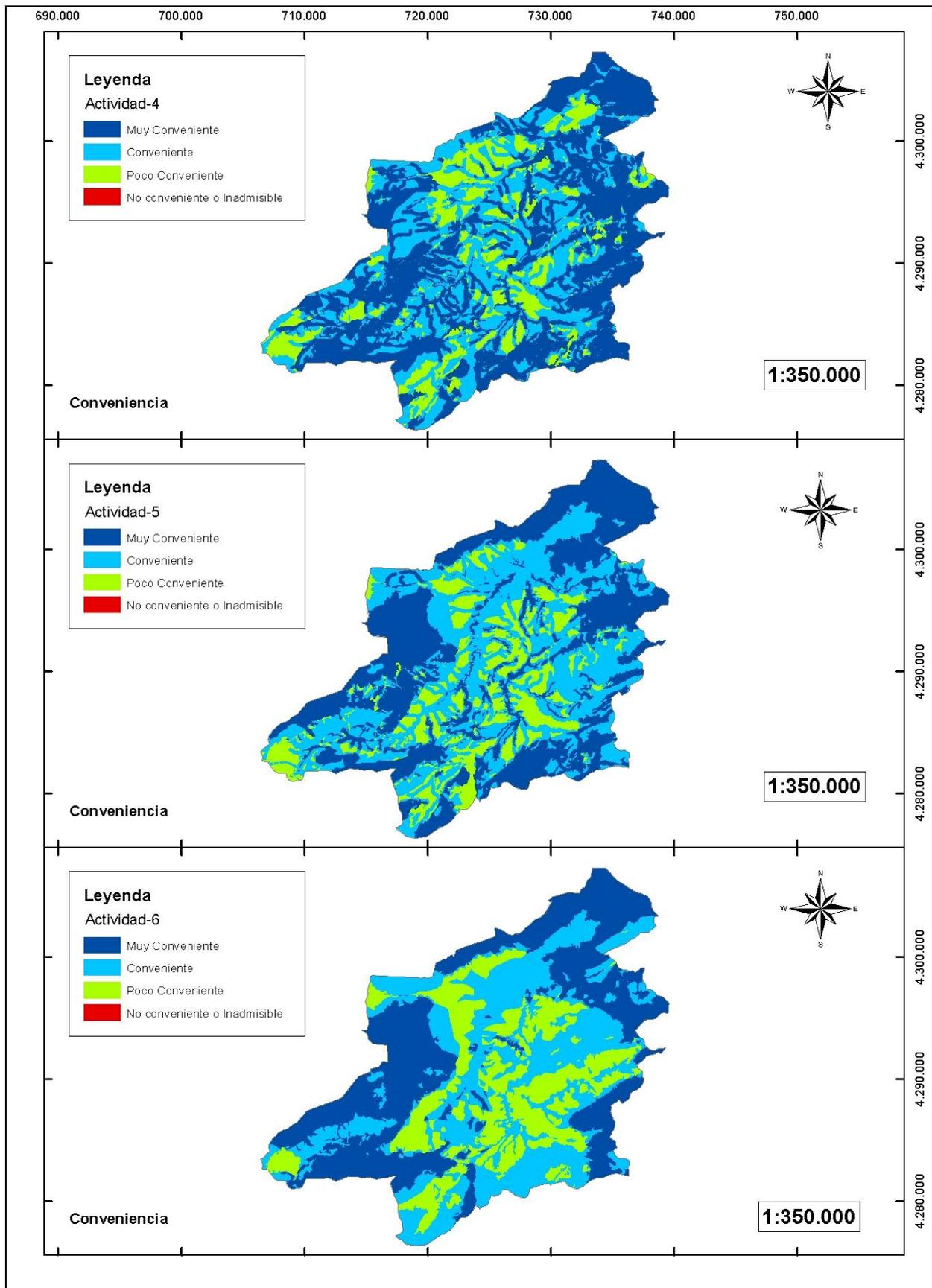


Figura 7. Conveniencia del medio Actividades 4, 5 y 6.

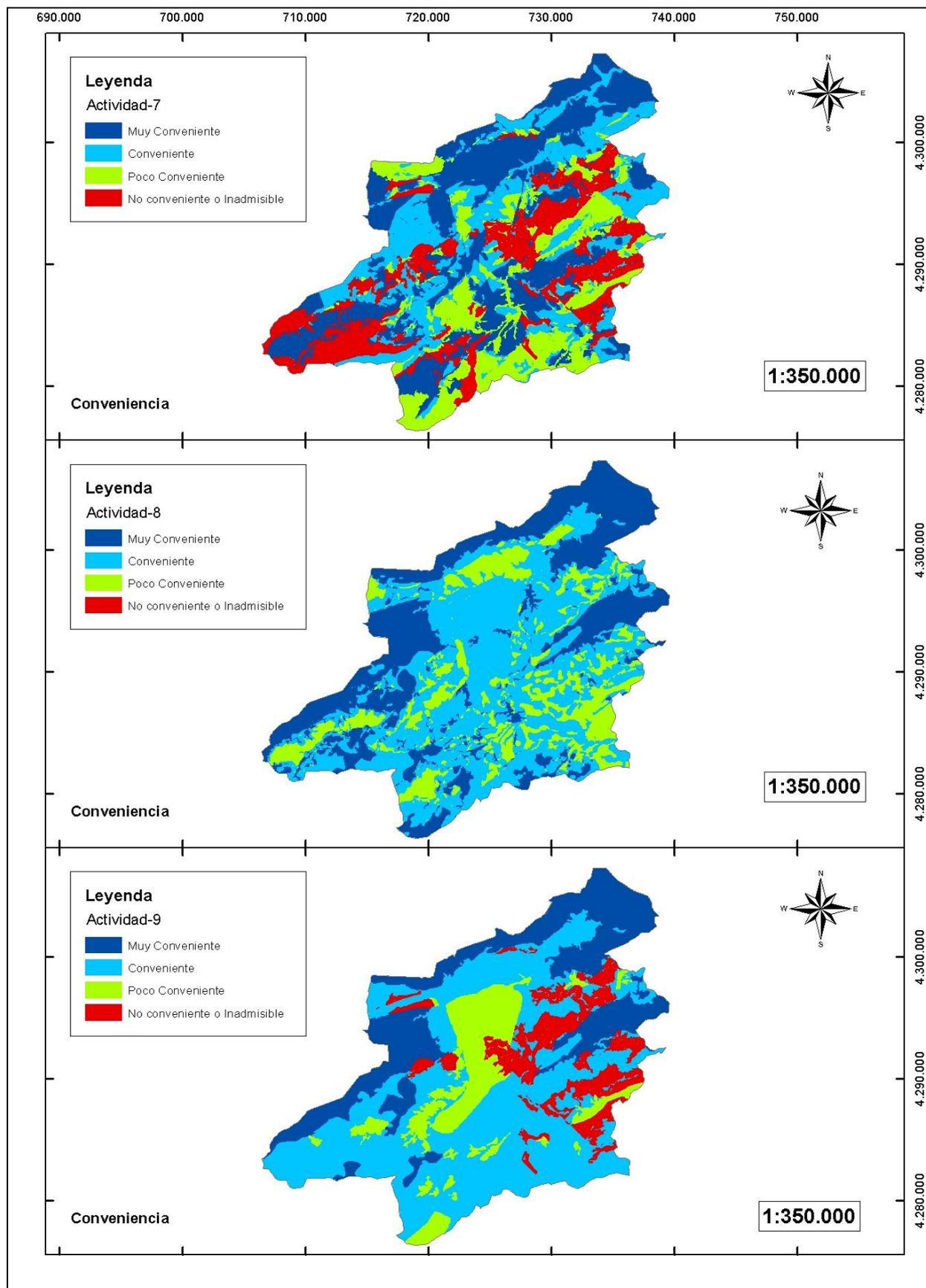


Figura 8. Conveniencia del medio Actividades 7, 8 y 9.

2.6.5 Adecuación del medio para la realización de actividades

Una vez obtenida la capacidad de acogida del medio y el grado de conveniencia para las actividades y para cada unidad territorial homogénea, se engloban ambos conceptos en un sólo. Este se referirá a la aceptación de la actividad y al efecto que produce, obteniéndose la Adecuación del medio, que se representa de forma matricial, en la siguiente tabla:

Tabla 25. Adecuación del medio para las actividades propuestas.

		GRADO DE CONVENIENCIA			
		Muy conveniente	Conveniente	Indiferente Poco conveniente	No conveniente
CAPACIDAD	Alta	Muy adecuado	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado
	Media	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado
	Baja	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado
	Excluyente	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado

A continuación se obtiene la Adecuación global del territorio. Se reduce a 3 el número de clases de adecuación para facilitar los resultados y hacerlos manejables.

Tabla 26. Clases de Adecuación global

Clase	Adecuación
N.A	No adecuado
MEDIA	Poco adecuado Medianamente adecuado
ALTA	Bastante adecuado Muy adecuado

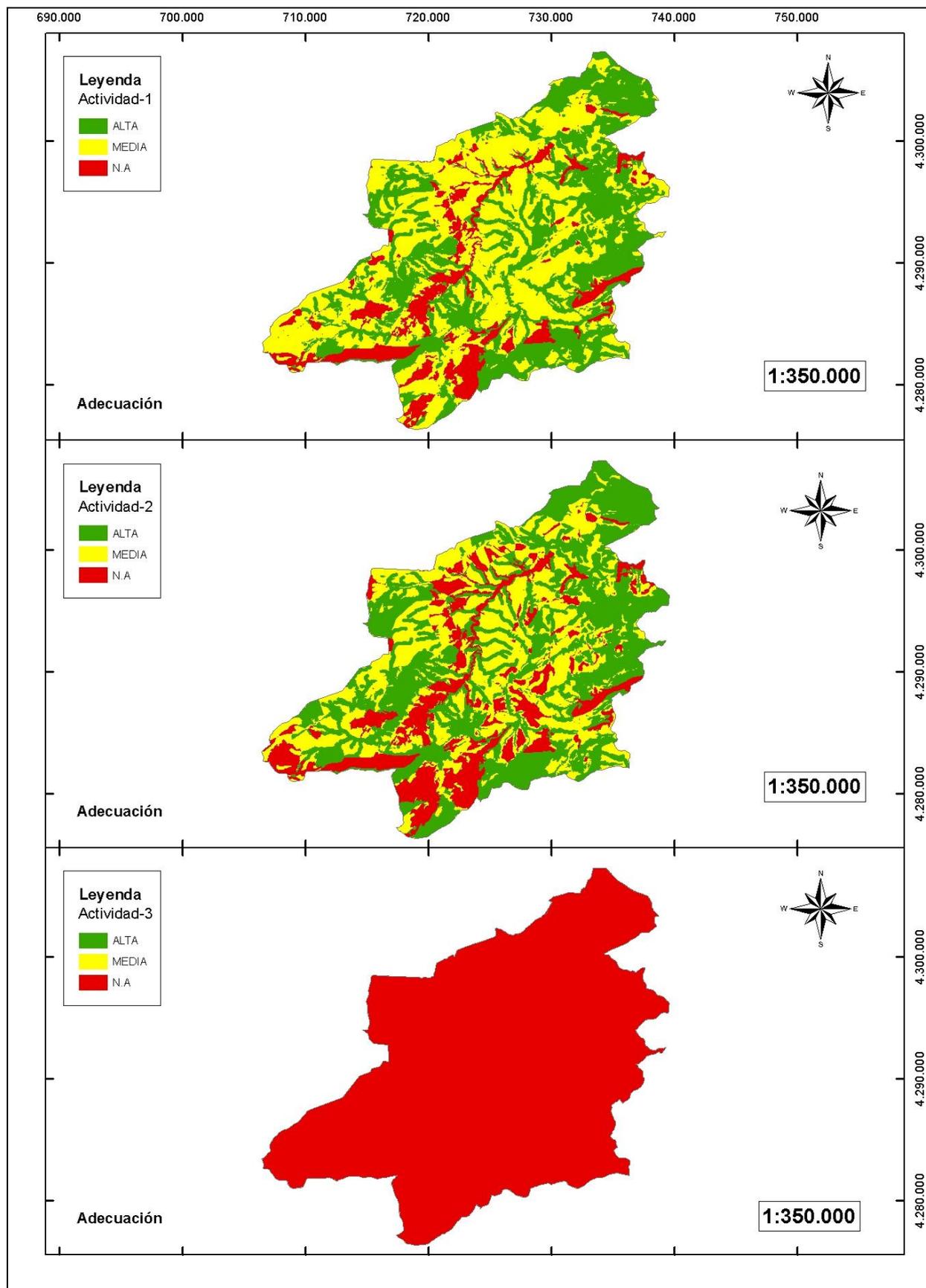


Figura 9. Adecuación del medio Actividades 1, 2 y 3.

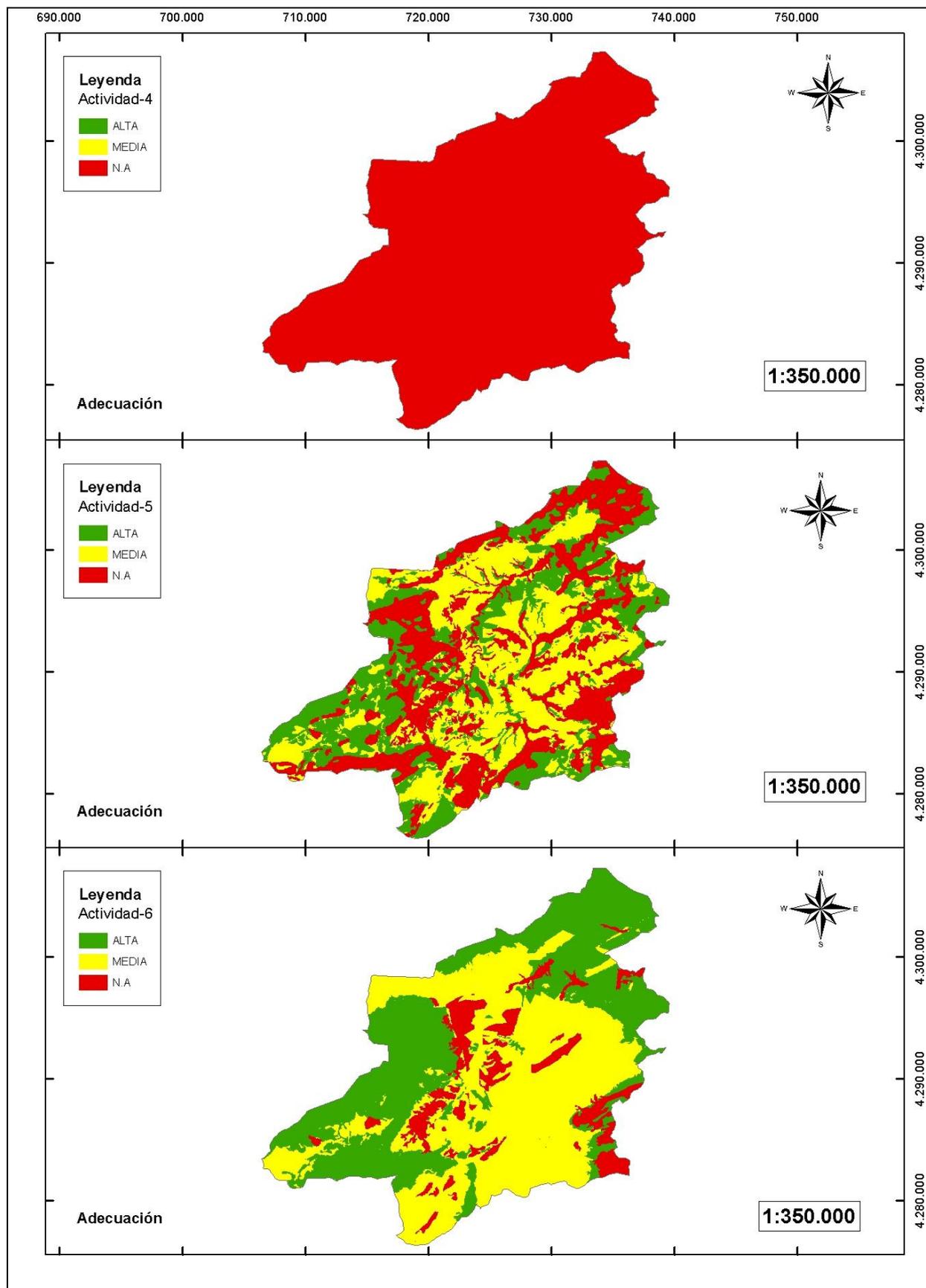


Figura 10. Adecuación del medio Actividades 4, 5 y 6.

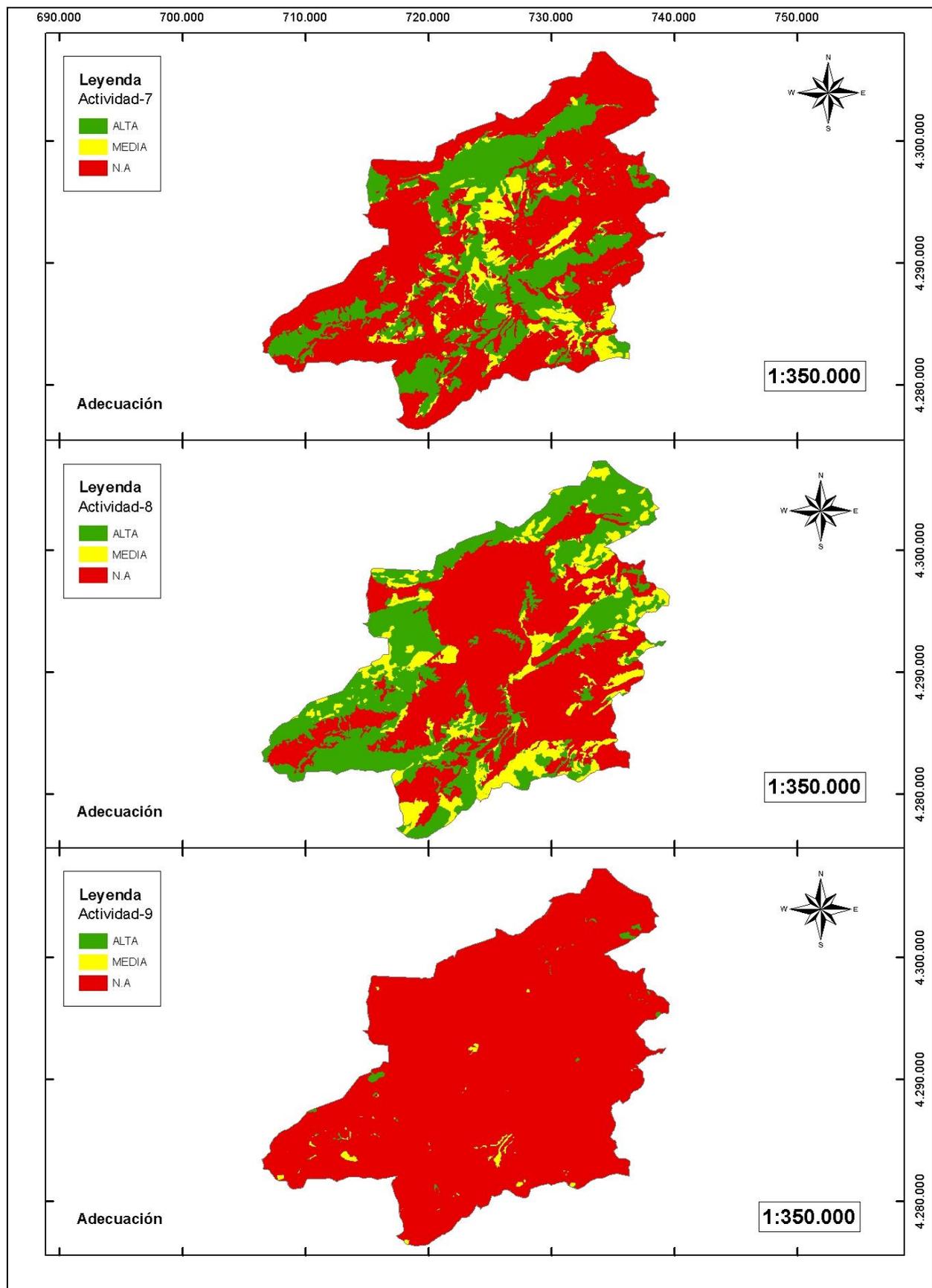


Figura 11. Adecuación del medio Actividades 7, 8 y 9.

2.6.6 Relación entre actividades

Algunas actividades propuestas se excluyen mutuamente porque son incompatibles o porque el desarrollo de una influye decisivamente en la otra. (ej: repoblación forestal excluye a conservación del uso agrícola), por el contrario hay actividades compatibles que se complementan y pueden realizarse al mismo tiempo en una misma zona (ej: repoblación forestal protectora e hidrotecnias de corrección de cauces). (Tejera, 2001)

Por tanto, es necesario analizar si las actividades propuestas son compatibles o no. Así se construye una matriz que enfrente actividad con actividad expresándose en cada casilla de la matriz la compatibilidad o incompatibilidad existente entre ambas actividades. (Tejera, 2001)

Siendo: C: compatible / I: incompatible

Tabla 27. Compatibilidad entre las actividades propuestas.

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Repoblación Forestal protectora	-	I	C	C	I	C	C	C	C
2. Completar espesura en masa con espesuras defectivas	I	-	C	C	C	C	C	I	I
3. Hidrotecnias de corrección en cauces	C	C	-	C	C	C	C	C	C
4. Restauración de riberas	C	C	C	-	C	C	C	I	I
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	I	C	C	C	-	C	C	C	I
6. Conservación de enclaves de interés	C	C	C	C	C	-	C	C	C
7. Mantenimiento del uso agrícola	C	C	C	C	C	C	-	I	C
8. Mantener/mejorar uso forestal	C	I	C	I	C	C	I	-	I
9. Mantener actividad	C	C	C	I	I	C		I	-

2.6.7 Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

2.6.7.1 Asignación de actividades

Para la asignación de actividades en la cuenca se establecen en base al mayor grado de adecuación que presenten. Han de coincidir en el territorio y ser compatibles a la vez que han de poderse realizar todas a la vez. Pueden darse los siguientes casos:

1. Que en el mismo polígono coincidan varias actividades adecuadas compatibles, en cuyo caso se pueden realizar todas ellas
2. Que en el mismo polígono coincidan actividades adecuadas pero incompatibles, en cuyo caso se escogerá la de mayor grado de adecuación. Si sus grados de adecuación fuesen idénticos, es necesario establecer un criterio para decidir qué actividad se propone en tal polígono.

Para ello, se ha de tener en cuenta la pérdida de suelo potencial (modelo USLE) y el uso actual del suelo. Al obtener el mapa de adecuación se darán áreas en las que hayan actividades incompatibles pero que quizás si sean adecuadas. Para poderlas analizar y ofrecerles un papel representativo en el mapa final se seguirán los siguientes criterios.

- Se analizan las pérdidas de suelo del modelo USLE para cada actividad. Está deberá de ser una pérdida de suelo admisible o tolerable (rango de pérdidas más bajo) y se elegirá la actividad que haya obtenido unas pérdidas más pequeñas.
- Si el valor fuese mayor, se optará por la actividad que proponga el uso de suelo con mayor protección para éste y que la vez pueda contribuir a la disminución de las pérdidas.

Aplicando los criterios establecidos y superponiendo las coberturas de adecuación generadas para cada actividad, se han obtenido los polígonos en los que coincide el grado de adecuación de las actividades incompatibles.

2.6.7.2 Actividades propuestas

En este punto, se tiene la adecuación para cada actividad en la cuenca del río Serpis en la provincia de Alicante, indicada en la siguiente tabla.

Tabla 28. Superficies de adecuación para las actividades propuestas

Actividad	Adecuación	Superficie (km²)
1. Repoblación Forestal protectora	ALTA	186,11
	MEDIA	263,21
2. Completar espesura en masa con espesuras defectivas	ALTA	218,82
	MEDIA	194,33
3. Hidrotecnias de corrección en cauces	ALTA	-
	MEDIA	-
4. Restauración de riberas	ALTA	-
	MEDIA	-
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	ALTA	141,92
	MEDIA	198,75
6. Conservación de enclaves de interés	ALTA	211,84
	MEDIA	257,65
7. Mantenimiento del uso agrícola	ALTA	181,70
	MEDIA	45,27
8. Mantener/mejorar uso forestal	ALTA	210,81
	MEDIA	44,64
9. Mantener actividad	ALTA	4,70
	MEDIA	1,68

Las actividades 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) y 4 (Restauración de riberas), no se representan gráficamente ni tomadas en cuenta. La superposición de los mapas para obtener la adecuación daba como resultado lo siguiente: que para la actividad 3 no existen emplazamientos adecuados en los cauces de los afluentes al cauce principal y que para la actividad 4, las riberas se encuentran sin erosión por formaciones de roca.

Por otro lado las actividades que coincidan en el mismo polígono se toman como actividades a realizar a la vez y la clase de adecuación escogida es la ALTA. Del resultado de la superposición de los mapas de capacidad y conveniencia se ha obtenido las siguientes combinaciones posibles y factibles. A continuación se adjunta la tabla resultante de las actividades compatibles y la superficie de las mismas.

Tabla 29. Tabla de actividades compatibles bajo criterios de sostenibilidad.

Actividades compatibles	Superficie (km²)
1	114,818
1 y 6	2,526
1 y 7	3,736
1 y 8	22,286
1,6 y 7	5,625
2	1,885
2 y 5	0,627
2 y 6	0,000
2 y 7	10,184
2,5 y 6	1,594
2,5 y 7	0,019
2,5,6 y 7	0,087
5	9,074
5 y 6	1,159
5 y 7	10,879
5 y 8	5,890
5,6 y 7	10,747
5,6 y 8	21,214
6	61,051
6 y 7	12,655
6 y 8	33,114
7	112,395
8	36,479
9	0,717
Sin actividad	46,946
Total	525,70

El mapa de las actividades compatibles según el modelo de ordenación de cuencas basado en criterios de sostenibilidad, se adjunta en el Anejo de Mapas (mapa nº 15)

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez analizado, estudiado y aplicado cada una de las metodologías de ordenación en la cuenca de estudio, se detallan los resultados obtenidos para poder analizar el comportamiento de las mismas y obtener una conclusión optimizada.

De la aplicación de los métodos clásicos de ordenación de cuencas (USLE y Criterios de Mintegui) y de la metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS) se han obtenido los resultados de la presente investigación, para la cuenca tipo perteneciente al río Serpis en la provincia de Alicante.

En cada una de las metodologías se han detallado una serie de actividades que mejor se adaptaban a los criterios de la ordenación. Estas actividades no son más que la proyección territorial y a la que da base la representación cartográfica obtenida del Sistema de Información Geográfico empleado en todo el proceso (*Arc - GIS 9.2*)

Se procede a exponer los resultado obtenidos de cada una de las 3 metodologías analizadas en la cuenca .

Tabla 30. Resultados de la Ordenación según el modelo USLE

Código	Uso futuro	Superficie (Km²)
1	Mantener uso agrícola	65,23
2	Mantener uso forestal	64,96
3	Realizar prácticas de conservación de suelos	76,86
4	Repoblación en terreno forestal	116,22
5	Cambio de uso	176,30
6	Improductivo	26,13
TOTAL		525,70

Tabla 31. Resultados de la Ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990)

Código	Uso futuro	Superficie (km ²)
1	Completar espesura en matorral	28,56
2	Completar espesura en pinar	37,10
3	Mantener cultivos	40,88
4	Mantener uso agrícola	90,50
5	Mantener uso forestal	28,34
6	Realizar de conservación en cultivos	132,44
7	Repoblación protectora	148,92
8	Improductivo	18,96
	TOTAL	525,70

Tabla 32. Resultados de la Ordenación según metodología con criterios de Sostenibilidad (MOCS)

Actividades compatibles	Superficie (km ²)	Actividades compatibles	Superficie (km ²)
1	114,818	5 y 6	1,159
1 y 6	2,526	5 y 7	10,879
1 y 7	3,736	5 y 8	5,890
1 y 8	22,286	5,6 y 7	10,747
1,6 y 7	5,625	5,6 y 8	21,214
2	1,885	6	61,051
2 y 5	0,627	6 y 7	12,655
2 y 6	0,000	6 y 8	33,114
2 y 7	10,184	7	112,395
2,5 y 6	1,594	8	36,479
2,5 y 7	0,019	9	0,717
2,5,6 y 7	0,087	Sin actividad	46,946
5	9,074	Total	525,705

3.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ORDENACIÓN

Una vez presentados los datos obtenidos bajo las 3 metodologías (*Modelo USLE, Ordenación Agrohidrológica según criterios de Mintegui – 1990 y Metodología con criterios de Sostenibilidad*), se analiza cómo de coincidentes son entre sí.

Para ello se comparan las metodologías por parejas, obteniendo resultados de la compatibilidad entre ellas y siguiendo unos criterios basados en la superficie ocupada por ambas. A continuación se describen las comparaciones y cruces cartográficos realizados.

3.2.1 Comparación de resultado entre el Modelo USLE y Mintegui (1990)

Superponiendo las capas de ambas metodologías se ha obtenido como resultado la tabla que a continuación se adjunta y en la que se muestran las superficies, en km², coincidentes entre sí.

Tabla 33. Superposición del modelo USLE y Mintegui (1990)

USLE \ MINTEGUI	Mantener uso agrícola	Mantener uso forestal	Realizar prácticas conservación suelos	Replacación en terreno forestal	Cambio de uso	Improductivo
Completar espesura en matorral	0,5278	4,4862	0,4920	30,5308	3,5268	0
Completar espesura en pinar	0,9230	19,4208	0	0,1011	0	0
Mantener cultivos	1,3037	1,0604	5,8865	7,6346	38,9135	2,0889
Mantener uso agrícola	42,5274	3,1265	53,0270	0,0262	0,3287	0,6463
Mantener uso forestal	1,5932	3,7365	0,8992	0,0064	0,1026	0
Realizar de conservación en cultivos	14,1962	8,0353	15,3460	5,2346	63,6670	1,7577
Replacación protectora	1,6774	25,1712	0,6998	72,4477		2,0119
Improductivo	2,4865	0,0269	0,5172	0,2750	2,0245	19,63333

El cruce entre actividades para ambas metodologías se resume a continuación:

- La coincidencia de la actividad 1 (Mantener uso agrícola) de USLE con la actividad 4 (Mantener uso agrícola) de Mintegui, es la de mayor superficie con 42,53 km². Le sigue el cruce con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos) con 14,20 km².

- La actividad 2 (Mantener uso forestal) de USLE da una superficie de 25,17 km². con la actividad 7 (Repoblación protectora) de Mintegui, seguida de la actividad 2 (Completar espesura en pinar) con 19,42 km².
- En la actividad 3 (Realizar prácticas de conservación de suelos) de la USLE la mayor superficie la proporciona con la actividad 4 (Mantener uso agrícola) de Mintegui con 53,02 km². En menor medida se da el cruce con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos) de Mintegui con 15,34 km².
- Para la actividad 4 (Repoblación en terreno forestal) de USLE la coincidencia mayoritaria es con la actividad 7 (Repoblación protectora) de Mintegui con una superficie de 30,53 km².
- La coincidencia mayoritaria en la actividad 5 (Cambio de uso) de USLE se obtiene con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos) de Mintegui con 63,66 km².
- La actividad 6 (Improductivo de USLE) coincide con la actividad 8 (Improductivo) de Mintegui.

3.2.2 Comparación de resultados entre el Modelo USLE y MOCS

De la superposición de ambas metodologías, se obtiene los valores que se detallan en la tabla contigua, donde la superficie es expresada en km². Al tratarse con leyendas diferentes entre ambas, se dan cruces de actividades nulos, es decir de los que no se posee información.

Tabla 34. Superposición del modelo USLE y MOCS.

	USLE		MOCS		Mantener uso agrícola	Mantener uso forestal	Realizar prácticas conservación suelos	Repoblación en terreno forestal	Cambio de uso	Improductivo
	1	1,7710	6,9065	3,1917	36,1360	64,9955	1,7911			
	1 y 6	0,0110	0	0	0,1091	2,3496	0,0569			
	1 y 7	0,4399	0,0749	0,7413	0,4398	1,8928	0,1471			
	1 y 8	0,8125	4,7695	0,3251	11,8331	4,1390	0,4150			
	1,6 y 7	0,4116	0,3610	0,0688	0,2622	4,3062	0,2147			
	1.Repoblación forestal protectora	3,446	12,1119	4,3269	48,7802	77,6831	2,6248			
	2	0,0788	0,5692	0,5154	0,0717	0,6430	0,0063			
	2 y 5	0,0117	0,4631	0	0	0,1507	0,0016			
	2 y 6	0	0	0	0	0,0001	0			
	2 y 7	0,7224	0,0544	8,8741	0	0,3076	0,2254			
	2,5 y 6	0,0005	0,0097	0	0,0019	1,5780	0,0038			
	2,5 y 7	0,0008	0,0114	0	0	0	0,0068			
	2,5,6 y 7	0,0221	0	0	0	0,0652				
	2. Completar espesura en masas de espesura defectiva	0,8363	1,1078	9,3895	0,0736	2,7446	14,1518			
	5	0,8678	3,3705	2,2484	0,5936	1,9887	0			
	5 y 6	0,016	0,0374	0	0,0969	0,9911	0,0170			
	5 y 7	4,5883	1,2798	4,2712	0,0787	0,4331	0,2280			
	5 y 8	0,3185	2,1314	0,6131	1,6403	0,9787	0,2065			
	5,6 y 7	2,8747	0,2291	0,4734	0,2857	6,7499	0,1355			
	5,6 y 8	1,2356	7,4464	0,0186	11,7376	0,7612	0,0102			
	5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	9,9009	14,4946	7,6247	14,4328	11,9027	0,5972			
	6	0,2457	6,7713	0,1313	16,3268	35,9061	1,7401			
	6 y 7	9,1500	0,0130	2,1397	0,2263	0,8785	0,2471			
	6 y 8	0,8271	13,1630	0,0125	16,3183	2,7699	0,0272			
	6. Conservación de enclaves de interés	10,2228	19,9473	2,2835	32,8714	3,6484	2,0144			
	7. Mantener uso agrícola	35,5942	3,1637	45,5535	1,0442	25,8950	1,1419			
	8. Mantener/Mejorar uso forestal	1,4607	11,9997	0,1432	18,4660	4,1418	0,1887			
	9. Mantener actividad.	0,1251	0,3958	0,0615	0,0115	0,1110	0,0125			
	Sin actividad	3,4696	1,7742	7,4966	0,7017	14,0113	19,3122			

Las celdas de la tabla anterior muestran las superficies coincidentes, para cada una de las actividades. Algunas apenas proporcionan información sobre la superficie en común o el valor es tan pequeño que no se considera relevante. Los resultados con mayor peso obtenidos en el cruce son los siguientes:

- La actividad 1 (Repoblación forestal protectora) y las combinaciones posibles (1-6, 1-7, 1-8, 1-6-7) de MOCS se combinan con la actividad 5 (Cambio de uso) de USLE en una superficie de 77,70 km², seguida de la actividad 4 (Repoblación en terreno forestal) con 48,80 km². En un superficie menor (12,11 km²) se cruza con la actividad 2 de la USLE (Mantener uso forestal)
- La actividad 2 de MOCS (Completar espesura en masas de espesura defectiva; junto con las posibles combinaciones 2-5, 2-6, 2-7, 2-5-6, 2-5-7, 2-5-6-7) no tiene grandes superficies con relación a las actividades de la USLE, pero cabe destacar una superficie de 14,15 km² para la actividad 6 (Improductivo) de la USLE.
- En Repoblaciones para Aumentar la biodiversidad (actividad 5) de MOCS coincide en un 14,49 km² con la actividad 2 (Mantener uso forestal) de USLE, un 14,43 km² con la actividad 4 (Repoblación en terreno forestal) y un 9,90 km² para la actividad 1 (Mantener uso agrícola) de USLE también.
- Con una superficie de coincidencia de 32,88 km² se tiene la actividad 6 (Conservación de enclaves de interés) de MOCS y sus posibles combinaciones (6-7, 6-8) y la actividad 4 (Repoblación en terreno forestal) de USLE.
- La actividad 7 (Mantener uso agrícola) de MOCS tiene una superficie de coincidencia de 45,55 km² con la actividad 3 (Realizar prácticas de conservación de suelos) de USLE; le sigue una superficie de 35,60 km² con la actividad 1 (Mantener uso agrícola) de USLE y en un tercer lugar con la actividad 5 (Cambio de uso) de USLE con 25,90 km².

- Mantener/Mejorar el uso forestal (actividad 8) de MOCS tiene una coincidencia mayor con la actividad 4 (Repoblación en terreno forestal) de USLE con 18,46 km².
- El resultado para la actividad 9 (Mantener actividad) de MOCS apenas da superficie de coincidencia con las actividades de la USLE. Para ninguna de ellas se alcanza a la unidad siendo el valor más alto el ofrecido por la actividad 2 (Mantener uso forestal) con 0,40 km².
- Las zonas sin actividades resultantes en el modelo de MOCS tiene un superficie de coincidencia del 19,31 km² con la actividad 6 (Improductivo) de USLE seguido de los 14,01 km² de la coincidencia con la actividad 5 (Cambio de uso)

3.2.3 Comparación de resultados entre MOCS y Mintegui (1990)

Al superponer estas dos capas, se observa que muchas áreas no son coincidentes por tener unas actividades diferentes. Sin embargo, allí donde las actividades son compatibles y existe una correlación entre ellas, se ha sacado la información de superficie coincidente.

Tabla 35. Superposición del modelo MOCS y Mintegui (1990)

	Completar espesura en matorral	Completar espesura en pinar	Mantener cultivos	Mantener uso agrícola	Mantener uso forestal	Realizar de conservación en cultivos	Replacación protectora	Improductivo
MINTEGUI								
MOCS								
1	12,1499	0,9236	24,6201	1,3085	0,5947	27,1344	47,8648	0,2247
1 y 6	0	0,0131	1,6276	0	0	0,5785	0,2463	0,0601
1 y 7	0,1614	0,0004	2,4439	0,1171	0	0,6957	0,1841	0,1334
1 y 8	7,0804	2,2168	1,0187	0,3212	0,3641	3,5308	7,7365	0,0226
1,6 y 7	0,0851	0,0188	3,8661	0,0554	0	0,7857	0,7817	0,0319
1. Repoblación forestal protectora	19,4768	3,1727	33,5764	1,8022	0,9588	32,7251	56,8134	0,4727
2	0,1117	0,1964	0,4002	0,1407	0,0013	0,1839	0,7515	0,0986
2 y 5	0	0,3004	0,0034	0,0205	0	0,1675	0,1350	0
2 y 6	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
2 y 7	0	0	0,2828	9,4180	0,0421	0,2687	0,0078	0,1645
2,5 y 6	1,0331	0	0	0	0	0,0005	0,5603	0
2,5 y 7	0	0,0034	0,0045	0,0010	0	0,0038	0,0040	0,0023
2,5,6 y 7	0	0	0	0,0062	0	0,0804	0,0006	0
2. Completar espesura en masas de espesura defectiva	1,1448	0,5002	0,6909	9,5864	0,0434	0,7048	1,4593	0,2654
5	0,6370	1,9859	0,3982	2,3496	0,8123	2,5880	0,3878	0
5 y 6	0	0	0,7213	0,0090	0	0,4002	0,0285	0
5 y 7	0,0025	0,1802	0,2545	5,7636	0,1189	4,4468	0,0610	0,0510
5 y 8	2,6301	1,0904	0,1862	0,1626	0,2882	1,2609	0,2574	0,0133
5,6 y 7	0,0594	0,1046	0,8626	3,1203	0	6,4900	0,0790	0,0320
5,6 y 8	4,6637	5,3582	0,6063	0,3125	0,7408	1,2777	8,2531	0
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	7,9927	8,7193	3,0291	11,7176	1,9602	16,4636	9,0668	0,0963
6	0,5911	0,3187	4,4884	0,0403	0,1443	0,4809	54,9847	0,0670
6 y 7	0,1062	0	1,0245	9,5820	0	0	0,2686	0,2942
6 y 8	0,2542	4,4458	0,6964	0,2062	0,4580	0,8368	26,2165	0,0019
6. Conservación de enclaves de interés	0,9515	4,7645	6,2093	9,8285	0,6023	1,3177	81,4698	0,3631
7. Mantener uso agrícola	0,8047	0,3565	5,8284	58,7933	0,6217	45,3347	0,3907	0,2641
8. Mantener/Mejorar uso forestal	8,8075	3,0040	0,6125	1,2514	1,9537	2,8569	17,8622	0,0612
9. Mantener actividad.	0,0721	0,000	0,0106	0,2097	0,1785	0,1218	0,1101	0,0145
Sin actividad	0,3402	0,5179	6,9307	6,4990	0,0195	7,3447	1,8677	23,4262

Las coincidencias de la superposición de los mapas de ambas metodologías son las siguientes:

- La actividad 1 (Repoblación forestal protectora) y las combinaciones posibles (1-6, 1-7, 1-8, 1-6-7) de MOCS se combinan con la actividad 7 (Repoblación protectora) de Mintegui en una superficie de 56,81 km², seguida de la actividad 3

(Mantener cultivos) con 33,60 km². En un superficie menor (19,50 km²) se cruza con la actividad 1 de Mintegui (Completar espesura en matorral)

- La actividad 2 de MOCS (Completar espesura en masas de espesura defectiva; junto con las posibles combinaciones 2-5, 2-6, 2-7, 2-5-6, 2-5-7, 2-5-6-7) tiene su mayor superficie de coincidencia con la actividad 4 (Mantener uso agrícola) de Mintegui con 9,60 km².
- En Repoblaciones para Aumentar la biodiversidad (actividad 5) de MOCS coincide en un 16,46 km² con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos) de Mintegui,
- Con una superficie de coincidencia de 81,46 km² se tiene la actividad 6 (Conservación de enclaves de interés) de MOCS y sus posibles combinaciones (6-7, 6-8) y la actividad 7 (Repoblación protectora) de Mintegui.
- La actividad 7 (Mantener uso agrícola) de MOCS tiene una superficie de coincidencia de 58,80 km² con la actividad 4 (Mantener uso agrícola) de Mintegui; le sigue una superficie de 45,33 km² con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos) de Mintegui, el resto son inferiores a la unidad.
- Mantener/Mejorar el uso forestal (actividad 8) de MOCS tiene una coincidencia mayor con la actividad 7 (Repoblación protectora) de Mintegui con 17,86 km².
- El resultado para la actividad 9 (Mantener actividad) de MOCS apenas da superficie de coincidencia con las actividades de la metodología de Mintegui. Para ninguna de ellas se alcanza a la unidad siendo el valor más alto el ofrecido por la actividad 4 (Mantener uso agrícola) con 0,21 km².
- Las zonas sin actividades resultantes en el modelo de MOCS tiene un superficie de coincidencia del 23,42 km² con la actividad 8 (Improductivo) de Mintegui seguido de los 7,34 km² de la coincidencia con la actividad 6 (Realizar de conservación en cultivos)

El análisis anterior deja un vacío entre las metodologías. Si bien los datos son variados y esclarecedores frente a qué actividad tiene mayor peso, y por tanto, cuáles serían las más óptimas para llevar, se hace un tanto complicado trabajar con resultados ambiguos.

Para ello se propone unificar las actividades bajo unas prácticas comunes que engloben las características básicas de cada una de ellas. De esta forma se permite adaptar los resultados de las 3 metodologías a una nueva nomenclatura que dará lugar a una leyenda común para las 3.

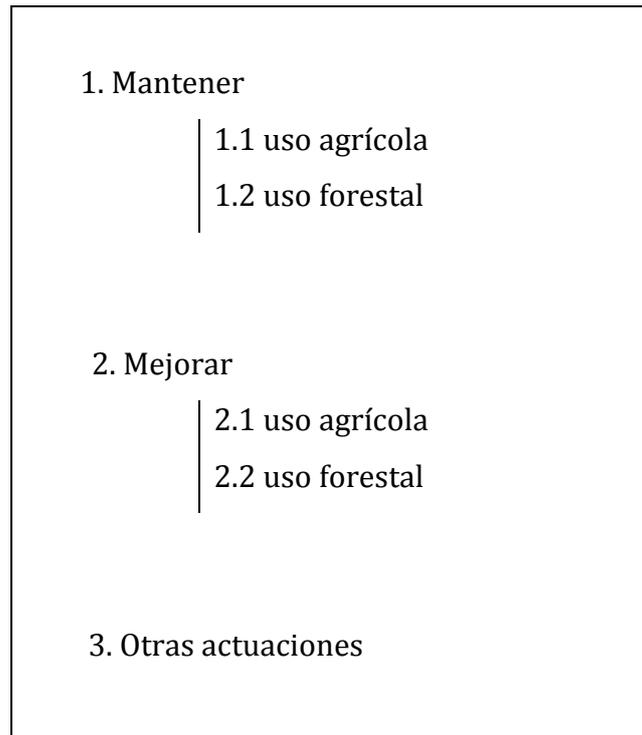
3.3 PROPUESTA DE UNA NUEVA METODOLOGÍA OPTIMIZADA

3.3.1 Datos de partida y adaptación.

Para poder obtener un resultado definido, basado en los criterios básicos de ordenación de cuencas y que guíe a una metodología común dentro del ámbito de estudio, se debe llegar a un punto tal, que ofrezca una información detallada, completa y sostenible en la que poder basar una nueva metodología.

Esta nueva propuesta de mejora de la ordenación de cuencas en el ámbito mediterráneo, debe seguir unos criterios que se explican en el apartado **3.4** (*Discusión de los resultados*). Cada una de las metodologías ha de adaptar su leyenda a la nueva leyenda propuesta, donde se engloban criterios comunes a las 3. Esta adaptación permite tomar decisiones claras sobre resultados de actividades .

Queda claro que existen actividades idénticas en las tres metodologías, sin embargo, y debido al criterio que siguen cada una de ellas, muchas de las actividades son diferentes. Para ello se busca una leyenda común a las 3 metodologías, que permita englobar las actividades similares bajo una misma nomenclatura. Analizando cada uno de los códigos y actividades se ha decidido por la siguiente leyenda:



Para poder adaptar los resultados de cada metodología a la nueva leyenda hay que colocarlos bajo la misma nomenclatura. Para ello se ha seguido unos criterios de igualdad/ semejanza entre las diferentes actividades y las nuevas que se proponen.

En algunos casos dentro de las actividades compatibles de la metodología bajo criterios de sostenibilidad (MOCS) se dan actividades que bien podrían estar dentro de varias actividades de la nueva leyenda. En estos casos se ha decantado por la elección de aquella actividad mejor adaptada al medio, la zona afectada por las actividades y, en último caso, aquella que tenga unos parámetros de protección frente a la pérdida de suelo mayor que el resto.

Cabe destacar que las actividades han sido tomadas bajo los propios criterios indicados por las metodologías clásicas. Si bien es necesario aclarar que las actividades de la metodología bajo criterios de sostenibilidad son obtenidas en función de la capacidad del medio para acogerlas. Entre ellas existen algunas que no se han considerado en los otros métodos, por tanto no todas las metodologías promueven las

mismas actividades, ni tampoco tienen que coincidir necesariamente en superficie ni geografía (localización)

A continuación se añade la tabla que refleja todas las actividades de las diferentes metodologías así como las nuevas actividades en las que las anteriores serán unificadas en una leyenda común para las 3 aplicaciones.

LEYENDA ANTERIOR

Actividades propuestas

LEYENDA ADAPTADA

Actividades adaptadas

USLE

Mantener uso agrícola	1. Mantener
Mantener uso forestal	1.1 uso agrícola
Realizar prácticas de conservación de suelos	1.2 uso forestal
Repoblación en terreno forestal	
Cambio de uso	2. Mejorar
Improductivo	2.1 uso agrícola
	2.2 uso forestal

MINTEGUI

Completar espesura en matorral	3. Otras actuaciones
Completar espesura en pinar	
Mantener cultivos	
Mantener uso agrícola	
Mantener uso forestal	
Realizar de conservación en cultivos	
Repoblación protectora	
Improductivo	

MOCS

1. Repoblación forestal protectora
2. Completar espesura en masas de espesura defectiva
3. Hidrotecnias de corrección de cauces
4. Restauración de riberas
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad
6. Conservación de enclaves de interés
7. Mantener uso agrícola
8. Mantener/Mejorar uso forestal
9. Mantener actividad.

Cada actividad adaptada se ha englobado en las propuestas de esta forma:

1. Mantener

1.1 uso agrícola

- Mantener uso agrícola **(USLE)**
- Mantener cultivos **(MINTEGUI)**
- Mantener uso agrícola **(MINTEGUI)**
- 5 y 7, 6 y 7, 7 **(MOCS)**

1.2 uso forestal

- Mantener uso forestal **(USLE)**
- Mantener uso forestal **(MINTEGUI)**
- 1 y 6, 1,6 y 7, 5, 5 y 6, 5 y 8, 5,6 y 7, 5,6 y 8 **(MOCS)**

2. Mejorar

2.1 uso agrícola

- Realizar prácticas de conservación de suelos **(USLE)**
- Realizar de conservación en cultivos **(MINTEGUI)**
- 1 y 7, 2 y 7 **(MOCS)**

2.2 uso forestal

- Repoblación en terreno forestal **(USLE)**
- Completar espesura en matorral **(MINTEGUI)**
- Completar espesura en pinar **(MINTEGUI)**
- Repoblación protectora **(MINTEGUI)**
- 1, 1 y 8, 2 y 5, 2 y 6, 2,5 y 6, 2,5 y 7, 2,5,6 y 7, 6 y 8, 8. **(MOCS)**

3. Otras actuaciones

- 6, 9 **(MOCS)**
- Cambio de uso **(USLE)**
- Improductivo **(USLE)**
- Improductivo **(MINTEGUI)**
- Sin actividad **(MOCS)**

Una vez unificada la leyenda, común para las 3 metodologías, y definidos el ámbito de aplicación, se modifican las propias de cada resultado de la ordenación. Una

vez modificada la leyenda original por la nueva, los mapas obtenidos para cada uno de los métodos de ordenación pasan a llamarse:

USLE – Adaptado

MINTEGUI – Adaptado

MOCS – Adaptado

A continuación se adjuntan las tablas con las superficies de cada actividad propuesta para cada una de las metodologías, así como las figuras correspondientes con la nueva leyenda adaptada.

Tabla 36. Superficie de actividades propuestas para cada metodología

Actividades propuestas	USLE Adaptado		Mintegui Adaptado		MOCS Adaptado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
1. Mantener						
1.1 uso agrícola	65,24	12,41	156,57	29,78	131,42	25,00
1.2 uso forestal	64,96	12,36	6,34	1,21	37,85	7,20
2. Mejorar						
2.1 uso agrícola	76,86	14,62	108,24	20,59	13,92	2,65
2.2 uso forestal	116,42	22,15	229,59	43,67	233,80	44,47
3. Otras actuaciones	202,20	38,46	24,96	4,75	108,71	20,68
TOTAL	525,70	100,00	525,70	100,00	525,70	100,00

A continuación se adjuntan el resultado de cada metodología adaptado a las nuevas actividades comunes a todas ellas.

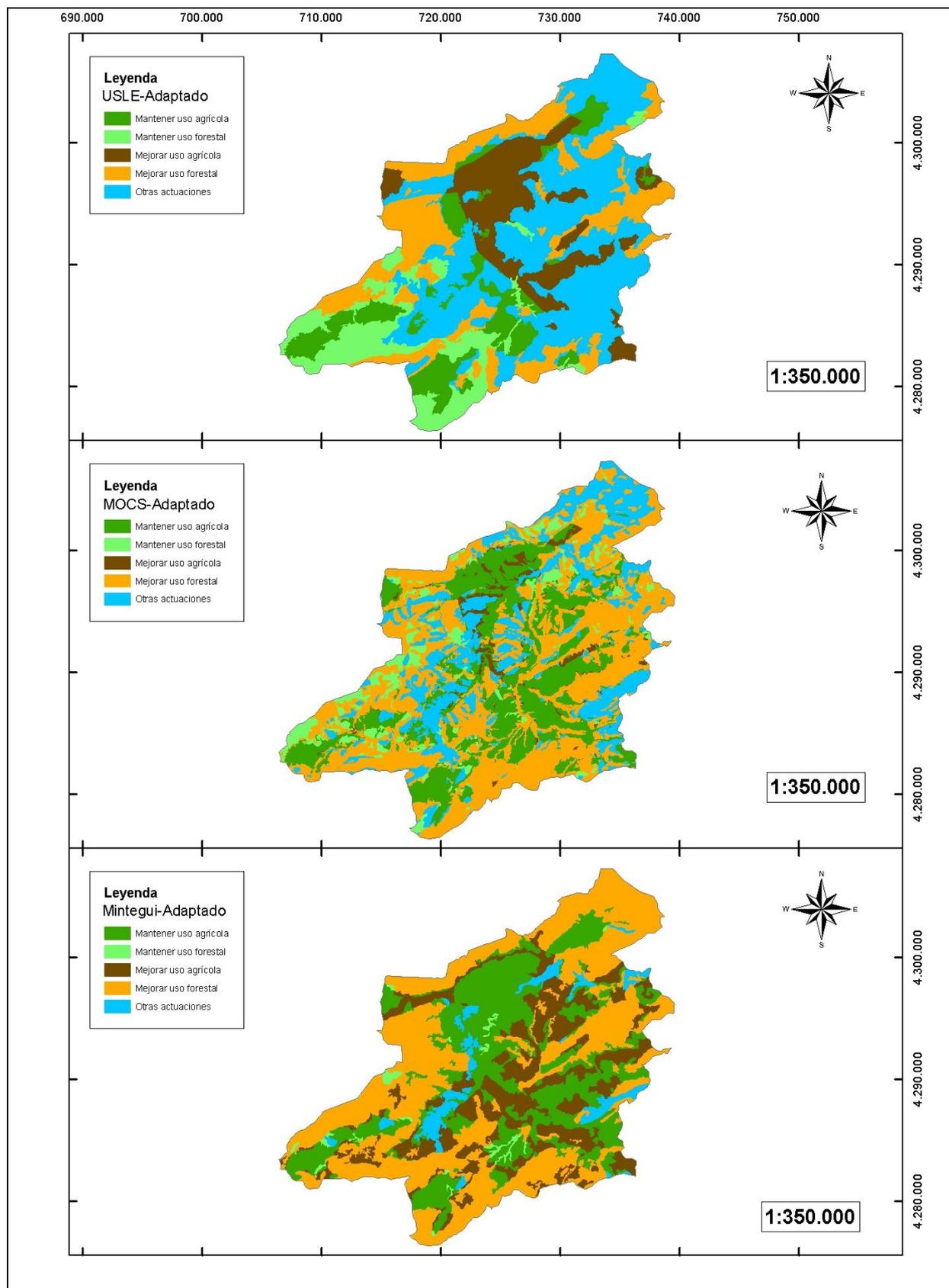


Figura 12. Resultado a la adaptación a cada metodología para la nueva leyenda.

Se observa claramente que al comparar las metodologías empleadas, aun habiendo unificado su leyenda, tienen resultados diferentes sobre el mismo territorio. Hay que analizar, entonces, qué superficies coinciden para las 3 metodologías propuestas y obtener unos valores que optimicen la ordenación para la cuenca tipo.

3.3.2 Resultados de la nueva propuesta

Se procede a analizar el área de coincidencia. Para ello se superponen los 3 mapas adaptados y se detallan los resultado obtenido. La tabla que se adjunta a continuación contiene las superficies para cada una de las actividades y que son coincidentes al 100% en las 3 metodologías.

Tabla 37. Superficie de actividades propuestas coincidentes completamente

Actividades propuestas	Superficie de coincidencia	
	Km ²	%
1. Mantener		
1.1 uso agrícola	88,10	17 %
1.2 uso forestal	12,73	2%
2. Mejorar		
2.1 uso agrícola	28,55	5%
2.2 uso forestal	136,75	26%
3. Otras actuaciones	21,44	4%
TOTAL	287,57	55%

El resultado gráfico de la superposición se adjunta a continuación.

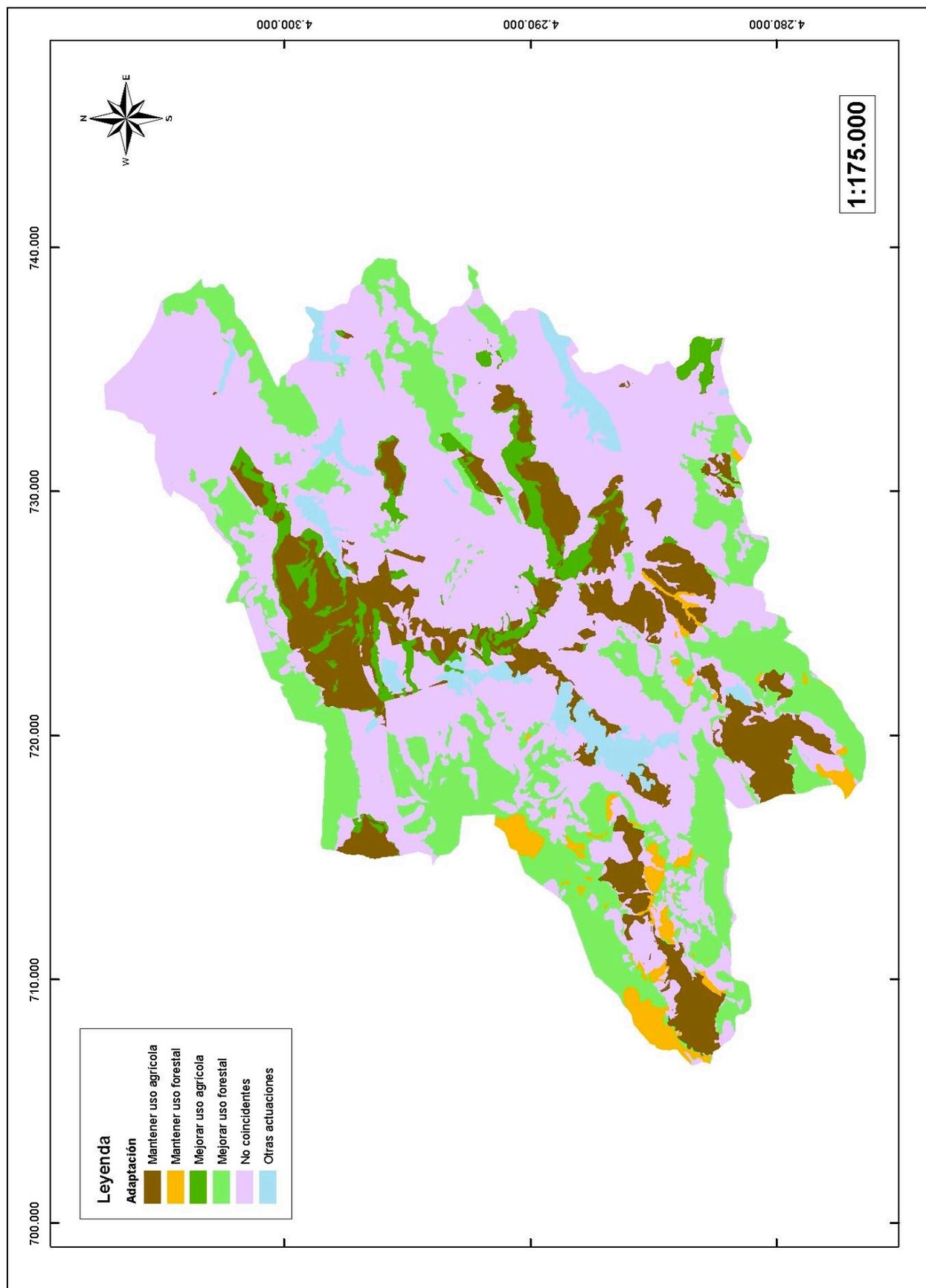


Figura 13. Mapa adaptado según la nueva Propuesta de Ordenación

El área de coincidencia es del 55%; el resto de la cuenca destaca por ser superficie *No-coincidente*, lo que significa que cada una de las metodologías propuestas propone una actividad diferente.

3.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Llegado a este punto es necesario marcar las pautas que dictaminen cómo será la ordenación más óptima. Para ello se han de establecer unos criterios que serán aplicados en aquellas superficies donde la coincidencia no sea del 100% y que habrá que integrarlos en el medio junto con los elementos que se encuentren directa o indirectamente involucrados en su aplicación.

3.4.1 Información previa

Al superponer los mapas de las 3 metodologías se ha obtenido un tabla de atributos (información proporcionada por el programa *Arc – Map*) que proporciona el % de coincidencia entre actividades diferentes. Para poder interpretarla se clasifica la leyenda de la siguiente manera:

- Se llama **Clase** al grupo de acciones que se deben llevar a cabo sobre la superficie seleccionada. En este grupo se incluyen las acciones:

- Mantener
- Mejorar
- Otras actuaciones

- Se llama **Tipo de Suelo** al grupo vegetal herbáceo, arbóreo o arbustivo que den forma al terreno. En este grupo se diferencia entre:

- - Agrícola
- - Forestal

Dado que en la superficie de la cuenca No – coincidencia representa el 45%, las actividades posible que pueden darse en ella son muy variadas.

3.4.2 Clasificación y elección de criterios

Para poder tener mayor precisión en el criterio final, es decir que actividad se adapta mejor a la superficie de la cuenca. Dentro del área de No – incidencia, que representa el 45% de la superficie total, se ofrece la siguiente clasificación:

GRADO	NIVEL DE COINCIDENCIA	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE EN LA CUENCA
1	0%	Ninguna actividad propuesta coincide	16%
2	66%	Al menos 2 de 3 actividades coinciden	29%
3	100%	Coinciden las 3 actividades propuestas	55%

A continuación se detallan los posibles resultados ² y se resumen en la tabla contigua. Para poder entenderla al completo, la nomenclatura utilizada, es:

Si: afirmativo para la coincidencia del nº de Clases o Tipos de Suelo que le precede

No: negación para la coincidencia del nº de Clases o Tipos de Suelo que le precede.

- : que carece de esta actividad. Sólo aplicable para el grupo Otras actuaciones.

Libre*: cualquiera de las combinaciones entre Clase y Tipo de Suelo, a excepción de Otras actuaciones.

² Al considerar 3 acciones posibles, el porcentaje de que se den 2 Clases es igual a decir que 2 Clases no coinciden, ya que el resultado de la suma de dichas acciones es 3.

GRADO	Nº Clases	Coincidente	Nº Tipos de Suelo	Coincidente	Otras
1	2	No	2	No	-
	<i>Ej. Mantener uso agrícola + Mejorar uso forestal + Libre*</i>				
	2	Si	2	No	-
	<i>Ej. Mejorar uso agrícola + Mejorar uso forestal + Libre*</i>				
	2	No	2	Si	-
<i>Ej. Mantener uso forestal + Mejorar uso forestal + Libre*</i>					
2	No	2	Si	Si	
<i>Ej. Mejorar uso forestal + Mantener uso forestal + Otras actuaciones</i>					
2	No	2	No	Si	
<i>Ej. Mejorar uso forestal + Mantener uso agrícola + Otras actuaciones</i>					

2	2	Si	2	Si	Si
	<i>Ej. Otras actuaciones + Mejorar uso forestal + Mejorar uso forestal</i>				
	2	Si	2	Si	-
<i>Ej. Mantener uso forestal + Mantener uso forestal + Mejorar uso agrícola</i>					
1	-	1	-	2	
<i>Ej. Otras actuaciones + Otras actuaciones + Mejorar uso agrícola</i>					

3	3	Si	1	Si	-
	<i>Ej. Mejorar uso forestal + Mejorar uso forestal + Mejorar uso forestal</i>				
	3	Si	-	-	3
<i>Ej. Otras actuaciones + Otras actuaciones +Otras actuaciones</i>					
3	No	3	Si	-	
<i>Ej. Mantener uso agrícola + Mejorar uso agrícola + Mantener uso agrícola</i>					

En la nomenclatura **Libre*** y al tratarse de una leyenda de tan sólo 2 Clases y 2 Tipos de Suelo, las alternativas son al 50% *Mantener* o *Mejorar* y 50% para *Agrícola* o

Forestal. Por eso, y siendo ésta una propuesta de nueva metodología optimizada, se deja abierto al campo de la investigación las diferentes posibilidades que pudiera tener el valor **Libre***.

En el campo de *Otras actuaciones*, las actividades que engloba pueden ser un tanto ambiguas. En esta nueva propuesta, se han querido incluir las siguientes opciones:

- Cambio del uso del suelo.
- Mantener la actividad que se esté llevando a cabo en ese momento y superficie.
- Conservar enclaves de interés, bien sea forestal, agrícola o de cualquier índole.
- Zonas improductivas o sin vegetación.
- Zonas donde no se efectúa ninguna actividad declarada.

Una vez clasificada cada una de las posibles opciones, se pasa a analizar qué criterios utilizar y en qué grados emplearlos. Si bien para el Grado 3, en el que la coincidencia es plena no efectuará ningún criterio de elección, ya que la actividad propuesta que se obtiene como resultado será la más adecuada para ser aplicada. Sin embargo para los Grado 2 y Grado 3 se seguirán unos criterios

Se definen a continuación aquellos que serán empleados para la elección de actividades que mejor se adecuen al territorio:

1. Adaptabilidad

Adecuación máxima de la actividad propuesta al medio

- Responde a la pregunta ¿cómo se ajusta la actividad al medio? Y será aplicado en casos de Grado 1 y 2

2. Económico

Buscar una solución barata y viable

- Se tendrá en cuenta el coste de las infraestructuras y material necesario, así como la mano de obra. Se potenciará que los trabajadores vivan cerca del área de ordenación reduciendo, por ejemplo, costes en desplazamientos. Se tendrá a realizar una buena gestión que reducirá el gasto de la planificación. Para Grado 1 y 2

3. Embalse – Presa

Conservación – Vida útil de la presa

- Criterio aplicable a zonas dominadas ³por una necesidad de reducir el aterramiento del embalse y su colmatación, así como la mitigación de los efectos de Q_{punta} y laminación. Para Grado 2

4. Incendios Forestales

Reducir la pérdida de masas forestales

- Se tendrá en cuenta la probabilidad de que ocurra según las características del medio, véase la densidad de las masas, la pendiente, accesibilidad o la orientación (solana – umbría). Para Grado 2

5. Recarga de acuíferos

Aumentar el volumen de agua.

- Se busca la actuación que mejor defina actividades para la infiltración y retención de agua, así como incrementar el volumen de agua en pozos de la que abastecer a poblaciones o utilizar para el riego. Para Grado 2

³ Las zonas dominadas se definen como aquellas áreas donde por motivo externos a la ordenación pero que influyen directamente en ella, se aplican unas actividades previamente establecidas. Son zonas en las que predominarán dichas actividades y que tendrá el mayor peso frente a criterios que la propia ordenación indique como óptimos.

6. Social/Civil

Seguridad máxima a la población

- Se busca disminuir al máximo riesgos que pueda provocar factores del medio y daños en las zonas urbanas, minimizando el impacto al máximo. Aplicable en Grado 1 y 2.

7. Zonificación de estudio

Áreas de futuras investigaciones para trabajos específicos in situ

- Cuando las condiciones sean favorables pero no se decida la actividad bajo ningún criterio, bien porque no es necesario o bien porque entre ellos se contraponen, se deberá estudiar la zona afectada con mayor rigor y analizar qué parámetros puedan estar influyendo. Aplicable para el Grado 1.

Estos criterios serán directamente aplicados en las zonas dominadas por ellos mismos. Es decir, si la superficie analizada se definió con un objetivo de Recarga de acuíferos, se tendrán que llevar a cabo actuaciones que sigan este criterio.

Si surgieran dudas entre, por ejemplo, zonas donde Mantener el uso forestal o Mantener uso agrícola (Grado 1) se tendrá en cuenta el criterio económico; esto significa que elegiré aquella actividad que más barato me resulte llevar a cabo. Este caso es aplicable siempre, a excepción de que exista un 3^{er} factor que lo impida, por ejemplo, áreas de riesgo de inundación. Si llevar a cabo la actividad Mantener uso forestal resulta más caro pero defiende frente inundaciones a la población, se elegirá el criterio Social/Civil frente al económico.

Pueden plantearse dudas entre toma de decisiones. Un caso claro es el siguiente. Si se pretende seguir un criterio basado en la conservación de Presa y Embalse pueden llevarse a cabo actividades muy diferentes aguas arriba. Si la máxima es reducir el aporte de sedimentos al embalse, quizá el criterio más recurrente sería el económico. Sin embargo, el criterio de Incendios forestales podría ser una buena opción, puesto que mejoraría la calidad de las masas (reduciéndole combustible vegetal) fortaleciendo la estructura del suelo (al reducir el número de individuos/pies, la competencia por los nutrientes disminuye lo que favorece a que las raíces tomen un papel fundamental en la

propia estructura). De esta forma, y siguiendo un criterio no económico, se disminuyen las pérdidas de suelo, evitando que se colmate el embalse y mejorando su estado.

También aguas debajo de la presa podrían planificarse actuaciones con criterios no – económicos, por ejemplo, de Recarga de acuíferos en las que aumentar los caudales de aguas subterráneas. De esta manera se dispondría de volúmenes para el riego o abastecimiento de la población sin dependencia de la situación del embalse.

Como se ha ido detallando los criterios aplicables pueden ser variados. A continuación se resume la posible guía para la toma de decisiones.

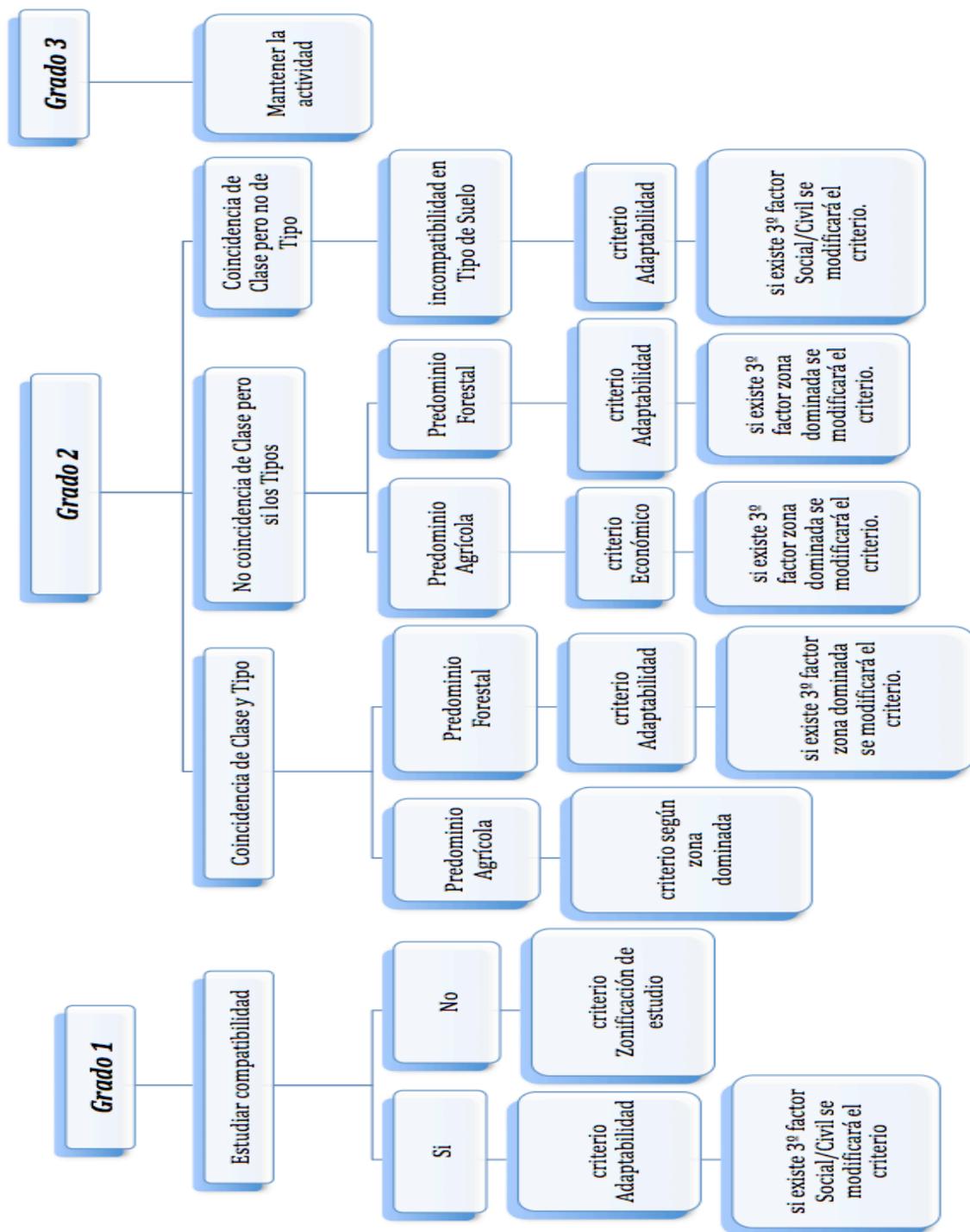


Gráfico 4. Esquema para la toma de decisiones en áreas de No - coincidencia

3.4.3 Discusión de los resultados

A continuación se presenta un resumen del análisis comparativo de las metodologías implementadas (USLE – Mintegui – MOCS) así como la nueva propuesta de metodología para cuencas “tipo”. Posteriormente se nombrarán las principales características del ámbito del Mediterráneo, en la que se ha desarrollado el presente trabajo (cuenca del río Serpis en la provincia de Alicante)

Tabla 38. Resumen Comparativo de Metodologías. Análisis de fortalezas y debilidades

METODOLOGÍAS DE ORDENACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS		
USLE	MINTEGUI	MOCS
<p>Definición: Modelo Paramétrico de estimación de la erosión superficial y en cárcavas. Es cuantitativo y empírico. También sirve de orientación para la clasificación de actividades de ordenación agrohidrológica de cuencas.</p> <p>Descripción: Establece la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca determinada a través de la aplicación de la fórmula del mismo; es decir, define para cada una las diferentes zonas de la cuenca (con un uso y ordenación determinados) un valor promedio de las pérdidas anuales de suelo a largo plazo expresado en t/ ha·año.</p> <p>Instrumentos: Ecuación paramétrica: $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$ Tabla establecida: Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE. El modelo se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p> <p>Información necesaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Información de la caracterización de la cuenca. • Como se utiliza un SIG, se requerirá los mapas temáticos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Líneas iso-R ▪ Litofacies ▪ Pendientes ▪ Usos del suelo o vegetación ▪ Prácticas de conservación de suelos agrícolas. 	<p>Definición: Metodología basada en los “Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora” (Mintegui, 2001). Propone, mediante una tabla, una diversidad de actuaciones en el territorio.</p> <p>Descripción: Basada en el modelo USLE, que aporta el aspecto cuantitativo, y en los índices de protección del suelo por la vegetación (López Cadenas de Llano y Blanco Criado, 1968). Éstos índices aportan un valor cualitativo. La tabla destaca la utilización agropecuaria del suelo como muy influyente en los procesos hidrológicos que tiene lugar en la cuenca. La aplicación de los criterios se realiza sobre unidades homogéneas que caracterizan a la cuenca.</p> <p>Instrumentos: Tabla establecida: Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca alimentadora" El modelo se implementa en un SIG para la reclasificación de la ordenación de usos según las características descritas en la tabla y representación de resultados en mapas temáticos.</p> <p>Información necesaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Información de la caracterización de la cuenca. • Resultados de la pérdida de suelo por erosión (USLE). • Como se utiliza un SIG, se requerirá los mapas temáticos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pendientes ▪ Litofacies ▪ Usos del suelo o vegetación ▪ Mapa de pérdidas de suelo por erosión 	<p>Definición: Metodología de planificación física, convenientemente adaptada para incorporar los objetivos de la protección hidrológico forestal, los complementarios de la ordenación de cuencas y los de sostenibilidad.</p> <p>Descripción: Determina la capacidad del medio para asumir determinadas actividades y posteriormente asigna aquellas compatibles. Da respuesta, por una parte, al control de la erosión formulando propuestas de conservación y aprovechamiento del suelo y agua y, por otra parte, a la conservación de los restantes recursos de la cuenca y a la biodiversidad.</p> <p>Instrumentos: Matrices de capacidad de acogida y conveniencia del medio respecto a ciertas actividades planteadas. La metodología se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p> <p>Información necesaria: Para definir y caracterizar el medio físico, se requieren los mapas temáticos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pendientes • Influencia Hídrica • Uso del suelo • Litología • Pérdidas de suelo • Propiedad • Protección • Espesura de la cubierta arbórea <p>Se requieren tantos mapas como aspectos del medio sean</p>

<p>Proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculo de cada uno de los factores de la ecuación. 2. Aplicación de la fórmula USLE 3. Clasificación de los resultados según grado de erosión del suelo. 4. Comparación de resultados con el valor de pérdida de suelo tolerable. Del contraste de este valor con las pérdidas de suelo calculadas, se obtiene cuáles son las actividades más adecuadas para su conservación o mejora. <p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usado desde hace tiempo y en diversos lugares del mundo. Tiene carácter Universal. • El parámetro clima (factor lluvia, factor R ó índice de erosión pluvial) del modelo USLE es el que le aporta la universalidad al modelo. • Buena parte de los datos necesarios para el cálculo de los factores puede ser conseguida de bases de datos nacionales o de otros estudios. • Aporta el valor cuantitativo de la erosión, por tanto es la base cuantitativa para los otros modelos. • Es una herramienta sencilla y fácil de emplear, útil para la gestión y planificación de usos del suelo • Con la tabla de ordenación de usos del suelo, se constituye en un buen instrumento para planificar el uso agronómico del territorio. <p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiende a ser una generalización extrema del problema real para el cálculo de la erosión. • La ecuación no incluye el cálculo de la deposición y acumulación de sedimentos (Roo, 1993). • El parámetro R del modelo USLE es el más complejo de establecer. • En la tabla de “Ordenación de los usos del suelo en las diferentes superficies de la cuenca según el modelo USLE” se hace una clasificación generalista de los usos futuros propuestos, no diferenciando bien las formaciones vegetales presentes en una cuenca. Será labor del 	<p>Proceso:</p> <p>Una vez calculada la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca y conociendo las características físicas y usos del suelo en esa unidad, se aplica la tabla de criterios de ordenación para asignar actividades en el territorio.</p> <p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es una metodología cuantitativa. • La ordenación del territorio no debe centrarse sólo en un aspecto meramente físico (USLE). Es preciso conocer y analizar previamente los actuales usos del suelo. Esta metodología clasifica las actividades de ordenación analizando cada uso de suelo que existe en la cuenca, toma en cuenta características del suelo y la vocación del territorio. • Establece mayor cantidad de alternativas de actividades de ordenación respecto a USLE, pero esto no deriva en exceso de detalles, para no perder la generalidad y el pragmatismo que persigue. • La tabla de criterios de ordenación, constituye una generalización de las tablas particulares que se realizan para cada proyecto concreto de restauración agrohidrológica. • Dependiendo de los objetivos específicos que se aborden en el proyecto, se incorporan nuevos índices, a fin de precisar las áreas de aplicación de las diferentes acciones o su implicación en el entorno <p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesita, además de la información de pendiente, uso de suelo y tipo de suelo, de los resultados de la aplicación del modelo USLE para completar la clasificación de actuaciones. • La tabla no tiene en cuenta determinados aspectos de interés para la ordenación como aspectos posicionales o zonificación de la cuenca (áreas dominantes y dominadas), ni la capacidad actual del territorio para permitir una cierta actividad. • En cierta parte es subjetivo en la decisión de la selección de actuaciones en el territorio. 	<p>involucrados en el análisis.</p> <p>Proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio de la problemática de la cuenca 2. Establecimiento de los objetivos 3. Definición de actividades para lograr dichos objetivos. 4. Inventario y análisis del medio: cartografía temática. 5. Estudio de la capacidad de acogida de dichas actividades: matriz de capacidad. 6. Estudio del grado de conveniencia en el medio para realizar dichas actividades: matriz de grado de conveniencia. 7. Adecuación de actividades. 8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos. <p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es una metodología cuantitativa. • Además de los aspectos hidrológicos, propios de los otros modelos de ordenación de cuencas, ésta metodología incorpora el criterio de la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales de la cuenca. Lo hace a través del análisis de la Capacidad de acogida del territorio, que depende de su aptitud intrínseca para soportar tal tipo de uso y del impacto ambiental que la localización allí de ese uso genera en el entorno. • Pueden definirse objetivos según la problemática específica de cada cuenca y con ellos actividades de ordenación más específicas. • Las matrices de capacidad de acogida de las actividades por parte del medio, son flexibles a incorporación de nuevos índices representativos del medio a analizar. <p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deben establecerse actividades a localizar con el modelo y que dependan de elementos del medio, siempre que puedan representarse mediante mapas temáticos. • Uno de los elementos del medio analizados en las matrices es la
--	--	---

<p>gestor el plantear actividades de uso futuro más específicas a partir de la tabla establecida.</p> <ul style="list-style-type: none">• La clasificación de ordenación se basa más que todo en el valor cuantitativo de pérdida de suelo por erosión.		<p>pérdida de suelo calculada por el modelo USLE, por lo que esta metodología mostraría cierto grado de dependencia de aquél.</p> <ul style="list-style-type: none">• En cierto grado, la metodología puede ser subjetiva en la valoración de las matrices, es decir, estos valores dependerán de la decisión de los gestores.• Su ejecución es más compleja que las otras metodologías.
---	--	---

Tabla 39. Resumen de la nueva propuesta de metodología en ordenación de cuencas

NUEVA PROPUESTA METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN PROPUESTA
<p>Definición: Metodología cualitativa con base en las metodologías de ordenación de cuencas (USLE- Mintegui - MOCS) que propone zonas en las que realizar una serie de actividades en el territorio basadas en criterios socio – ambientales.</p>
<p>Descripción: Planifica la ordenación de una cuenca hidrográfica tipo en el ámbito mediterráneo, permitiendo actividades compatibles y siguiendo unos criterios que integran elementos del medio así como sistemas más complejos dentro de la ordenación. Los criterios establecidos son: adaptabilidad, económico, Embalse – Presa, Incendios forestales, Recarga de acuíferos, Social/Civil y Zonificación de estudio.</p>
<p>Instrumentos: Cartografía temática para la obtención de los resultados buscados por las metodologías clásicas (USLE y Mintegui) y MOCS. Se requiere de un SIG para el procesado de los datos así como para la elaboración y obtención de mapas temáticos que representen las zonas de influencia así como aquellas donde llevar a cabo las actividades propuestas.</p>
<p>Información utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Información de la caracterización de la cuenca • Mapa de pérdidas de suelo • Mapa de actividades propuestas
<p>Proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Englobar actividades bajo un leyenda común 2. Obtener el mapa que sirva como propuesta de la nueva metodología 3. Propuesta de la nueva metodología bajo criterios socio – ambientales 4. Aplicación de la nueva metodología en el ámbito mediterráneo
<p>Fortalezas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantiene los puntos positivos de las 3 metodologías basado en el estudio del medio físico 2. Incorpora criterios que las metodologías clásicas no tienen en cuenta 3. Ofrece una coincidencia total en la asignación de actividades del 55% de la superficie de la cuenca analizada 4. Añade aspectos ambientales no representados en las otras metodologías y que son influyentes en la ordenación. 5. Elimina parte de la subjetividad que MOCS aportaba
<p>Debilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación de la metodología puede llegar a ser laboriosa, ya que integra 7 criterios diferentes y que pueden ser compatibles entre ellos. 2. No considera la formalidad legal de que puedan coincidir superficies dentro de Figuras de Protección, dando una incertidumbre a la hora de aplicar los criterios establecidos. 3. No profundiza en cómo llevar a cabo las actividades propuestas 4. Se debe partir de una base cartográfica amplia, que a veces no es tan fácil conseguir

Características del ámbito Mediterráneo

La región mediterránea posee una estacionalidad muy marcada. Eso es la característica más peculiar del clima mediterráneo (Paskoff, 1973; Daget & Michel-Villag, 1975; Conacher & Sala, 1998). En la época húmeda (primavera y otoño) las precipitaciones son muy irregulares con frecuentes concentraciones en períodos cortos que dan lluvias torrenciales. Esta variabilidad se debe a la cercanía o lejanía del mar (más seco, frío y con menor virulencia en las tormentas a medida que se adentra a la Península)

Durante el verano, la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas provocan un acusado déficit hídrico. Esto conlleva a una temporalidad de los ríos que marca la estructura de sus ecosistemas presentes y comunidades biológicas. Debido al gradiente de aridez y la torrencialidad características de las lluvias la mayor parte de los cursos fluviales son ramblas. Son estacionales, con un poder erosivo alto cuando ocurren las crecidas y donde se dan con frecuencia inundaciones de las zonas adyacentes.

Un punto importante y característico de la región mediterránea son los incendios forestales. Es la causa más importante de destrucción de los bosques ya que cada año se producen entorno a 50.000 incendios afectando entre 700.000 y 1.000.000 de hectáreas de monte (Ferrando et al, s.f) El efecto directo es la desprotección del suelo al no existir vegetación. La falta de masas forestal provoca que el suelo se encuentre más suelto, sin raíces que lo puedan sostener, lo que facilita su escurrimiento.

Cabe añadir que otro factor que hace vulnerable el suelo es el intenso uso agrícola al que se ha visto sometido. El arrastre de materiales trae como consecuencia la formación de grandes depósitos en las desembocaduras, que forman auténticas llanuras litorales y que modifican la línea de costas. Destacar si cabe la despoblación de las áreas del interior en las que la base eran los campos de cultivo. La población se ha ido desplazando a áreas más pobladas, próximas a grandes ciudades, abandonando estos campos de cultivo.

Las cuencas mediterráneas suelen tener presencia de sustratos calizos, lo que favorece el proceso de infiltración del agua mediante la disolución del carbonato cálcico y la formación de acuíferos, importantes para disponer de sus aguas en regiones como la mediterránea, donde ésta es muy apreciada para el riego de cultivos. El proceso de la formación de acuíferos es uno de los aspectos diferenciadores más notables de las cuencas mediterráneas.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y APORTACIONES

4.1 CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se detallan las principales conclusiones que se extraen del trabajo realizado:

- Se ha descrito y analizado 3 metodologías de ordenación de cuencas: el modelo de la USLE y la metodología con criterios agrohidrológicos de Mintegui (fundamentos tradicionales) y una nueva metodología basada en criterios de sostenibilidad.
- Dichas metodologías se identificaron y aplicaron para una cuenca “tipo” que sigue unos parámetros identificativos de las cuencas de la región mediterránea. El área integrada corresponde a la cuenca del río Serpis, en la provincia de Alicante. Se utilizó SIG como herramienta para identificar sitios estratégicos de la cuenca afectada por la erosión hídrica, donde implementar medidas de ordenación agrohidrológica, conservación y restauración.
- A aplicación de las metodologías en el área de estudio buscaban cumplir con los objetivos generales de la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal en la cuenca, con la retención de suelos para evitar los fenómenos de la erosión, provisión hídrica así como el control de avenida y el transporte de sedimentos.
- Tienen en cuenta actividades tales como conservación de enclaves de interés, repoblaciones para aumentar la biodiversidad o realizar prácticas de conservación de suelos incluyendo las clásicas como la repoblación forestal protectora, mantener el uso forestal o mejorarlo.

- Su aplicación se realiza mediante la utilización de un SIG, en base a una serie de mapas temáticos (usos del suelo, pendientes, litología...) que facilitan la información y ubicación de aquellas zonas más castigadas y que requieren de la aplicación de actividades que mejoren su estado.
- Siguiendo los parámetros que marca la FAO y bajo los resultados obtenidos por la aplicación del modelo USLE, las pérdidas de suelo dentro de la cuenca e estudio se encuentran dentro del 2º rango *moderado* con un valor de 45,25 t/ha·año.
- La metodología que sigue criterios agrohidrológicos de Mintegui, esta fundamentado en la clasificación de los índices de protección del suelo por la vegetación. Considera el fenómeno erosivo así como también los usos actuales del suelo, los estratos de vegetación, tipo de suelo y la vocación del territorio. Con todo ello propone alternativas de actuaciones en el territorio.
- La metodología bajo criterios de sostenibilidad (MOCS) incluye objetivos propios como el aumento de la riqueza en biodiversidad, protección de los ecosistemas así como analizar la capacidad del medio para acoger esas actividades sin poner en riesgo su conservación, definiendo áreas potenciales para el desarrollo de las mismas. Aunque esta metodología cuenta con clasificaciones parecidas a las tablas que utiliza Mintegui, se tiene que propone más actividades diferentes para la ordenación y conservación de los recursos naturales de la cuenca.
- Para cada una de las metodologías se ha obtenido el mapa que representa las pérdidas de suelo (t/ha·año) y las actuaciones que deben realizarse para cada zona de la cuenca. El resultado de la aplicación de cada uno de los métodos de ordenación se adjunta en el Anejo de Mapas y se pueden comparar los resultados para cada una de las metodologías.

- Simultáneamente se han aplicado las 3 metodologías obteniendo unos rangos diferentes para cada una de ellas y se obtuvieron áreas coincidentes, allí donde las actividades propuestas eran las mismas, y zonas donde las actividades eran diferentes.
- Se propuso una leyenda para unificar las actividades de las 3 metodologías bajo un criterio lógico para su aplicación y que todas ellas pudieran estar englobadas bajo un mismo tema. De esta manera se obtuvo una leyenda adaptada para cada metodología facilitando el manejo de los resultados, ahora sí, coincidente en una superficie mayor a la obtenida previa a la nueva nomenclatura.
- Se establecen una serie de criterios basados en factores sociales y ambientales que integran la importancia de conservar y mejorar el estado del medio físico a la par que considera la actividad antrópica y sus necesidades. Estos criterios serán las herramientas necesarias para la toma de decisiones cuando se tenga que decidir que tipo de actividad se debe practicar, cuando las zonas indiquen la No – coincidencia.
- Se fundamentó los principios de una nueva metodología para la ordenación de cuencas en el ámbito mediterráneo, que mejorar las metodologías clásicas utilizadas al integrar unos criterios comunes para la región mediterránea.
- Se ha establecido unos rangos en los que mostrar el grado de coincidencia de actividad para una misma superficie. Para las zonas donde la coincidencia no es absoluta, se ha planificado una guía para la aplicación de un criterio u otro en función de las áreas en las que coincidan o no la misma actividad a llevar a cabo. De esta forma se obtiene un método a seguir para la aplicación de la nueva propuesta de metodología de ordenación de cuencas.

4.2 **APORTACIONES**

Las innovaciones propuestas por el presente trabajo conciernen los siguientes puntos:

- Se realizaron mapas temáticos de caracterización y ordenación de la cuenca del río Serpis en la provincia de Alicante.
- A través de la Metodología con criterios de Sostenibilidad se evaluó la capacidad del medio para acoger actividades y de la que se realizaron los mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación del medio para la actividad a llevar a cabo.
- Después de la comparación entre las metodologías propuestas, se demuestra que las 3 son aplicables en el ámbito mediterráneo.
- Se crea una nueva leyenda que unifica las actividades que proponen las metodologías de base (USLE – Mintegui – MOCS) y que servirá para la comparación de los resultados englobados en propuestas semejantes.
- Al unificar los resultados bajo una nueva leyenda adaptada se consigue la base cartográfica de una nueva propuesta de ordenación de cuencas.
- Se obtiene los principios para una nueva propuesta de ordenación de cuencas y de la que se pretende sacar conclusiones comunes para toda la región mediterránea en futuras líneas de investigación.
- La toma de decisiones sobre las actividades aplicables en la zona de estudios sigue unos criterios que previamente se han establecido para cada una de las circunstancias que puedan darse.

- Los criterios empleados se basan en factores socio – ambientales para integrar de una manera completa los elementos del medio que son representativos y de importancia dentro de la ordenación de cuencas.
- A diferencia de las clásicas, la nueva propuesta de metodología incluye una serie de criterios que no se había tenido en cuenta antes. Se establecen criterios como el Económico y el Social que tienen un peso importante dentro de la ordenación de cuencas, así como el de Adaptabilidad al medio del que depende que la ordenación sea un éxito o no. A su vez integra elementos importantes dentro de la región mediterránea como son los Incendios forestales o la Recarga de acuíferos, el primero por la indecente cifra de incendios anuales que se producen y el segundo por la utilización de las aguas subterráneas para el riego en campos de cultivo o abastecimiento de poblaciones.
- Destacar que bajo esta serie de criterios, la nueva propuesta de ordenación también considera las zonas dominadas; en el caso del río Serpis es un criterio Embalse – Presa bajo el que se debe ser estricto para controlar la erosión y evitar, así, colmatación y reducción de vida útil de la presa.
- En la toma de decisión los criterios establecidos pueden ser suplidos por otros que tengan mayor peso en la zona de aplicación de la actividad. Esto permite que la nueva propuesta de ordenación sea más funcional y con capacidad de adaptarse mejor a las condiciones de la cuenca.

4.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Realizado el análisis y comparación de resultados, y llegado a este punto, se plantean unas cuestiones que bien serían objeto de futuras actividades de investigación. A continuación se detallan las posibles líneas de investigación en las que poder continuar:

- Buscar una metodología optimizada, en la que se emplee la nueva propuesta de ordenación de cuencas detallada en este trabajo y que se lleve a cabo un análisis de viabilidad .
- Validar y mejorar la nueva propuesta de ordenación de cuencas.
- Perfilar los criterios que se han establecido en este primer enfoque, mejorándolos y teniendo en cuenta otros factores socio – ambientales que pudieran ser importantes dentro de la ordenación de la cuenca.
- Proponer otros Tipos de suelo que pudieran encontrarse en la cuenca diferentes a los detallados en este trabajo y analizar su adaptabilidad a la zona de estudio.
- Investigar las diferentes posibilidades que pueda tener el valor Libre* para la coincidencia de actividades (ver punto 3.4.2 *Clasificación y elección de criterios*) y analizar el cruce de Clases y Tipos.
- En los criterios establecidos, considerar la Zonificación de estudio (aplicable para el Grado 1 → No – coincidencia) como futuras áreas de estudio, o de trabajos específicos para tesis doctorales, en las que se deberá estudiar la zona afectada con mayor rigor y analizar qué parámetros puedan estar influyendo para que no exista coincidencia de actividades.

- Proponer una metodología completa de ordenación de cuencas para la región mediterránea.
- Mejorar las actividades propuestas mediante la base cartográfica obtenida de la nueva propuesta de ordenación.
- Realizar un análisis de la información cartográfica a mayor detalle para que a la hora de plantear actividades para la ordenación éstas sean diversificadas y más puntuales.
- Proponer el diseño y aplicación de un modelo hidrológico distribuido incluyendo el análisis de la torrencialidad de la cuenca dentro de la metodología elegida. Así se podría calcular la emisión de sedimentos, establecer ecuaciones de transporte desde la unidad hidrológica hasta la salida de la cuenca, evaluar los sedimentos llegados a la salida de la cuenca.
- Estudiar escenarios de la incidencia del cambio climático sobre los usos del suelo y los posibles riesgos para el territorio, así como las futuras actividades de ordenación antes esos cambios.

CAPITULO 5. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Agencia Europea del Medio Ambiente [AEMA]. (1995). *Informe Dobris sobre el Medio Ambiente en Europa*. Oficina de Publicaciones de las CCEE Luxemburgo.
- ❖ ABELLÓ DE LA TORRE, M.A. (1988). *Historia y evolución de las repoblaciones forestales en España*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. Colección Tesis Doctorales nº 126/88. 749 p. Madrid (España).
- ❖ ANDREU, J. (1993). *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica*. C.I.M.N.E. Madrid.
- ❖ ANTOLIN, C. (Edit.). (1998). *El Sòl com a recurs natural en la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte. Generalitat Valenciana. Publicaciones de Divulgació Tècnica Col·lecció Territori 8.
- ❖ ARANA, R.; RODRIGUEZ, T.; MANCHEÑO, M.A.; GUILLÉN, F.; ORTIZ, R.; FERNÁNDEZ, M.T.; del RAMO, A. (1999). *El patrimonio geológico de la región de Murcia*. Interlibro. Fundación Séneca – Murcia (España). 399 pp.
- ❖ AVENDAÑO, C.; COBO RAYÁN, R.; GÓMEZ MONTAÑA, J.L.; SANZ MONTERO, E. (1999). *Procedimiento para evaluar la degradación específica (erosión) de cuencas de embalses a partir de los sedimentos acumulados en los mismos. Aplicación al estudio de embalses españoles*. Ingeniería Civil, 99. Madrid (España)
- ❖ BARREDO, J.L. (1996). *Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica en la Ordenación del Territorio*. Madrid: Ed. RA – MA, 264 pp.
- ❖ CASTAÑO, S.; MARTINEZ, P.; MARTINEZ, P.E. (2006). *Fundamentos de hidrogeología*. Mundi-Prensa. Madrid (España).
- ❖ CLAVER, I. et al (1982). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. CEOTMA. MOPU. Madrid (España).
- ❖ CONACHER, A.J.; SALA, M. (1998). *Land degradation in Mediterranean environments of the World: Nature and extent cause and solutions*. New York: John Wiley & Sons.

- ❖ CONESA, C. (2005). *Les "ramblas" du Sud - est Espagnol: Systèmes hydromorphologiques en milieu méditerranéen sec*. Zeitschrift für Geomorphologie, Nº 49. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart (Alemania)
- ❖ CONESA, C.; GARCIA, R. (2007). *Erosión y diques de retención en la cuenca mediterránea. Efectividad hidrogeomorfológica de los diques d retención en cuencas torrenciales del Sureste Español*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua.
- ❖ DAGET, P.H. et al (1975). *Proceedings of Symposium Israel - France: ecological research and development or arid zones with winter precipitation*. Special Publication, 39: 3 13. Volcani Centre Bet - Dagan. (Israel)
- ❖ DELGADO, R.; GAROFANO, V.; MARTINEZ, F. (2009). *Les riberes del Serpis. Gestió de l'aigua per a la seua conservació*. Gandia: CEIC Alfons El Vell. Gandia (España)
- ❖ FAO (1993). *Desarrollo sostenible en tierras áridas y lucha contra la desertificación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FAO - Roma (Italia).
- ❖ FAO. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture*. Department of Civil Engineering University of Newcastle-upon-Tyne - Newcastle-upon-Tyne (UK)
- ❖ FAO - PNUMA - UNESCO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. FAO - Roma (Italia).
- ❖ FAO - PNUMA. (1984). *Directrices para el control de la degradación de los suelos*, FAO, PNUMA - Roma (Italia.)
- ❖ GARCIA de JALON, D.; GONZALEZ de TANAGO, M. (2001). *Restauración de ríos y riberas*. Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S de Ingenieros de Montes de Madrid: Mundi-Prensa - Madrid (España).
- ❖ GARCIA NÁJERA, J.M. (1962). *Principios de hidráulica torrencial*. Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Madrid (España).
- ❖ GIL, A.; OLCINA, J. (1997). *Climatología general*. Ed. Ariel. 579 pp. Barcelona (España).
- ❖ GÓMEZ OREA, D. (1978). *El medio físico y la planificación*. Vol 1 y 2. Cuadernos del CIFCA, 10. Madrid (España).

- ❖ GROVE, A.; RACKHAM, O. (2001). *The nature of Mediterranean Europe*. New Haven & London: Yale University Press.
- ❖ GUEVARA, E. (1997). *Manejo integrado de cuencas. Documento de referencia para los países de América Latina*. FAO. RCL/97/04 – FOR – 54. Santiago de Chile (Chile). 14 pp.
- ❖ HIJÓS, F.; MAÑUECO, M.; SEGURA, N. (s.f). *Actuaciones de laminación de avenidas en las cuencas del río Serpis y la rambla de Gallinera (Valencia y Alicante)*. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Recuperado el 23 abril de 2012 en: http://www.spancold.es/Ponencias/JEPVIII_039.pdf
- ❖ INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. *Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica*. 2012.
- ❖ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [INE]. *Censo Agrario 1999*.
- ❖ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [INE]. *Censo de Población y Vivienda 2001*.
- ❖ INSTITUTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA [ICONA]. (1998). *La agresividad de la lluvia en España. Valores del Factor R de la Ecuación Universal de Pérdidas de suelo*. Monografía. Servicio de publicaciones. Ministerios de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid (España).
- ❖ INSTITUTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA [ICONA – TRAGSA]. (1988). *Proyecto de restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Serpis hasta la desembocadura del río Vernisa, incluido éste*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- ❖ INSTITUTO VALENCIANO DE ESTADÍSTICA [IVE]. (2009)
- ❖ LOPEZ, G.A. (2007). *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares*. Madrid (España): Mundi – Prensa.
- ❖ LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1988). *Corrección de torrentes y estabilización de cauces*. FAO – Roma (Italia).
- ❖ LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1990). *El papel del bosque en la conservación del agua y del suelo*. *Ecología*, (Nº Extra 1). 141-156 pp.
- ❖ LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1994, 1998). *Restauración Hidrológico- Forestal de cuencas y Control de la erosión*. Ministerios de Medio Ambiente, TRAGSA y TRAGSATEC: Ed. Mundi Prensa, Madrid (España). 929 pp.

- ❖ LOPEZ CADENAS DE LLANO, F.; BLANCO CRIADO, M. (1968). *Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y depósito de materiales*. I.F.I.E, Madrid (España). 187 pp.
- ❖ LOPEZ CADENAS DE LLANO, F.; BLANCO CRIADO, M. (1968). *Hidrología Forestal* (1ª parte)
- ❖ MAIDMENT, D.R. (2003). *Arc-Hydro, GIS for water resources*. Redlands, California: ESRI Press.
- ❖ MELLEROWICZ, H.W.; REES, T.L.; CHOW, V.T.; GHANEM, I. (1994). *Soil conservation planning at the watershed level usin the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study*. Journal of Soil and Water Conservation Vol. 49, no. 2, 194 – 200 pp.
- ❖ MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Inventario Nacional de Erosión de Suelos, proyecto I.N.E.S. E:1:50.000*. Alicante – 2012.
- ❖ MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Mapa de cultivos y aprovechamientos E: 1:50.000*. Madrid (España).
- ❖ MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Mapa de estados erosivos*. Madrid – 20001.
- ❖ MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Mapa Forestal de España E: 1:50.000*. Madrid (España).
- ❖ MINTEGUI AGUIRRE, J.A. (1999). *La restauración hidrológico – forestal de las cuencas torrenciales*. Ciencias y Técnicas Forestales, 150 años de aportaciones de los Ingenieros de Montes. Fundación del Conde de Salazar.
- ❖ MINTEGUI AGUIRRE, J.A.; LOPEZ UNZU, F. (1990). *La ordenación agrohidrológica en la planificación*. Vitoria – Gasteiz: servicio de publicaciones del Gobierno Vasco (España).
- ❖ MONTERO, J.L.; GONZALEZ, J.L. (1973). *Diagramas bioclimáticos*. Madrid (España): ICONA.
- ❖ MORGAN, R.P.C. (1997). *Erosión y conservación de suelo*. Madrid (España): Ed. Mundi – Prensa.
- ❖ RIVAS MARTINEZ, S.; y col.; (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Madrid: ICONA.

- ❖ ROBREDO, J.C. (1994). *Diseño e una modelo distribuido elemental para el análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca vertiente*. Ingeniería del Agua Vol. 1 Num. 4. Ed. OC Barcelona.
- ❖ ROJO, L.; (1995). *Criterios ecológicos para la restauración de cuencas en España*. Vicenza: Comisión Forestal Europea de la FAO.
- ❖ ROJO, L. (1992). *Curso Internacional de Ordenación Agrohidrológica y Restauración Hidrológico – Forestal*. CENEAN España.
- ❖ SANCHEZ, A. (2010). *Estudio de las hidrotecnias de protección de la cuenca el río Serpis hasta la desembocadura del río Vernisa*. PFC Ing. Técnica Forestal. EPSG – UPV. Gandia (España)
- ❖ SOTO, D.; (1992). *Hidrología forestal y protección de suelos. Técnicas y experiencias en dirección de obras*. Madrid (España): Colección técnica. ICONA. (Requisitos del proyecto). pp. 23 – 48.
- ❖ TEJERA, R. (2001). *Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Forestal. E.T.S Ingeniero de Montes – Madrid (España).
- ❖ VALLEJO, V.R.; ALLOZA, J.A. (2004). *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*. Fundación CEAM, Valencia (España).
- ❖ VALLEJO, V.R. (1996). *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Fundación CEAM, Valencia (España).
- ❖ VARIOS AUTORES. (2003). *Diccionario forestal*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Madrid (España): Mundi – Prensa.
- ❖ VARIOS AUTORES. (2002). *Atlas forestal de Espala*. TRAGSA – Madrid (España).
- ❖ VARIOS AUTORES. (1992). *Hidrología forestal y protección de suelo. Técnicas y experiencias en dirección de obras*. Colección técnica. Madrid (España): ICONA.
- ❖ VARIOS AUTORES. (2003). *La ingeniería en los procesos de desertificación*. Tragsa Madrid (España). Tragsatec: Mundi – Prensa.
- ❖ WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. Agriculture Handbook, no. 537 – Washington.

ANEJOS

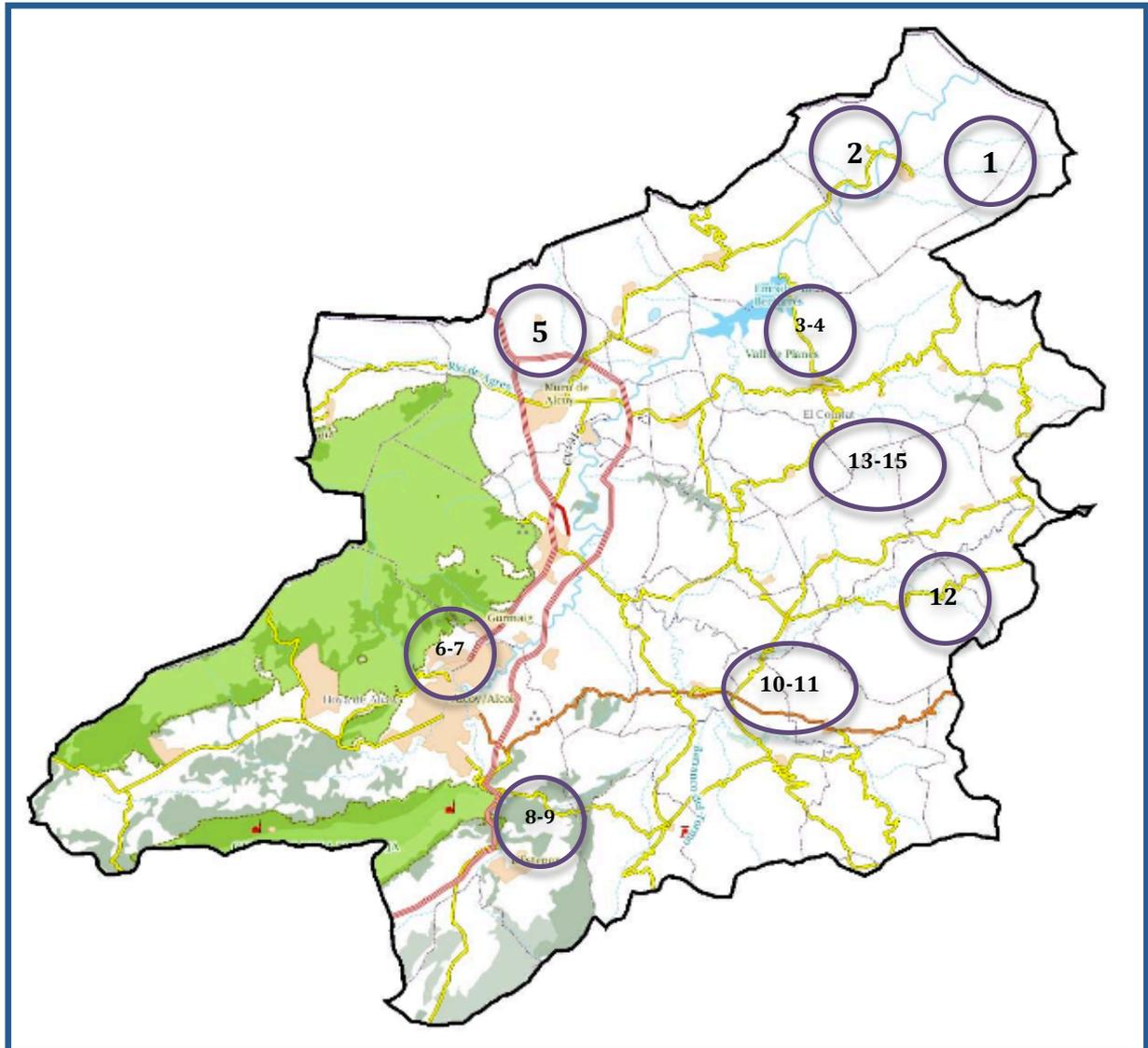
1. COLECCIÓN FOTOGRÁFICA

2. MAPAS

ANEJO I

COLECCIÓN FOTOGRÁFICA.

LOCALIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS DENTRO DE LA CUENCA DE ESTUDIO.



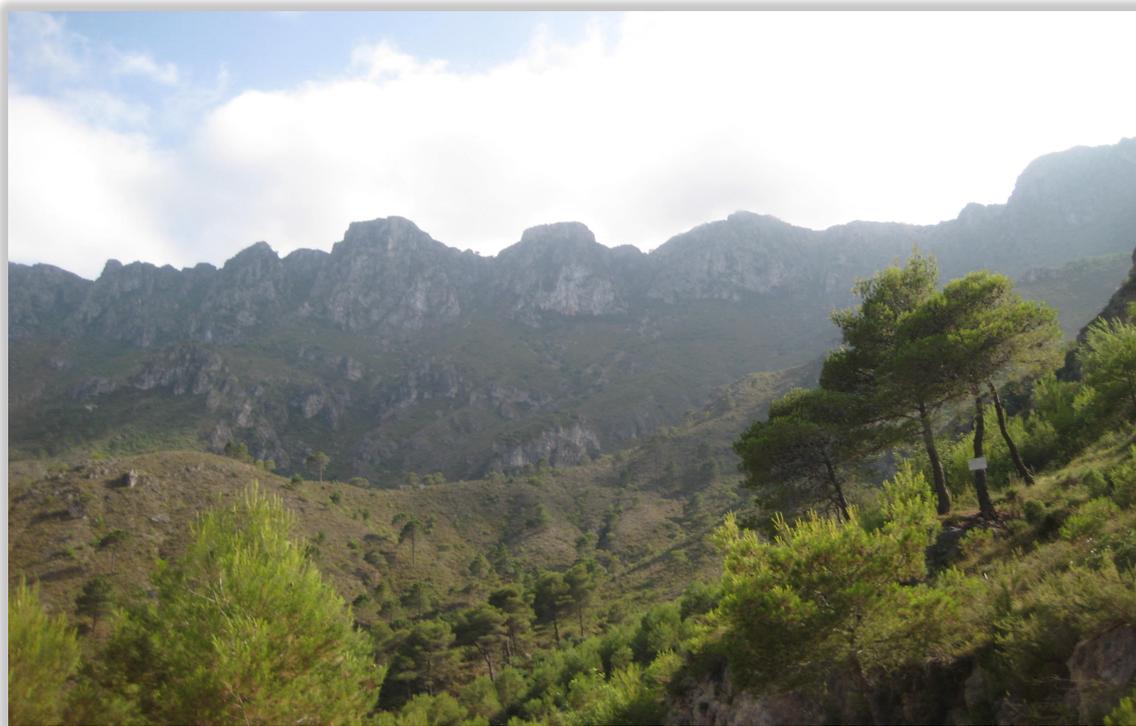


Imagen 1. Circo de la Safor



Imagen 2. Detalle de banales abandonados en zona baja de la cuenca



Imagen 3. Presa de Beniarrés



Imagen 4. Embalse de Beniarrés

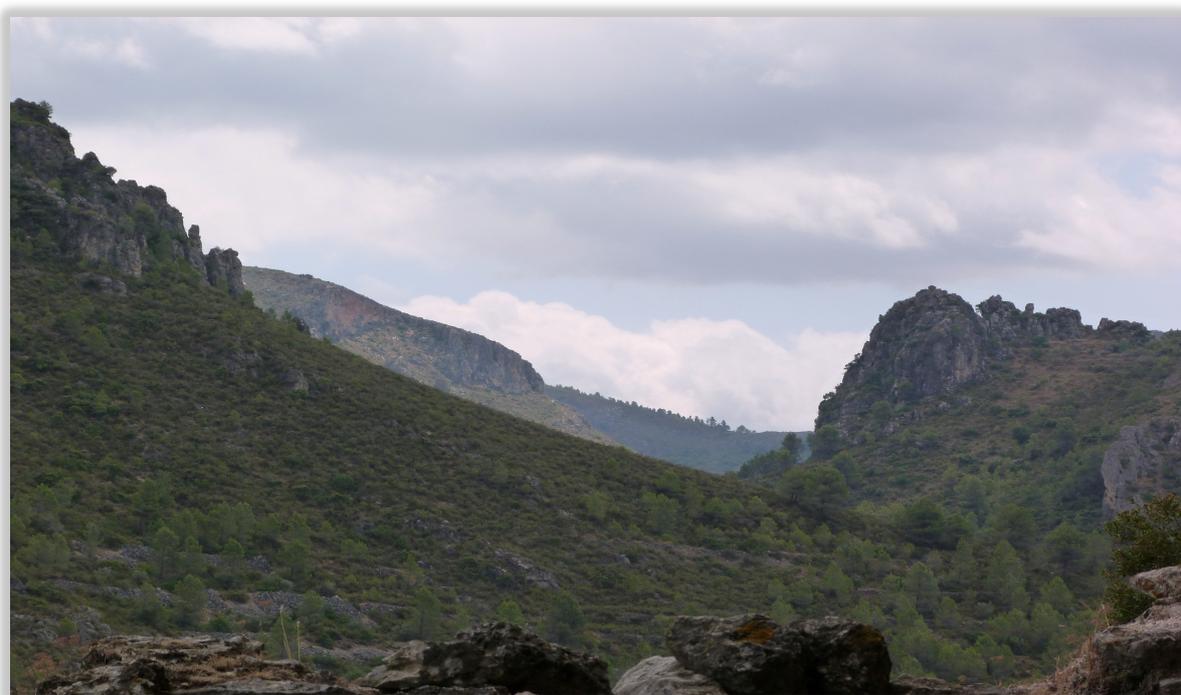


Imagen 5. Espacio protegido de la Solana de Benicadell



Imagen 6. Vegetación en el cauce del río Serpis a su paso por Alcoy



Imagen 7. Hidrotecnia de corrección y protección lateral del cauce a su paso por Alcoy



Imagen 8. Detalle de la vegetación de ribera, *Populus alba*



Imagen 9. Vegetación riparia



Imagen 10. Escasa vegetación en las laderas de la sierra de Beniloba.



Imagen 11. Pinares de *Pinus halepensis* en la población de Penáguila



Imagen 12. Detalla del Espacio Protegido Montañas de la Marina



Imagen 13. Lecho del río sin agua. Curso intermitente



Imagen 14. Detalle formación rocosa erosionada. Al fondo escasa vegetación de ladera



Imagen 15. Vegetación típica de la región mediterránea; matorral, monte bajo y pinar.

ANEJO II

MAPAS.

1. EMPLAZAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SERPIS
2. TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO
3. RED DE DRENAJE
4. MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)
5. PENDIENTES
6. LITOLÓGICO
7. USOS DE SUELO Y APROVECHAMIENTOS
8. MAPA FORESTAL
9. ESPACIOS PROTEGIDOS
10. PROPIEDAD FORESTAL
11. ÍNDICES DE PROTECCIÓN DEL SUELO POR LA VEGETACIÓN
12. PÉRDIDAS DE SUELO SEGÚN LA USLE
13. ORDENACION DE LA CUENCA SEGUN EL MODELO USLE
14. ORDENACION AGROHIDROLÓGICA SEGUN CRITERIOS DE MINTEGUI
15. ORDENACION DE LA CUENCA SEGUN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD (MOCS)