

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	CONCEPTOS GENERALES	2
1.1.1	<i>El concepto de ordenación y sus implicaciones.</i>	2
1.1.2	<i>La cuenca hidrográfica.</i>	4
1.1.3	<i>Antecedentes en la restauración hidrologico-forestal en la región mediterránea.</i>	12
1.1.4	<i>Planificación territorial y SIG</i>	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.3	TRABAJOS ANTERIORES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	16

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2	MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1	ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO	17
2.2	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	17
2.2.1	<i>Situación</i>	17
2.2.1.1	Localización geográfica.....	18
2.2.1.2	Caracterización general del río Guadalest y su cuenca.	20
2.2.2	<i>Geología</i>	23
2.2.3	<i>Clasificación de la litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.</i>	24
2.2.3.1	Descripción de los suelos	26
2.2.3.2	Capacidad de uso del suelo.....	29
2.3	CLIMA	31
2.3.1	<i>Elección de los observatorios meteorológicos</i>	31
2.3.2	<i>Clasificación climática</i>	33
2.3.2.1	Clasificación climática de Thorntwaite:	33
2.3.2.2	Clasificación agroclimática de J. Papadakis:.....	33
2.3.2.3	Índice de Martonne:	35
2.3.2.4	Índice de aridez de Gaussen:	35

2.3.2.5	Diagrama ombrotérmico.....	36
2.3.2.6	Índice de erosión potencial de Fournier:	37
2.4	VEGETACIÓN Y CULTIVOS.....	38
2.4.1	<i>Vegetación potencial</i>	38
2.4.2	<i>Vegetación actual y distribución de los usos del suelo</i>	42
2.4.2.1	Vegetación actual	42
2.4.2.2	Cultivos y usos del suelo	47
2.4.3	<i>Montes a cargo de la administración pública</i>	48
2.4.4	<i>Espacios protegidos</i>	49
2.4.5	<i>Mapa forestal</i>	50
2.5	CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.....	51
2.5.1	<i>Datos geográficos</i>	51
2.5.2	<i>Demografía y análisis de población</i>	52
2.5.2.1	Población	52
2.5.3	<i>Estructura económica</i>	55
2.5.3.1	Sector primario	56
2.5.3.2	Sector secundario.....	57
2.5.3.3	Sector terciario.....	58
3	HIDROLOGÍA FORESTAL.....	60
3.1	RESEÑA HIDROGRÁFICA.....	60
3.2	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	62
3.2.1	<i>Parámetros de forma</i>	62
3.2.1.1	Índice de compacidad de Gravelius.....	62
3.2.2	<i>Parámetros de relieve</i>	63
3.2.2.1	Curva hipsométrica.....	63
3.2.2.2	Altura media	64
3.2.2.3	Altitud media	65
3.2.2.4	Pendiente media.....	65
3.2.3	<i>Parámetros relativos a la red de drenaje</i>	66
3.2.3.1	Densidad de drenaje.....	66
3.2.3.2	Pendiente media del cauce principal	66
3.3	EROSIÓN EN LA CUENCA DE ESTUDIO.....	67
3.3.1	<i>Índices de relieve relacionados con la erosión</i>	68

3.3.1.1	Coeficiente de masividad.....	68
3.3.1.2	Índice de protección del suelo por la vegetación.....	69
3.4	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.	70
3.4.1	<i>Métodos de cálculo de factores USLE</i>	71
3.4.1.1	Factor de erosividad de la lluvia (R)	71
3.4.1.2	Factor de erosionabilidad (K)	72
3.4.1.3	Factor longitud-inclinación (LS)	74
3.4.1.4	Factor de cubierta vegetal C	74
3.4.1.5	Factor de prácticas de conservación P	75
3.4.2	<i>Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE</i>	76
3.4.3	<i>Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca</i>	78
3.5	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990).	80
3.6	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.	82
3.6.1	<i>Estudio de la problemática de la cuenca.</i>	84
3.6.2	<i>Establecimiento de los objetivos</i>	84
3.6.3	<i>Inventario y análisis del medio: cartografía temática</i>	86
3.6.4	<i>Estudio de la capacidad de acogida de las actividades</i>	87
3.6.5	<i>Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de conveniencia</i>	94
3.6.6	<i>Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación</i>	99
3.6.7	<i>Relaciones entre actividades</i>	102
3.6.8	<i>Propuesta de actividades para optimizar los objetivos</i>	103
3.6.8.1	Asignación de actividades	103
3.6.8.2	Actividades propuestas	104

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	106
4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	106

4.2	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SUPERFICIES DE ACTUACIÓN.....	108
4.2.1	<i>Comparación Modelo USLE y MOCS.....</i>	<i>108</i>
4.2.2	<i>Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y MOCS..</i>	<i>110</i>
4.2.3	<i>Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y modelo USLE.....</i>	<i>112</i>
4.3	ESTUDIO CUANTITATIVO DE LAS COINCIDENCIAS DE LOS MÉTODOS: CÁLCULO DEL ÍNDICE KAPPA.....	114
4.3.1	<i>Cálculo del índice Kappa</i>	<i>120</i>
4.4	DISCUSIÓN.....	123
4.4.1	<i>Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca del río Guadalest ..</i>	<i>123</i>

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

5	CONCLUSIONES	140
5.1	APORTES DEL TRABAJO	142
5.2	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	143

CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA

6	BIBLIOGRAFÍA	147
----------	---------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los suelos de la cuenca del río Guadalest.	28
Tabla 2. Estaciones termo-pluviométricas utilizadas.	32
Tabla 3. Estaciones termométricas utilizadas.	32
Tabla 4. Clasificación climática según Thornwaite.	33
Tabla 5. Clasificación climática según Papadakis.	34
Tabla 6. Clasificación según Martonne.	35
Tabla 7. Clasificación climática según el índice de aridez de Gaussen.	36
Tabla 8. Clasificación de valores de FMI.	37
Tabla 9. Índices climáticos para la zona objeto de estudio.	38
Tabla 10. Usos del suelo en la cuenca del río Guadalest.	48
Tabla 11. Montes de utilidad pública en la cuenca del río Guadalest.	49
Tabla 12. Especies forestales presentes en la cuenca según el Mapa Forestal de España.	50
Tabla 13. Municipios y superficies dentro de la cuenca del río Guadalest.	51
Tabla 14. Municipios considerados en la cuenca del río Guadalest.	52
Tabla 15. Evolución de la población en la cuenca del río Guadalest.	53
Tabla 16. Cultivos en los municipios de las zonas medias y altas de la cuenca.	56
Tabla 17. Cultivos en los municipios de las zonas bajas de la cuenca.	57
Tabla 18. Ganadería en la cuenca objeto de estudio.	57
Tabla 19. Comparativa entre contrataciones de los años 2006-2009	58
Tabla 20. Datos de partida para la realización de la curva hipsométrica.	64
Tabla 21. Índices de protección según tipo de vegetación.	70
Tabla 22. Factor K a partir de la litología de la zona objeto de estudio.	73
Tabla 23. Factor LS según valor de la pendiente.	74
Tabla 24. Valor del factor C para la cuenca objeto de estudio.	75
Tabla 25. Valores del Factor P dependiendo de la pendiente del terreno y tipo de práctica de conservación.	75
Tabla 26. Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de suelos.	77
Tabla 27. Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Guadalest.	77
Tabla 28. Pérdida de suelo por estrato de vegetación.	78
Tabla 29. Ordenación de usos según el modelo USLE.	79

Tabla 30. Superficies de los usos del suelo asignados según el modelo USLE.	80
Tabla 31. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora....	81
Tabla 32. Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agro- hidrológica con criterios de Mintegui Aguirre.	82
Tabla 33. Objetivos de la ordenación y actividades propuestas	85
Tabla 34. Matriz de capacidad de acogida de actividades.....	89
Tabla 35. Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades	95
Tabla 36. Adecuación del medio para la realización de actividades	99
Tabla 37. Clases de Adecuación establecidas	99
Tabla 38. Compatibilidad entre actividades.	103
Tabla 39. Superficies de adecuación para las actividades propuestas.	104
Tabla 40. Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca.....	105
Tabla 41. Resultados de la ordenación según modelo USLE.....	107
Tabla 42. Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990) ...	107
Tabla 43. Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad	107
Tabla 44. Superficies de superposición Modelo USLE y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km ²).....	109
Tabla 45. Superficies de superposición Metodología según criterios de Mintegui y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km ²).....	111
Tabla 46. Superficies de superposición Metodología con criterios de Mintegui (1990) y Modelo USLE (km ²).....	113
Tabla 47. Bloques de actuaciones asimilables entre Metodologías.....	114
Tabla 48. Comparación MOCS con USLE (km ²)	116
Tabla 49. Comparación MOCS con Mintegui (km ²).....	117
Tabla 50. Comparación USLE con Mintegui (km ²).....	118
Tabla 51. Asimilación de actividades.....	124
Tabla 52. Superficies resultantes con las nuevas actividades propuestas.....	127
Tabla 53. Coincidencia entre actividades	128
Tabla 54. Coincidencia de actividades en la metodología propuesta	129
Tabla 53. Superficies resultantes en la metodología propuesta.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de una cuenca hidrográfica.....	6
Figura 2. Situación geográfica de la cuenca del río Guadalest.....	18
Figura 3. Límites de la cuenca del río Guadalest..	19
Figura 4. Nacimiento del río Guadalest y ubicación del Rincón del Olvido.....	20
Figura 5. Detalles de la cabecera del río Guadalest.....	21
Figura 6. Detalles de los abarrancamientos en la Sierra de Aitana.	22
Figura 7. Embalse del río Guadalest.....	22
Figura 8. Clasificación de las litofacies según su repercusión en los estados erosivos.	26
Figura 9. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.....	32
Figura 10. Diagrama de Gausson para Callosa d'En Sarriá.	36
Figura 11. Diagrama de Gausson para Alcoleja.	37
Figura 12. Clasificación de regiones fitoclimáticas.	42
Figura 13. Clasificación de regiones fitoclimáticas en la cuenca del río Guadalest.	42
Figura 14. Vegetación arvense en la cuenca del río Guadalest.	46
Figura 15. Lugares de Interés Comunitario..	50
Figura 16. Desempleo por sector de actividad.	55
Figura 17. Márgenes del río Guadalest en su curso alto.....	60
Figura 18. Vegetación de ribera en las proximidades del embalse de Guadalest.....	61
Figura 19. Desembocadura del río Guadalest en el embalse.....	61
Figura 20. Cultivos de nísperos y frutales en la zona baja del curso del río Guadalest.	62
Figura 21. Desembocadura del río Guadalest en el río Algar y presa.	62
Figura 22. Curva hipsométrica. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 23. Erosión potencial en la cuenca de estudio.....	67
Figura 24. Erosión actual en la cuenca de estudio.....	68
Figura 25. Pérdidas de suelo en la cuenca del río Guadalest.....	77
Figura 26. Ordenación de la cuenca según USLE.....	80
Figura 27. Ordenación de la cuenca según Mintegui Aguirre.....	82
Figura 28. Capacidad para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	91
Figura 29. Capacidad para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva.....	92
Figura 30. Capacidad para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	92

Figura 31. Capacidad para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés	93
Figura 32. Capacidad para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.....	93
Figura 33. Conveniencia para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	96
Figura 34. Conveniencia para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva.....	96
Figura 35. Capacidad para la actividad 4: Restauración de riberas.....	97
Figura 36. Conveniencia para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.	97
Figura 37. Conveniencia para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés.	98
Figura 38. Conveniencia para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.	98
Figura 39. Adecuación para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	100
Figura 40. Adecuación para la actividad 2 Completar espesura en masas con espesura defectiva.....	100
Figura 41. Adecuación para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.	101
Figura 42. Adecuación para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés.	101
Figura 43. Adecuación para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola	102
Figura 44. Adecuación para actividades compatibles. Ordenación de la cuenca según MOCS.....	105
Figura 45. Interpretación del índice Kappa.	122
Figura 46. Metodología USLE adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.	125
Figura 47. Metodología de Mintegui adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.	126
Figura 48. MOCS adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.	126
Figura 49. Criterios propuestos a tener en cuenta en la ordenación de cuencas.....	131
Figura 50. Ordenación según metodología propuesta.	131
Figura 51. Comparativa de metodologías adaptadas y ordenación final propuesta.	132

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1 Introducción

La humanidad ha mostrado a lo largo de su evolución la tendencia a modificar los ecosistemas terrestres.

Conforme las poblaciones han crecido, se ha expandido el potencial de la tecnología, lo que ha producido que los alcances y naturaleza de estas modificaciones hayan cambiado drásticamente. Los seres humanos han formado paisajes a sus necesidades socioeconómicas, siendo los ecosistemas y paisajes rurales alguno de los resultados del uso y aprovechamiento de los recursos naturales. Los cambios realizados sobre los ecosistemas naturales dieron como resultado una reducción de la complejidad de éstos dirigidos a la obtención de pocos productos, es decir, hacia la “monofunción” en contraposición a los servicios múltiples que puede ofrecer los ecosistemas.

El manejo de los ecosistemas puede ser visualizado con una filosofía de gestión que contemple tanto la protección de los hábitats naturales como el ambiente para las actividades humanas productivas. Adicionalmente la planificación del territorio es considerada un parte básica del manejo de los ecosistemas. La estrecha relación entre territorio y uso del suelo necesita incluir políticas de planificación rural para su desarrollo armónico.

La ordenación y planificación territorial no es una actividad sencilla y simple, ya que se basa sobre el tratamiento de áreas que presentan características diferentes en términos ecológicos, económicos y sociales con componentes complejos que interactúan y se interrelacionan. Generalmente, muchos territorios están hoy caracterizados por ciertos problemas y deficiencias como el desequilibrio (concentración/congestión en unas áreas, desertificación en otras), la degradación ecológica, el despilfarro de recursos naturales, la ignorancia de los riesgos naturales en la localización de actividades, la mezcla y superposición desordenada de usos, las deficiencias en la accesibilidad a la explotación de recursos y en la accesibilidad de la población a los lugares de trabajo, las dificultades para establecer los equipamientos y servicios públicos adecuados, los conflictos entre actividades y sectores y la falta de coordinación entre administraciones públicas (Gómez Orea, 2002). Durante muchas décadas, ciertos aspectos territoriales han estado

guiados más por el interés privado y por el libre mercado que por una intención previsor y planificadora. Esa es la primera justificación de la OT: actuar como método planificado para solucionar los desórdenes territoriales provocados por un incorrecto desarrollo. Además, también ha sido muy frecuente que los aspectos de organización territorial derivasen de la planificación sectorial (ambiental, infraestructural, hidráulica, agrícola, turística, etc.), que sólo tiene una visión parcial del territorio. Esta sería la segunda justificación de la OT: superar el enfoque sectorial y actuar de forma global e integrada sobre el territorio (Gómez Orea, 2002).

Por ello se plantea la necesidad de planificar la utilización de los recursos naturales en el marco de los objetivos que contempla el desarrollo sostenible satisfaciendo necesidades presentes y teniendo en cuenta las oportunidades ofrecidas hacia futuras generaciones.

La Ordenación del Territorio conceptualmente implica una metodología planificada de abordaje y prevención de problemas relacionados con desequilibrios territoriales, la ocupación y uso desordenado del territorio y las externalidades que provoca el desarrollo ligado al crecimiento económico. Como todo sistema, el territorial requiere de elementos de regulación que deben ser cubiertos por el sistema de planificación y gestión, los cuales están insertos en el proceso de ordenación territorial. (Gómez Orea, 1992).

1.1 *Conceptos Generales*

1.1.1 El concepto de ordenación y sus implicaciones.

Según Pujadas y Font, la Ordenación del Territorio ha sido definida por diversos autores, aunque es posible que ninguna de estas aproximaciones resultaran plenamente satisfactorias; sin embargo elementos comunes se desprenden de ellas, planteándose tres interrogantes que pueden servir como orientadores a la hora del seguimiento de un proceso de Ordenación del Territorio (Pujadas y Font, 1998), ellas son:

- ¿Qué se ha de ordenar?
- ¿Para qué se ha de ordenar?
- ¿Cómo se ha de ordenar?

La Ordenación del Territorio es la proyección en el espacio de las políticas social, ambiental, cultural y económica de una sociedad, cuyas estrategias implican usos y aprovechamientos del suelo (Gómez Orea, 1994), es decir que las actitudes de la sociedad, representadas por las políticas, se reflejarán en el territorio donde dicha sociedad se desenvuelve.

También, es una disciplina científica, una técnica administrativa y una política entrelazada en un enfoque interdisciplinario y global con el objetivo de desarrollo equilibrado y organización del espacio según una dirección establecida.

La ordenación es la acción y efecto de ordenar, lo cual implica el reconocimiento de un desorden previo de partes y elementos que integran el territorio, conformado a partir de la acción antrópica sobre el medio (Bielza de Ory, 2008). Ordenar el territorio implica distintas actuaciones (sobre todo de relocalización) encaminadas a corregir desórdenes territoriales: de tipo socioeconómico, de tipo físico-ecológico. En líneas generales, y para el mismo autor, la ordenación del territorio (OT) es un concepto que se emplea para el doble objetivo de:

- lograr un desarrollo territorial equilibrado;
- gestionar de modo sostenible los usos del suelo.

Esa función pública requiere, por ello, tres enfoques de análisis e intervención: el científico, el técnico y el político.

La OT se podría definir también como la voluntad, expresada desde los poderes públicos, de introducir un componente de racionalidad en la disposición de los elementos que conforman el orden territorial. Su objetivo es evitar o minimizar las consecuencias indeseadas y favorecer los procesos de puesta en valor del territorio (Galiana y Vinuesa, 2010).

La Ordenación del Territorio además implica un proceso de elección entre diversas posibilidades que deben ser valoradas convenientemente en función de los intereses de los sectores involucrados. En este proceso se diferencian tres requisitos (Pujadas y Font 1998):

- **Usos Alternativos:** supone un conocimiento sobre los agentes implicados que intervienen en el territorio.
- **Criterios Sobre los Usos más Adecuados:** implica una jerarquización de las preferencias y elección de alternativas en conformidad más idóneas.
- **Poder Político para Impulsar la Alternativa Escogida:** respuesta de la política territorial y de los instrumentos públicos para hacer realidad las decisiones.

La Ordenación del Territorio implica realizar permanentemente valoraciones. El análisis territorial se realiza a partir de disciplinas científicas con incumbencia territorial utilizando herramientas de análisis que definen valoraciones, sin embargo también intervienen, a la hora de definir alternativas, juicios de valor enmarcados en un marco ideológico, político y sociocultural que exceden metodologías científicas objetivas para la toma de decisiones.

En este proceso las consideraciones respecto a los análisis, valoraciones y decisiones han ido cambiando a lo largo del tiempo, así situaciones que antes no eran contempladas como problemas territoriales hoy se han convertido en aspectos destacados; se mencionan entre ellas el tema de las economías regionales retrasadas, el vaciamiento de centros poblados hacia las zonas periféricas, la inclusión de temas medioambientales, etc. (Recalde y Zapata, 2007).

1.1.2 La cuenca hidrográfica.

Más de la mitad de la población mundial depende directamente de las cuencas hidrográficas para obtener agua para producir alimentos, generar electricidad y, lo principal, para beber. Pero en los últimos 30 años estas cuencas hidrográficas de las zonas de cabeceras sufren cada vez más presiones.

Las cuencas hidrográficas dañadas representan graves problemas para el medio ambiente y la población, tanto en zonas de cabecera como en las partes bajas de las mismas. Las cuencas hidrográficas degradadas son una de las principales limitaciones para el desarrollo sostenible. La iniciativa de ordenación de cuencas hidrográficas se esforzará por atender la necesidad de una gestión y explotación cuidadosas de las cuencas hidrográficas.

La noción de cuenca hidrográfica aparece como una expresión de la concepción hidrológica que dio origen al término. Se deriva de la significación del agua como recurso natural fundamental que condiciona la vida de todos los ecosistemas y satisface exigencias del conjunto de actividades, no sólo físico-bióticas, sino de orden social, cultural, económica y administrativa, en una unidad territorial considerada.

Al analizar los conceptos sobre cuencas hidrográficas expresados por Hernández (1987), Chow et al. (1994), Guevara y Cartaya (1991), Sheng (1992) y Prieto (2004) se puede señalar que involucran ciertos criterios, rasgos y elementos:

- Un territorio o área de superficie delimitada por una divisoria topográfica, denominada divisoria de aguas.
- Un colector, cauce o drenaje principal que capta la escorrentía y sirve de colector común a un conjunto de afluentes o drenes.
- Un colector principal y cauces afluentes producto de la cantidad de precipitación que cae y es captada por la unidad de territorio (cuenca) en un tiempo dado.
- Se considera la noción de “aguas arriba” o el área de captación de la precipitación (lluvia o nieve) con capacidad para producir escorrentía que drena hasta un punto de referencia. La noción de “aguas abajo” configura el área de influencia por donde circula el agua de escorrentía desde el punto de referencia anterior.
- Prevalece una concepción esencialmente hidrológica, dominada por el conocimiento de aquellos elementos componentes del subsistema físico-natural, que encuentra en el cauce principal y sus tributarios el hilo conductor del conocimiento y aplicaciones. Ello se explica en parte a la influencia de los vocablos que dieron origen al concepto y al requerimiento de quienes más hicieron uso de la información: los hidrólogos.
- En las definiciones de Sheng (1992) y Prieto (2004), así como las aportadas por otros autores, se observa una noción amplia sobre la cuenca hidrográfica al plantearse como sistema que integra aspectos de orden económico-social, político-institucional, además del consabido físico-natural.
- Las características geobiofísicas de una cuenca hidrográfica tienden a formar sistemas hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos relativamente coherentes,

que al relacionarse e integrarse con los subsistemas de orden social, conforman unidades estratégicas objeto de ordenación, gestión o de manejo.

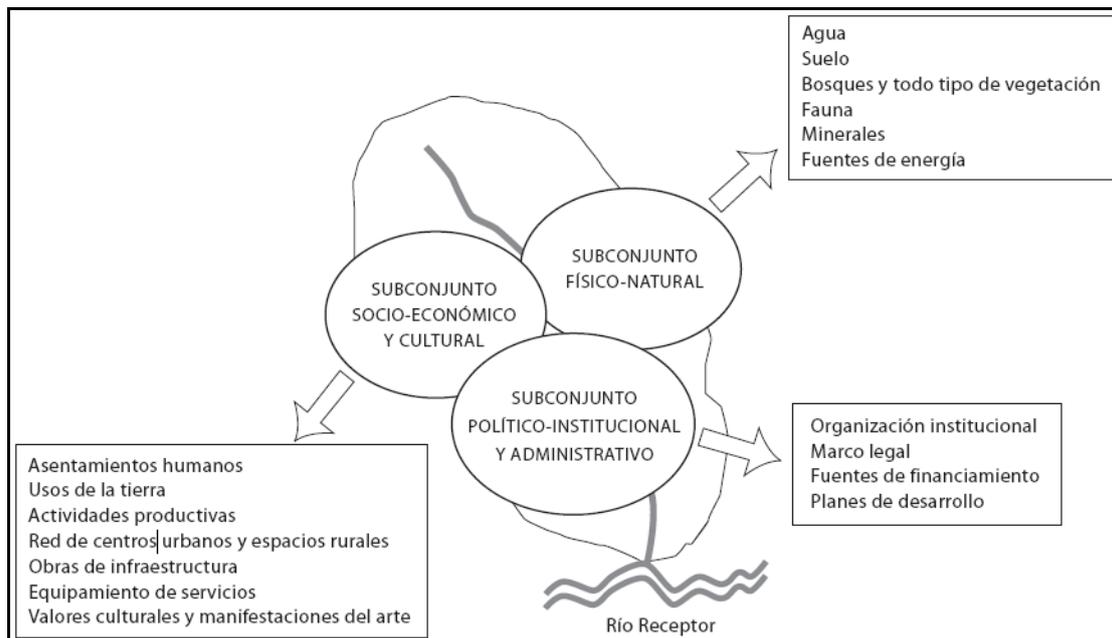


Figura 1. Componentes de una cuenca hidrográfica.

Las cuencas vertientes de montaña constituyen unidades de estudio y gestión. Lo primero porque en ellas se pueden analizar los ciclos del agua y de los sedimentos enmarcados directamente en su territorio, que adquieren la máxima relevancia cuando sucede el fenómeno del geo-dinamismo torrencial, causado por las precipitaciones torrenciales extremas entre otros fenómenos. Lo segundo porque la cuenca se encuentra normalmente poblada y sus habitantes necesitan de sus recursos para desarrollarse.

Son propósitos generales relacionados con la calidad de vida de la población, el desarrollo económico sostenible, la organización de los usos del territorio y la continuidad del potencial de recursos naturales, entre otros de:

- *Mejorar la calidad de vida de la población.* Se concibe en términos de satisfacer necesidades fundamentales de la población para asegurar su existencia, permanencia y trascendencia.
- *Propiciar el desarrollo económico sostenible.* Significa el crecimiento sostenido de la economía en general y de las actividades productivas, sin afectar irreversiblemente a la base de los recursos naturales.

Implica promover cadenas de producción, generar riqueza a través de un manejo eficiente de los medios y factores de producción; todo ello enmarcado en el principio del beneficio recíproco, del desarrollo endógeno pero sin obviar las oportunidades que ofrecen las relaciones externas.

La ordenación orienta las condiciones espaciales donde se desenvuelven las unidades y sistemas de producción y es particularmente útil a los requerimientos del desarrollo sustentado en procesos y productos de preferencia local y nacional, donde la cuenca es un marco adecuado para promover oportunidades ciertas. Crecimiento económico sostenible y ordenación de una unidad territorial están indisolublemente vinculados al dominio de procesos tecnológicos, a la organización y capacitación de los productores, factores claves en las actuaciones de la sociedad al servicio del desarrollo integral.

- *El manejo sustentable de recursos naturales y calidad ambiental.* Los recursos naturales son fuentes de vida e insumos primarios para la producción de bienes y servicios. La continuidad del potencial natural es uno de los propósitos que orienta la ordenación de una cuenca, para ello es estratégico la conservación, preservación y aprovechamiento adecuado del agua, del aire, el suelo, la vegetación y la fauna, de los recursos energéticos y minerales, en el marco de la protección de ecosistemas estratégicos. Agua-suelo-vegetación son la triada del hilo conductor del proceso y su objetivo primario. Se trata además de que la gente viva en un ambiente sano, seguro y confortable, donde el consumo de los recursos naturales y la intervención de ecosistemas estratégicos puedan continuar en el tiempo sin que se afecte de manera irreversible su stock de existencia.
- *Organización armónica del territorio de la cuenca y asignación de usos adecuados.* Se trata de ordenar eficientemente la cuenca para armonizar su ocupación y usos, de manera que se puedan prever los efectos que provoca la localización de las actividades económicas y sociales, en un todo conforme con las nociones de capacidad, de sustentabilidad y de viabilidad de uso. En la concepción de la organización armónica del territorio de una cuenca entra en consideración la mejor localización de las actividades productivas articuladas a los usos recomendables de la tierra, la jerarquización y funcionalidad de la red de centros poblados, el espacio rural circundante, la dotación de infraestructuras de servicios, teniendo especial cuidado sobre las condiciones y atributos del

medio físico-natural y de los recursos naturales; sin obviar los valores culturales y las competencias de las instituciones del Estado (Ovalles *et al.*, 2008).

El esquema de ordenación de una cuenca, con territorio ocupado por asentamientos urbanos, industriales o por grandes infraestructuras del transporte, supone un análisis para definir las características de cada una de las partes en el orden natural, físico, ambiental y socioeconómico, calificativas de su utilización actual; un estudio vocacional, revelador de sus aptitudes de uso y de las preferencias de su destino al cumplimiento de imperativos sociales o de obligadas exigencias económicas, analizando las potencialidades y capacidades de uso en la cuenca.

La incidencia de la actividad humana en el ecosistema del que forma parte, conlleva: cambios en el uso del suelo, si las diferentes actividades y aprovechamientos se realizan de forma sostenible sobre los recursos naturales renovables sosteniéndose en el tiempo, pero si el aprovechamiento es mayor que las potencialidades del territorio se produce el agotamiento de recursos y contaminación.

La ordenación de cuencas debe concebirse en lo posible como el preámbulo del proceso de planificación. Este proceso debe abarcar la definición de la vocación del territorio y mediante el inventario de los recursos, su análisis y diagnóstico y la selección de los distintos instrumentos eficaces se persigue la obtención de los objetivos establecidos. La realidad a estudiar deberá comprender con sentido de integrabilidad los aspectos naturales, físicos, bióticos, económicos, sociales institucionales y políticos, ya que éstos se condicionan e influyen unos sobre otros. En consecuencia, la evaluación será factible sólo si están claramente señaladas las potencialidades y capacidades del medio y los objetivos que se persiguen así como las estrategias para alcanzarlos. Con estas directrices, además de indicadores económicos, tales como el coeficiente beneficio/coste, resultan indispensables criterios de evaluación derivados de la consideración de objetivos múltiples.

La necesidad de la ordenación de una cuenca surge de la consideración de su problemática general, sus potencialidades y su problemática hidrológica.

El agua y el suelo constituyen los principales recursos que dispone la cuenca, que a su vez son los más necesarios para la población. Por tanto, para asegurar el aprovechamiento eficaz de ambos recursos, se debe atender al comportamiento físico de los mismos dentro de la cuenca y en función del mismo establecer su ordenación.

Las precipitaciones en la cuenca constituyen la base del recurso hídrico y abastecimiento de agua (riegos, abastecimiento urbano, etc.). La repetición de las precipitaciones entre escorrentías superficiales e infiltraciones profundas de recarga de acuíferos enmarca una problemática general de cada cuenca en los que pueden existir situaciones de predominio de escorrentías superficiales, que generan erosión de suelos, avenidas, inundaciones y dañan a infraestructuras o pueden predominar situaciones de infiltración, transformando escorrentías en dotaciones hídricas del suelo y subsuelo.

En definitiva, los eventos torrenciales, tanto ordinarios, como extraordinarios causan pérdidas de suelo y de cosechas y por tanto reducen los recursos naturales de la cuenca y empobrece a sus habitantes, especialmente cuando no se adoptan medidas para controlar dichos efectos y la cuenca entra en un proceso paulatino de deterioro.

Como se ha mencionado anteriormente, las pérdidas de suelo están estrechamente relacionadas con la lluvia, desde el desprendimiento por salpicadura a la contribución de la misma escorrentía. Así pues, el fundamento de la erosión hídrica descansa en el ciclo hidrológico, es decir, en todos los caminos que sigue el agua desde su incidencia en la cobertura vegetal y posterior movimiento sobre la superficie del suelo.

La erosión hídrica está íntimamente relacionada con la precipitación en forma de lluvia; según Hudson (1982), el factor que más influye en la erosión hídrica es la precipitación media anual. En las regiones de escasas lluvias la erosión hídrica es pequeña y cuando cae una pequeña precipitación es retenida por la vegetación, obviamente necesitada de agua. En el extremo opuesto, las regiones que tienen precipitaciones anuales por encima de los 1.000 mm suelen dar lugar a una densa vegetación forestal. Esto supone una protección al suelo mediante la interceptación, lo que implica la reducción de la erosión hídrica en todas sus manifestaciones. La erosión más severa se asocia con las precipitaciones medias, cuando la vegetación natural está alterada, y cuando se ha talado el bosque.

Según Morgan (1995), las investigaciones que relacionan las pérdidas de suelo con el clima muestran que la erosión alcanza un valor máximo en zonas de precipitación efectiva media anual de 300 mm. Áreas donde no pueden existir formaciones boscosas por la escasez de lluvia.

Se estima que 115 millones de hectáreas o 12% de la superficie total de Europa la zona están sujetos a la erosión hídrica (CEC, 2006), lo que lleva a las pérdidas de cerca de 53 euros por hectárea y año en las zonas agrícolas. La principales problemas para los suelos de la Unión Europea son la contaminación y las pérdidas debidas a la erosión del suelo cada vez mayor (Boardman y Poesen, 2006). Se cree ampliamente que los recursos del suelo de Europa continúan deteriorándose, probablemente como resultado de cambios en el clima, del uso de la tierra y de las actividades humanas en general (Gobin et al, 2004;. Toth et al, 2007).

Los procesos de erosión del suelo por el agua son el resultado de una perturbación del equilibrio entre el clima, el terreno y uso de la tierra, reduciendo la productividad del suelo y contribuyendo a la acumulación de sedimentos y agroquímicos en las vías fluviales. Así, la erosión prolongada causa la pérdida de suelo en el tiempo, y reduce las funciones ecológicas del suelo, tales como la producción de biomasa y la capacidad de filtrado (Gobin et al., 2004).

Se han desarrollado distintos métodos de planificación y gestión de cuencas hidrográficas con el fin de reducir la pérdida de suelo y, como consecuencia, los sedimentos que se transportan a las redes de drenaje (Amore et al., 2004).

Fullen (2003) sugiere que los servicios de conservación de suelos en el Europa (similar a los EE.UU.) deben tener "un enfoque participativo" en la conservación del suelo y deben ser aprobadas con la participación de los agricultores y todos los interesados. Asimismo debe existir un costo compartid entre el gobierno y los agricultores en los procesos de conservación.

La erosión se extiende por una amplia gama de escalas espaciales, que representa un argumento sencillo para su estudio científico, entre las que podemos encontrar, la escala de campo para el interés de el agricultor individual, nivel de las cuencas de los

problemas a nivel comunitario, y las escalas regional y nacional para los intereses de responsables de las políticas (Kirkby et al., 1996). Poco se ha hecho hasta ahora en la interacción entre la erosión del suelo por un lado, y los parámetros socio-económicos y políticos en el otro lado a escala europea (Veihe et al., 2003). En cuanto a las políticas que afectan las tasas de erosión del suelo, los estudios de dentro de la UE son limitados, aunque existen distintas políticas comunitarias que contribuyen a la protección del suelo.

Así pues, 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. Consecuentemente, en las cuencas con ecosistemas degradados se deberá plantear como objetivo primario la restauración de los mismos.

En este sentido, 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 (USLE).

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 de intensidad de 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 restauración y gestión.

El procedimiento de cartografía de la erosión más empleado (Icona, 1986), está inspirado en la generalización de los factores de erosión de la ecuación universal de pérdidas de suelo.

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. (Rojo, 1995)

1.1.3 Antecedentes en la restauración hidrológico-forestal en la región mediterránea

La Carta Europea de los Suelos pone de manifiesto todas estas circunstancias, al señalar que: “Son necesarios un mayor esfuerzo de investigación científica y una colaboración interdisciplinaria para asegurar la utilización racional y la conservación de los suelos”.

En el área mediterránea, el agricultor está dejando de cultivar aquellas parcelas que tienen una baja productividad y que, por regla general, coinciden con zonas de pendientes acusadas y suelos ralos totalmente desprotegidos, favoreciendo los procesos de erosión y facilitando la desertificación del territorio. Por lo tanto se hace necesaria una planificación y gestión que evite el abandono indiscriminado de tierras de cultivo y sus consecuencias dañinas para una región, Comunidad Autónoma o país.

En las áreas de montaña o de cabecera de dichas cuencas de embalses que existían problemas que requerían las clásicas medidas de corrección de torrentes, resultaba lógico que éstas se aplicaran como tales. Pero amplias superficies de estas cuencas eran eminentemente agrícolas y otras, que por sus pendientes no debieran serlo, estaban en aquellas fechas cultivadas, en la mayoría de los casos sin ninguna medida de conservación de suelos.

Era evidente que el uso al que se les dedicaba a estos últimos terrenos no era el adecuado y que los mismos debían ser transformados en cubiertas vegetales permanentes, si se quería garantizar la viabilidad temporal de las nuevas infraestructuras hidráulicas. Por esta razón, en algunos de estos terrenos (los de pendientes más elevadas, superiores al 30 %) y en otros cubiertos de matorral escaso de iguales pendientes, se proyectaron repoblaciones forestales, al amparo de los proyectos de restauración hidrológico-forestal.

Pero para poder llevar a cabo estas repoblaciones forestales en unos terrenos con cultivos ocasionales (en aquella España anterior a 1960) había que expropiarlos, lo que obligaba justificarlo, aunque resultara evidente a simple vista que los mismos estaban

sometidos a una erosión acelerada. Para aquellas fechas estaban publicadas las primeras clasificaciones agrológicas de tierras en Estados Unidos (Bennet, 1939), que delimitaban los terrenos destinados al cultivo de los que se debían reservar a cubiertas permanentes; pero con la aplicación de dichas clasificaciones en la España del momento, se hubieran reducido las superficies de cultivo más de lo que socialmente era recomendable, sin convencer a nadie de la utilidad de dicha medida. Con este escenario de fondo García Nájera estableció y publicó su ecuación de la pendiente máxima admisible en cultivos (1954) y pastizales (1955), a fin de demarcar las zonas que debían ser destinadas a vegetación permanente, preferentemente arbolada, para que quedaran de este modo defendidas de la erosión hídrica acelerada, protegiendo al mismo tiempo todas las áreas situadas aguas abajo. El desarrollo posterior de estas ecuaciones permitió a López Cadena de Llano y Blanco Criado (1968) la publicación de un texto en el que establecieron los índices de protección del suelo por la vegetación, cuyo contenido implícito se interpretó durante mucho tiempo como el criterio para establecer las zonas prioritarias para la repoblación forestal en cuencas vertientes necesitadas de restauración hidrológico-forestal.

Lo que se acaba de exponer permite constatar el peso que comenzó a adquirir el uso del suelo en la restauración hidrológico-forestal de una cuenca vertiente, que se incrementa conforme aumenta la superficie de la cuenca, hasta llegar a representar uno de los aspectos más determinantes a la restauración. Ello ha derivado en que en muchas ocasiones se ha llegado a desvirtuar el concepto original e integrador de la restauración de las cuencas de montaña (o de las cuencas hidrográficas en general), hasta reducirlo a un aspecto particular de la defensa del suelo contra la erosión, es decir, a tratarlo como una práctica más de conservación de suelos; como si aparentemente el problema se redujera a una clasificación de los suelos en aptos o no aptos para el cultivo dependiendo de su naturaleza y del gradiente que presenta el terreno.

Esta es una idea que ha creado mucha confusión y que incluso hoy proporciona dificultades para definir el auténtico problema; cuando la agricultura europea tiene excedentes y no es rentable cultivar los terrenos en pendiente.

Sin embargo, hay que mencionar que la repoblación de los terrenos de fuertes pendientes, no sólo contribuye a reducir la erosión hídrica en los mismos, sino que mejora también sus condiciones hidrológicas.

Además, la restauración hidrológico-forestal bien entendida trasciende de las medidas convencionales de conservación de suelos, que evidentemente son necesarias en los terrenos cultivados que se ubican dentro de la cuenca. Se podría decir que la misión de la restauración hidrológico-forestal es tratar de poner hidrológicamente a punto la cuenca, para de este modo controlar el ciclo del agua y defender al suelo de la erosión.

1.1.4 Planificación territorial y SIG

La planificación territorial es un proceso estratégico orientado al futuro, cuyo objetivo es la toma de decisiones basado en criterios racionales. Además, es un proceso comprehensivo, consistiendo en la integración de las reclamaciones de espacio por los diferentes sectores de gestión. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) forman un campo interdisciplinario que reúne muchas áreas diversas como ciencia de la computación, geografía, cartografía, ingeniería, planificación territorial (Adam y Gangopadhyay, 1997). Puesto que los SIG pueden ser considerados como una rama de la ciencia aplicada con el fin de integrar y analizar información espacial, estos mismos, hasta cierto nivel pueden ser herramientas muy poderosas para sostener este tipo de planificación. SIG tienen características particulares que los hacen muy aptos para ser aplicados en un proceso de planificación territorial, entre otros (Burrough y MacDonnell, 1998):

- Tiene un carácter integrador que se puede aplicar a diferentes datos sectoriales.
- Se puede aplicar para buscar relaciones y cohesión entre diferentes capas de información espacial.
- La información procesada siempre está relacionada con el territorio.
- Bases de datos espaciales bien estructuradas propician la planificación espacial.
- Contiene modelos y análisis espaciales poderosos que favorecen a la planificación espacial.
- Su facilidad de sobreponer y enfrentar capas de información y trabajar a varios niveles de detalle de manera jerárquica, coincide con la práctica de la planificación espacial.

- Su agilidad de editar y adaptar datos propicia flexibilidad en el proceso de planificación.

Así pues, en la actualidad, se hace impensable la realización de cualquier tarea de ordenación sin el apoyo de un SIG, de ahí y considerando todas las ventajas que un SIG ofrece, en el presente trabajo se propondrán los resultados de la ordenación de una cuenca hidrográfica para tres metodologías de ordenación distintas, todas ellas implementadas en SIG, en concreto del software ArcGis 9.2.

1.2 Objetivos

La cuenca del Río Guadalest, se sitúa en los términos municipales de Callosa d'En Sarriá, El Castell de Guadalest, Benimantell, Benifato, Confrides, Beniardà, La Nucía, Polop, Alfàs del Pi y Altea, dentro de la provincia de Alicante.

Presenta unas características comunes a los cursos de la Comunidad Valenciana, con regimenes intermitentes, pendientes acusadas, cubierta vegetal escasa y, como consecuencia de esto, actividad torrencial con fenómenos erosivos, que van degradando la cuenca.

El **objetivo general** del presente Trabajo de Fin de Máster es el *estudio del estado del arte* en el ámbito de la ordenación de cuencas, para determinar las posibles debilidades y fortalezas de diversas metodologías 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, mediante el *análisis y la comparación de diferentes metodologías de ordenación de cuencas*.

Se realizará un estudio comparativo de las metodologías de ordenación según la USLE, de ordenación basada en los criterios de ordenación de Mintegui (1990) y de la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad (MOCS) en la cuenca del río Guadalest, que se considera representativa de las características que definen la problemática general y el régimen hidrológico de las cuencas del ámbito del mediterráneo.

Este objetivo general se concreta en los siguientes **objetivos específicos**:

- Identificar y analizar las tres metodologías que se vienen empleando para la ordenación de cuencas hidrográficas en el ámbito mediterráneo.
- Aplicar las metodologías propuestas de ordenación de cuencas a la cuenca del río Guadalest.
- Comparar los resultados obtenidos de los datos del trabajo de campo, y del estudio de la cuenca mediante el análisis de la cuenca con SIG.
- Analizar cualitativa y cuantitativamente las coincidencias de las superficies de actuación resultantes de las distintas metodologías empleadas.
- Aportar conclusiones prácticas que permitan el uso posterior de estas metodologías, así como proponer acciones que mejoren a las mismas.

1.3 Trabajos anteriores y futuras líneas de investigación

Este Trabajo de Fin de Máster se enmarca dentro de una serie de trabajos que se vienen realizando en el mismo sentido, estudiando distintas cuencas en la Comunidad Valenciana, con el objetivo de determinar la mejor metodología de Ordenación de Cuencas que se ajuste para un futuro estudio conjunto de cuencas en el ámbito mediterráneo.

Con el desarrollo de este trabajo, se pretende iniciar líneas de investigación a desarrollar a nivel de Tesis Doctoral en los ámbitos de:

- Validación de metodologías de ordenación en el ámbito mediterráneo.
- Propuesta de nuevas metodologías de Ordenación de Cuencas específicas para diversos ámbitos biogeográficos.
- Integración de factores no considerados en las metodologías de ordenación estudiadas.
- Elaborar metodologías que sirvan de base para estudiar escenarios de incidencia de un cambio climático sobre los usos del suelo a nivel de cuenca.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2 Materiales y métodos

2.1 *Elección de la cuenca de estudio*

Para estudiar si las metodologías actualmente empleadas en la ordenación de cuencas son optimizables, en el presente trabajo fin de máster se aplican a la cuenca del río Guadalest, cuenca tipo de la Comunidad Valenciana.

Aparte de sus características físicas, cuenta con diferentes zonas de desarrollo socioeconómico, diferenciándose la parte de cabecera con la mayor parte del territorio dedicada al cultivo de secano y de núcleos rurales y la parte baja, más turística y con cultivos de regadío.

El río Guadalest es un afluente del río Algar, origen de importantes inundaciones periódicas, por lo cual se ha restaurado su desembocadura.

2.2 *Descripción del medio físico*

2.2.1 Situación

La Cuenca del río Guadalest está situada en el interior de la comarca de la Marina Baixa, al norte de la provincia de Alicante.

Se trata de una depresión entre la sierra de Aitana, la sierra de Serrella y la sierra de Xortà, y está recorrida en su interior por el río Guadalest, del cual toma el nombre.

La superficie total en estudio es de 122,4 Km², repartidos en los términos municipales de Confrides, Benifato, Beniardà, Benimantell, El Castell de Guadalest, Polop, Callosa d'En Sarrià y La Nucía.

A continuación se presenta un mapa de situación de la zona de estudio y los límites administrativos que integran la cuenca (véase Figura 2).

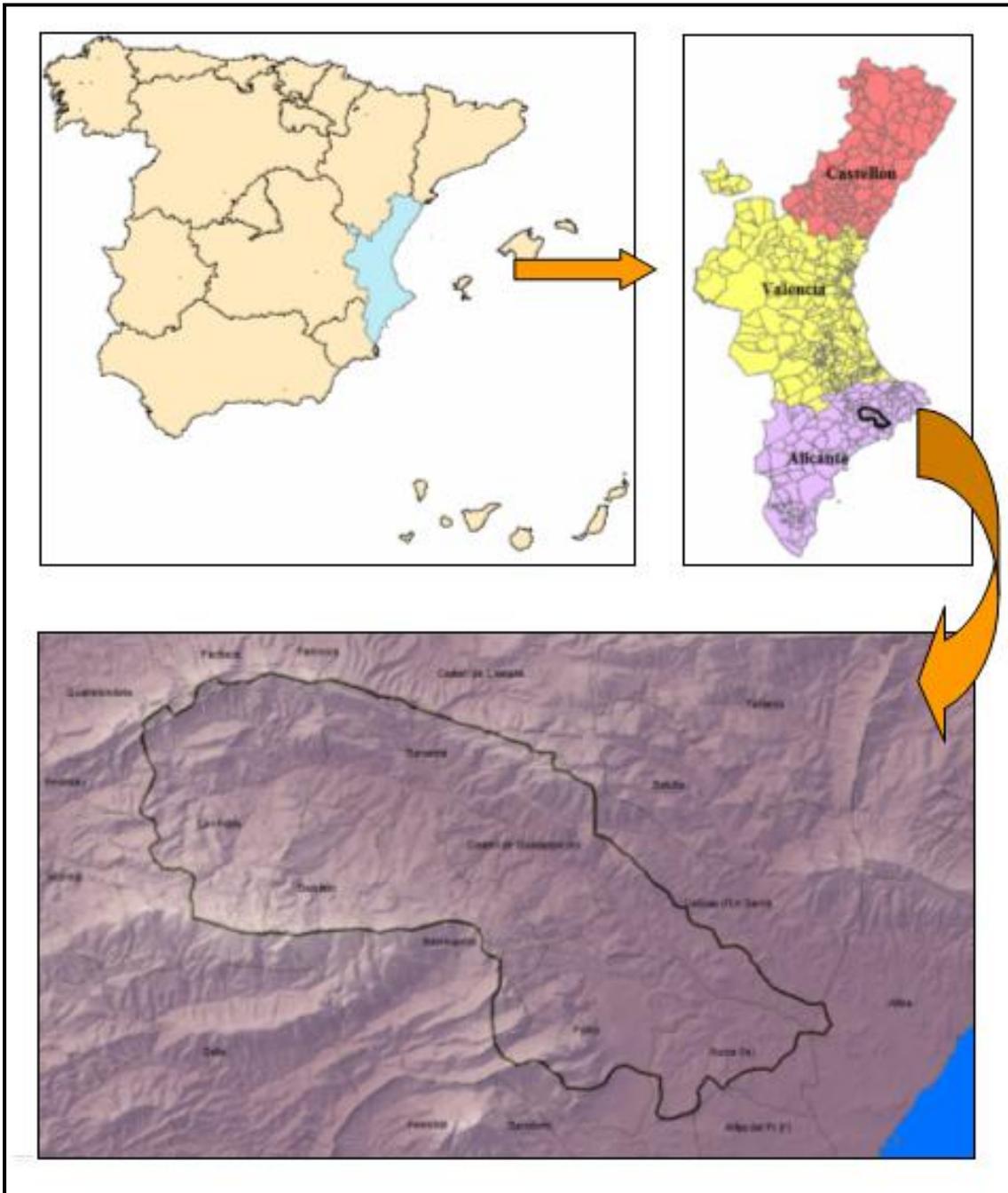


Figura 2. Situación geográfica de la cuenca del río Guadalest. Elaboración propia a partir de datos del IGN (2011).

2.2.1.1 Localización geográfica

La cuenca del río Guadalest queda enmarcada entre los 734799 y 754893 UTMx y 4287905 y 4279014 UTM_y.

El ámbito estricto de la cuenca aglutina a una serie de municipios de características socioeconómicas y geográficas diferenciadas entre la parte de cabecera de cuenca y la parte baja de la misma.

Los municipios de la zona de cabecera comparten características ciertamente similares, esto es, aislamiento respecto a las ciudades del litoral, economía rural y escaso volumen demográfico. En este sentido, los municipios destacados de dicha zona son: Confrides, Benifato, Beniardà, Benimantell y El Castell de Guadalest. En cuanto a la parte baja de la cuenca, la característica común de la misma es el turismo de playa, una mayor densidad de población y un cambio en la tipología de los cultivos, pasando del secano de la zona de cabecera, al regadío, siendo importantes las plantaciones de nísperos de Callosa d'En Sarriá y alrededores. Los municipios pertenecientes a esta zona son, Callosa d'En Sarriá, La Nucía, Polop, Alfàs del Pi y Altea, aportando estos 2 últimos una pequeña parte de su territorio a la cuenca, perteneciendo la mayor parte del mismo a las cuencas del río Amadoiro (Alfàs del Pi) y al río Algar (Altea).

Los límites divisorios se corresponden con las sierras que la rodean por Norte, Sur y Oeste (véase Figura 3).

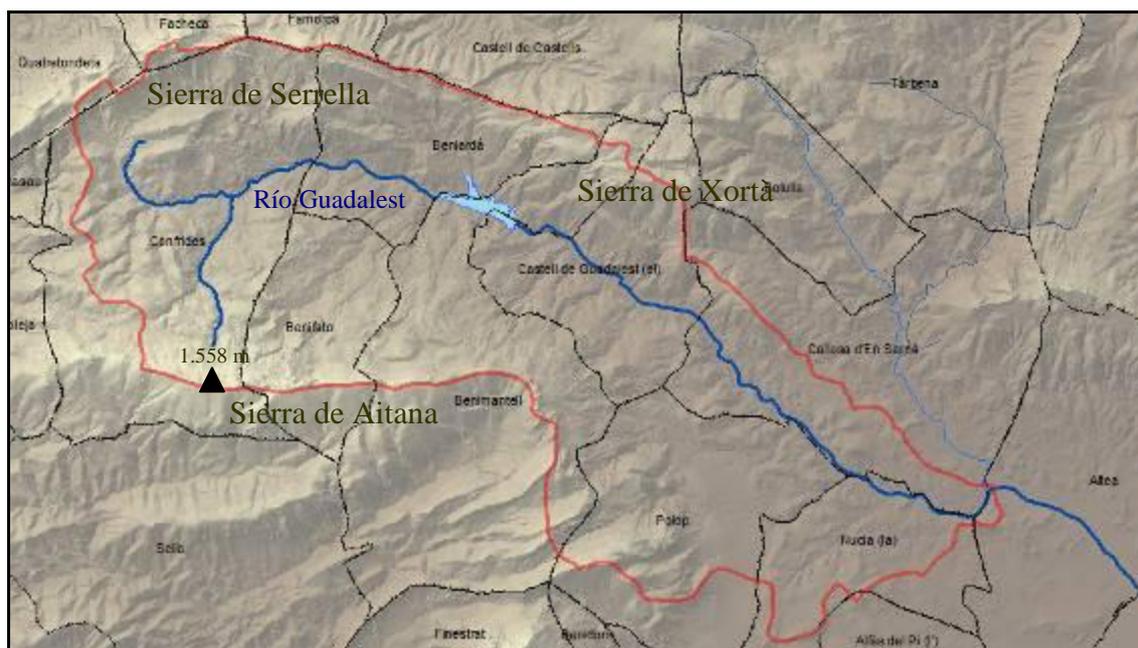


Figura 3. Límites de la cuenca del río Guadalest. Elaboración propia a partir de datos del IGN (2011).

La sierra de Aitana es la montaña de mayor extensión y de mayor altitud del sur de la Comunidad Valenciana (1.558 metros). Otras elevaciones destacadas de la sierra son la Penya de la Font Vella situada encima del Pas de la Rabosa con 1.506 metros y el Penyó de Mulero con 1.308 metros.

En la sierra de Serrella destacan las elevaciones de la Mallà del Llop con 1.357 metros y el Llano de la Casa con 1.371 metros.

En la sierra de Xortà que junto a la de Serrella delimitan la sección norte de la cuenca, destaca la Peña Alta con 1.218 metros y el Morro Azul con 1.122 metros.

La base cartográfica perteneciente a la cuenca del río Guadalest está representada en el mapa nº 1 (Anejo I Mapas).

2.2.1.2 Caracterización general del río Guadalest y su cuenca.

El río Guadalest nace en el término municipal de Confrides, en las faldas de la sierra de la Serrella, en el paraje conocido como el Rincón del Olvido (véase Figura 4) próximo al puerto de Confrides, que hace de divisoria de cuencas entre las del río Guadalest y el río Jalón.

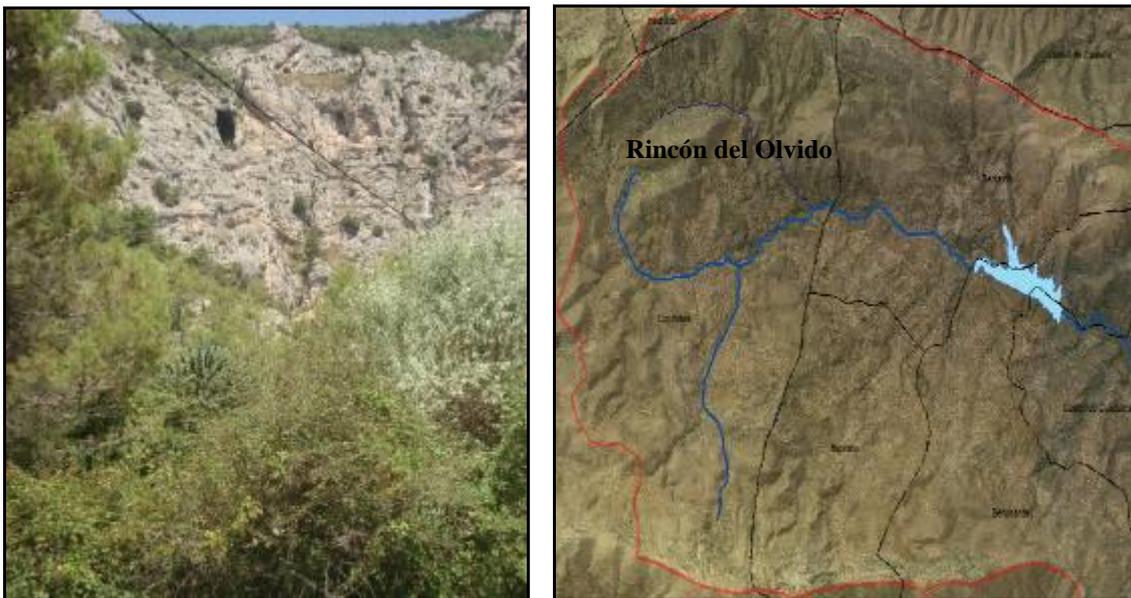


Figura 4. Nacimiento del río Guadalest y ubicación del Rincón del Olvido.

La subcuenca del río Guadalest tiene una superficie de 122,4 km². El río Guadalest nace en la confluencia de los barrancos de Favara y Beniardá, al pie de la sierra de Serrella, en el término municipal de Confrides, y circula aproximadamente paralelo a la sierra de Xortà. El barranco de Favara es el principal receptor de las aportaciones superficiales y subterráneas de gran parte de la vertiente norte de Sierra Aitana, así como de los excedentes del aprovechamiento urbano y agrícola que se realiza de las principales surgencias o manantiales (Partagat, Xorrets, Benialet, etc).

Por otro lado, el barranco de Beniardá o barranco de Mela recoge las aportaciones subterráneas del acuífero de Mela y es el principal eje de drenaje de la escorrentía superficial que se genera en el sector suroeste de la sierra de Serrella.

El cauce principal tiene una longitud de 24,73 Km hasta su desembocadura en el río Algar.

El cauce de la parte alta de río discurre encajonado entre valles escarpados, paralelo a la carretera que une Confrides con Alcoi. En este tramo alto el cauce lleva gran pendiente y es en la zona donde más material de arrastre se observa (véase Figura 5).



Figura 5. Detalles de la cabecera del río Guadalest.

Esta zona de cabecera es tradicionalmente agrícola, predominando los cultivos de secano (olivar y almendro) en terrazas, para evitar en la medida de lo posible las pérdidas de suelo, además, los barrancos que descenden desde las montañas forman abarrancamientos importantes (véase Figura 6).



Figura 6. Detalles de los abarrancamientos en la Sierra de Aitana.

La vegetación típica que acompaña al río en su parte alta es el matorral bajo, encontrándose únicamente vegetación rupícola en las zonas más húmedas que corresponden con zonas encajonadas y de umbría.

El río Guadalest está condicionado por unas lluvias abundantes en otoño y primavera y por un verano caracterizado por el estiaje. Esta irregularidad propició la construcción del pantano de Guadalest (véase Figura 7) para regular su caudal con la finalidad de mejorar y ampliar las zonas de regadío aguas abajo del mismo. Actualmente, la función prioritaria del pantano es el abastecimiento de las zonas costeras necesitadas de agua debido a la afluencia turística, siendo especialmente importante el control de la erosión en la cuenca para evitar su aterramiento y alargar su vida útil.



Figura 7. Embalse del río Guadalest.

El embalse tiene una capacidad de 16 hm³ y una superficie de lámina de agua de 86 ha. La presa es de tipo gravedad de 94 m de altura y 236 m de longitud de coronación. El aliviadero es de tipo compuerta y tiene una capacidad de 400 m³/s. recibe todas estas aportaciones superficiales, así como las aguas bombeadas desde la estación del Algar. Aguas abajo del embalse, el cauce lleva el caudal ecológico y la escorrentía que se genera a partir de las escasas precipitaciones que se generan en la cuenca no regulada.

En los alrededores del embalse es donde podemos encontrar una mejor conservación del estrato arbóreo, formado principalmente de pinos (*Pinus halepensis sp.*).

En las cercanías de Polop se incorporan aguas procedentes del río Xirles, cuando las intensas precipitaciones producen la descarga en las surgencias existentes cerca del río.

2.2.2 Geología

La información de este apartado se basa en el Mapa Geológico de España escala 1:50.000 hojas nº 821, 822, 847 y 848, editadas por el Instituto Tecnológico Geominero de España. También se utilizó información de la clasificación geológica del Mapa Geocientífico de la provincia de Alicante, (Investigaciones Geológicas y mineras SA INGEMISA), del mapa de Ambientes, Sistemas y unidades morfodinámicas, así como del libro (Geología de España, 2004).

La cuenca del río Guadalest se localiza en los relieves septentrionales de la provincia de Alicante, concretamente en los ámbitos geológicos conocidos como “Sierras y Valles Prebéticos”. Éstos están formados por una alternancia de relieves y vaguadas sobre materiales carbonatados en dirección NE – SO, de una actividad orogénica importante producida por los plegamientos alpinos.

Su litología se compone de materiales mesozoicos (calizas y dolomías créticas, con materiales jurásicos muy localizados), neógenos (margas blancas y azules del “Tap”) y estructuras del paleógeno detrítico carbonatado. Localmente afloran arcillas y margas yesíferas triásicas unido a un cuaternario detrítico que se depositan en las zonas más deprimidas.

La cuenca presenta una fisonomía ciertamente abrupta y montañosa. Las cimas calcáreas que afloran sobre el terreno se erosionan lentamente por el agua de lluvia, especialmente a través de las fracturas del sistema “kárstico” de Aitana y Xortà. La presencia de heladas en invierno, favorece la ruptura de roca madre y la formación de canchales en superficie que se deslizan sobre laderas y zonas acarcavadas.

El río Guadalest atraviesa principalmente materiales margosos del Mioceno y Eoceno y puntualmente margas cretácicas y arcillas yesíferas del Keuper.

Tectónicamente, la cobertura sedimentaria está caracterizada por un conjunto de fallas y de pliegues con dirección principal bética ENE sobre todo en la Sierra de Aitana, siguiendo en Serrella-Xortà una dirección estructural NW-SE. Alfaro et al, 2002 caracterizan la estructura del entorno del valle, describiendo una longitud de onda en el anticlinal de Serrella de 3 km y el de Aitana de 5 km.

En cualquier caso se observa que hasta los materiales más recientes, de edad Mioceno Superior y Plioceno, están plegados aunque con menor intensidad (se reconoce principalmente en los núcleos de los sinclinales). Si se analizan los flancos de algunos pliegues se observan abanicos de capas, de forma que los más antiguos tienen mayor buzamiento que los más modernos (plegamiento progresivo).

2.2.3 Clasificación de la litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.

Además del triásico en Facies Keuper, con las típicas margas y arcillas abigarradas con yesos versicolores representados, sobre todo en la mitad oriental del fondo del valle tenemos los siguientes conjuntos litoestratigráficos (Alfaro et al, 2002.):

Conjunto Cretácico-Paleoceno: La base de este conjunto se representa por calizas y calizas dolomíticas del Cretácico Superior, en el que se intercalan, a tramos, paquetes margosos y algún nivel calcarenítico. Por su parte, el grueso de la unidad Paleocena se conforma por biomicritas, calcarenitas bioclásticas y margas, con un espesor aproximado de 300 m.

Tránsito Paleoceno-Eoceno: Representado por arcillas y margas verdosas cuya potencia varía de unos puntos a otros, oscilando entre 50 y 100 m.

Su edad se sitúa en el tránsito entre el Paleoceno (tramo basal) y el Eoceno Inferior y Medio (tramo superior).

Conjunto Eoceno: Conjunto carbonatado que forma los crestones de la ladera Norte de Aitana. Tiene una potencia variable que puede llegar a 150 m. Está constituido por calcarenitas, biomicritas con nummulítidos, bioesparitas con pasadas dolomitizadas (facies recifales).

Conjunto Oligoceno: Está constituido por una alternancia de margas arcillosas y areniscas con esporádicos bancos de calizas. La potencia de este conjunto es superior a 300 m.

Cuaternalario: Se trata de depósitos de ladera, resultantes de procesos gravitacionales y periglaciares. Son frecuentes los conos y mantos constituidos por bloques y derrubios de diverso tamaño que tapizan las laderas. También es notable la actividad kárstica; las dolinas y los poljes suelen estar rellenos, en parte, por arcillas de descalcificación. Por último, los materiales detríticos aluviales del fondo del valle y aquellos cuya génesis depende de la actual red fluvial del río Guadalest y sus tributarios también se incluyen en este conjunto.

En el Anejo I se adjunta el mapa litológico de la cuenca (mapa nº 2).

Teniendo en cuenta la erosionabilidad, los materiales anteriormente descritos, pueden ser agrupados en las siguientes clases:

a - Suelos muy erosionables: Elementos detríticos y tierras arcillo-sabulares; Rañas y pie de montes; Fanglomerados groseros travertinos; Derrubios de ladera; cordón litoral y playa fósil; Ramblas actuales; Mioceno indiferenciado; arcillas abigarradas y yesos del Triásico.

ab - Suelos entre muy erosionables y erosionables: depósitos aluviales; calizas biodetríticas, conglomerados y margas; biomicritas y margas con lepidociclinidos; margas ocre amarillentas; calizas facies tap y flysh del Terciario; margas; margas y arcillas.

b - Suelos erosionables: Calcarenitas, margas esquistosas amarillentas, arcillas rojas, calizas arcillosas y pararecificales, facies flysch del Terciario; Biomicritas, calcarenitas y biomicritas con lacacinas; micritas y calizas del terciario; calizas margosas, margas, areniscas del Cretácico.

bc - Suelos entre erosionables y poco erosionables: Biomicritas y margas amarillas, biomicritas con lacacinas, micritas, calizas del Cretácico.

A continuación, en la Figura 8 se puede observar esta clasificación aplicada a la cuenca objeto de estudio

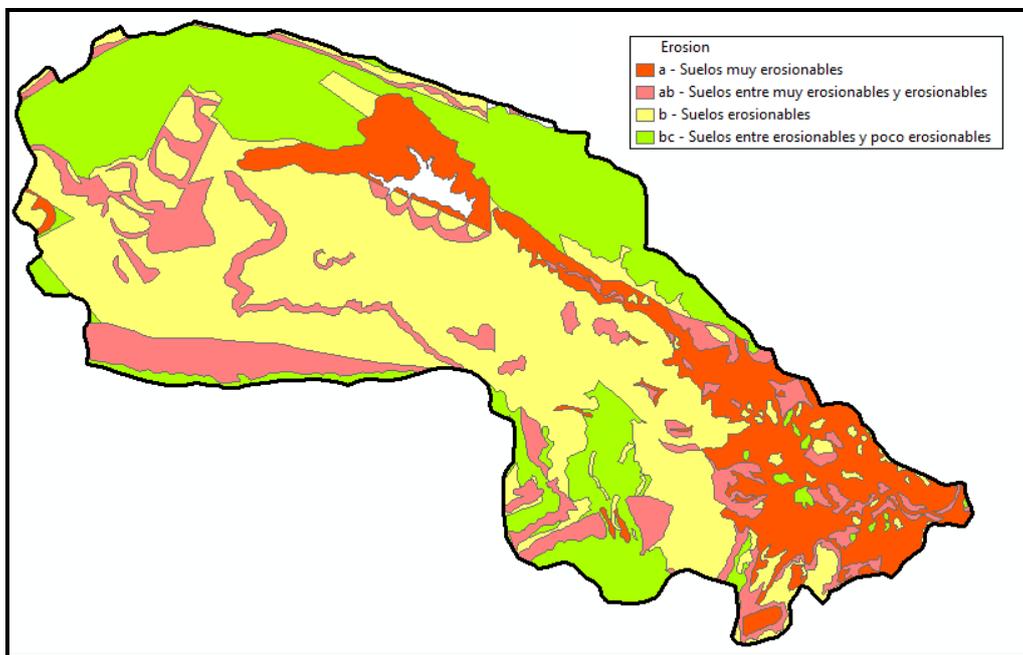


Figura 8. Clasificación de las litofacies según su repercusión en los estados erosivos. Fuente: Elaboración propia en base al Mapa Geológico Nacional.

2.2.3.1 Descripción de los suelos

Los principales suelos presentes en la cuenca del río Guadalest pertenecen, por un lado, a la asociación Leptosol Eutríco-Luvisol Crómico (taxonomía FAO-UNESCO, 1985).

El Leptosol Eutríco se caracteriza por ser un suelo poco profundo (< 50 cm), con un horizonte “A” ócrico (referido a tonalidades claras con escasos nutrientes) y un grado de saturación del 50% y contenido en materia orgánica < 4 %. Su génesis está ligada a una

escasa cubierta vegetal que origina una estructura más desorganizada del suelo y una porosidad baja.

Los Luvisoles Crómicos son suelos con horizonte “B” árgico (tonos pardos a rojos). Tienen un grado de saturación del 50 %, y carecen de horizonte “A” móllico. Sobre ellos normalmente se instauran áreas forestales, que contribuyen a mantener las reservas de agua.

Las altas pendientes y el reducido espesor del suelo, junto a la frecuente exposición de la roca madre reducen la posibilidad de utilización de los suelos de esta asociación.

Podemos encontrar también otro tipo de asociaciones con predominancia de regosoles: Regosol Eutríco-Regosol Calcáreo y, al Norte de Peña Mulero, la asociación Regosol Eutríco-Cambisol Cálculo. Son suelos procedentes de materiales no consolidados con más de 1 m de profundidad y un horizonte “A” ócrico sobre “regolito” no consolidado, que no limita la profundidad de enraizamiento. Tienen un grado de saturación del 50% y un bajo contenido en materia orgánica. Los Regosoles Eutrícos no son calcáreos en los 50 cm más superficiales.

El Cambisol cálculo tiene un horizonte “A” ócrico en los primeros 50 cm de suelo. Los suelos en los cultivos de secano sobre margas ó detríticos cuaternarios poseen tonalidades claras en superficie, debido a su escasez en materia orgánica.

Son poco porosos, con un drenaje deficiente y profusión superficial de morfologías erosivas.

Su capacidad de uso, sobre todo agrológica, se puede clasificar como Moderada a Baja, en función de las pendientes locales y de la funcionalidad residual de antiguas prácticas de conservación de suelo (abancalamientos, terrazas...).

Según la *clasificación de suelos U.S.D.A.* (Soil Taxonomy), los suelos de la cuenca pertenecen a las siguientes unidades taxonómicas:

Tabla 1. Clasificación de los suelos de la cuenca del río Guadalest. Fuente: U.S.D.A

ORDEN	SUBORDEN	GRUPO
Entisol	Orthent	Xerorthent
Inceptisol	Ochrept	Xerochrept
Aridisol	Orthid	Calciorthid + Camborthid

INCEPTISOL:

Xerochrepts: son suelos profundos de perfil A, Bca, C. En el horizonte B se ha producido una ligera acumulación de carbonatos en forma de pseudomicelios o concreciones duras. Son suelos relativamente favorables para el desarrollo vegetal, cuya profundidad, pedregosidad y reserva de agua pueden ser variables. Presentan un desarrollo moderado, con epipediones óchricos y endopediones cálcicos, petrocálcicos y gípsicos. La capacidad de uso de estos suelos es aceptable no presentando problemas de salinidad, encharcamiento ni erosión.

Ocupan dos áreas de la cuenca, por un lado aparece en las zonas más altas de la cabecera de la cuenca y por otro en la zona de desembocadura del río Guadalest en el río Algar, a partir del embalse de Guadalest y sobre todo en la margen izquierda.

ENTISOLES:

Los Entisoles son suelos muy poco evolucionados (es el Orden de suelos con más baja evolución). Sus propiedades están ampliamente determinadas (heredadas) por el material original. De los horizontes diagnósticos sólo presentan aquellos que se originan fácilmente. Superficialmente pueden poseer un horizonte “óchrico” de diagnóstico, de color claro, indicando la baja tasa de incorporación de materia orgánica al suelo como consecuencia de la escasa cubierta vegetal existente. Algunos de estos suelos presentan horizontes hístico y álbico (desarrollados a partir de arenas).

Su perfil es: horizonte A + horizonte C (en algunas ocasiones existe un horizonte B, pero sin que tenga el suficiente desarrollo como para poder ser horizonte diagnóstico).

Su escaso desarrollo puede deberse a diversos factores, en este caso siendo los aportes continuos de aluviones recientes y la aridez del clima.

Dentro de este Orden, los únicos tipos de suelos que se encuentran en la zona, pertenecen al suborden Orthent y el grupo Xerorthent.

Xerorthent: Son suelos de régimen xérico, poco profundos y con escaso desarrollo edáfico, presentando únicamente un epipedión óchrico. Las limitaciones de éstos para su aprovechamiento agrícola derivan principalmente de la poca profundidad de suelo y como consecuencia su baja capacidad de reserva de agua. Los Xerorthent tienen la roca a menos de 25 cm. del suelo. En la cuenca se encuentran representados este tipo de suelos en toda la franja central de la misma.

ARIDISOLES:

Los aridisoles son los suelos representativos de las regiones áridas. Casi siempre presentan régimen de humedad arídico. El perfil es de tipo ABC (ABtC; ABwC; ABtCk; etc). Son suelos de colores claros, con bajos contenidos en materia orgánica, de espesores delgados a medios, reacción de alcalina a neutra, suelos saturados, de texturas gruesas y con baja actividad biológica.

Su génesis se debe a la alteración y la distribución de sales en el perfil, junto a un régimen de humedad deficitario en agua útil durante largos períodos al año, que son las características más representativas de estos suelos. Es de destacar que el proceso de iluviación de arcilla se desarrolla ampliamente en algunos de estos suelos. En general, presentan malas condiciones para el desarrollo de las plantas, ya sea por la falta de agua prolongada, o ya sea por el exceso de sales presentes. Tan sólo aparece el Suborden Orthid, dentro del que se encuentran el Grupo Calciorthid+Camborthid.

En la cuenca, se encuentra representado en una pequeña franja en la margen derecha del río Guadalest, sobre todo en los términos municipales de La Nucía y Polop.

2.2.3.2 Capacidad de uso del suelo

Se entiende por capacidad de uso del suelo el potencial de un suelo como recurso para desarrollar diferentes cultivos y formas de agricultura. Para calcular la capacidad de uso de un suelo se tiene que tener en cuenta las propiedades de los suelos, las características topográficas del terreno, el clima y los requerimientos de un determinado cultivo.

Como se puede observar en el mapa del mismo nombre, la mayor parte del territorio tiene una baja o muy baja capacidad para su uso actual (Anejo I, Mapa nº 3).

A partir de la desembocadura del río, se extienden 5,8 Km² por el noreste de la cuenca donde la capacidad de uso del suelo es moderada. Esta unidad se caracteriza por pendientes del 25%, un espesor efectivo que no supera los 40 cm, con un 80% de pedregosidad, un 25% de afloramientos rocosos y 40 Tm/ha/año de pérdida de suelo por erosión hídrica. Estas características reducen las posibilidades de utilización del suelo. Suelen ser suelos destinados a cultivos de secano poco exigentes y resistentes a condiciones adversas. Estos suelos incrementan los riesgos de degradación, sobre todo por erosión.

También en la parte baja de la cuenca, pero hacia el interior, desde la parte más oriental del municipio de Castell de Guadalest y Benimantell hacia el este, se extiende la zona con capacidad de uso baja, que junto con 2 zonas que se encuentran en la cabecera de la cuenca, en la pedanía de Abdet y en las cabeceras de los nacimientos de los barrancos que alimentan al río Guadalest hace un total de 11,7 km². Son unidades con limitaciones permanentes de tal intensidad y gravedad que dificultan su dedicación agrícola y, en general, suponen un gran impedimento para numerosos usos. Entre las limitaciones más importantes se encuentra la erosión, la pendiente y el espesor. Y de menor importancia son las características físicas, la pedregosidad, los afloramientos rocosos, la salinidad y la hidromorfía. Las unidades edáficas, por regla general, se desarrollan sobre un material no consolidado muy sensible a las formas acentuadas de erosión y, además, la erosionabilidad del suelo presenta unos valores elevados.

Las principales zonas montañosas que están presentes en la cuenca de estudio (zonas de cabecera y límites de la cuenca) y por lo tanto la gran mayoría de la superficie de la cuenca, tienen una capacidad de uso del suelo muy baja, con una extensión de 106,5 km². Esta unidad se caracteriza porque las limitaciones restringen al máximo la utilización de este. Entre los factores desfavorables del medio que inciden en la disminución de la capacidad de uso destacan la pendiente (porcentaje de inclinación superior al 45%), los relieves fuertemente escarpados, el grado de erosión (superior a 100 Tm/ha/año), un espesor efectivo del suelo inferior a 10 cm y un porcentaje de afloramientos rocosos superior a 50%. Menor entidad presenta la hidromorfía, causada por la impermeabilidad del suelo, o las características físicas del suelo, muy desfavorables.

2.3 Clima

El clima de la zona objeto de estudio es típicamente mediterráneo, siendo los rasgos más destacados la suavidad térmica y el rigor pluviométrico. Los periodos fríos son poco frecuentes y de escasa intensidad, menor cuanto más cerca de la costa nos encontremos. La oscilación térmica es, sin embargo algo elevada consecuencia de la continentalidad respecto a los flujos de vientos del oeste, sobre todo en el interior de la cuenca. Las temperaturas alcanzan sus máximas en julio-agosto y sus mínimas de diciembre a febrero. La nieve puede presentarse puntualmente en los relieves más altos como la sierra de Serrella, Aitana o Xortà.

Las temperaturas registradas por la altitud y continentalidad provocan que se den mayores oscilaciones térmicas que en la costa. Las temperaturas más altas coinciden en verano con los vientos de poniente debido al efecto “foehn”, que es un fenómeno adiabático de aire seco descendiente que ha perdido su humedad en la montaña.

Existen dos máximos pluviométricos anuales en el periodo equinoccial, uno en abril-mayo y otro más importante en septiembre-octubre con episodios puntuales de “gota fría”. Este fenómeno se explica por la acción de las depresiones atmosféricas que llegan desde el mar Mediterráneo y aportan vientos de levante que entran desde el mar hacia la tierra. El viento choca con masas de aire frío en las capas altas de la atmósfera, que descargan lluvia con gran virulencia. Además los conjuntos montañosos litorales favorecen el ascenso del aire que está cargado de vapor de agua.

A medida que se gana en altitud se recoge una mayor cantidad de agua. Esto ocurre en la zona de cabecera de la cuenca que pasa muy a menudo de los 800 mm. Se estima que cada 100 metros que se sube en altitud aumentan las precipitaciones en 50 mm.

2.3.1 Elección de los observatorios meteorológicos

Para elegir las estaciones climáticas que aportarán los datos de la cuenca se han estudiado las características topográficas y altitudinales de la zona, que son las características que más afectan a la representatividad de una estación respecto del área determinada. Además, se han considerado aquellas estaciones más cercanas a la cuenca, así los resultados estadísticos no sufren variaciones sustanciales.

Por la proximidad a la cuenca de estudio se han seleccionado diferentes observatorios meteorológicos para la obtención de los datos pluviométricos y termométricos (Fuente: Atlas Climático de la Comunidad Valenciana).

Los datos pluviométricos corresponden a las estaciones siguientes:

Tabla 2. Estaciones termo-pluviométricas utilizadas.

Nombre de la estación	Código	Latitud	Longitud	Precipitación Media Anual (mm)	Altitud (m)
Callosa d'En Sarrà	8-041C	38° 39' N	0° 07' W	474,5	247
Alcoleja	8-060	38°41' N	0°20' W	706,3	739
Bolulla	8-040	38° 41' N	0° 06' W	615,3	214
Sella	8-034	38° 36' N	0° 16' W	424,7	419
Altea, CHJ	8-038	38° 36' N	0° 02' W	407,6	61

Los datos termométricos corresponden a las estaciones siguientes:

Tabla 3. Estaciones termométricas utilizadas.

Nombre de la estación	Código	Temperaturas medias anuales (°C)	Altitud (m)
Callosa d'En Sarrà	8-041C	15,62	247
Alcoleja	8-060	13,82	739

A continuación se incluye un croquis con la situación de las referidas estaciones meteorológicas:

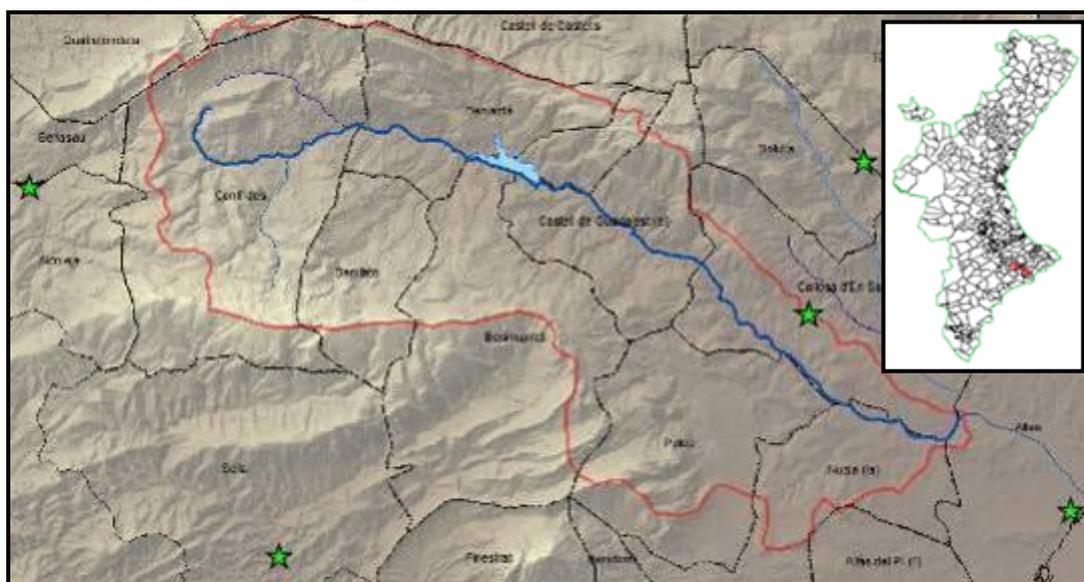


Figura 9. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Clasificación climática

2.3.2.1 Clasificación climática de Thornthwaite:

La clasificación de Thornthwaite (1949) ha sido ampliamente asumida dadas las aportaciones de su autor al edafoclima e hidrológica, desde una perspectiva geográfica. Basada en la consideración de la eficacia térmica, dada por la ETP del mismo autor, y la humedad disponible, expresada como índices de humedad y de aridez a partir del balance hídrico. El autor utiliza sus trabajos previos en la estimación de la ETP y el balance de humedad del suelo. Supone un gran avance respecto a otras clasificaciones ya que parte del clima que afecta al suelo y a la planta, es decir, la evaporación, la transpiración y el agua disponible en el suelo; en vez de medias mensuales de parámetros meteorológicos clásicos.

Esta clasificación define unos tipos según la humedad (representados por letras mayúsculas) y su variación estacional (letras minúsculas), y otros tipos según la eficacia térmica (letras mayúsculas con comilla) y su concentración estival (letras minúsculas con comilla).

Tabla 4. Clasificación climática según Thornthwaite.

Observatorio	ET. POT.	ET. REAL	ÍNDICE HUMEDAD	ÍNDICE ARIDEZ	ÍNDICE GLOBAL	TIPO CLIMÁTICO	CÓDIGO
Callosa d'En Sarrià	79,2	47,2	0,3	40,4	-23,9	Semi-árido, mesotérmico, poco o nada de superávit en invierno.	DB'2da'
Alcoleja	75,8	49,1	28,4	35,2	7,4	Subhúmedo húmedo, mesotérmico, déficit importante en verano.	C2B'2s2b'

2.3.2.2 Clasificación agroclimática de J. Papadakis:

Sistema de clasificación basado en la ecología de los cultivos y que se usa acertadamente para los fines de agroclimatología. Permite establecer el espectro cultural de una zona y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma, utilizando como base parámetros meteorológicos sencillos.

Define la naturaleza y posibilidades de un clima, en términos de los cultivos en que pueden vegetar a escala comercial.

Para caracterizar las estaciones y, por tanto, la cuenca se han usado los datos obtenidos de la publicación “Atlas agroclimático nacional de España” del Ministerio de

Agricultura (1979). Se definen las características agroclimáticas para las estaciones de Alcoleja y Callosa d'En Sarrià. Los resultados obtenidos son los que siguen:

Tabla 5. Clasificación climática según Papadakis.

Observatorio	Tipo de invierno	Tipo de verano	Régimen térmico	Régimen de humedad	Lluvia Lavado	Índ. Anual de humedad	Tipo climático
Callosa d'En Sarrià	Ci	g	Su	Me	183,5	0,55	Mediterráneo subtropical
Alcoleja	av	O	CO/TE	Me	302,8	0,78	Mediterráneo continental templado

Fuente: Atlas Agroclimático nacional de España, 1979. Ministerio de Agricultura.

Donde:

- Tipo de invierno Citrus (Ci) viene definido por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre 7 y -2,5°C y una temperatura media de las máximas del mes más frío comprendidas entre 10 y 21°C. Es el tipo de invierno que se da en la estación de Callosa.
- El tipo de invierno Avena fresco (av) se define por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío > -10°C, y una temperatura media de las máximas del mes más frío comprendidas entre 5 y 10°C. Es el tipo de invierno de la zona de Alcoleja.
- En cuanto al tipo de verano, este es Oryza (O) en el observatorio de Alcoleja. Se caracteriza porque precisa una duración de la estación libre de heladas mínima de 4 meses y una media de las medias de las máximas de los seis meses más cálidos comprendida entre 21 y 25°C.
- Para el observatorio de Callosa se tiene un tipo de verano Gossypium (Algodón), Se caracteriza porque precisa una duración de la estación libre de heladas mínima de 4,5 meses y una media de las medias de las máximas de los seis meses más cálidos mayor de 25°C, con media de las máximas del mes más calido por debajo de 33,5°C y una media de las mínimas del mes más calido inferior a 20°C.
- El régimen de humedad es Mediterráneo seco (Me) en las dos estaciones. Se caracteriza por tener agua de lavado menor que el 20% de la evapotranspiración potencial anual. Este régimen de humedad también caracteriza el índice anual de humedad, que está comprendido entre 0,22 y 0,88 y con uno o más meses con temperatura media de las máximas superior a les 15°C, en los que el agua disponible cubre completamente la evapotranspiración potencial.

2.3.2.3 Índice de Martonne:

Este índice se obtiene de la siguiente manera:

$$I_a = \frac{P}{(t_m + 10)}, \text{ donde,}$$

P: Precipitación media anual en mm

t_m: Temperatura media anual en °C

Según el valor logrado obtendremos una zona climática determinada:

Tabla 6. Clasificación según Martonne.

Valor de la I _a	Zona
0-5	Desiertos (hiperárido)
5-10	Semidesierto (Árido)
10-20	Semiárido tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
20-60	Húmeda
>60	Perhúmeda

Fuente: Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994.

Por tanto, según el Índice de Martonne, podemos diferenciar dos zonas en la cuenca. Por un lado, la zona más baja de la misma (Callosa d'En Sarriá) correspondería con una **zona semiárida de tipo mediterráneo**, mientras que las zonas de cabecera estarían encuadradas dentro de una **zona subhúmeda**.

2.3.2.4 Índice de aridez de Gaussen:

Considera que un mes es árido cuando las precipitaciones en milímetros son inferiores al doble de las temperaturas:

$$P < 2T.$$

Su empleo en forma gráfica es el llamado diagrama ombrotérmico (véase epígrafe siguiente). Fue modificado por Walter y Lieth que introdujeron una nueva escala de precipitaciones con relación 1 a 3 que permite diferenciar los meses subsecos en los que P<3T.

Un mes es húmedo cuando la precipitación en mm es superior a 3 veces la temperatura media en grados centígrados.

Un mes es semihúmedo cuando la precipitación en mm es superior a 2 veces la temperatura e inferior a 3 veces la temperatura media, considerándose mes árido cuando la precipitación en mm es inferior a 2 veces la temperatura media en grados centígrados.

Tabla 7. Clasificación climática según el índice de aridez de Gaussen.

Observatorio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Callosa d'En Sarrià	H	H	H	SH	SH	A	SS	SS	A	H	H	H
Alcoleja	H	H	H	H	H	SH	SS	A	H	H	H	H

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994.

Siendo:

H: mes húmedo

SH: mes semihúmedo

A: mes árido

SS: mes subseco

2.3.2.5 Diagrama ombrotérmico.

Se utiliza para el estudio gráfico del análisis termométrico y pluviométrico de una región. Considera como mes seco aquél en que las precipitaciones tengan un valor menor que el doble de la temperatura media mensual ($P < 2t$) (Carballeira y col., 1987). Para su representación, las escalas se eligen de forma que los valores de la temperatura (°C) se corresponda con los del doble de la precipitación (mm), así el área que se forma de la curva de precipitación que queda por debajo de la de temperatura corresponde al período seco.

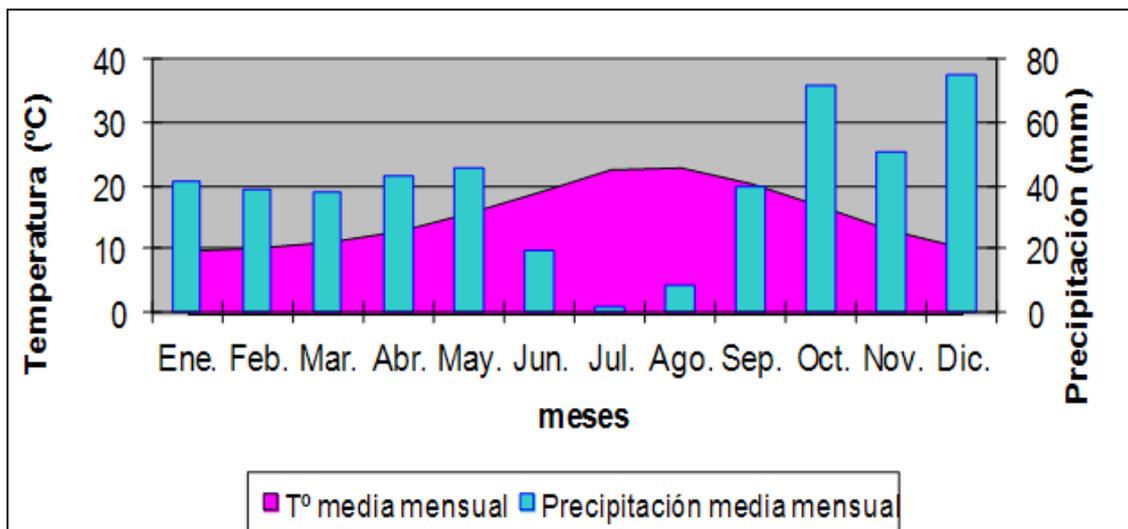


Figura 10. Diagrama de Gaussen para Callosa d'En Sarrià. Fuente: Elaboración propia

De la gráfica anterior se deduce que el período seco en Callosa d'En Sarriá coincide con los meses de verano Junio, Julio, Agosto y Septiembre. También se puede observar que el período de lluvias más importantes se corresponde con el otoño, como es típico en el área mediterránea (Octubre, Noviembre y Diciembre).

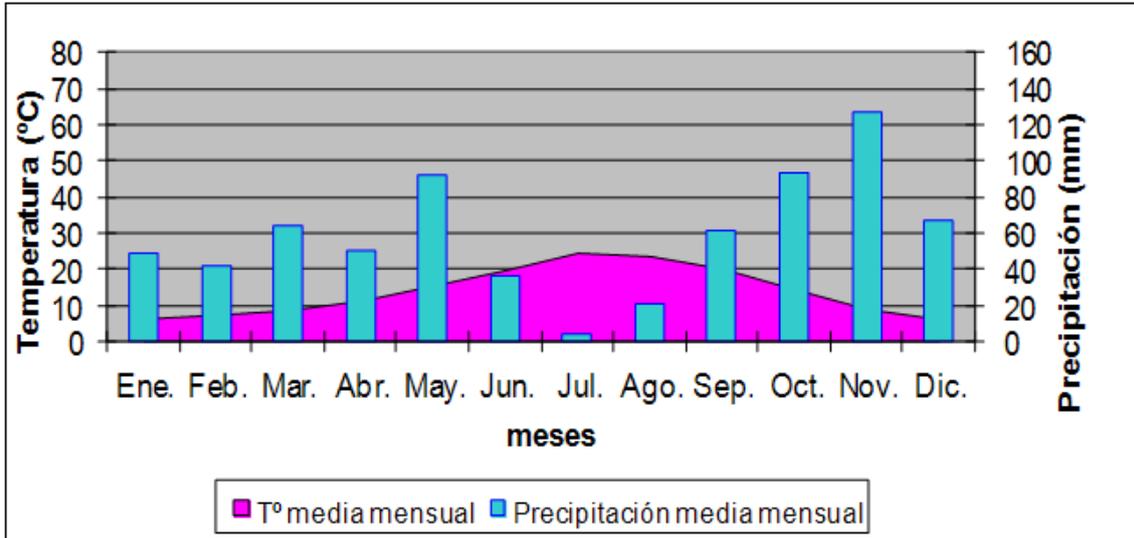


Figura 11. Diagrama de Gausson para Alcoleja. Fuente: Elaboración propia

Análogamente, para Alcoleja, se tiene que el período seco se reduce a los meses de Junio, Julio y Agosto. En este caso, encontramos dos épocas de lluvias importantes, otoño (Octubre, Noviembre y Diciembre) y primavera (Marzo, Abril y Mayo).

2.3.2.6 Índice de erosión potencial de Fournier:

Indica el impacto potencial de la erosión en el clima.

$$K = \frac{P_i^2}{P}$$

, donde,

Pi = Mes de mayor precipitación media (mm) (lluvia acumulada en el mes de mayor precipitación)

P = Precipitaciones anuales (mm)

Tabla 8. Clasificación de valores de FMI. Fuente: CORINE-CEC (1992).

Clase	K	Descripción
1	<60	Muy Bajo
2	60-90	Bajo
3	90-120	Moderado
4	120-160	Alto
5	>160	Muy Alto

Resultando:

K (Callosa d'En Sarrià) = 11,8

K (Alcoleja) = 22,6

Por lo tanto nos encontramos que la erosión tiene un impacto potencial en el clima **muy bajo**.

A modo de resumen se presentan los valores de los índices obtenidos.

Tabla 9. Índices climáticos para la zona objeto de estudio.

Observatorio	Martonne	Thornwaite	Papadakis	Fournier
Callosa d'En Sarrià	18,5	Semi-árido, mesotérmico, poco o nada de superávit en invierno.	Mediterráneo subtropical	11,8
Alcoleja	29,7	Subhúmedo húmedo, mesotérmico, déficit importante en verano.	Mediterráneo continental templado	22,6

2.4 Vegetación y cultivos

2.4.1 Vegetación potencial.

El área de estudio se enmarca en la Región Mediterránea, y de forma más concreta en la provincia de vegetación Valenciano-Catalano-Provenzal-Balear, sector setabense. Sobre las zonas más soleadas y empobrecidas edafológicamente, sobre todo de las zonas más bajas y orientales de la cuenca, aparecen algunos elementos de la vecina provincia corológica Murciano-Almeriense, lo que indica que se trata de una zona de transición biogeográfica.

Se encuentran representados los siguientes pisos bioclimáticos:

- Supramediterráneo, en las partes más altas de los sistemas montañosos de la cuenca (Aitana, Serrella y Xortà), por encima de los 1100 metros. El termoclima está comprendido entre los 12 y 8° C y el ombroclima, del subhúmedo al hiperhúmedo. Representa esta serie el tipo de vegetación mediterráneo húmedo esclerófilo que más penetra en la región eurosiberiana, donde, a veces, se halla relictas.
- Mesomediterráneo, el cual ocupa la mayor parte del territorio de la cuenca, excepto las cumbres y las partes más bajas de la misma. Entre los 300-400 metros hasta los 1100 metros. Su termoclima se sitúa entre los 13 y 17° C de temperatura media anual y el invierno es ya acusado con una $m < 4^{\circ} C$ (variante fresca o templado-fresca), ya que las heladas, particularmente en los horizontes

medio y superior del piso, pueden acaecer estadísticamente durante cinco o seis meses al año

- Termomediterráneo, que se da en la parte más oriental de la cuenca, cerca de la desembocadura del río Guadalquivir con el río Algar. El termoclima se sitúa, de un modo general entre los 17 y 19° C y la variante de invierno oscila de templada a cálida. También parece que los valores límite del índice de termicidad (It) se hallan entre los 350 y 470.

Las series de vegetación presentes en el ámbito de estudio según El Mapa de Series de Vegetación de España de Rivas-Martínez (1987), publicado por el I.C.O.N.A son las siguientes:

- **22a. Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega de la carrasca o encina (*Juniperus thuriferae*-*Querceto rotundifoliae* sigmetum).**

En el bosque con la carrasca o encina castellana (*Quercus rotundifolia*) aparecen con frecuencia enebros y en esta serie, sobre todo, sabinas albares (*Juniperus oxycedrus*, *J. hemisphaerica*, *J. thurifera*). Más escasos son, por el contrario, en el sotobosque los arbustos espinosos caducifolios.

El suelo no se descarbonata sino en situaciones de topografía favorable y, por ello, en vez de los matorrales de brezos y aliagas occidentales de la serie anterior (*Genistion occidentale*), en las etapas subseriales prosperan diversos tipos de tomillares, salviares y formaciones de caméfitos pulviniformes (*Salvion lavandulifoliae*) en las que son comunes diversos endemismos de las parameras ibéricas (*Linum apressum*, *L. differens*, *Genista pumita*, *Sideritis pungens*, *Thymus godayanus*, *Satureja intricata* subsp. *gracilis*, etcétera).

Se encuentra representada en las zonas de mayor altitud de la cuenca, por encima de los 1200 metros (Aitana, Serrella).

- **22b Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi*-*Querceto rotundifoliae* sigmetum).
VP, encinares.**

Dentro del piso Mesomediterráneo, la serie mesomediterránea castellano-aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi*-*Querceto rotundifoliae*

sigmetum), se encuentra bien representada en la cuenca objeto de estudio. Se caracteriza por un ombroclima de tipo seco y unos suelos ricos en carbonato cálcico. El carrascal o encinar, que representa la etapa madura de la serie, lleva un cierto número de arbustos esclerófilos en el sotobosque (*Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus* var. *parvifolia*, *Rhamnus lycioides* subsp. *lycioides*, etc.), que, tras la total o parcial desaparición o destrucción de la encina, aumentan su biomasa y permanecen como etapa de garriga en muchas de las estaciones fragosas de estos territorios. Tales coscojares sustituyentes hay que saber distinguirlos de aquellos iberolevantinicos que representan la etapa madura de la serie mesomediterránea semiárida del Rhamno-Querceto cocciferae sigmetum. Al respecto, resultan ser buenas diferenciales, de un lado, *Quercus rotundifolia* y *Jasminum fruticans* y, del otro, *Juniperus phoenicea*, tal vez *Ephedra nebrodensis* y *Pinus halepensis*.

Dentro de esta serie, **la zona de estudio pertenece mayoritariamente a la Faciación termófilomanchega con Pistacia lentiscus (serie 22ba)**, que se caracteriza por una mayor termicidad, y por lo tanto con la presencia de especies características como la *Pistacia lentiscus*.

Se encuentra representada en la mayor parte del valle del río Guadalest, desde Confrides hasta Callosa, cerca de su desembocadura, excluyendo únicamente las zonas más elevadas y las más bajas de la cuenca.

- **30a Serie termomediterránea setabense y valenciano-tarraconense seca de Pistacia lentiscus o lentisco (Quercus cocciferae-Pistacieto lentisci sigmetum). VP, coscojares.**

Esta serie también culmina en una formación arbustiva dominada por la coscoja (*Quercus coccifera*) acompañada por palmito (*Chamaerops humilis*), ambos dominantes. Junto a ellas aparece el canadillo (*Ephedra fragilis*), “ginestell” (*Osyris quadripartita*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), labiérnago (*Phyllirea angustifolia*), zarzaparrilla (*Smilax aspera*), *Rubia peregrina* subsp. *longuifolia*, *Asparragus horridus*, *Asparragus albus*, *Asparragus acutifolius*.

Como primera etapa de sustitución aparecen romerales y tomillares, con especies como coronilla de fraile (*Globularia alypum*), romero macho (*Cistus clusii*), romero

(*Rosmarinus officinalis*), albaida (*Anthyllis citisoides*), albaida fina (*Anthyllis terniflora*), *Erica multiflora*, *Thymus vulgaris*, etc.

Se encuentra representada en una pequeña franja oriental de la cuenca en los términos de Callosa, Polop y La Nucía.

- **31a Serie termomediterránea murciano-almeriense semiarida de *Pistacia lentiscus* o lentisco (*Chamaeropo-Rhamneto lycioidis sigmetum*) . VP, lentiscales.**

El piso bioclimático termomediterráneo de la provincia biogeográfica Murciano-Almeriense tiene todo él un ombroclima semiárido, cuando no árido, como ocurre en ciertas áreas costeras. En la cuenca se encuentra representado en una mínima parte de la misma, en la zona más baja, perteneciente al término municipal de La Nucía.

Su situación en sombra de lluvias, tanto respecto a las perturbaciones de levante como a las de poniente, confiere también al territorio una gran originalidad e independencia respecto a los adyacentes. Un rasgo diferencial frente al clima levantino, independientemente de su aridez, es que el máximo de precipitaciones otoñal (septiembre, octubre y noviembre) está muy amortiguado cuando no equilibrado por las lluvias de primavera. Otro rasgo llamativo de los territorios murciano-almerienses es su originalidad e independencia florística respecto a los adyacentes, bien a través de sus notables endemismos (*) como del elemento semiárido-árido mauritánico (magrebí). Con un comportamiento prácticamente termomediterráneo se pueden destacar, entre otros, los siguientes taxones: *Anabasis hispánica* (*), *Astragalus hispanicus* (*), *Brassica cossoniana*, *Calendula sancta*, *Calicotome intermedia*, *Helianthemum caput-jelis*, *Launaea lanifera* (*), *Lycocarpus jugax* (*), *Periploca laevigata subsp. angustijolia*, *Satureja obovata subsp. canescens* (*), *Sideritis pusilla* (*), *Tetraclinis articulata*, *Thymus hyemalis* (*), *Ziziphus lotus*, etcétera.

En cuanto a regiones fitoclimáticas (véase Figura 12), podemos observar que en la cuenca objeto de estudio se encuentran representadas las siguientes regiones (Allué Andrade, 1966):

- IV (III): En la zona más oriental de la cuenca, Sur del término municipal de Polop y La Nucía.

- IV₂: En la zona baja central, al este del embalse de Guadalest.
- IV₄: En la zona norte y central montañosa de la cuenca.
- VI (IV₁): En la cabecera de la cuenca, que corresponde con las zonas de alta montaña.

CALIFICACION TERMINOLOGICA APROXIMATIVA					
Sahariano	Atenuado		III		
	Submediterráneo		III (IV)		
Mediterráneo	Subárido	Cálido { Estíos muy secos	IV (III)		
		{ Estíos secos	IV ₁		
		Moderadamente cálido	IV (VII)		
	Genuino	Seco	Inviernos cálidos	IV ₂	
			Inviernos tibios	IV ₃	
		Moderadamente cálido	Seco	Inviernos tibios	IV ₃
				Inviernos frescos	IV ₄
			Menos seco	IV ₄	
		Subhúmedo	De tendencia atlántica	IV (V)	
			De tendencia centroeuropea	IV (VI)	
Atlántico (europeo)		V (VI)			
Centroeuropeo		VI			
Alta montaña		X			

Figura 12. Clasificación de regiones fitoclimáticas. Fuente: Allué, 1966.

En la Figura 13, que se muestra a continuación se puede observar las distintas regiones representadas en la cuenca objeto de estudio.

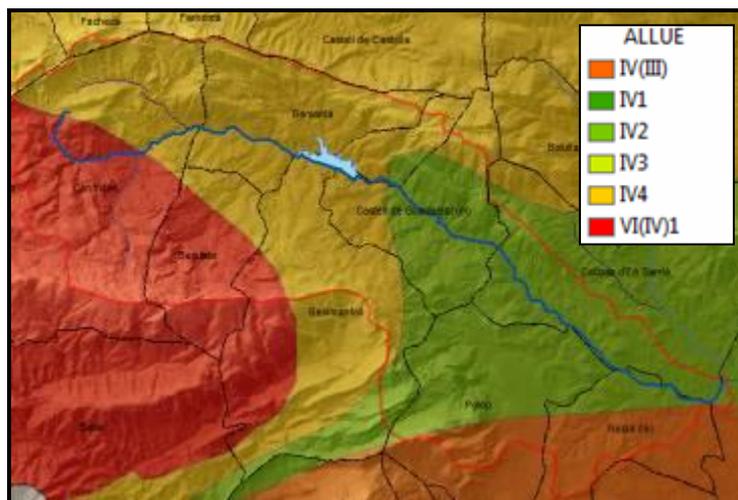


Figura 13. Clasificación de regiones fitoclimáticas en la cuenca del río Guadalest. Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía base (Allué, 1996).

2.4.2 Vegetación actual y distribución de los usos del suelo.

2.4.2.1 Vegetación actual

Para hacer la descripción de estos usos se puede utilizar el “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado” escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, hojas número 821, 822, 847 y 848. Así mismo se confeccionará el Mapa de Cultivos y Aprovechamiento del Suelo (Mapa nº 4 en Anejo I).

Destacan las formaciones vegetales de pinar y matorral disperso presentes en dichas áreas montañosas, dominando claramente las zonas de matorral, aunque de forma puntual se pueden localizar pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*). Estos pinares suelen encontrarse conformando pequeños bosquetes más o menos densos y localizados en aquellas zonas en las que las condiciones de suelo, disponibilidad de agua y orientación favorecen el desarrollo de estas comunidades (áreas de transición entre las zonas agrícolas y las pendientes más escarpadas).

Acompañando a los pinares o de forma dispersa por gran parte de las superficies montañosas de la cuenca, se encuentra el matorral. Se corresponde con comunidades adaptadas a los altos índices de insolación (vegetación heliófila) y a las altas temperaturas y sequedad del territorio (vegetación xerófila). Un ejemplo de estas especies de matorral lo encontramos en especies tales como la coscoja (*Quercus coccifera*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), el espino negro (*Rhamnus lycioides*) o el margalló (*Chamaerops humilis*). Estos matorrales ocupan además, las zonas recientemente incendiadas, proporcionando una buena cobertura y evitando la erosión. Algunos ejemplos de especies colonizadoras de ambientes incendiados son la aliaga (*Ulex parviflorus*) o las jaras (*Cistus albidus*).

En las sierras, sobre todo en las zonas más elevadas, se pueden encontrar ejemplares de carrascas (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*), cuyas comunidades constituyen la etapa clímax o potencial de la serie de la vegetación en estas zonas. Como caso excepcional, en las áreas más elevadas de la Sierra de Aitana, se encuentran fresnedas, propias de zonas de mayores latitudes, que encuentran en estas zonas a gran altitud, el ambiente óptimo para desarrollarse.

En las elevaciones de la Serra de la Serrella y la Serra de la Xorta, en su vertiente sur configurada del valle se presentan concentraciones relevantes de pinares claros con sotobosque alternados con zonas de matorrales dispersos conforme aumenta la altura. En las cimas o puntos más elevados proliferan los roquedos y canchales.

Sin embargo en la vertiente Norte de la Serra d'Aitana y las estribaciones del Pontox, que cierran la cuenca por el sur, los pinares. Pinares de este tipo dejan de ser frecuentes para convertirse en anecdóticos. Predomina, en este caso, el matorral disperso, con

pequeñas invasiones de frutales en secano o en regadío en las partes más bajas, y en las cumbres, como en el caso anterior, predominan los roquedos y canchales.

Por otra parte, se encuentran comunidades vegetales de ribera de mayor o menor desarrollo dependiendo del grado de antropización del tramo considerado. Si bien, se pueden encontrar comunidades más desarrolladas en las que se pueden encontrar choperas o saucedas de escaso desarrollo. Si bien, normalmente se encuentran comunidades de carrizales, cañaverales o adelfares, más propios estos últimos de barrancos que del cauce de un río.

Se pueden distinguir las siguientes formaciones vegetales:

Carrascales

En el caso de la cuenca objeto de estudio, estas formaciones vegetales se encuentran representadas por la carrasca, a la que le acompañan especies como:

- *Quercus coccifera*.
- *Juniperus oxicedrus*.
- *Rhamnus alaternus*.
- *Rhamnus lyciodes*.
- *Pistacia lentiscus*.
- *Ulex parviflorus*.
- *Olea europea* var. *Silvestres*.
- *Asparagus acutifolius*.
- *Lonicera implexa*.

En general no existen extensiones de carrascal bien formadas, solamente se encuentran pequeños núcleos que no llegan a formar bosques, aunque contienen todos los elementos descritos.

Coscojales

Representan normalmente la primera etapa de sustitución de los bosques potenciales de carrasca, aunque a veces pueden constituir comunidades permanentes en las zonas donde no es posible el desarrollo del bosque. Están constituidos por coscojares con lentisco (*Quercus lentiscetum*), dominados fisiónómicamente por la coscoja (*Quercus coccifera*) y acompañada generalmente por gran parte de los elementos del carrascal como:

- *Pistacia lentiscus*.
- *Rhamnus lyciodes*.
- *Rhamnus alaternus*.

A lo largo de la superficie de la cuenca se encuentran distintos coscojares más o menos desarrollados, si bien se agrupan en pequeños núcleos, sobre todo en medianías.

Pinares

Ocupan algunas partes significativas de la cuenca. Están enclavados en las sierras como la de Serrella, Xortà y Aitana. Algunas de estas áreas forestales fueron devastadas por los incendios de principios de la década de los ochenta, y en la actualidad han comenzado a recuperarse. Se trata de pinares de pino carrasco o pino blanco (*Pinus halepensis*) que ocupan áreas más o menos extensas y que constituyen el estrato arbolado de pastizales y matorrales principalmente.

También se encuentra algún pino piñonero (*Pinus pinea*). Es frecuente localizar entre el pinar, ejemplares entremezclados de *Quercus ilex ssp rotundifolia* (carrasca).

Matorrales

Corresponden a las formaciones dominadas por nanofanerofitos y camelitos perennes acompañadas o no de un estrato arbóreo de *Pinus halepensis*. Actúan como etapas de sucesión de la vegetación potencial o climática, en este caso son etapas degradativas de los carrascales. Es posible diferenciar dos tipos, uno que se instala sobre los suelos margosos de los valles y barrancos y otro por la ladera norte de Aitana, encontrando ejemplares como:

- *Osmonis fruticosa*.
- *Limonium sp. Pl.*
- *Diplotaxis crasifolia*.
- *Ephedra fragilis*.
- *Stipa tenacísima*.

El otro tipo de matorrales que se presenta pertenece al orden Rosmarinetalia y se encuentra más extendido. Las plantas más frecuentes que componen este matorral son:

- *Rosmarinus officinalis*.
- *Tymus vulgaris*.
- *Ulex parviflorus*.
- *Genista scorpius*.
- *Cistus albidus*.
- *Lavandula latifolia*.
- *Helichrysum stoechas*.
- *Dorycnium pentaphyllum*.
- *Erica multiflora*.
- *Agrylobium zanoni*.
- *Heliantemum lavandulifolium*.
- *Blupleurum fruticenses*.
- *Cistus salviifolius*.
- *Santonina chamecyparissus*.

Vegetación de ríos y ramblas

Se trata de comunidades edafófilas que colonizan los cursos de agua temporales diseminados por toda la cuenca. Están dominadas por Nerium oleander a la que acompañan especies como:

- Rubís ulmifolius.
- Scirpus holoschoenus.
- Equisetum ramosissium.
- Dorycnium rectum.
- Coriaria myrtifolia

Vegetación arvense

La vegetación arvense es aquella que se instala en los campos de cultivo. En general, los factores que determinan su presencia son:

- La riqueza del suelo en derivados nitrogenados.
- La acción mecánica sobre el terreno.
- La acción química de los herbicidas.

El tipo de vegetación que se instalará dependerá del tipo de cultivo, según sea de secano, arbolado o de regadío. Las comunidades arvenses además variarán según la época del año.

VEGETACIÓN ARVENSE EN ÁMBITOS DE SECANO (ALMENDRO, OLIVO, ALGARROBO):	
Invierno	Verano
<ul style="list-style-type: none"> - Comunidad arvense dominada por <i>Diplotaxis erucoides</i>. - <i>Papaver rhoeas</i>. - <i>Fumaria officinalis</i>. - <i>Calendula arvensis</i>. - <i>Urtica urens</i>. - <i>Capsella bursa-pastoris</i>. - <i>Avena fatua</i>. - <i>Ordeum morinum</i>. - <i>Cyperus rotundus</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Convolvulus arvensis</i>. - <i>Chenopodium album</i>. - <i>Heliotropium europaeum</i>. - <i>Daucus carota</i>. - <i>Cyperus rotundus</i>.

Figura 14. Vegetación arvense en la cuenca del río Guadalest. Fuente: Elaboración propia.

Vegetación nitrófila

Las comunidades nitrófilas son variadas y están en expansión en las zonas de montaña debido al aumento de los campos abandonados.

A lo largo de la cuenca podemos encontrar:

1. Basureros: Comunidades *Chenopodium* sp. y *Amaranthus* sp. acompañados por *Hordeum murinum*, *Urtica urens*, etc.
2. Solares abandonados y cercanías del núcleo urbano: Comunidades de *Inula viscosa*, *Marrubium vulgare*, etc.
3. Bordes de caminos: Comunidades muy ricas en primavera como *Chrysanthemum coronarium*, *Hordeum murinum*, *Cichorium intybus*, *Euphorbia* sp.
4. Muros viarios y márgenes de caminos: La vegetación nitrófila que coloniza estas zonas está formada por *Parietaria officinalis*.

Vegetación rupícola

Este tipo de comunidades están formadas en general por pequeñas plantas adaptadas a vivir en las repisas y grietas donde se acumula algo de suelo, tienen una baja incidencia en el paisaje pero presentan un gran interés biogenética. En las crestas del valle alcanzan una gran representación. Como elementos de este tipo de comunidades cabe destacar:

- *Poterium ancestroides*.
- *Hipocrepis valentina*.
- *Scabiosa saxatilis* ssp.
- *Brassica rapanda* ssp.
- *Campanula hispanica*.

La vegetación natural es la que domina la práctica totalidad de la superficie del territorio, localizándose en la Sierra de Aitana, Sierra de Serrella y Ponotx, así como en los principales cauces (ríos y barrancos) presentes.

2.4.2.2 Cultivos y usos del suelo

La superficie agrícola se distribuye claramente entre las áreas de regadío, situadas en la zona sur de la cuenca, con cultivos de nísperos, cítricos y frutales, y las áreas de secano que ocupan la mayor parte de la superficie agrícola del valle. Los cultivos de secano se caracterizan por la presencia de almendros, olivos y algarrobos.

A partir del “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado” escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 821, 822, 847 y 848 se han obtenido las siguientes distribuciones de usos de suelo:

Tabla 10. Usos del suelo en la cuenca del río Guadalest.

TIPO	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
Bosque	18.58	12.39
Frutal regadío	9.59	7.83
Frutal seco	28.53	23.31
Herbáceos seco	0.92	0.75
Invernadero	0.03	0.025
Matorral	62.73	51.25
Improductivo/Sin cultivar	2.0	1.64

La cuenca del río Guadalest se caracteriza por tratarse de un ámbito poco modificado por las construcciones. En la cuenca conviven los cultivos de regadío con los de seco. Los primeros gracias a la presencia del río Guadalest, y los segundos aprovechándose de la tierra fértil que toda ribera de río posee.

En las zonas más próximas a los núcleos urbanos, los usos predominantes son los frutales en seco o en regadío, fuente de ingresos de la zona en años anteriores. En la parte Este de la cuenca se extiende una mayor zona de este tipo de cultivos y junto al cauce del río Guadalest, al Este del embalse se concentran los cultivos de frutales en regadío (7.83%).

Pero el uso que predomina en las zonas de cotas más altas del valle es el de cultivo de frutales de seco (23.31%), principalmente olivos, árbol propio del clima mediterráneo cuya presencia es muy frecuente en los municipios interiores de la Comunidad Valenciana, junto con otras especies de seco como el almendro y el algarrobo, cuyos cultivos se encuentran en su mayoría aterrizados.

En mucha menor medida encontramos superficies de invernaderos y zonas dedicadas a los cultivos hortícolas, que se dan de forma testimonial, no cartografiable (<15 ha en toda la cuenca).

2.4.3 Montes a cargo de la administración pública

En la cuenca objeto de estudio hay siete montes de Utilidad Pública (UP), parcialmente incluidos en la cuenca, de los cuales únicamente dos superan las 50 ha, siendo el más extenso el monte de la Serrella y Aitana, perteneciente al Ayuntamiento de Confrides.

A continuación mostramos un cuadro que hace referencia a su situación administrativa, a la superficie incluida en la cuenca y el paraje en cuestión.

Tabla 11. Montes de utilidad pública en la cuenca del río Guadalest.

Paraje	Municipio	Superficie dentro de la cuenca (Ha)	Pertenencia
Barranco de las águilas	Guadalest	196,2	Generalitat
Solana del Faro y Umbria de la Serrella	Famorca	2,91	Ayuntamiento
Serrella	Castell de Castells	0,12	Ayuntamiento
Castellet, La Llacuna y otros	Castell de Castells	0,29	Ayuntamiento
La Sierra, Barranco Hondo y Serrella	Quatretondeta	26,69	Ayuntamiento
El Faro y Loma Serrella	Facheca	38,77	Ayuntamiento
Serrella y Aitana	Confrides	1455,75	Ayuntamiento

2.4.4 Espacios protegidos

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

En la cuenca objeto de estudio, encontramos únicamente el LIC Aitana, Serrella y Puigcampana (véase Figura 15), el cual incluye parte de su superficie dentro de la cuenca objeto de estudio, que correspondería con la parte montañosa que limita la cuenca tanto al norte (Serrella) como al sur (Aitana, Puigcampana).

El LIC Aitana, Serrella y Puigcampana representa probablemente el núcleo de mayor interés natural del prebético valenciano. Su altitud (1.558 m), su proximidad al mar y su situación en un área de marcados gradientes térmicos y ombroclimáticos le confiere una gran riqueza en especies raras y de interés, tanto endémica como procedente de irradiaciones eurosiberianas y bético-magrebíes. Además, contiene una representación significativa de diversos hábitats prioritarios. En cuanto a la fauna, destacan las especies propias de medios forestales y, sobre todo, rupícolas.

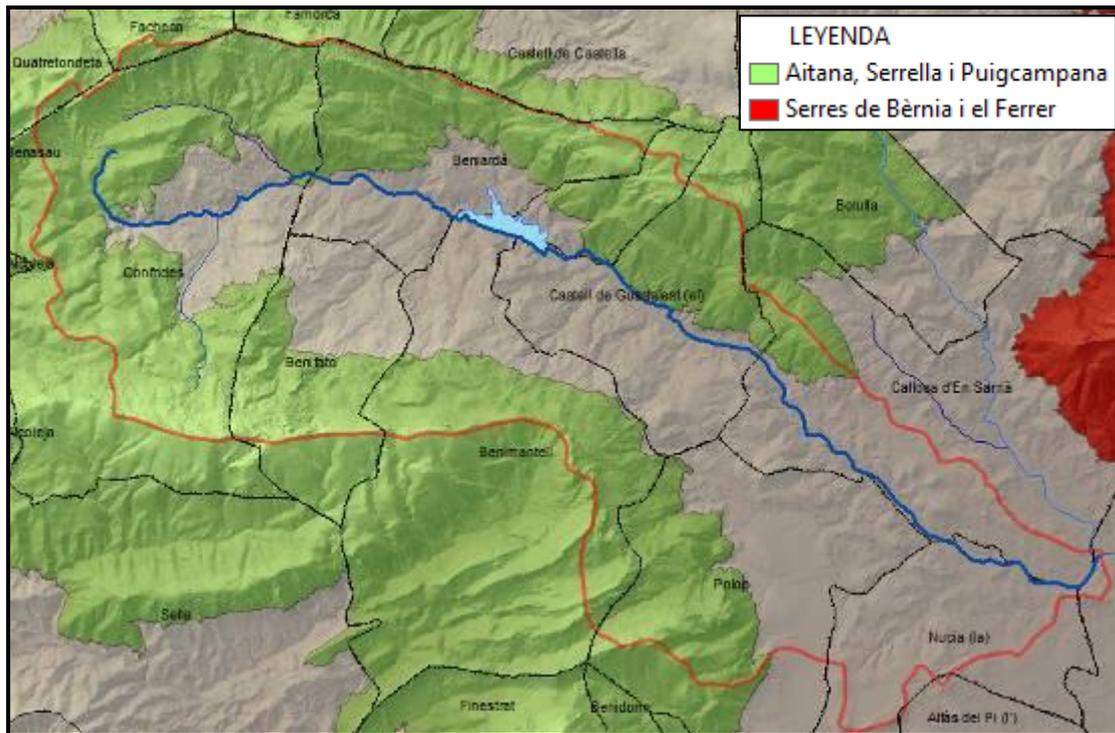


Figura 15. Lugares de Interés Comunitario. Fuente: Elaboración Propia.

2.4.5 Mapa forestal

La distribución de especies forestales en la cuenca del río Guadalest, según el Mapa Forestal de España a escala 1:200.000, facilitado por el Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, es la que aparece a continuación.

Tabla 12. Especies forestales presentes en la cuenca según el Mapa Forestal de España.

Tesela	Especie	Superficie (km ²)
534	Cultivos agrícolas	55,5
379	Garriga clara, muy degradada o incipiente	21,1
378	Garriga +/- degradada	20,19
24	<i>Pinus halepensis</i>	19,66
123	Lasto-Erizal	1,72
118	<i>Acer granatense</i>	1,47
26	<i>Pinus pinaster</i>	1,35
23	Semidesierto rocoso, no kárstico	0,9
82	<i>Quercus ilex rotundifolia</i>	0,15
73	Agua	0,14
552	Áreas en proceso de urbanización	0,12
448	Matorral mixto con predominio de <i>Ulex parviflora</i>	0,04

Fuente: Mapa Forestal de España Escala 1:200.000, 1997

En el Anejo I (Mapa nº 5) aparecen todas las formaciones presentes en la cuenca.

2.5 Características socioeconómicas

Conociendo que la población de una cuenca es la beneficiaria de las actuaciones que en ella se efectúen, resulta importante conocer su medio de vida, infraestructura que poseen y características socioeconómicas de la zona.

2.5.1 Datos geográficos

La cuenca del río Guadalest, forma parte de la Comarca de Marina Baixa. Los municipios que aportan superficie al total de la cuenca son los siguientes:

Tabla 13. Municipios y superficies dentro de la cuenca del río Guadalest.

Municipio	Núcleo de población dentro de la cuenca	Superficie (ha)	% de la cuenca
Confrides	Sí	2805.7	22.867
Benimantell	Sí	1785.17	14.549
Polop	Sí	1685.82	13.739
Beniardà	Sí	1488.48	12.13
Castell de Guadalest	Sí	1477.72	12.04
Callosa d'En Sarriá	Parcialmente	1091.05	8.89
Benifato	Sí	948.8	7.73
La Nucía	Parcialmente	887.99	7.23
Facheca	No	38.77	0.31
Altea	No	27.27	0.22
Quatretondeta	No	25.77	0.21
L'Alfàs del Pi	No	3.81	0.031
Famorca	No	3.1	0.025
Castell de Castells	No	0.43	0.004

Fuente: Instituto Valenciano de Estadística (2010).

Los términos municipales a estudiar, son los que aportan más de un 5% al total de la superficie de la cuenca, siendo los que se presentan a continuación:

- Confrides
- Benifato
- Beniardà
- Benimantell
- El Castell de Guadalest
- Callosa d'En Sarriá
- Polop
- La Nucía

2.5.2 Demografía y análisis de población

A continuación se describen las principales características socioeconómicas de la zona.

Todos los datos que a continuación se muestran se han obtenido tanto del Instituto Valenciano de Estadística como del Instituto Nacional de Estadística.

Tabla 14. Municipios considerados en la cuenca del río Guadalest.

Municipio	Superficie (Km ²)	% dentro de la cuenca	Altitud (m)	Distancia capital de provincia (km)	Población 2010 (habitantes)	Densidad población (hab/km ²)
Confrides	40	70.14	785	80	276	7
Benimantell	37.9	47.1	547	72	514	12.5
Polop	22.6	74.59	262	53	4294	182.1
Beniardà	15.7	94.81	464	75	230	16.4
Castell de Guadalest	16	92.36	586	73	246	13.6
Callosa d'En Sarrià	34.7	31.44	247	56	7888	237.3
Benifato	11.9	79.73	658	74	199	16.3
La Nucía	21.4	41.49	226	51	18225	793.9

2.5.2.1 Población

En general, la evolución de la población dentro de la cuenca ha ido aumentando en los últimos 13 años de tal forma que se ha duplicado la población en la cuenca en el período 1998-2010, aunque se observa alguna pequeña disminución en el año 2004, pero no es significativa, tal como se puede observar en la Tabla 15.

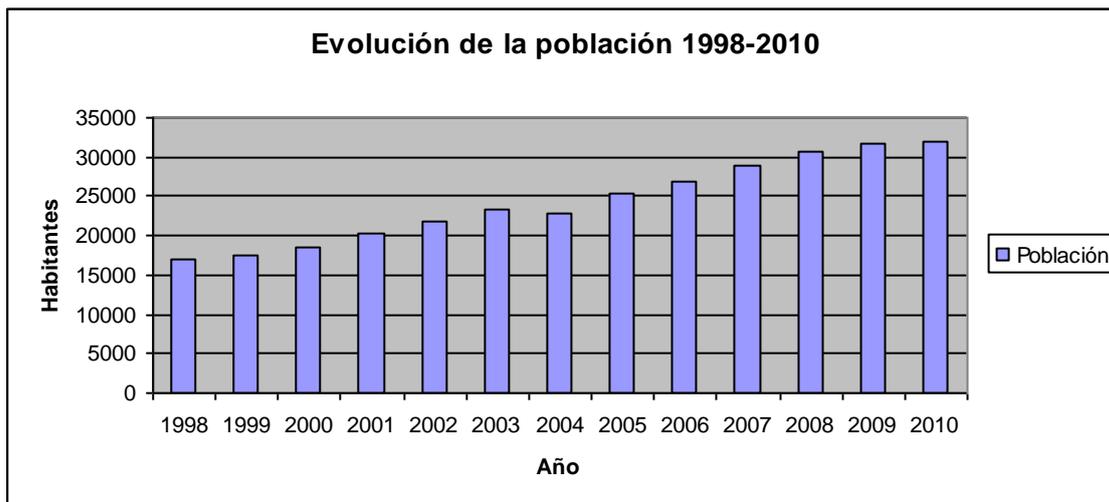
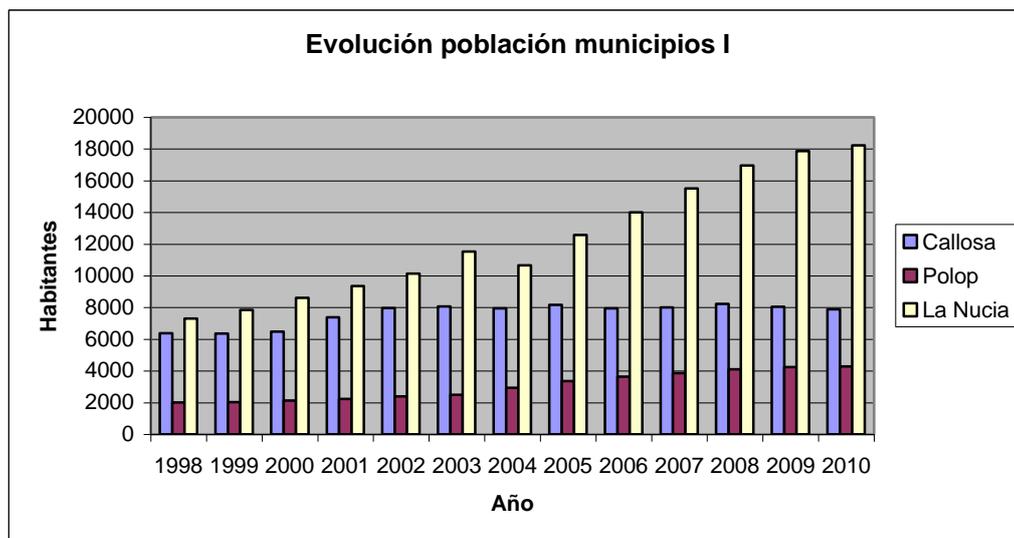


Tabla 15. Evolución de la población en la cuenca del río Guadalest.

POBLACIÓN								
	Confrides	Benifato	Beniardà	Benimantell	Guadalest	Callosa	Polop	La Nucia
1998	283	136	216	417	177	6370	2009	7303
1999	309	138	209	419	176	6365	2024	7839
2000	325	148	205	415	181	6488	2136	8616
2001	306	155	200	401	192	7378	2243	9365
2002	287	164	193	378	189	7966	2391	10135
2003	325	168	215	443	194	8060	2489	11522
2004	301	173	199	447	204	7957	2934	10672
2005	286	165	235	487	207	8179	3353	12573
2006	256	175	208	468	204	7939	3636	14006
2007	303	188	229	466	215	8008	3869	15519
2008	279	194	258	472	217	8224	4112	16958
2009	299	187	238	490	231	8056	4245	17874
2010	276	199	230	514	246	7888	4294	18225

En el siguiente gráfico se presenta la evolución de la población en los tres municipios que aportan mayor población al conjunto de la cuenca, ya que el 95% de la población de la misma se asienta en estos municipios, localizados todos en la parte baja de la cuenca, donde existe un mayor desarrollo económico.

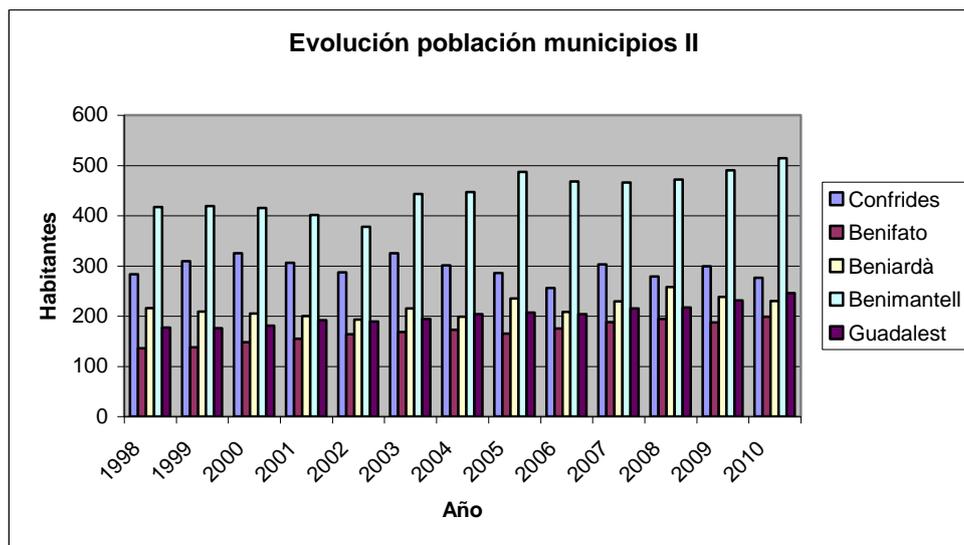


Del análisis del gráfico se pueden sacar varias conclusiones:

- La Nucía está experimentando un “boom” urbanístico, ya que su ubicación cercana a núcleos turísticos como Benidorm o Altea y debido a la existencia de una buena red de comunicación, hace que sea un lugar propicio para que se instale la población. De hecho cuenta con 69 urbanizaciones y cuenta con una colonia alemana importante.
- La población de Polop, aunque en menor medida que La Nucía, sigue la misma tendencia que ésta.

- La población de Callosa tiende a la baja debido a la crisis en el sector agrario, dado que su principal sustento es la agricultura, está provocando un éxodo de población.

Por otra parte se presenta el gráfico con la población del resto de municipios de la cuenca, todos ellos pertenecientes a la parte media y alta de la cuenca, donde el desarrollo es más limitado y las condiciones del entorno más duras.



Del análisis del gráfico se pueden sacar varias conclusiones:

- En general la población es bastante estable con oscilaciones de población mínimas.
- El municipio más importante en cuanto a población es Benimantell, el cual tiene una tendencia al alza desde el año 2007.
- Municipios como Guadalest han visto incrementada su población debido a la importancia turística del entorno.

En general, excepto los tres municipios más importantes, el resto de la población de la cuenca presenta unas características de envejecimiento, mayoría de población en edad de jubilación, crecimientos vegetativos negativos y falta de oportunidades laborales fuera del sector primario y de infraestructuras para poder mejorar su economía.

En cuanto a La Nucía, Callosa y Polop, encontramos el caso contrario, población más joven, mayores oportunidades de trabajo, con grandes extensiones de tierras cultivables que durante años ha atraído a gran número de población extranjera en busca de trabajo

en el campo (el caso de Callosa) y climatología más propicia para el asentamiento de nueva población de mayor poder adquisitivo. Existe un mayor desarrollo económico, con grandes superficies de polígonos industriales y unas infraestructuras que permiten el asentamiento de nuevas industrias.

La población extranjera corresponde en su mayoría a residentes europeos, y en todos los municipios supera el 15%. Un porcentaje menor son procedentes de Latinoamérica o África, que llegaron en la última década por motivos laborales.

2.5.3 Estructura económica

En primer lugar destaca el progresivo abandono de los activos que se dedican al sector primario en beneficio de otros sectores de actividad, como pueden ser los servicios o la industria (rama de la construcción). Las actividades fabriles apenas están desarrolladas, ya que se trata de pequeños establecimientos o talleres de pequeña importancia.

Si en los años ochenta, localidades como El Castell de Guadalest, la población repartía casi al 50% entre empleados en agricultura y los servicios, hoy en día estos últimos ya acaparan el 90% de las contrataciones.

Desde estos años el terciario es el gran protagonista del mercado laboral, exponente del desarrollo turístico de la zona, y que ha impulsado a un sector que hoy presenta una amplia variedad de funciones (administración, comercio, banca y hostelería).

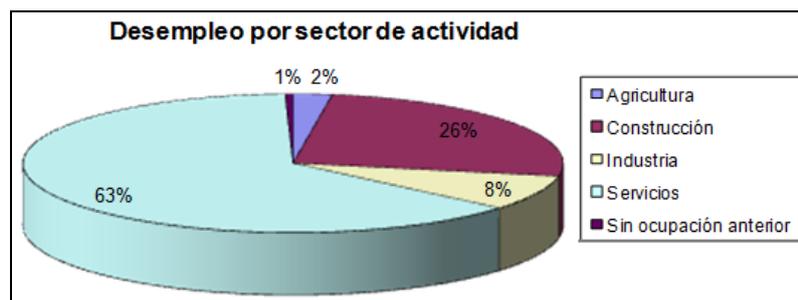


Figura 16. Desempleo por sector de actividad. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IVE 2010.

Por sector de actividad, el sector servicios es el que mayor número de desempleo ha generado (64%). Aunque la economía turística del valle ha desplazado a las actividades agrarias tradicionales, en el que ha jugado un papel fundamental la localidad de El Castell de Guadalest en sus relaciones turísticas con Benidorm, declarado Monumento Histórico Artístico, siendo el segundo lugar más visitado de España tras el Museo del

Prado (Madrid), en general no es turismo de pernoctaciones, sino de excursiones de un día, estando otros centros turísticos en zonas próximas como Benidorm o Altea, los cuales absorben la gran mayoría de pernoctaciones.

También es de reseñar la elevada tasa de paro en la construcción, debido a la actual coyuntura de crisis inmobiliaria.

2.5.3.1 Sector primario

La cuenca del río Guadalest está muy marcada por su tradición basada en la agricultura siendo, incluso en la actualidad, el sector primario, la base económica de la zona. Esto ha condicionado una cultura tradicional, basada especialmente en el cultivo de olivos, almendros, algarrobos o frutales.

La agricultura que se da en la cuenca está claramente influenciada por las características del clima, de tal forma que en zonas del interior (Confrides, Benifato, Beniardà, Benimantell y El Castell de Guadalest) predominan los cultivos de secano, sobre todo olivar y almendro y en menor medida, frutales y algarrobo.

Las características típicas de este tipo de cultivos es su cultivo en terrazas debido a las elevadas pendientes que se dan en la zona.

A continuación se presentan los diferentes cultivos que se dan en la zona media y alta de la cuenca, por municipios. Son datos de 2010 proporcionados por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Tabla 16. Cultivos en los municipios de las zonas medias y altas de la cuenca.

CULTIVOS EN ZONAS MEDIAS Y ALTAS DE LA CUENCA*			
Cultivo	Secano (ha)	Regadío (ha)	Total (ha)
Cultivos Forrajeros	1	1	2
Cítricos	0	45	45
Frutales	122	58	180
Olivar	550	118	668
Algarrobo	64	0	64
Cereales	1	0	1
Almendro	283	27	310

*Benifato, Benimantell, Confrides, El Castell de Guadalest

En cuanto a las zonas bajas de la cuenca (Callosa, Polop y La Nucía), donde el clima es más favorable y existe mayor disponibilidad de agua para regadíos, por lo que se dan cultivos de mayor importancia económica como son los cítricos y los frutales. En esta

parte de la cuenca se da un cultivo que adquiere una importancia representativa en la zona, como es el níspero, que en Callosa d'En Sarriá se encuentra protegido bajo la denominación de origen "Nísperos de Callosa d'En Sarriá".

Asimismo también se pueden encontrar pequeñas zonas de huerta en las proximidades del río Guadalest.

Tabla 17. Cultivos en los municipios de las zonas bajas de la cuenca.

ZONAS BAJAS DE LA CUENCA*			
Cultivo	Secano (ha)	Regadío (ha)	Total (ha)
Hortalizas	0	10	10
Cítricos	0	630	630
Frutales	28	777	805
Almendra	28	47	75
Olivar	50	22	72
Algarrobo	25	0	25
Patata	0	2	2
Cereales	0	1	1

* La Nucía, Callosa d'En Sarriá, Polop

En cuanto a la ganadería, ésta no es muy importante en la cuenca objeto de estudio, siendo el ganado más representativo el ovino-caprino y el municipio más ganadero Callosa d'En Sarriá, en el que también adquiere una importancia relativa la apicultura. A continuación se muestra la tabla con el número de animales que se dan en los municipios de la cuenca.

Tabla 18. Ganadería en la cuenca objeto de estudio. Fuente: Censo agrario 2009, INE.

MUNICIPIO	NÚMERO DE ANIMALES						
	Ovinos	Caprinos	Equinos	Porcinos	Aves	Conejas madres	Colmenas
Benifato	2	2	18	0	0	0	150
Benimantell	0	17	0	0	15	0	40
Callosa d'En Sarriá	187	212	0	0	47	4	1052
Castell de Guadalest	4	7	8	0	0	0	0
Confrides	4	10	1	0	32	4	0
Nucia , la	2	4	29	0	42	4	0
Polop	13	12	5	44	7	0	0
Beniardà	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	212	264	61	44	143	12	1242

2.5.3.2 Sector secundario

El sector secundario únicamente adquiere importancia en los municipios de Callosa, Polop y por encima de todos en La Nucía.

Estas poblaciones son las únicas que cuentan con polígonos industriales que acogen varios tipos de industria, desde el sector textil hasta industrias químicas y alimentarias. Asimismo también existe un número importante de empresas de transporte que se dedican al transporte de los productos del campo para su comercialización en el resto de España.

En los últimos años, ha sido la industria de la construcción el que ha adquirido un papel más importante en la economía de este sector. Este desarrollo de la construcción, básicamente en zonas próximas al litoral, se ha debido a los estímulos de la expansión turística. La incidencia de este fenómeno se manifiesta claramente en La Nucía donde existe un gran número de urbanizaciones con un asentamiento muy importante de alemanes.

La principal problemática que tiene planteada el sector obedece por un lado a la actual crisis y a su incidencia sobre la situación económica y financiera de las pequeñas empresas, así como en la propia demanda turística.

A modo de comparativa se presentan una tabla con las contrataciones en los años 2006 y 2009 en las que se puede observar el efecto comentado de la crisis. Como ejemplo en La Nucía, de las 1771 contrataciones en la construcción se han pasado a 301, lo mismo ocurre en el resto de municipios pero a menor escala.

Tabla 19. Comparativa entre contrataciones de los años 2006-2009. Fuente: IVE, 2009.

2009	Agricultura	Construcción	Industria	Servicios
TOTAL CUENCA	778	668	169	2326
2006	Agricultura	Construcción	Industria	Servicios
TOTAL CUENCA	808	2792	368	3020

2.5.3.3 Sector terciario

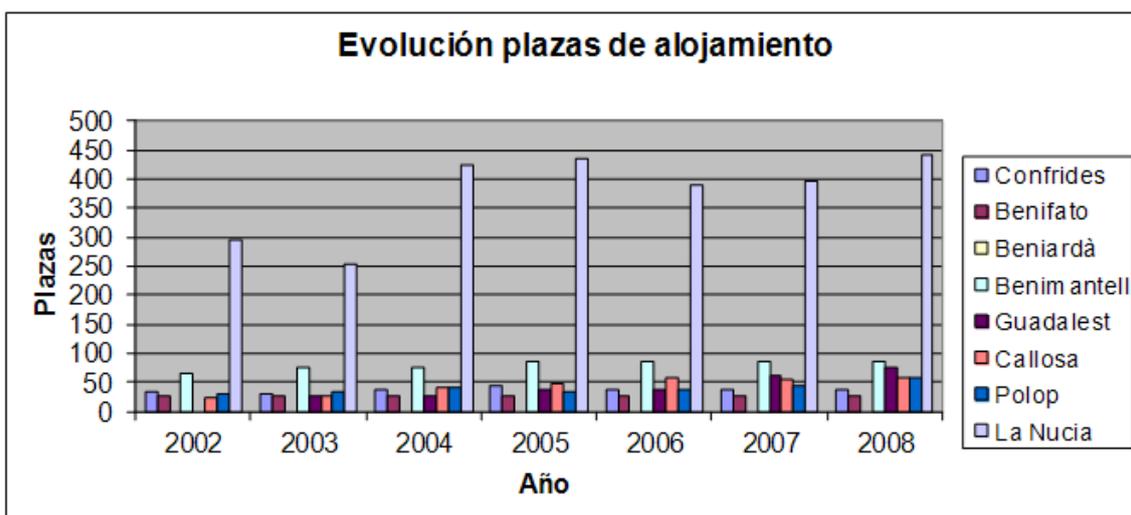
El sector terciario es junto con la construcción, el sector en el que más ha incidido la crisis, tal como se puede deducir de los datos expuestos en las tablas anteriores. También se debe señalar que se ha producido un incremento moderado del turismo que ha experimentado la zona, sobre todo los alrededores de El Castell de Guadalest.

En cuanto al sector terciario se puede afirmar que se ha incrementado debido al incremento del interés turístico que ha experimentado la zona. Siendo necesario potenciar esta área para garantizar la continuidad económica que se ve un poco afectada debido al bajo índice de renovación de la población activa. Gracias a este carácter turístico que la cuenca ha tomado en los últimos años, un gran sector de la población depende de los servicios, en especial de la hostelería, del comercio de marroquinería y souvenirs y de museos.

Pero otra parte de los habitantes, como ya hemos comentado, se dedica aún a las tareas agrícolas, especialmente, las relacionadas con los productos de secano como el almendro, el algarrobo o el olivo.

Como indicador del sector se presenta la evolución de plazas de alojamiento en los municipios de la cuenca.

El caso más llamativo es el de Guadalest, que ha pasado de no tener plazas de alojamiento en 2002 a las 74 en 2008.



3 Hidrología forestal

3.1 *Reseña hidrográfica*

El río Guadalest nace en el paraje del Rincón del Olvido en la zona alta de la Sierra de la Serrella. Aunque en este lugar solamente mana el agua en la época de grandes lluvias, por lo que el río propiamente dicho comienza a llevar corriente cuando desaguan en él diversos barrancos de la zona, alimentados por fuentes, como pueden ser la Font de l'Arbre, la Font de Fuster, etc. que dan lugar a pequeños barrancos que descienden por la falda de la Sierra de Aitana o de la Serrella, de los cuales, los más importantes serían el Barranc de Matxelis y el Barranc del Monesillo respectivamente.

El curso alto sigue paralelo a la carretera CV-70 hasta aproximadamente el municipio de Confrides, en esta zona es donde el cauce adquiere mayor pendiente y unido a los materiales margosos que se dan en la zona, donde mayor arrastre se produce, encontrándose en el cauce acarreos de tamaño considerable. La vegetación en esta zona se corresponde con matorral denso, sobre todo en zonas colindantes al cauce, donde encontramos especies típicas como zarzas, espinos, etc.



Figura 17. Márgenes del río Guadalest en su curso alto.

En las inmediaciones de la pedanía de Abdet es donde podemos encontrar una vegetación más cerrada, debido a la humedad aportada por diversas fuentes en la zona, y por ser una zona de umbría.

A partir del punto donde se une al Barranc del Monesillo por su margen izquierda, ya próximos al Embalse de Guadalest, el río entra en zonas del Mioceno susceptibles de una erosión muy elevada. En este tramo las orillas del río encontramos vegetación típica de ribera.



Figura 18. Vegetación de ribera en las proximidades del embalse de Guadalest.

En el embalse desaguan un gran número de pequeños barrancos que descienden por las pendientes de la Sierra de Xortà por el margen izquierdo y de Aitana por el margen derecho. Debido a las grandes pendientes de la zona, son barrancos que han formado importantes socavaciones en el terreno, al ser barrancos de carácter puramente torrencial.

Alrededor del embalse es donde encontramos el estado forestal en mejores condiciones, con una buena cubierta vegetal, sobre todo de pinar de repoblación.



Figura 19. Desembocadura del río Guadalest en el embalse.

Tras el embalse de Guadalest, el río, ya controlado por las sueltas del mismo, entra en terrenos de arcillas, yesos y cantos, constituyendo el fondo del valle. Aguas abajo del embalse encontramos una zona de bosque de pinos, que hace de transición hasta la zona

de cultivos propiamente dicha de la parte baja de la cuenca. En esta zona encontramos los suelos más fértiles y dónde se dan los cultivos más importantes de la zona, como son los nísperos. Tanto nísperos como frutales acompañan al río en su recorrido hasta su desembocadura en el río Algar, en una pequeña presa que recoge las aguas de ambos ríos.



Figura 20. Cultivos de nísperos y frutales en la zona baja del curso del río Guadalest.



Figura 21. Desembocadura del río Guadalest en el río Algar y presa.

3.2 Características morfológicas

La morfología de la cuenca se define a partir de la obtención de los parámetros de forma, de relieve y los relativos a la red hidrográfica. Estos parámetros son los que definen como es la cuenca.

3.2.1 Parámetros de forma

3.2.1.1 Índice de compacidad de Gravelius

Define la influencia del contorno de la cuenca (su forma y su superficie) en la marcha de los hidrogramas. Para ello, se relaciona el perímetro de la cuenca con el de otra

teórica circular y de la misma superficie. Su valor es siempre mayor que uno y crece con la irregularidad de la cuenca.

Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{P}{2\pi R} \cong 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}, \text{ donde,}$$

- P: Perímetro de la cuenca = 59,986 Km.
- A: Área de la cuenca = 122,4 Km².

Por lo tanto, **K_c = 1,52**

Se trata de una **cuenca oblonga** (1,50 < KC < 1,75), según la clasificación de cuencas en función del valor del coeficiente.

3.2.2 Parámetros de relieve

3.2.2.1 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica (Strahler 1952) permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo.

Se obtiene colocando en las ordenadas los valores correspondientes a las diferentes alturas de la cuenca referidos a la máxima de la misma y, en las abscisas, los valores de área que se encuentran por encima de las alturas correspondientes, referidas al área total de la cuenca. De esta forma se utilizan valores relativos (porcentuales), lo que hace posible comparar curvas de diferentes cuencas, prescindiendo de las dimensiones absolutas. Normalmente su forma es sigmoideal, cóncava hacia arriba en la parte superior y convexa en la parte baja; el grado de sinuosidad es muy variable, lo mismo que la pendiente en el punto de inflexión.

Su cálculo se realiza a partir de un plano topográfico, calculando la superficie encerrada en curvas de nivel.

En la siguiente tabla, se relaciona la superficie del barranco que ocupa cada altura:

Tabla 20. Datos de partida para la realización de la curva hipsométrica.

Cota (m)	Superficie por encima de la cota correspondiente (km ²)	% Acumulado	% Relativo
1558	0	0	0,15
1500	0,18	0,15	0,56
1400	0,87	0,71	1,3
1300	2,46	2,01	3,23
1200	6,41	5,24	2,91
1100	9,98	8,15	8,82
1000	20,77	16,97	9,97
900	32,98	26,94	9,4
800	44,48	36,34	8,1
700	54,39	44,44	7,99
600	64,18	52,43	8,89
500	75,06	61,32	8,92
400	85,97	70,24	8,45
300	96,32	78,69	10,24
200	108,85	88,93	1,1
100	120,11	98,13	0,74
50	122,24	99,87	0,13
40	122,4	100	0

En el siguiente gráfico se representa la curva hipsométrica de la cuenca:

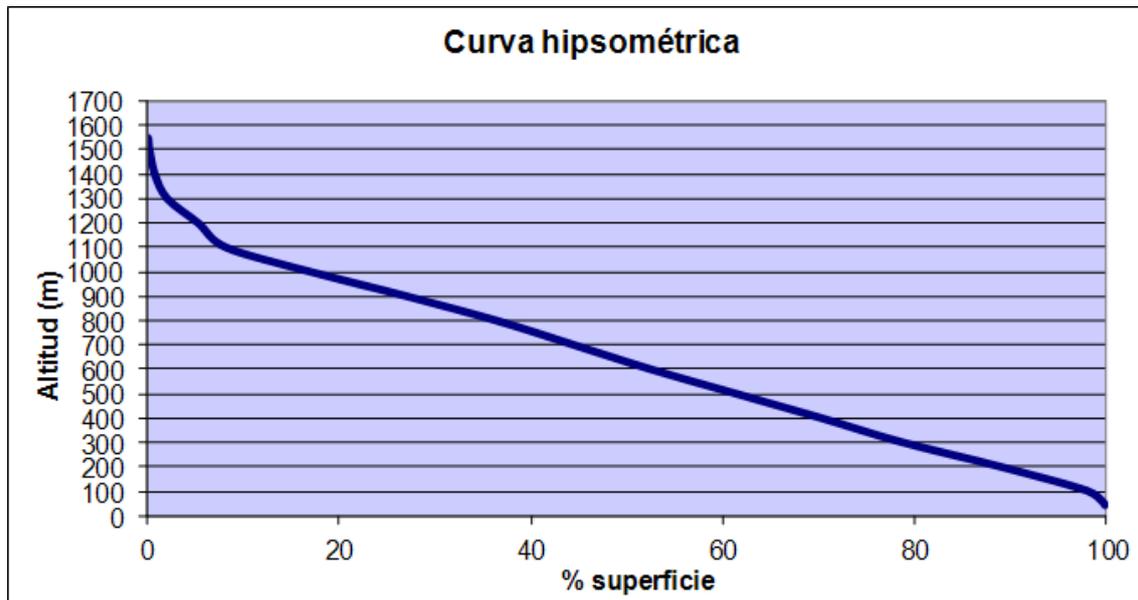


Figura 22. Curva hipsométrica. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2 Altura media

La altura o elevación media tiene importancia principalmente en zonas montañosas donde influye en el escurrimiento y en otros elementos que también afectan el régimen hidrológico, como el tipo de precipitación, la temperatura, etc. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\sum (c_i \cdot a_i)}{A}$$

Siendo:

- H elevación media de la cuenca
- c_i cota media del área i, delimitada por 2 curvas de nivel
- a_i área i entre curvas de nivel
- A área total de la cuenca

Resultando que la **altura media** de la cuenca es de **641,1 metros**.

3.2.2.3 Altitud media

Se obtiene sumando la altura media y la cota mas baja a la que pertenece el río Guadalest, es decir:

$$H = h + \text{cota mínima}$$

Donde,

- H = altitud media (m)
- h = altura media (m)

Por lo tanto la altitud media será,

$$H = 641,1 + 40 = \mathbf{681,1 \text{ metros}}$$

3.2.2.4 Pendiente media

La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce.

Se calcula mediante la expresión:

$$S = 100 \frac{\sum l_i \cdot E}{A}$$

Donde,

- S: pendiente media en tanto por ciento.
- $\sum l_i$: suma de las longitudes de las curvas de nivel (Km.)
- E: equidistancia entre las curvas de nivel (Km.)
- A: Superficie de la cuenca (Km²)

Siendo la equidistancia entre las curvas de nivel consideradas 100 m. y la suma de sus longitudes de 507,94 Km. La **pendiente media** de la cuenca del río Guadalest resulta ser de **41,5%**.

Por otra parte se ha realizado el mapa de pendientes de la cuenca a escala 1:30.000. (Anejo I, Mapa nº 6).

3.2.3 Parámetros relativos a la red de drenaje

3.2.3.1 Densidad de drenaje

Se define mediante la expresión propuesta por Horton:

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

Donde,

- D: densidad de drenaje (Km.⁻¹)
- $\sum l_i$: suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (Km.)
- A: superficie de la cuenca (Km²)

$$D = \frac{97,8km}{122,4km^2} = 0,79km^{-1}$$

El resultado obtenido para la cuenca del río Guadalest es de 0,79 km⁻¹.

Para que la red hidrográfica de la cuenca objeto de estudio quede bien definida se ha realizado un plano de detalle de la misma, que se puede observar en el Anejo I, Plano nº 7.

3.2.3.2 Pendiente media del cauce principal

Para el cálculo de la pendiente media del cauce principal, esto es, el río Guadalest, se utilizó la siguiente fórmula:

$$J = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \cdot 100$$

Donde,

- J: pendiente media del cauce (%)
- H máx.: altitud máxima del cauce (m)
- H mín.: altitud mínima del cauce (m)
- L: longitud del cauce (m)

$$J = \frac{971,87 - 40}{24740} \cdot 100 = 3,76\%$$

Por lo tanto tenemos que la **pendiente media** del río Guadalest desde su nacimiento a 971,87 metros hasta la desembocadura en el río Algar a 40 m es de **3,76%**.

3.3 Erosión en la cuenca de estudio.

La descripción de la erosión en la cuenca objeto de estudio se ha basado en el análisis de los mapas de erosión potencial (véase Figura 23) y de erosión actual (véase Figura 24) de la misma.

La erosión potencial es aquella que, en ausencia de cobertura vegetal, con las mismas condiciones climáticas, cabría esperar que se diese en la cuenca, y se representa en el siguiente mapa:

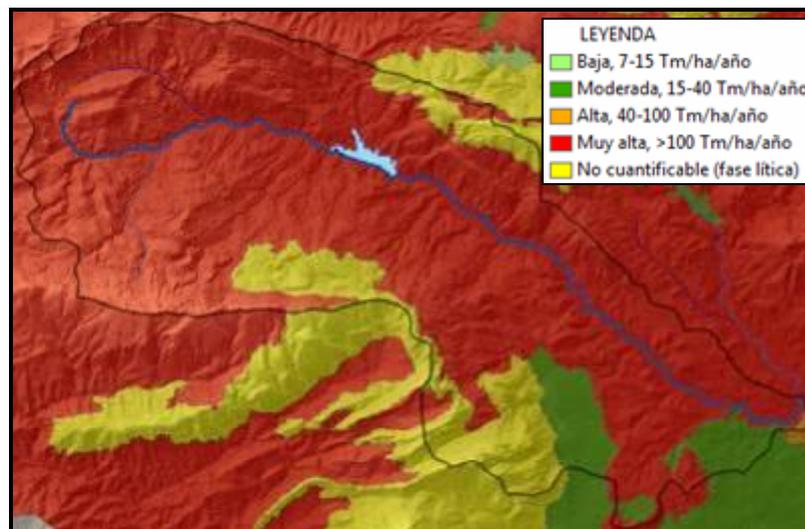


Figura 23. Erosión potencial en la cuenca de estudio. Fuente: Cartografía GVA

Se puede observar que en la práctica totalidad de la cuenca se dan elevados índices de erosión, esto es, se dan pérdidas de suelo mayores de 100 Tm/ha/año. Esto es debido principalmente a las condiciones fisiográficas de la cuenca, ya que existen pendientes elevadas y un gran número de barrancos que surcan las laderas de las formaciones montañosas que rodean la cuenca.

También es de reseñar, que un porcentaje considerable de la misma se encuentra en fase lítica, sobre todo zonas de la sierra de Aitana y de Xortà, mientras que en la parte más sur oriental (Polop y La Nucía) encontramos zonas de erosión potencial moderada (pérdidas de suelo entre 15-40 Tm/ha/año).

Por otro lado tenemos la erosión actual en la cuenca, que tal como se puede observar en la Figura 24, aún siendo menor que la potencial, siguen existiendo tasas importantes de erosión.

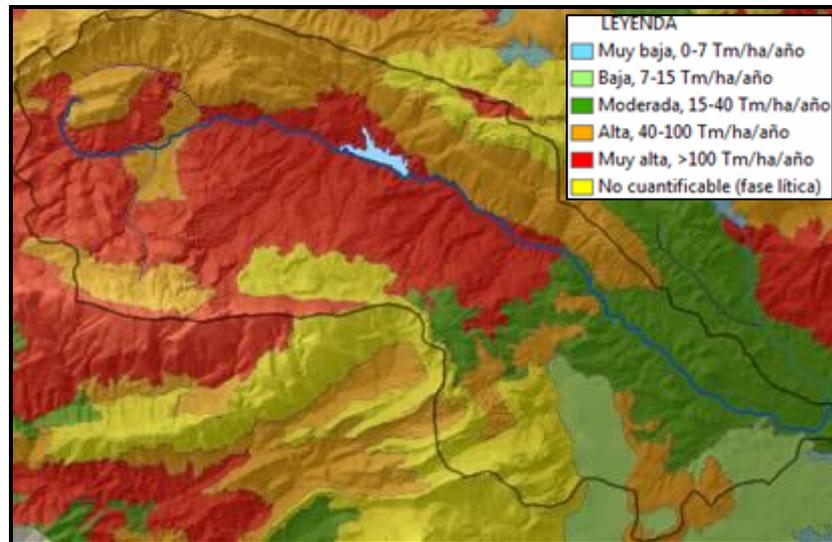


Figura 24. Erosión actual en la cuenca de estudio. Fuente: Cartografía GVA

Del estudio del mapa anterior se pueden sacar las siguientes observaciones:

- Existe una fase lítica bastante importante que da una idea de la importancia de los procesos erosivos en la cuenca.
- Las zonas de cabecera y de medianía, siendo las zonas con mayor pendiente, son las que soportan una mayor pérdida de suelos (> 100 Tm/ha/año).
- Las zonas situadas en los macizos montañosos, protegidas por algún tipo de vegetación, aún soportando grandes desniveles tienen menores pérdidas de suelo (40-100 Tm/ha/año).
- Cuanto más nos acercamos a la desembocadura del río, menor es la pendiente, y por tanto menores pérdidas de suelo (7-40 Tm/ha/año).

3.3.1 Índices de relieve relacionados con la erosión

3.3.1.1 Coeficiente de masividad

La Erosionabilidad de una cuenca está en función de la topografía, a igualdad de los otros factores. Para entender cómo afecta la topografía a la Erosionabilidad de la cuenca se ha calculado el coeficiente de masividad., que representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie. Este índice toma valores altos en cuencas montañosas y bajos en cuencas llanas.

$$K_m = \frac{E_m}{A_{\text{cuenca}}} = \frac{641,1m}{122,4km^2} = 5,23 \frac{m}{km^2}$$

Donde:

- E_m : altura media de la cuenca
- A_{cuenca} : Área de la cuenca

Según el resultado se puede decir que la cuenca posee un relieve accidentado.

3.3.1.2 Índice de protección del suelo por la vegetación

La cubierta vegetal del suelo que lo protege contra la agresividad de la lluvia influye considerablemente en la erosión.

La vegetación presenta dos funciones respecto a los procesos erosivos, por una parte cubre con su follaje el suelo, protegiéndolo de las gotas de lluvias especialmente las más intensas, las cuales al caer sobre el suelo desnudo, rompen los agregados del suelo, facilitando de esta manera el arrastre de partículas con el agua de escorrentía. De otro lado el enraizamiento de las plantas, amarra el suelo de tal manera que contrarresta el desprendimiento y arrastre de materiales.

El índice de protección de cultivos se utiliza con el objetivo de proporcionar una información cualitativa sobre como la vegetación existente en la cuenca incide en la conservación del suelo de la cuenca.

Se han considerando los siguientes factores:

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

A partir de estos factores se ha calculado un índice de protección del suelo por la vegetación, cuyo valor oscila de 0 a 1 en función de la mayor o menor cobertura vegetal para los diferentes rangos de pendiente.

Según la información que se obtuvo de la caracterización de la cuenca y 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 (1976); la matriz definidora del mapa de protección del suelo por la vegetación para la cuenca de del río Guadalest resulta ser la siguiente:

Tabla 21. Índices de protección según tipo de vegetación.

Estrato vegetal	Estrato de pendientes					
	0-3	3-12	12-24	24-30	30-40	> 40
	1	2	3	4	5	6
Improductivo	0	0	0	0	0	0
Herbáceo de secoano	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3
Arbolado de secoano	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
Arbolado de regadío	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0
Bosque	1	1	0,9	0,8	0,6	0,4
Matorral	1	0,8	0,7	0	0	0

Fuente: Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

En el Anejo I, figura el Mapa de Índices de Protección del suelo por la Vegetación (mapa nº 8), el mismo que fue elaborado por superposición de los mapas de cultivos y aprovechamientos del suelo y el mapa de pendientes de la cuenca.

3.4 Metodología de ordenación de la cuenca basada en el modelo USLE de estimación de la erosión.

El modelo usado esta basado en la Ecuación Universal de Erosión de Suelo (Wischmeier & Smith, 1978). USLE fue desarrollada para proporcionar una herramienta importante para los conservacionistas de suelo y puede ser usada en cualquier región geográfica modificando sus factores. USLE calcula el promedio anual de erosión usando una relación funcional de varios factores expresados en la siguiente ecuación:

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

Donde,

- A: Tasa de pérdidas de suelo (t/ha año)
- R: Índice de erosión pluvial de Wishmeier (J cm/m² hora)
- K: Factor erosionabilidad del suelo (t m² hora/J cm ha)
- LS: Factor topográfico (adimensional)
- C: Factor cultivo (adimensional)
- P: Factor de prácticas de conservación de suelos agrícolas (adimensional)

A partir de 1975 F. López Cadenas de Llano comenzó a aplicar en España el modelo paramétrico USLE (Universal Soil Loss Equation), desarrollado y publicado por W. H. Wischmeier & D. D. Smith y el personal del U.S.D.A. Soil Conservation Service en el transcurso de un largo periodo (son fundamentales las publicaciones de los citados autores de 1958, 1959, 1960, 1972, 1974). La adaptación a una cuenca del modelo en cuestión, permitió definir la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la misma; es decir, establecer para las diferentes zonas de la cuenca un valor de su erosión hídrica superficial potencial expresado en t/ha·año.

Por tanto, una vez definido un valor de tolerancia para la erosión del suelo, el modelo USLE permite mantener el esquema conceptual de los índices de protección del suelo por la vegetación, aportando además unos valores cuantitativos, donde anteriormente con los índices se limitaba a los aspectos cualitativos.

Actualmente se integra la Ecuación Universal de Erosión de Suelo (USLE) con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para modelar el riesgo de erosión de suelo. El modelo resultante USLE-SIG proporciona una herramienta útil de planificación y conservación de suelos.

Estos mapas se obtienen mediante la intersección de los mapas temáticos siguientes:

- Líneas iso-R
- Litofacies
- Pendientes
- Usos del suelo o vegetación
- Prácticas de conservación de suelos agrícolas

Como resultado, se obtienen recintos de igual grado de erosión que se clasifican en función de unos baremos.

3.4.1 Métodos de cálculo de factores USLE

3.4.1.1 Factor de erosividad de la lluvia (R)

La expresión para el modelo USLE es $R = \sum E_i \cdot I_{30}$, donde R es la agresividad de la lluvia, E_i es la energía del aguacero e I_{30} es la intensidad de un aguacero de duración 30

minutos. Para el cálculo de la energía se aplica la expresión $E=0,119+0,0873*\log Im$ en unidades europeas, donde Im es la intensidad de la lluvia.

No obstante, esta fórmula es de compleja aplicación al no disponer de medidas de la energía de las lluvias de interés. Por lo tanto, se debe acudir a otro método que solamente precise de datos que estén generalmente disponibles. Así pues, se usa un método que permite la estimación de R a partir de datos pluviométricos disponibles en las redes pluviométricas convencionales. Este método alternativo está basado en el índice de Fourier modificado. Cabe decir que tras repasar la bibliografía se aplicó este índice utilizando distintos datos (anuales, estacionales, mensuales y diarios), y solamente el uso de las máximas precipitaciones diarias aportó unos resultados satisfactorios acorde con los adelantados por el ICONA (Instituto de Conservación de la Naturaleza) en 1977, a una escala de 1:1.000.000 para las cuencas de los ríos Segura y Júcar. El hecho de que solamente las precipitaciones máximas diarias de cada mes sean las apropiadas no sorprende, dado que es de sobra conocido el carácter sumamente irregular de esta variable en el clima mediterráneo (Zaragozí *et al.*, 2007).

La fórmula empleada a partir del índice de Fourier modificado consiste en:

$$R = 2,56 \times \left(\sum_1^{12} \frac{pd^2}{P} \right)^{1,065} \times 0,56^{z_2} \times 1,66^{z_4}$$

Donde,

- Pd : precipitación media mensual de una serie de 20 años.
- P : P es la precipitación media de la serie.
- Z_2 : Cuencas del sur de España y el área costera del río Segura.
- Z_4 : Cuenca de los Pirineos orientales.

Para las estaciones pluviométricas consideradas que están bajo influencia de la cuenca tenemos una **R media de 114,6**.

3.4.1.2 Factor de erosionabilidad (K)

La obtención del factor K es posiblemente la más complicada, puesto que precisa de más trabajo de campo con una realización de numerosos perfiles de suelos, y un gran trabajo de laboratorio. La opción más recurrida es la elaboración de un mapa de suelos apoyado en la fotointerpretación, para posteriormente completar el factor K con el conocido nomograma de Wischmeier *et al.* (1971). Lo cual sería muy trabajoso por la necesidad de un gran trabajo de campo, como se ha mencionado anteriormente.

No obstante, como se ha comentado en un principio, el propio Wischmeier ya advertía de la localizada aplicabilidad de los valores ofrecidos por este nomograma. Por todo ello, se considera que el método aquí planteado es más preciso y más rentable que el del nomograma de Wischmeier. Como de todos modos la aplicación del nomograma no es posible en la mayoría de los casos, se puede recurrir a distintas investigaciones (García-Fayos, *et al.*, 1989) que buscan cuantificar el grado de relación del factor K con otras variables como litología, tipo de suelo, cobertura vegetal, uso del suelo o afección por incendio. Entre las conclusiones se apunta a que por detrás de la clara relación con el tipo de suelo, el factor K presenta también correlación con el tipo de litología, muy destacadamente con respecto a las demás variables mencionadas. Por todo ello, se debe recurrir a la información litológica, la cual es más sencilla de conseguir. (Zaragozí *et al.*, 2007).

Tabla 22. Factor K a partir de la litología de la zona objeto de estudio.

DESCRIPCIÓN	FACTOR K
Aluvión	0,24
Arcillas	0,28
Arcillas y conglomerados	0,28
Arcillas, margas y yesos	0,3
Arenas	0,26
Areniscas	0,18
Areniscas calcomargosas y margas	0,24
Calcarenitas	0,16
Calcáreas tobáceas	0,14
Calcáreas y areniscas	0,14
Calcáreas y dolomías	0,14
Calcáreas y margas	0,22
Caliza zoogena	0,14
Cantos, gravas y limos	0,2
Cantos gravas arenas y arcillas	0,2
Cantos gravas arenas y limos	0,2
Conglomerado arcilloso y arcillas	0,16
Conglomerado tramo regresivo	0,16
Conglomerado y arcillas	0,22
Conglomerados y margas	0,18
Conglomerados, areniscas y arcillas	0,16
Cuaternario indiferenciado	0,22
Detrítico	0,24
Dolomías	0,14
Dunas	0,26
Lentejón detrítico intercalado	0,2
Limos y arcillas	0,28
Limos y arenas	0,28
Limos y arcillas rojas	0,3
Margas	0,32
Margas abigarradas yesíferas	0,32
Margas ocre	0,32
Margas y areniscas	0,28
Margocalizas	0,16
Terra rosa: dolinas	0,28

3.4.1.3 Factor longitud-inclinación (LS)

El relieve influye considerablemente en las tasas de erosión que se producen en una determinada zona. La USLE intenta cuantificar la influencia del relieve de una parcela a través del factor topográfico LS.

El método más utilizado es el de Williams y Berndt (1976), que estima los valores medios del factor conjunto LS en subcuencas, siendo la fórmula empleada la siguiente:

$$LS = e^{0,756708+0,0481526 S}$$

A partir de la ecuación anterior, se asignó a cada estrato de pendientes en la zona de estudio un valor de LS. La tabla resultante se muestra a continuación:

Tabla 23. Factor LS según valor de la pendiente.

Código	Pendiente (%)	Factor LS
1	0-3	2.2909
2	3-12	3.0583
3	12-24	4.6050
4	24-30	8.0117
5	30-40	16.4972
6	>40	30.1173

3.4.1.4 Factor de cubierta vegetal C

La cubierta vegetal es el elemento natural de protección del suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, reduciendo la energía con la que llegan las gotas del agua a la superficie del suelo y aminorando la velocidad de la escorrentía superficial.

El factor C del USLE recoge esta influencia debida al tipo de vegetación existente y al manejo de los residuos que produce sobre el suelo. Representa la relación entre las pérdidas de suelo que se producen en una parcela con las mismas características de clima, suelo y relieve pero que se encuentra en barbecho permanente (labrada según líneas de máxima pendiente y sin vegetación). Esto significa que:

- C = 1, cuando se tiene un barbecho continuo.
- C < 1, cualquier otro caso. Será mayor cuanto más densa sea la cubierta vegetal en contacto con el suelo.

A continuación se justifica la asignación del valor de C a los distintos tipos de vegetación y usos del suelo existentes en la cuenca.

Los valores fijados para este estudio, se basan en los que figuran en las tablas del documento “Predicting Rainfall Erosion Losses” de Wischmeier (1978), así como los datos obtenidos en proyectos y estudios realizados en zonas próximas. Entre ellos, podemos citar el estudio de los Estados Erosivos de las cuencas hidrográficas de España (ICONA 1986-1990) y Mapas de Estados erosivos de la Cuenca Hidrográfica del Júcar (ICONA, 1988).

A continuación se muestra el resumen de dichos valores para la cuenca en estudio.

Tabla 24. Valor del factor C para la cuenca objeto de estudio.

USO DEL SUELO	Valor del factor C
Bosque	0,2
Frutal regadío	0,16
Frutal seco	0,4
Herbáceos seco	0,25
Invernadero	1
Matorral	0,1
Improductivo/Cauces/Embalse	1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de García Rodríguez, 2011.

3.4.1.5 Factor de prácticas de conservación P

Se considera como una variable independiente no incluida dentro del factor C cuando se trata de las prácticas siguientes: cultivo a nivel, cultivo por fajas y terrazas. Otras prácticas conservacionistas como rotación de cultivos herbáceos, tratamientos fertilizantes, cubiertas artificiales, etc. se consideran dentro de los trabajos de cultivo y se incluyen en el factor C. Los valores de P varían según la pendiente del terreno y se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Valores del Factor P dependiendo de la pendiente del terreno y tipo de práctica de conservación.

Pendiente (%)	Cultivo a nivel		Cultivo en fajas	Cultivo en terrazas
	Factor P	Máxima longitud		
1 - 2	0,6	120	0,30	0,12
3 - 5	0,5	90	0,25	0,10
6 - 8	0,5	60	0,25	0,10
9 - 12	0,6	35	0,30	0,12
13 - 16	0,7	25	0,35	0,14
17 - 20	0,8	20	0,40	0,16
21 - 25	0,9	15	0,45	0,18

Para la cuenca del río Guadalest, tenemos que la práctica totalidad de los cultivos existentes, sobre todo los de secano han sido sometidos a prácticas de conservación. En concreto, la práctica más generalizada de conservación es el cultivo en terraza.

Esta es la razón por la que a todos los cultivos de la cuenca pertenecientes al grupo de frutal secano se les ha multiplicado por un factor $P = 0,14$, a los herbáceos secano una $P = 0,65$ y a los frutales regadío una $P = 0,1$.

3.4.2 Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo

USLE

La tolerancia a la pérdida de suelo refleja la máxima pérdida de suelo admisible con un grado de conservación tal que mantenga una producción económica similar, con los medios técnicos disponibles en la actualidad.

Del conjunto de procesos que pueden provocar la degradación del suelo, la erosión hídrica es el más destacado por su capacidad de remoción y transporte de suelo, sobre todo, en los ambientes mediterráneos. Representa una de las formas más completas de degradación ya que engloba a las degradaciones física, química y biológica (Añó *et al.*, 2000; Colomer y Sánchez Díaz, 2001; Boix-Fayos, 2005).

En el marco de lo complicado que es el poder ofrecer valores de sostenibilidad, porque éstos dependen de muchos factores biofísicos y humanos, algunos investigadores han ofrecido algunos umbrales. Wischmeier y Smith (1965) y Arnoldus (1977), estiman tasas de 2 a $5 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ para suelos poco profundos y erosionables, mientras que otros autores como Rose (1985), proponen una tasa de $10 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ como valor tolerable.

Wischmeier estima, que en suelos profundos, de textura media, permeabilidad moderada y con un subsuelo favorable a la vida de las plantas, pueden admitirse pérdidas en torno a las $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Hudson (1981), eleva esta cifra a $13-15 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que la FAO UNESCO-PNUMA, en función de las pérdidas de suelo, estima las siguientes tasas erosivas:

Tabla 26. Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de suelos.

Pérdidas de suelo A (t/ha y año)	Grado de erosión hídrica
< 10	Ninguna o ligera
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
> 200	Muy Alta

Fuente: FAO, PNUMA y UNESCO (1980)

Tomando como base la clasificación de la FAO, PNUMA y UNESCO tenemos los siguientes resultados para la cuenca objeto de estudio:

Tabla 27. Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Guadalest.

Nivel de erosión	Superficie (km ²)
A < 10 t/ha año	57,9
10 < A < 25 t/ha año	33,6
25 < A < 50 t/ha año	19,5
50 < A < 100 t/ha año	9,75
100 < A < 200 t/ha año	2,1
A > 200 t/ha año	0,2

En el Anejo I se adjunta el mapa nº 9 con la representación de las pérdidas de suelo calculadas.

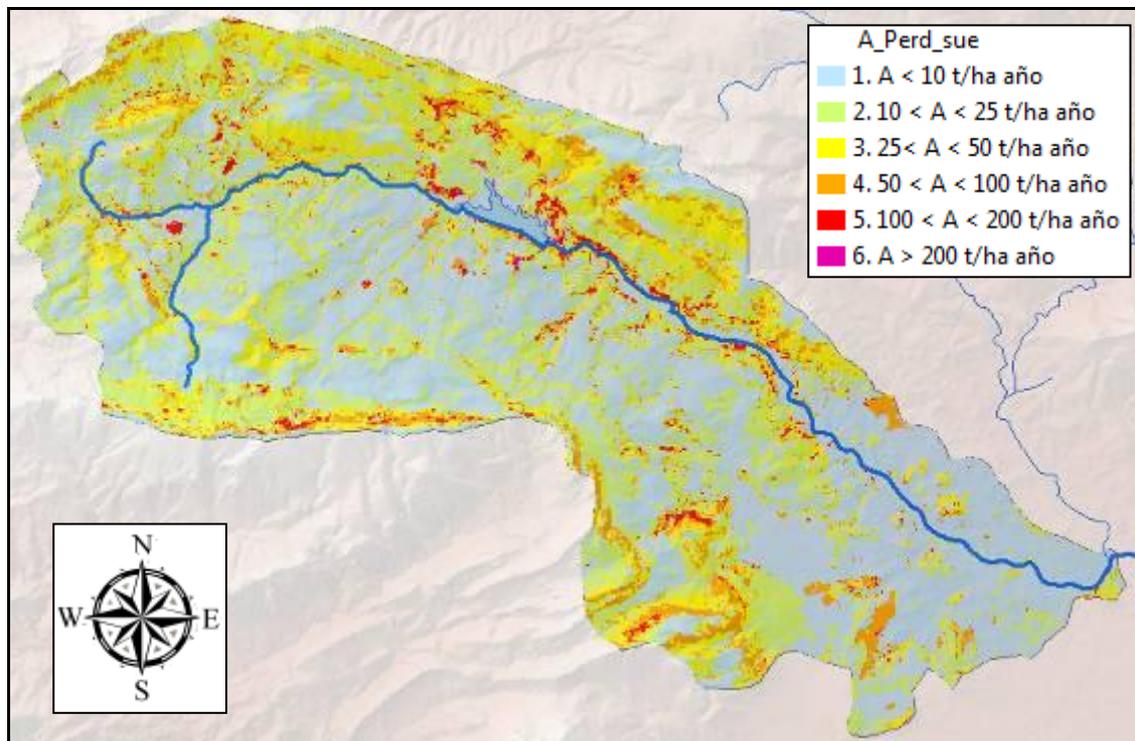


Figura 25. Pérdidas de suelo en la cuenca del río Guadalest. Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas de suelo por estrato de vegetación se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 28. Pérdida de suelo por estrato de vegetación

Estrato de vegetación	Superficie (ha)	Pérdidas de suelo medias (t/ha año)
Bosque	185.800	43,3
Frutal regadío	95.900	7,12
Frutal seco	285.300	7,57
Herbáceos seco	9.200	24,6
Matorral	627.300	23,8
TOTAL		21,3

El estrato de vegetación con mayores pérdidas medias en t/ha año es el bosque que pierde 43,3 t/ha año, que junto con el matorral, son los estratos que más pérdidas globales aportan a la cuenca.

Éstas pérdidas, aunque a simple vista puedan parecer excesivamente altas, están justificadas porque la mayor parte de la superficie ocupada por bosque y matorral está en pendientes muy elevadas y el factor LS asignado para estas pendientes aumenta mucho las pérdidas.

Aunque los cultivos herbáceos de seco también sufren grandes pérdidas de suelo, son cultivos en franca recesión, situados en zonas de alta pendiente y de difícil acceso, con muy poca superficie cultivada en la cuenca.

El resto de cultivos, gracias a las prácticas de conservación que se llevan a cabo, producen pérdidas de suelo no muy elevadas, del orden de 7 t/ha y año.

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

Siguiendo con el enfoque de ordenación de cuencas en función de la erosión, la forma de utilizar el modelo USLE responde a lo expuesto en la tabla 35, donde A_t representa las pérdidas de suelo tolerables, que se establecen en 10 t/ha año por FAO, PNUMA y UNESCO, y A son las pérdidas de suelo genéricas.

Por tanto, será preciso, por una parte, conservar el uso actual en aquellas áreas en las que las pérdidas de suelo estén por debajo del umbral admisible, y por otra parte intentar llevar hasta niveles admisibles aquellos terrenos que soportan pérdidas de suelo superiores, bien realizando prácticas de conservación en los suelos agrícolas o cambiando el uso.

A continuación se presenta la tabla base para la ordenación de la cuenca según el nivel de erosión presente en la misma.

Tabla 29. Ordenación de usos según el modelo USLE.

Uso actual	Nivel de erosión	Uso Futuro
Terrenos forestales	$A < A_t$	Uso actual del suelo compatible
	$A > A_t$	Uso actual incompatible (es preciso sustituir o mejorar)
Terrenos agrícolas	$A < A_t$	Uso actual compatible
	$A > A_t$	Uso compatible si se realizan prácticas de conservación. Siendo P Prácticas de conservación de suelos (puede tratarse de cultivos a nivel o en fajas o incluso terrazas).
	$A \times P < A_t$	
	$A > A_t$	Uso incompatible. Es preciso reclasificar
$A \times P > A_t$		
Improductivo	No se considera	

A partir del 30% de pendiente no disminuyen las pérdidas de suelo aunque se realicen prácticas de conservación de suelo, por lo que la única solución restauradora será el cambio de uso.

Como se puede observar, en la ordenación de la cuenca teniendo en cuenta el modelo USLE, no se diferencian bien las formaciones vegetales. Si bien en este trabajo se ha superpuesto el mapa de ordenación con los usos del suelo de manera que en lugar de considerar exclusivamente terrenos agrícolas y forestales, se han distinguido además los otros usos. Las actuaciones se reducen a las siguientes:

1. Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida de suelo (ya sea agrícola o forestal)
2. Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas
3. Repoblación en terreno forestal (cambio de uso)
4. Repoblación (cambio de uso) en el caso de Matorral y Pastizal

De la aplicación de esta tabla se obtienen las siguientes superficies de actuación y el mapa n° 10, resultado de la ordenación (Anejo I).

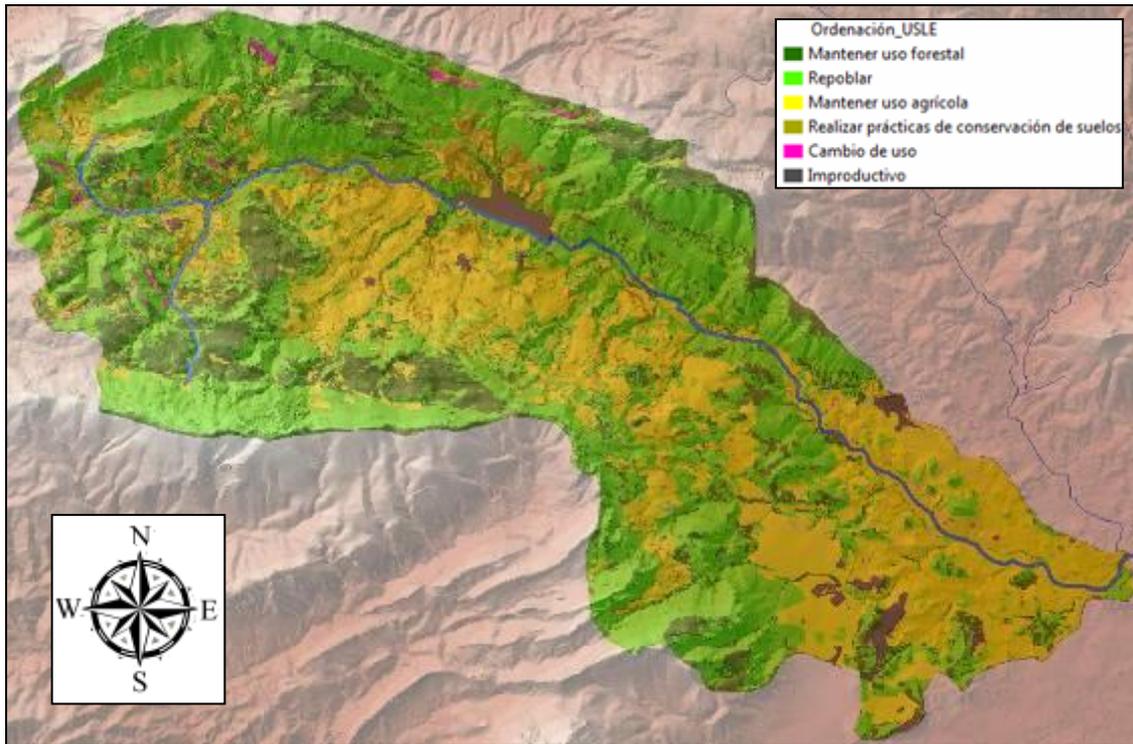


Figura 26. Ordenación de la cuenca según USLE.

Tabla 30. Superficies de los usos del suelo asignados según el modelo USLE.

Código	Uso futuro	Superficie (km ²)
1	Mantener uso forestal	21,2
2	Repoblación	57,4
3	Mantener uso agrícola	36,1
4	Realizar prácticas de conservación de suelos	5,3
5	Cambio de uso	0,5
6	Improductivo	1,9
TOTAL		122,4

3.5 Metodología de ordenación de la cuenca con criterios de Mintegui (1990).

Este modelo es un modelo de Ordenación Agrohidrológica como se conocía anteriormente, ahora se habla ya de ordenación de la cuenca, puesto que el marco físico donde se desarrollan las actuaciones incluye ambos usos.

Considerando los criterios para la ordenación de una cuenca que establece el modelo USLE y el grado de protección que ofrece la vegetación, y teniendo en cuenta que las prácticas de conservación en suelos agrícolas se pueden realizar, orientadas casi siempre

a mantener el uso actual y no tener que modificarlo; Mintegui (1990) establece la siguiente propuesta de actuaciones que se encuentran recogidas en la siguiente tabla:

Tabla 31. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora.

Pendiente	Uso actual del suelo		Tipo de suelo	Vocación del territorio	Aplicación del modelo USLE	Actuaciones en el territorio (Selección de Alternativas)
	Estrato de la vegetación	Observaciones				
$i > 30$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación -denso -aclorado -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 -aclorado -degradado -no degradado -con o sin prácticas de conservación de suelos -afectado o no por razones sociales	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL Ocasionalmente 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 -aclorado -degradado -no degradado	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	AGRÍCOLA Ocasionalmente 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: Mintegui, J. A., 1990

Se trata de una Metodología que se basa en la observación de las principales características de la cuenca que afectan negativamente y que son causa de los principales problemas de erosión, inundación, etc.

Para la aplicación de esta metodología se ha hecho una superposición de los siguientes mapas temáticos:

- Mapa de pendientes
- Mapa de pérdidas del suelo según el Modelo USLE
- Mapa de Usos del Suelo
- Mapa de erosión actual

A partir de la observación de la superposición de los mapas temáticos y, siguiendo las pautas establecidas por el autor, se ha seleccionado para cada polígono con las mismas características el uso futuro que más convendría para disminuir, sobretodo, las pérdidas de suelo. De esta forma se ha realizado la ordenación de la cuenca (ver mapa n° 11 del Anejo I) y los resultados obtenidos son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 32. Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agro-hidrológica con criterios de Mintegui Aguirre.

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFICIE (Km ²)
1	Mantener/mejora uso forestal	23,7
2	Completar espesura en pinar	4,1
3	Completar espesura en matorral	11,2
4	Replacación protectora	41,1
5	Realizar prácticas de conservación en cultivos	18,3
6	Mantener uso agrícola	22,1
7	Improductivo	1,9
TOTAL		122,4

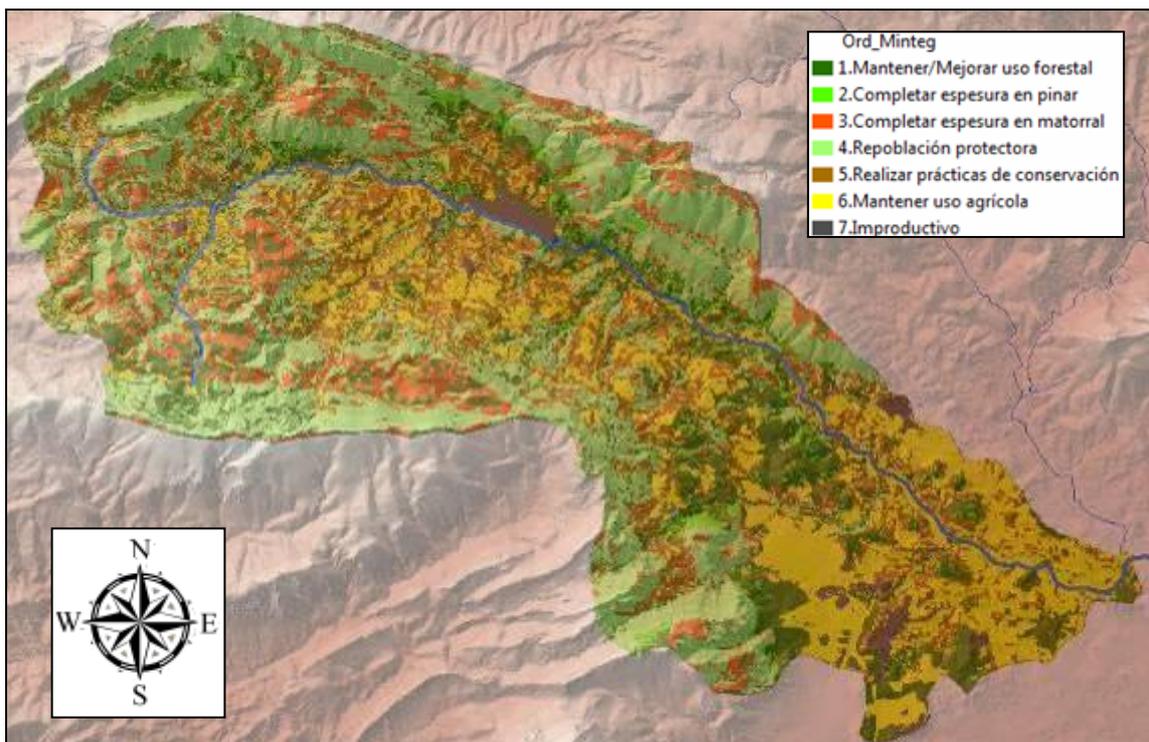


Figura 27. Ordenación de la cuenca según Mintegui Aguirre.

3.6 Metodología de ordenación de la cuenca basada en criterios de sostenibilidad.

La metodología propuesta por Tejera (2001), da respuesta, por una parte al control de la erosión formulando propuestas de conservación y aprovechamiento de los recursos suelo y agua que resulten procedentes y, por otra parte a la conservación de los restantes

recursos de la cuenca y a la biodiversidad. Para ello incorpora la sostenibilidad como criterio rector en todo el proceso de toma de decisiones técnicas.

Se basa, principalmente en la “capacidad del medio para asumir determinadas actividades”, ya que cada medio natural o seminatural determinado, posee una aptitud diferente para acoger distintas actividades.

El concepto de capacidad también suele expresarse en término 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, 1996).

Lamentablemente hoy no se dispone de información suficiente, en términos cuantitativos, para aplicar el criterio de capacidad de carga con carácter general. Ello equivaldría a conocer el límite del medio, o en otras palabras, el límite máximo de impacto admisible para cada actividad sin producir daños irreversibles.

Así pues, se acude 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.

La aplicación de la presente metodología tiene algunos elementos que se deben tomar en consideración:

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

3.6.1 Estudio de la problemática de la cuenca.

En esta etapa se describen los principales fenómenos que se dan en la cuenca y que determinan el grado de deterioro en que se encuentra: la agresividad del clima, la importancia de las pendientes, el estado de la cubierta vegetal, muchas veces determinan tasas de erosión muy altas y caudales de avenida importantes que requieren una actuación urgente e integrada para solventar estos problemas.

La cuenca del río Guadalest, según su caracterización y descripción en los apartados anteriores, presenta un estado de degradación que se debe fundamentalmente a las siguientes causas:

- El fenómeno de la gota fría es el principal agente climático que afecta a la zona.
- Es una cuenca estrecha y alargada, ocasionalmente tiene importantes crecidas.
- Las características morfológicas, geológicas, climáticas y biológicas de la cuenca en estudio dan lugar a unos fenómenos de erosión y depósito de sedimentos que implican importantes pérdidas de suelo.
- En la parte alta de la cuenca debido a las elevadas pendientes que existen, acompañadas de una ausencia de vegetación arbórea, debido a la deforestación y a los numerosos incendios acaecidos en la cuenca en los últimos años dan como resultado una elevada erosión.
- Existe una superficie importante de matorral degradado que como consecuencia presenta pérdidas de suelo importantes. La vegetación en su mayor parte es deficiente, con lo que predominaría la escorrentía frente a la infiltración.
- Existen superficies de vegetación arbustiva en terrenos con pendientes muy elevadas (superiores al 30%) que, lejos de proteger el suelo, aportan un elevado caudal sólido al río.
- Hay zonas de cultivos de secano en pendientes elevadas sin aplicación de prácticas de conservación, principalmente en la parte alta de la cuenca.
- Existen gran cantidad de cárcavas activas, susceptibles de crear problemas aguas abajo.

3.6.2 Establecimiento de los objetivos

Los objetivos generales de la ordenación de una cuenca hidrográfica y de su posterior restauración hidrológico-forestal se centran en el uso racional de los recursos que

dispone, fundamentalmente el suelo y el agua. De todos modos, es frecuente desglosarlos en los siguientes (Mintegui y Robredo, 1994):

- 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 estos últimos en las áreas dominadas.
- La provisión hídrica.

Como consecuencia de todos ellos, la planificación dinámica de las cuencas hidrográficas.

Asimismo, se plantea como objetivo de carácter socioeconómico, el mantenimiento de las actividades agrícolas de la zona.

La presente metodología, incorpora los objetivos de la protección hidrológico forestal, los complementarios de la ordenación de cuencas y los de sostenibilidad, apuntando a una visión holística del medio natural alentando el aprovechamiento sostenible de los recursos, previo análisis del grado de conveniencia de las actuaciones que se propongan.

Para lograr estos objetivos, se propondrán una serie de actividades a realizar que dependan de elementos del medio y puedan representarse mediante mapas temáticos. Los objetivos y actividades están reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 33. Objetivos de la ordenación y actividades propuestas

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
De carácter hidrológico forestal	
Proteger el suelo	1. Repoblación forestal protectora. 2. Completar espesura en masas de espesura defectiva.
Evitar y/o controlar erosión en cauces	3. Hidrotecnias de corrección de cauces.
De conservación de ecosistemas y aumento de biodiversidad (sostenibilidad)	
Aumento de biodiversidad. Conservación y/o restauración de ecosistemas	4. Restauración de riberas. 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.

Es común en los estudios de planificación física trabajar con escalas gráficas entre 1:100.000 y 1:25.000, en función de las características de la zona, la superficie y los objetivos que se definan (Claver et al, 1982). Según esto, la escala gráfica elegida es la

de 1:50.000. Los mapas resultantes de esta investigación se presentan en dicha escala, salvo los mapas del proceso intermedio de aplicación de la Metodología con criterios de sostenibilidad, los cuáles son mostrados gráficamente a escala 1: 100.000.

3.6.3 Inventario y análisis del medio: cartografía temática

Mediante esta etapa se pretende definir y caracterizar el medio. Para ello se seleccionan los elementos del medio que sean más significativos y que influyan en la capacidad de éste para acoger las actuaciones propuestas o en el grado de conveniencia de la realización de las mismas sobre el territorio.

Los elementos del medio seleccionados son los siguientes:

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

Estos elementos, inventariados mediante mapas a través de Sistemas de Información Geográfica, son representativos de la zona de estudio e influyen en la capacidad de acogida de las actividades planificadas.

Utilizando en Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.3 se generaron todas las coberturas necesarias para el análisis de la información y producción de diferentes mapas temáticos, los mismos que ya han sido nombrados y utilizados en apartados anteriores.

Las coberturas generadas son las siguientes:

- Pendiente: Se partió de las curvas de nivel correspondientes a las hojas topográficas de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 obtenidas de la página del Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. A partir de las curvas de nivel, se construyó un Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir del cual se creó un mapa en formato Raster en el que cada píxel contiene su cota como variable. Posteriormente, con la ayuda de las herramientas de ArcGis se calcula la pendiente en casa píxel y finalmente se hizo una clasificación de estos resultados para facilitar su representación gráfica.

- **Influencia hídrica:** A partir de la red hidrográfica obtenida en formato digital de la Base Topográfica Nacional, se ha generado buffer de 100 metros de anchura a la red hídrica. De esta manera se obtuvo una cobertura con dos clases de recintos: los de “influencia hídrica” y los de “no influencia hídrica”.
- **Usos del suelo:** Se elaboró esta cobertura a través del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos incluido en la base de datos del Segundo Inventario Forestal Nacional, elaborado por el Servicio de Inventario Forestal en 1996.
- **Litología:** Se obtuvo esta cobertura a partir del mapa Geológico de España escala 1:50.000 elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 2010.
- **Pérdidas de suelo:** Cobertura generada por ArcGIS 9.3, a partir de la superposición de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, como se describe en el apartado correspondiente a su análisis.
- **Propiedad:** Esta cobertura, incluida en el Segundo Inventario Forestal Nacional a escala 1:50.000, fue adquirida del Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Incluye los montes que tienen alguna relación de dominio con la administración forestal.
- **Protección:** Cobertura obtenida del Banco de Datos de la Naturaleza, a escala 1:50.000. Recoge los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) susceptibles a ser considerados como parte de la red ecológica “Natura 2000”.
- **Espesura cubierta arbórea:** Cobertura incluida en el Mapa Forestal de España. Escala 1:200.000 proporcionada en formato digital por el Banco de Datos de la Naturaleza.

3.6.4 Estudio de la capacidad de acogida de las actividades

Las relaciones entre elementos del medio y actividades, desde el punto de vista de asignación de usos al suelo, se concretan en dos conceptos: capacidad y grado de conveniencia.

Teniendo en cuenta la cantidad de elementos y procesos que definen el medio físico solo se tienen en consideración aquellos que son verdaderamente claves ante la actividad; es decir aquellos que presentan cualidades positivas o negativas o excluyentes para el desarrollo de la actividad.

La evaluación de la capacidad se realiza en dos fases:

a) Relación elementos del medio-actividades

Al llegar a esta etapa se han definido un conjunto de actividades a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) y una serie de elementos del medio e_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$), cada uno dividido en k tipos e_{jh} ($h = 1, 2, 3, \dots, k$). Es preciso establecer las relaciones $e_j R a_i$ entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado signifique 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^i_{jh} (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i):

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

Por lo tanto, la relación elementos del medio-actividades se expresa mediante una matriz de dimensión $m \times n$, donde m es el número de actividades, y n es el número de elementos.

b) Relación conjunto del medio-actividades

Cada una de las celdas de la matriz refleja el valor asignado conforme a los criterios recogidos en la escala precedente; es decir la capacidad del tipo “ h ”, del elemento “ j ” del medio, para acoger la actividad “ i ” propuesta.

A cada recinto del territorio le corresponde un tipo de cada elemento (un tipo de suelo, una precipitación, un tipo de litología), por lo tanto, un vector columna por cada actividad (vector que representa los valores que adoptan cada tipo de cada elemento ante la actividad).

En este punto se trata de condensar los valores de ese vector en un escalar que defina la aptitud global del medio para acoger la actividad. De esta forma se obtiene el primer producto del modelo, es decir un listado donde se le asignan a cada unidad territorial homogénea “ m ” valores indicativos de su capacidad para las “ m ” actividades propuestas.

A partir de este punto se necesita agrupar los valores de las capacidades obtenidos en un número de clases manejable, por ejemplo: capacidad alta, media, baja, nula o excluyente. Las clases definidas permitirán obtener recintos equivalentes en cuanto a la capacidad de acogida de la actividad considerada. Las superficies obtenidas se cartografián y se obtiene como producto tantos mapas como actividades se han considerado anteriormente.

La capacidad de acogida del medio para las actividades propuestas en la cuenca del río Guadalest es:

Tabla 34. Matriz de capacidad de acogida de actividades.

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-3 %	0	0	0	0	1	0	2
	3-12 %	0	0	0	0	2	0	1
	12-24 %	2	0	1	0	2	0	-∞
	24-30%	2	0	1	0	-1	0	-∞
	30-40 %	2	0	2	0	-∞	0	-∞
	>40 %	1	0	2	0	-∞	0	-∞
Influencia hídrica	SÍ	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	-∞	-∞	0	0	0
Usos del suelo	Herbáceo seco	2	-∞	-∞	-∞	1	0	2
	Frutal seco	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Frutal regadío	1	-∞	-∞	-∞	2	1	2
	Matorral	2	-∞	-∞	-∞	1	0	-∞
	Bosque	2	2	-∞	-∞	2	1	-∞
	Improductivo	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	Invernadero	1	-∞	-∞	-∞	2	1	2
Litología	A	2	2	2	1	0	0	2
	Ab	2	2	2	1	0	0	2
	B	2	1	1	1	0	0	2
	Bc	1	1	0	0	0	0	0
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera <10	0	1	0	0	2	0	2
	Moderada 10-50	1	0	1	0	1	1	1
	Alta 50-100	1	0	2	1	-∞	1	-∞
	Muy alta >100	2	2	2	1	-∞	1	-∞
Propiedad del suelo	Monte público	2	2	1	2	2	1	0
	Particular	0	0	0	0	0	0	0
Protección	Zona LIC	1	0	0	0	2	2	0
	Ninguna	0	0	0	0	0	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completa >80%	-∞	-∞	0	0	-∞	0	-∞
	Defectiva 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	Ralo <40%	2	2	0	0	2	0	0

Para calcular el valor que representa la capacidad de un recinto del medio para acoger una actividad determinada, se ha seguido el siguiente procedimiento:

Cada cobertura de los elementos del medio genera siete variables, una para cada actividad. Por ejemplo, para la cobertura “Usos del suelo”, se crean las siguientes variables: uso-actv1, uso-actv2.....uso-actv7 y de igual forma para las demás coberturas.

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 7 variables. Por ejemplo, para la cobertura “Usos del suelo”, se han seleccionado los polígonos con tipo de suelo arbolado de seco y se le da el valor 2 a uso-actv1, 1 a uso-actv2, $-\infty$ a uso-actv3,... y así sucesivamente para todas las variables. Después se seleccionan los polígonos de las otras clases de uso del suelo, por ejemplo matorral y se realizan las mismas operaciones. A las capacidades excluyentes ($-\infty$) se les asignó el valor -999 para que el programa pueda realizar los cálculos.

Se realizan las mismas operaciones para las 7 restantes coberturas de la matriz de capacidad.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se realiza la superposición de las ocho coberturas que se corresponden con los ocho elementos del medio. Se realiza el sumatorio de todas las coberturas correspondientes a cada actividad y se obtiene la capacidad del medio para acoger cada actividad. Por ejemplo, para la actividad 1 se realiza el sumatorio de pen-actv1+inflactv1+uso-actv1+lito-actv1+usle-actv1+prop-actv1+prot-actv1+esp-actv1. Esta suma es igual a la capacidad del medio para acoger la actividad 1.

Al llegar a este punto se dispone de una serie de valores representativos de la capacidad del medio para acoger cada actividad. Para hacer manejables los valores obtenidos, se realiza una estratificación de dichos valores en clases. Para cada actividad las clases que pueden tener son:

- CAPACIDAD Excluyente
- CAPACIDAD Baja
- CAPACIDAD Media
- CAPACIDAD Alta

Para esto, se ha decidido que la clase que contenga los valores de capacidad baja sea aquella que reúna los valores comprendidos hasta el percentil 25%, la capacidad media los valores entre el 25 y el 75% y la capacidad alta la de valores mayores del percentil 75%. Los valores de capacidad de acogida para las actividades y el resultado gráfico de los mismos se presentan en las siguientes figuras (28 a 32).

Las actividades 3 y 4 no se muestran al resultar excluyentes en la totalidad de la superficie de la cuenca después de realizar el análisis correspondiente.

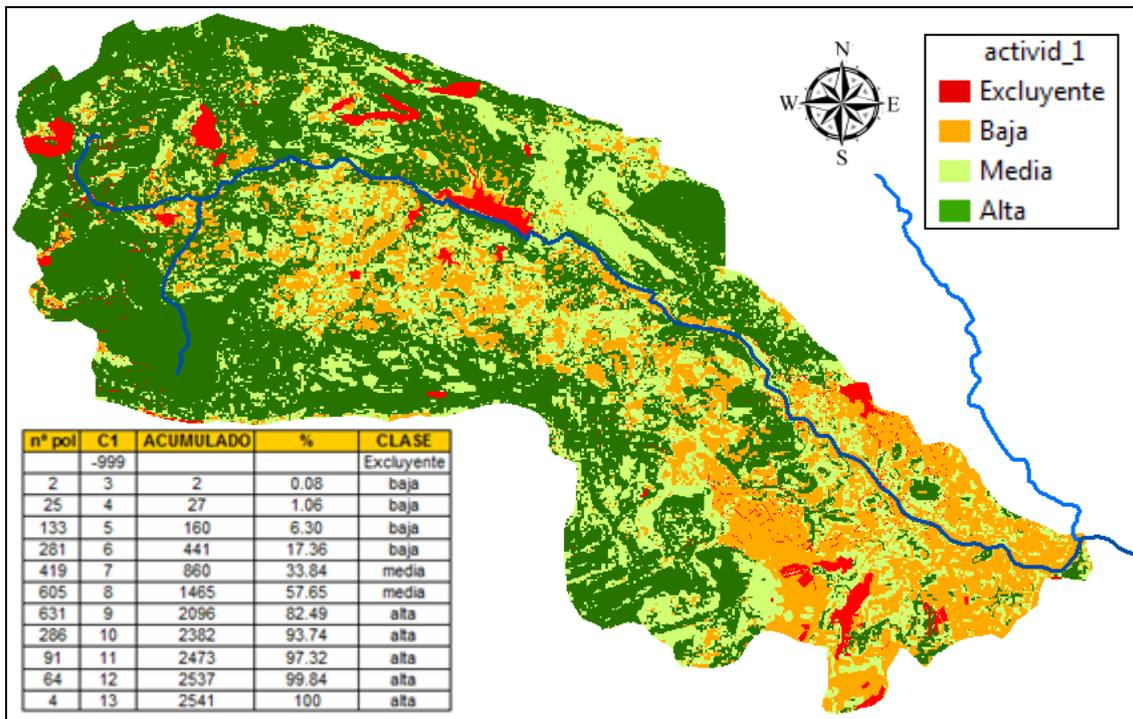


Figura 28. Capacidad para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora

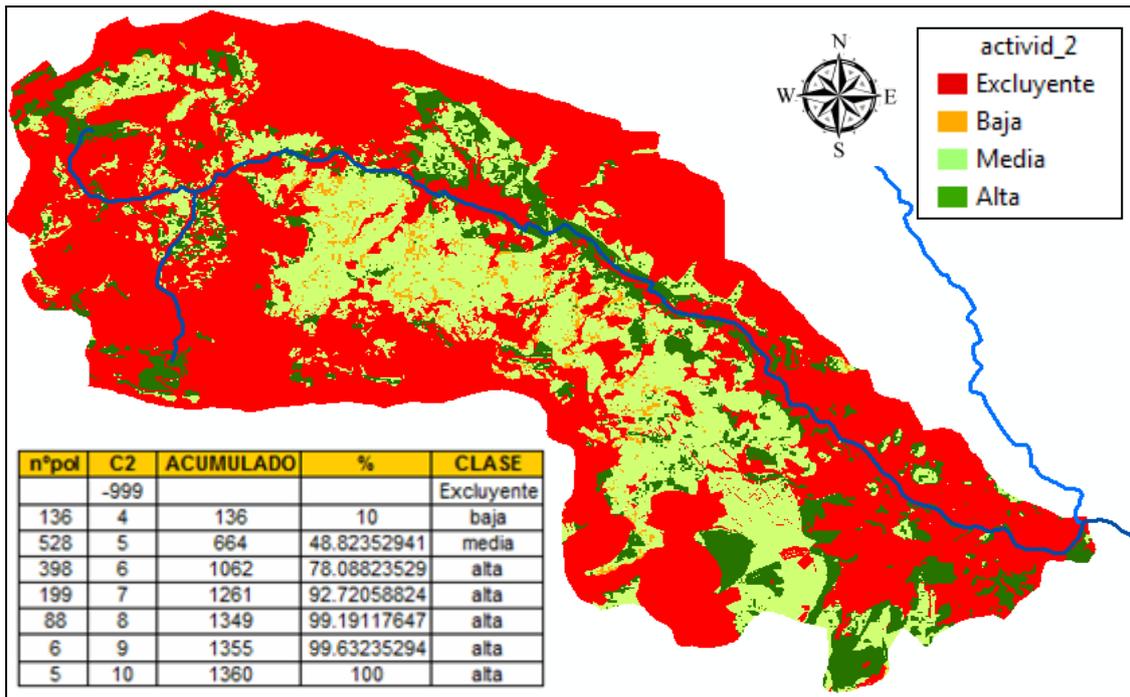


Figura 29. Capacidad para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva

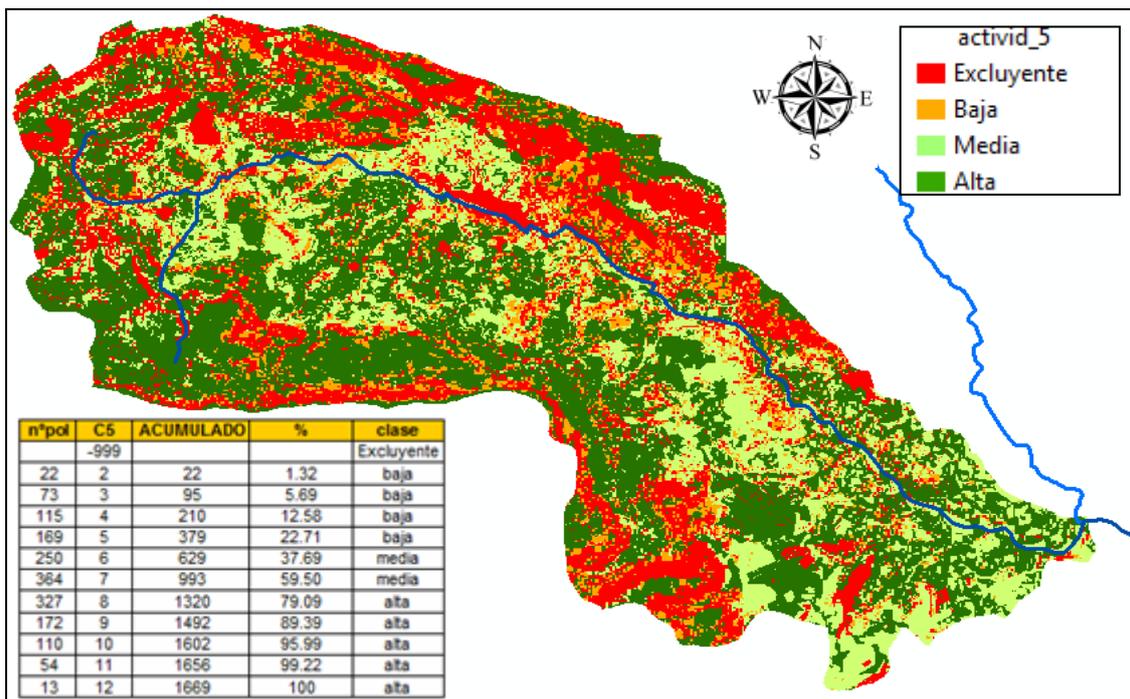


Figura 30. Capacidad para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad

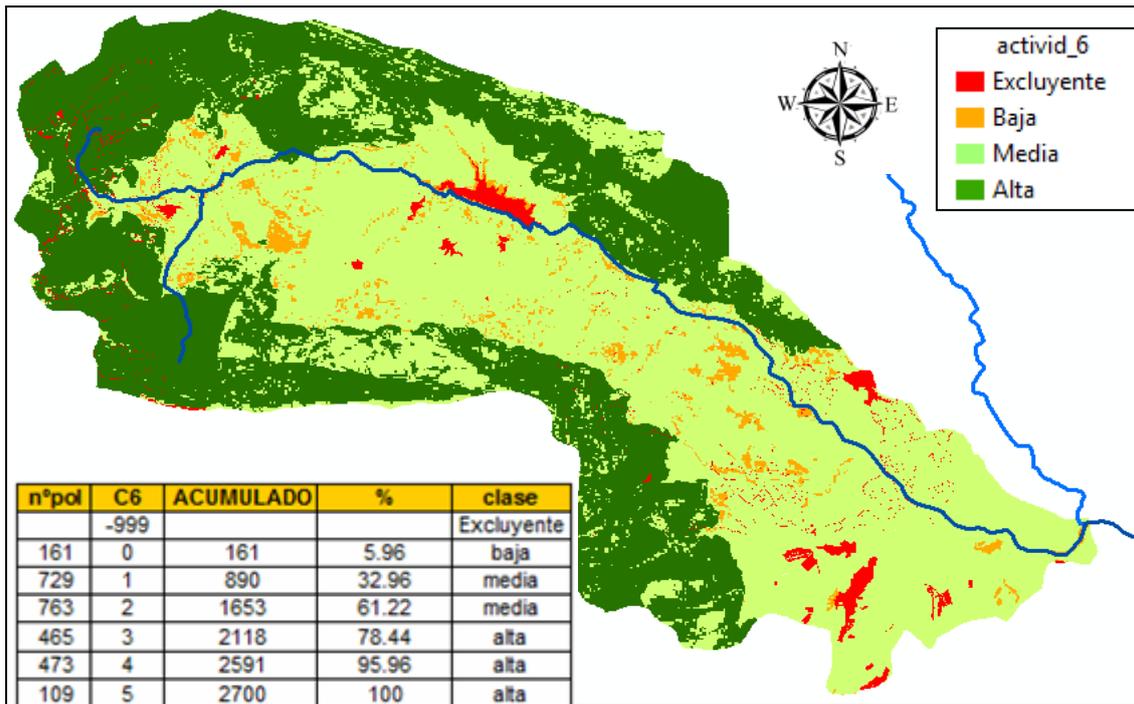


Figura 31. Capacidad para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés

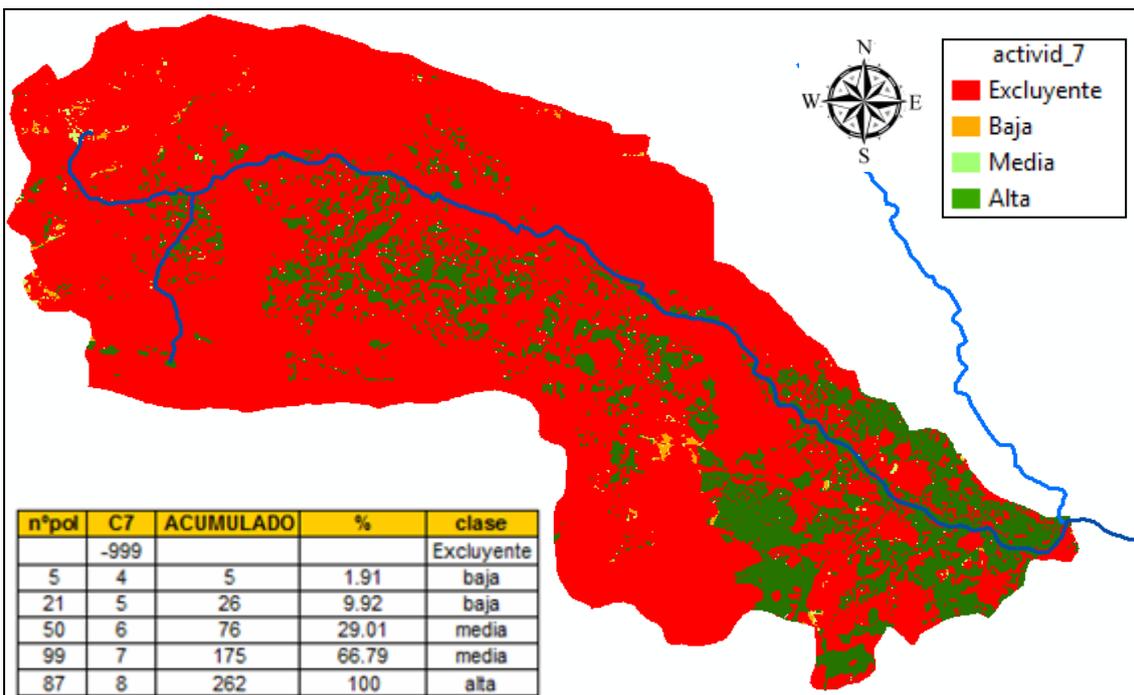


Figura 32. Capacidad para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola

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

Las unidades territoriales, las unidades ambientales o sus elementos constituyentes se verán mas o menos favorecidos por las actividades que se implanten de cara a conseguir los objetivos de la ordenación.

Si el efecto para los objetivos de la ordenación es muy positivo al realizar una actividad, se tiene un grado de conveniencia alto para la realización de dicha actividad.

Existirá una gran conveniencia para realizar una actividad si se da cierta capacidad en el territorio para acoger la actividad propuesta y esta es a su vez viable para el cumplimiento de los objetivos previstos. Por el contrario, no será conveniente la realización de una actividad si no contribuye al logro de los objetivos previstos en la ordenación.

El beneficio que cada actividad aporte al territorio, en función de los distintos tipos en que se ha dividido dichos elementos, se ha cuantificado según los siguientes valores:

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

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

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 $m = 7$ actividades y $n = 8$ elementos.

Tabla 35. Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-3 %	0	0	0	1	2	0	2
	3-12 %	0	0	0	1	2	0	1
	12-24 %	1	1	1	1	1	0	-
	24-30%	2	1	1	1	1	0	-
	30-40 %	2	2	2	2	-	0	-
	>40 %	2	2	2	2	-	0	-
Influencia hídrica	SÍ	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	0	0	0	0	0
Usos del suelo	Herbáceo seco	0	-	-	0	1	0	2
	Frutal seco	-1	1	-	0	1	1	1
	Frutal regadío	0	1	-	0	1	1	1
	Matorral	2	-	-	0	1	0	-
	Bosque	0	1	-	0	0	0	-
	Improductivo	-	-	-	-	-	-	-
	Invernadero	0	-	-	-	0	1	2
Litología	A	1	2	0	1	1	0	1
	Ab	2	1	0	2	2	0	0
	B	1	1	0	0	0	0	0
	Bc	1	1	0	0	0	0	0
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera <10	0	0	0	1	0	0	2
	Moderada 10-50	1	1	1	1	1	0	-1
	Alta 50-100	2	2	2	2	-	0	-
	Muy alta >100	2	2	2	1	-	0	-
Propiedad del suelo	Monte público	0	0	0	0	0	0	0
	Particular	1	1	0	0	0	0	2
Protección	Zona LIC	0	0	0	2	2	2	0
	Ninguna	1	0	0	1	1	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completa >80%	-	0	-	0	0	0	-
	Defectiva 40-80%	1	2	-	0	0	0	0
	Ralo <40%	2	1	-	0	0	0	0

Se ha procedido de la misma forma que en la matriz de capacidad para obtener la conveniencia de la realización de cada actividad sobre el medio, utilizando el SIG, se ha realizado la superposición de las coberturas del medio calculándose en cada recinto obtenido, los valores del grado de conveniencia para cada una de las actuaciones propuestas. Las Figuras 33 a 38 representan la conveniencia del medio para cada una de las actividades propuestas.

La actividad 3 no se muestra al resultar excluyente en todo el territorio después de realizar el análisis.

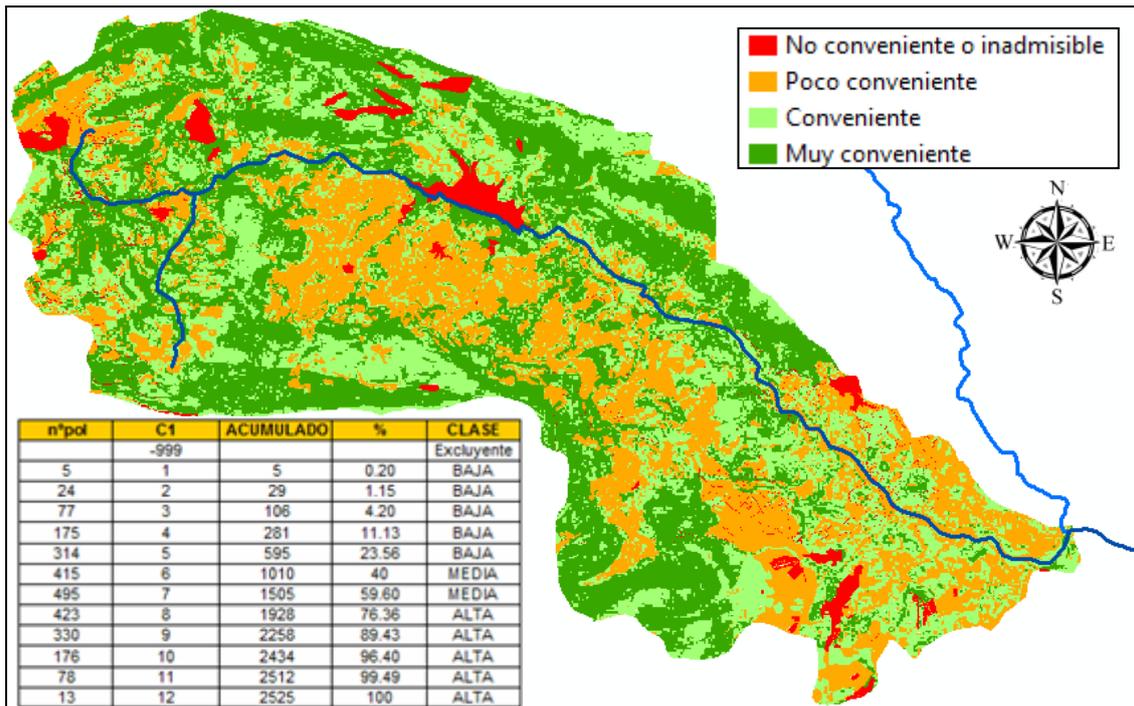


Figura 33. Conveniencia para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.

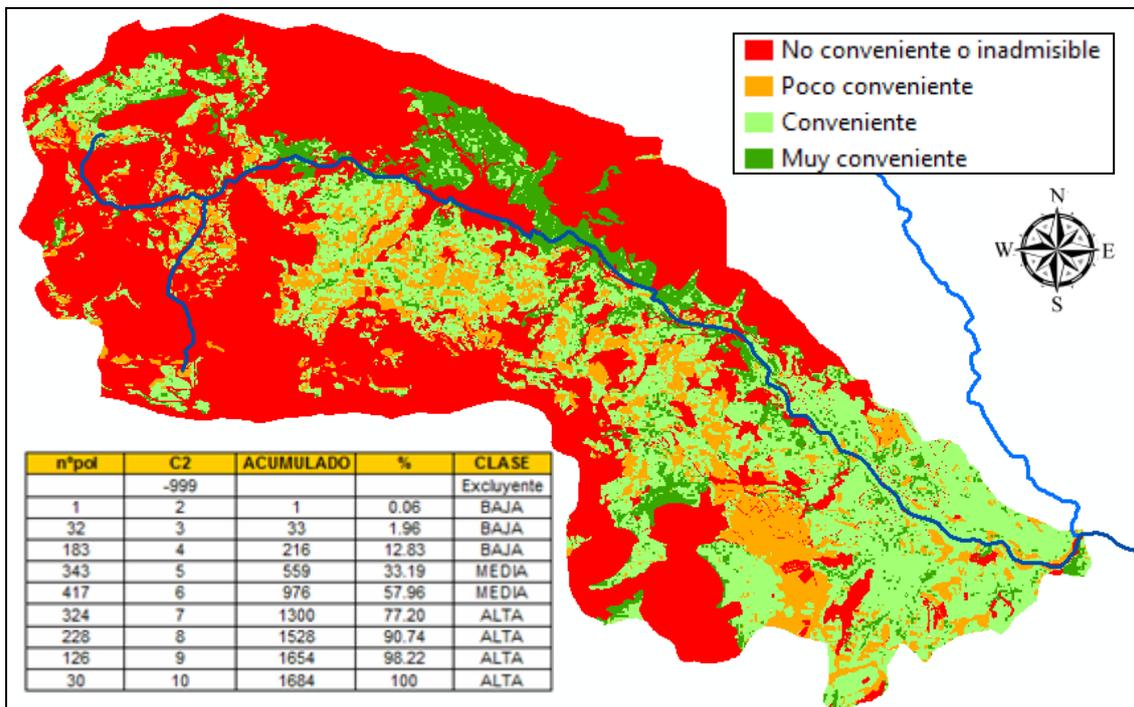


Figura 34. Conveniencia para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva.

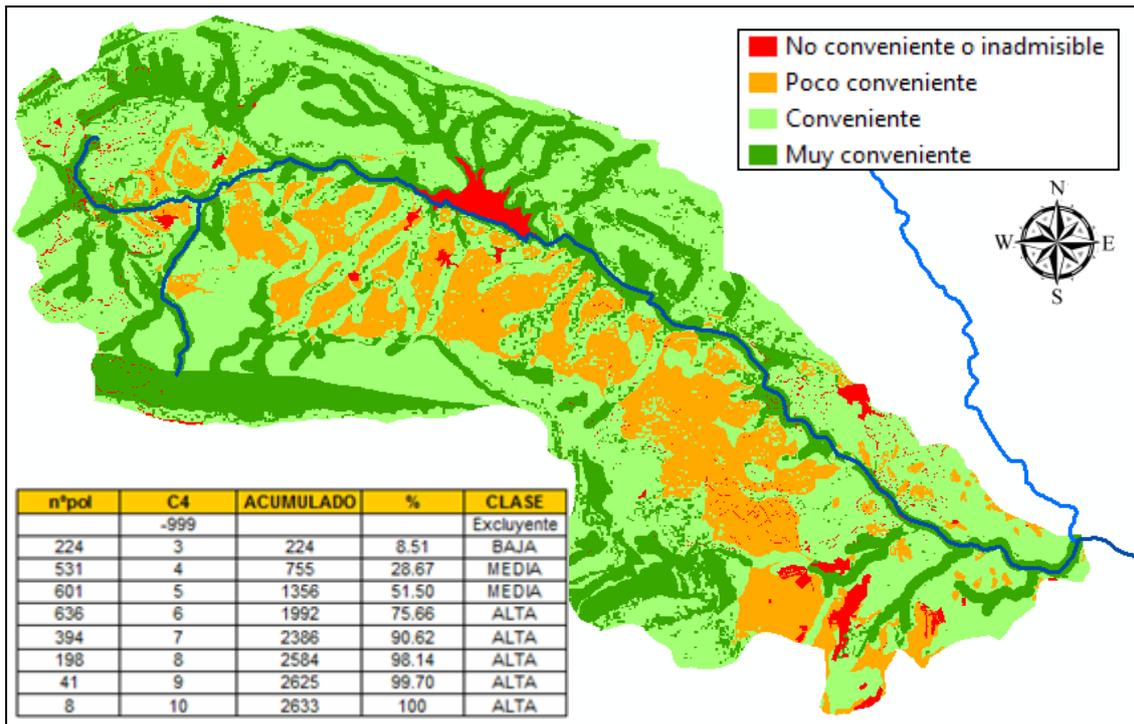


Figura 35. Capacidad para la actividad 4: Restauración de riberas.

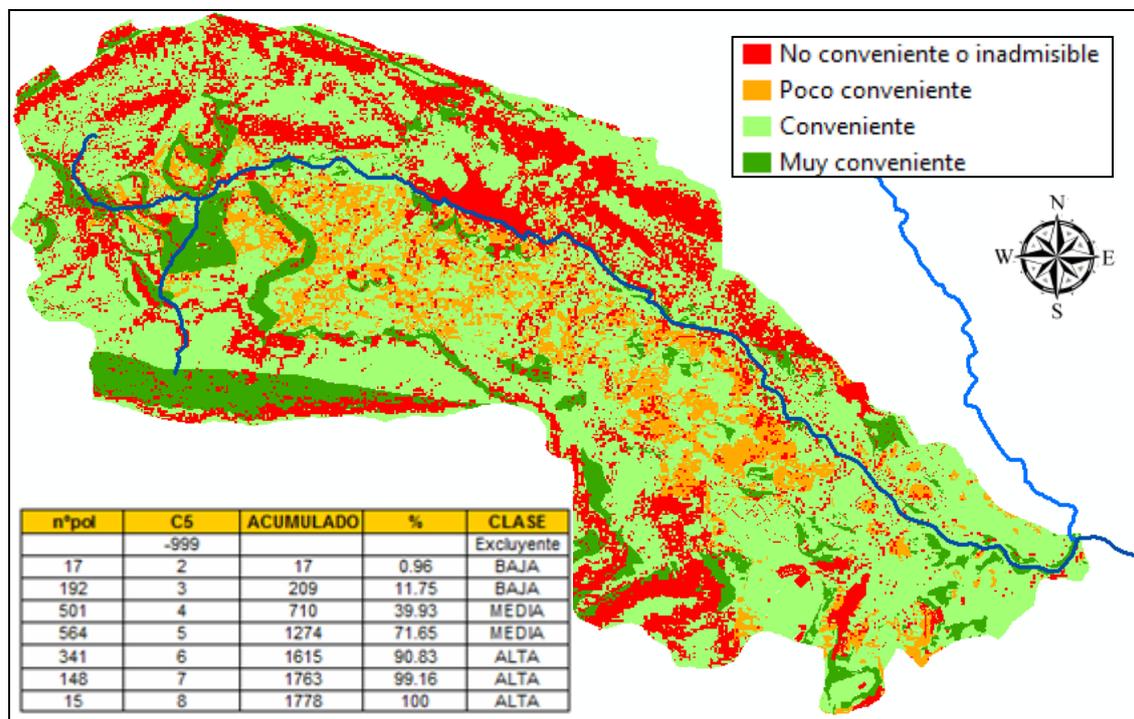


Figura 36. Conveniencia para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.

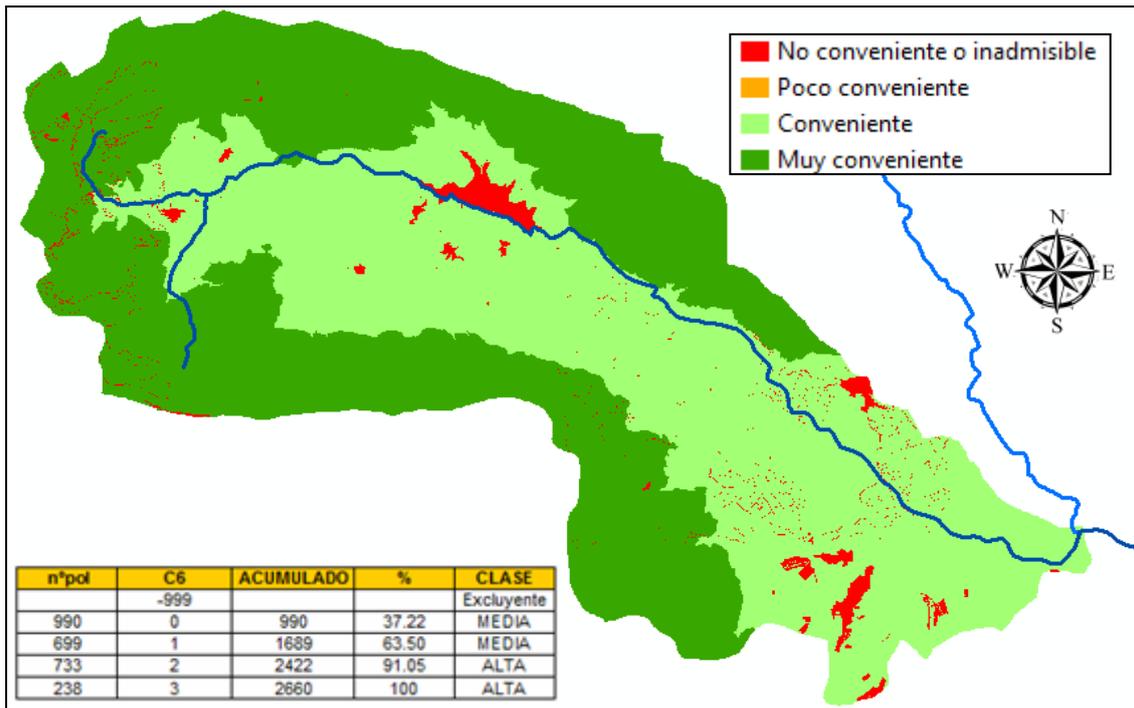


Figura 37. Conveniencia para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés.

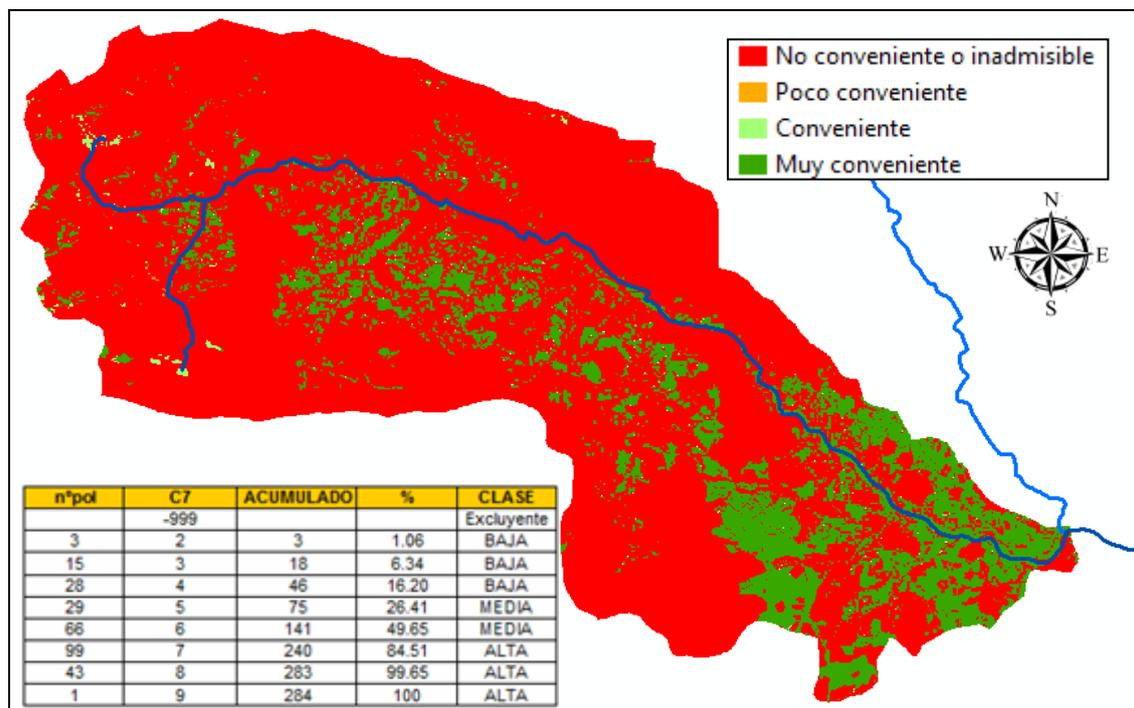


Figura 38. Conveniencia para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.

3.6.6 Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación

En este punto, se dispone de la capacidad de acogida del terreno y del grado de conveniencia de realización de cada actividad, por lo que a continuación se van a englobar ambos conceptos en uno solo referido a la aceptación de la actividad y al efecto que produce, esto es, la adecuación, expresado en forma matricial según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 36. Adecuación del medio para la realización de actividades

		GRADO DE CONVENIENCIA			
CAPACIDAD	3. Muy conveniente	2. Conveniente	1. Indiferente/Poco conveniente	0. No conveniente	
3. Alta	4. Muy adecuado	3. Bastante adecuado	2. Medianamente adecuado	0. No adecuado	
2. Media	3. Bastante adecuado	2. Medianamente adecuado	1. Poco adecuado	0. No adecuado	
1. Baja	2. Medianamente adecuado	1. Poco adecuado	0. No adecuado	0. No adecuado	
0. Excluyente	0. No adecuado	0. No adecuado	0. No adecuado	0. No adecuado	

Utilizando esta tabla y con ayuda del SIG (superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia), se determina la adecuación global del territorio para cada actuación y en cada unidad territorial homogénea; determinándose superficies homogéneas de adecuación para cada actividad. Se obtienen así tantos mapas de adecuación como actividades se han considerado. Sin embargo, para facilitar los resultados y hacerlos más manejables, se ha reducido a tres el número de clases de adecuación agrupándolas de la siguiente manera:

Tabla 37. Clases de Adecuación establecidas

CLASE	ADECUACIÓN
N.A	No adecuado
Media	Poco adecuado Medianamente adecuado
Alta	Bastante adecuado Muy adecuado

Los resultados de la superposición de capas para conseguir el grado de adecuación de cada actividad, son representados en las figuras a continuación (Figuras 39 a 43).

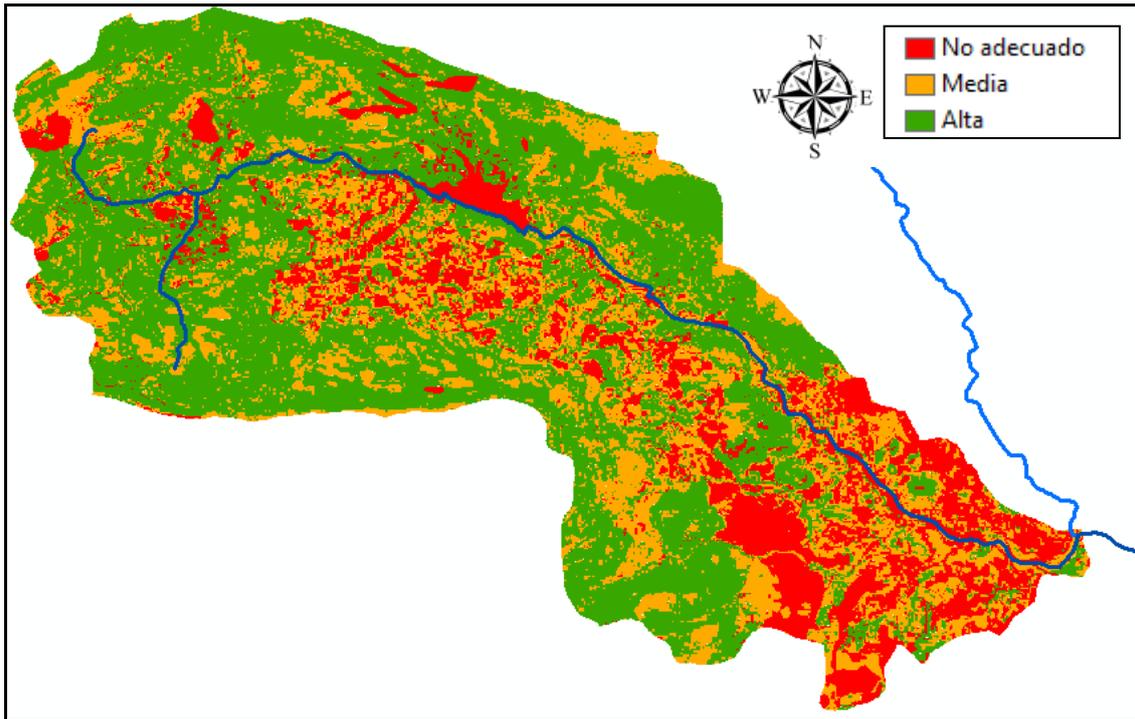


Figura 39. Adecuación para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.

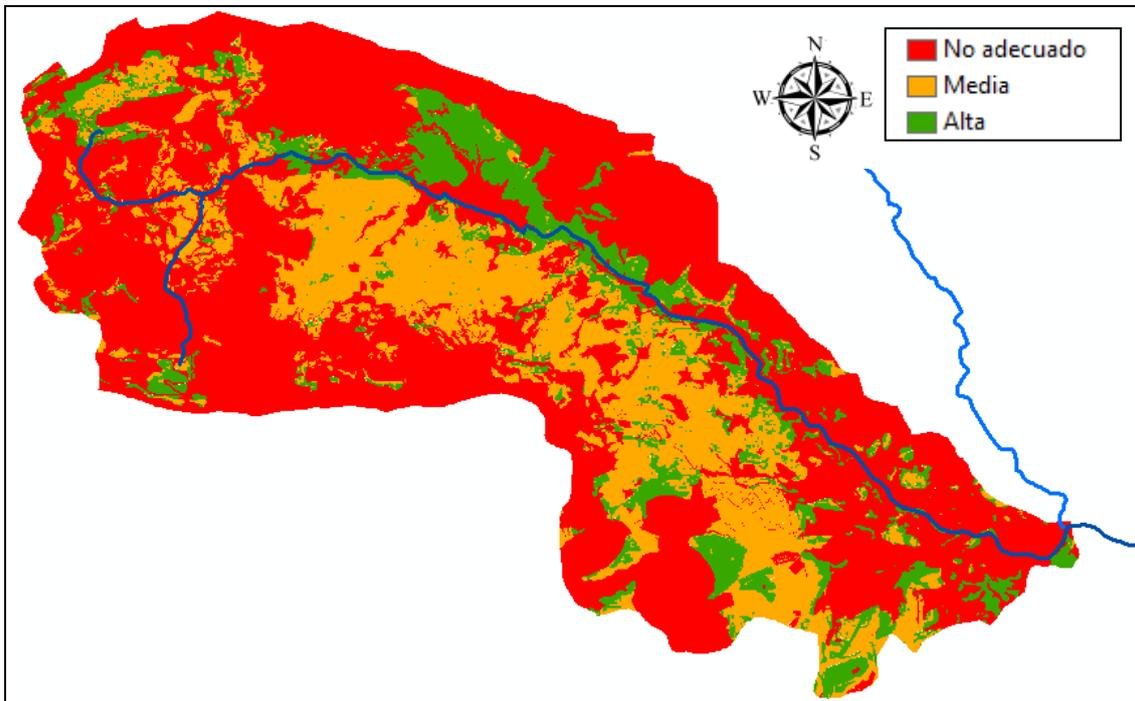


Figura 40. Adecuación para la actividad 2 Completar espesura en masas con espesura defectiva.

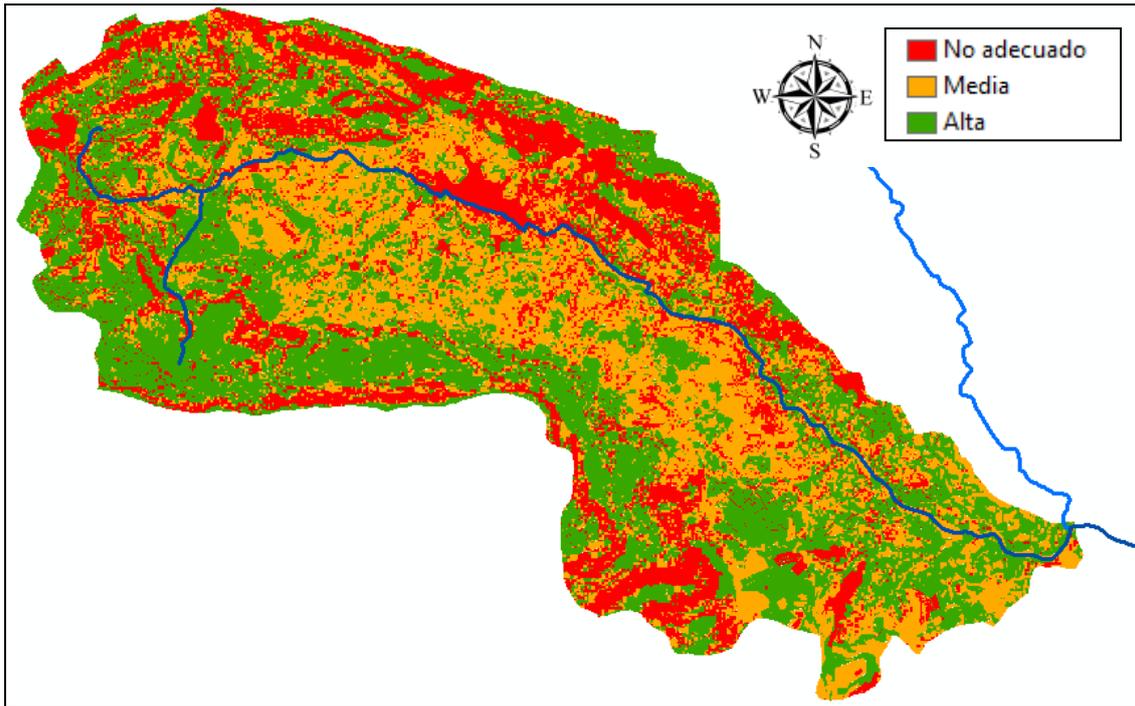


Figura 41. Adecuación para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.

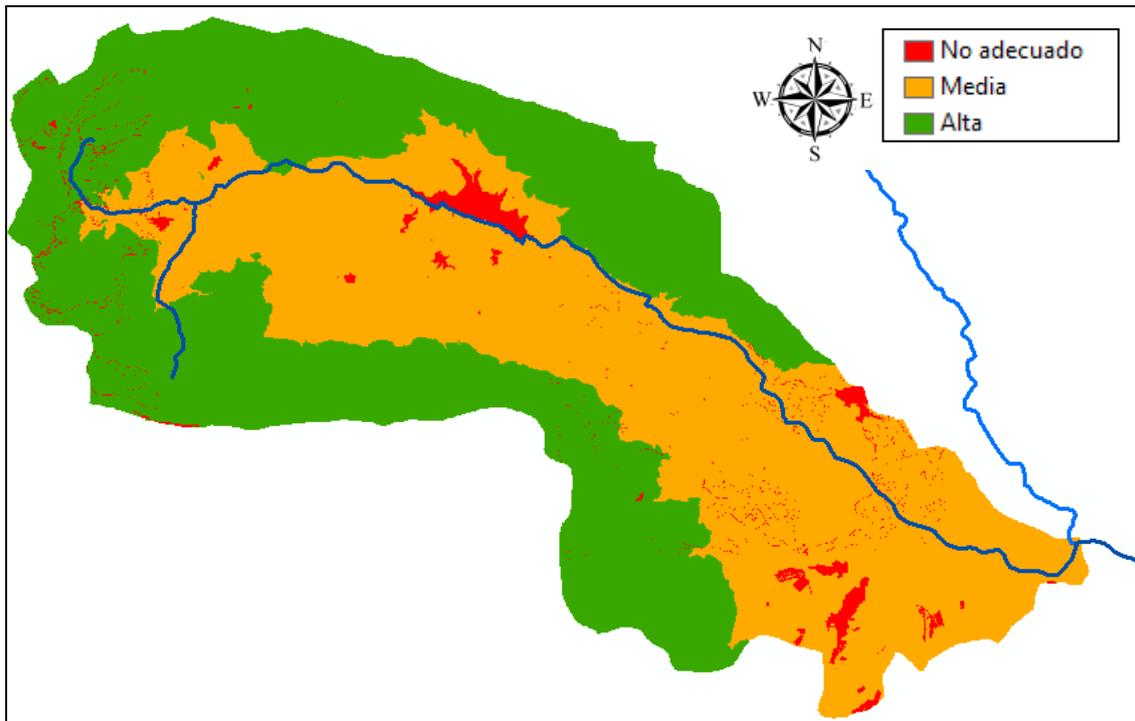


Figura 42. Adecuación para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés.

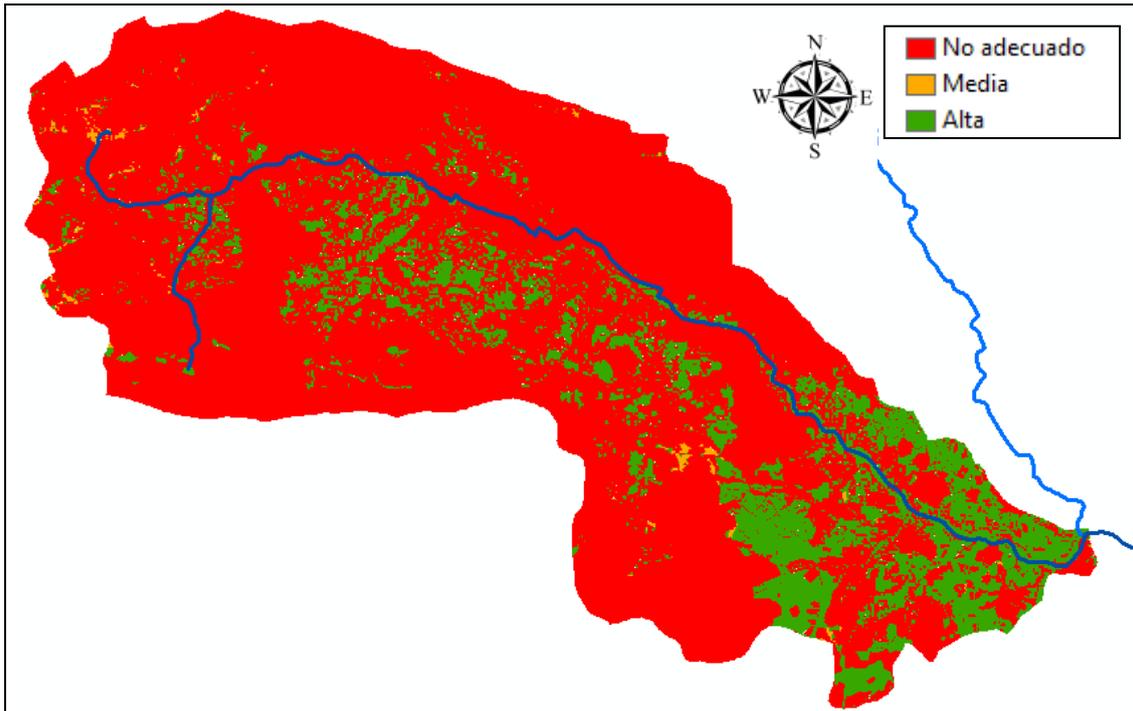


Figura 43. Adecuación para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola

3.6.7 Relaciones entre actividades

De las actividades propuestas en la cuenca, existen combinaciones de actividades que son incompatibles o simplemente el desarrollo de una actividad influye decisivamente en la otra, como por ejemplo, una repoblación forestal excluiría a la conservación del uso agrícola, por el contrario hay actividades compatibles que se complementan y se pueden realizar al mismo tiempo en una misma zona, siendo un ejemplo de esta opción una repoblación forestal protectora y realización de hidrotecnias de corrección de cauces.

Por lo tanto, se hace necesario analizar la compatibilidad o incompatibilidad de actividades distintas coincidentes en el mismo espacio. Para ello se enfrentan en una matriz dos a dos todas las actividades y se analiza su posibilidad o no de coexistir geográficamente. Las actividades que sean compatibles en el medio se podrán promover a la vez.

Tabla 38. Compatibilidad entre actividades.

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
1. Repoblación forestal protectora	--	I	C	C	I	C	I
2. Completar espesura en masas defectivas	I	--	C	C	C	C	I
3. Hidrotecnias de corrección de cauces	C	C	--	C	C	C	C
4. Restauración de riberas	C	C	C	--	C	C	I
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	I	C	C	C	--	C	I
6. Conservación de enclaves de interés	C	C	C	C	C	--	C
7. Mantenimiento del uso agrícola	I	I	C	I	I	C	--

Donde,

C Compatible

I Incompatible

3.6.8 Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

3.6.8.1 Asignación de actividades

La asignación de actividades en la cuenca se ha establecido en función al mayor grado de adecuación que presenten y teniendo en cuenta que las actividades que coincidan en el territorio y que sean compatibles con este se puedan 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 que actividad se propone en tal polígono.

Para resolver este último caso, se van a tener en cuenta los siguientes caracteres del territorio, la pérdida de suelo potencial (modelo USLE) y el uso actual del suelo.

Así pues, en los polígonos donde se tenga incompatibilidad de actividades, se analiza la pérdida potencial de suelo que proporciona el modelo USLE y, al compararla con la

pérdida de suelo admisible o tolerable, si aquella fuese mayor, se optará por la actividad que proponga el uso de suelo que ofrezca mayor grado de protección al suelo y contribuya a la disminución de sus 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.

3.6.8.2 Actividades propuestas

Con la información obtenida en epígrafes anteriores se ha obtenido la adecuación para cada actividad en la cuenca del río Guadalest.

Tabla 39. Superficies de adecuación para las actividades propuestas.

ACTIVIDAD	Adecuación	% de la cuenca	Superficie (km²)
1. Repoblación forestal protectora	Alta	51,28	62,77
	Media	29,46	36,07
2. Completar espesura en masas defectivas	Alta	12,95	15,86
	Media	24,91	30,5
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta	40,8	49,95
	Media	34,12	41,77
6. Conservación de enclaves de interés	Alta	48,87	59,82
	Media	48,49	59,36
7. Mantenimiento del uso agrícola	Alta	17,03	20,85
	Media	0,7	0,85

Su representación en el terreno, queda reflejada en las figuras 39 a 43 de Adecuación.

Las actividades 3 (hidrotecnias de corrección en cauces) y 4 (Restauración de riberas), no son representadas gráficamente ni tomadas en cuenta, debido a los resultados de superposición en el SIG, las mismas que no son aptas para su implementación debido a que, para la actividad 3 no existen emplazamientos adecuados en cauces y para la actividad 4, las riberas se encuentran en cultivos abancalados o sin erosión por formaciones de roca.

Las actividades que siendo compatibles coincidan en el mismo polígono, se realizarán a la vez. Como criterio de propuesta final se ha adoptado la clase de adecuación ALTA

para la realización de cada actividad en la cuenca. Realizando la superposición con el SIG de las coberturas de adecuación de las actividades propuestas se obtienen las siguientes combinaciones posibles. Todas estas combinaciones son las que se muestran en la tabla 40 y que tienen su representación cartográfica en el Anejo I, mapa n° 12).

Tabla 40. Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca

ACTIVIDADES COMPATIBLES	Superficie (Km ²)
0. Actividad 0	1,9
1. Actividad 1	14,3
2. Actividad 1 y 6	26,7
3. Actividad 2	7,2
4. Actividad 2 y 5	1,7
5. Actividad 2 y 6	3,1
6. Actividad 2, 5 y 6	4,9
7. Actividad 5	4,8
8. Actividad 5 y 6	25,7
9. Actividad 6	1,5
10. Actividad 6 y 7	1,32
11. Actividad 7	28,9

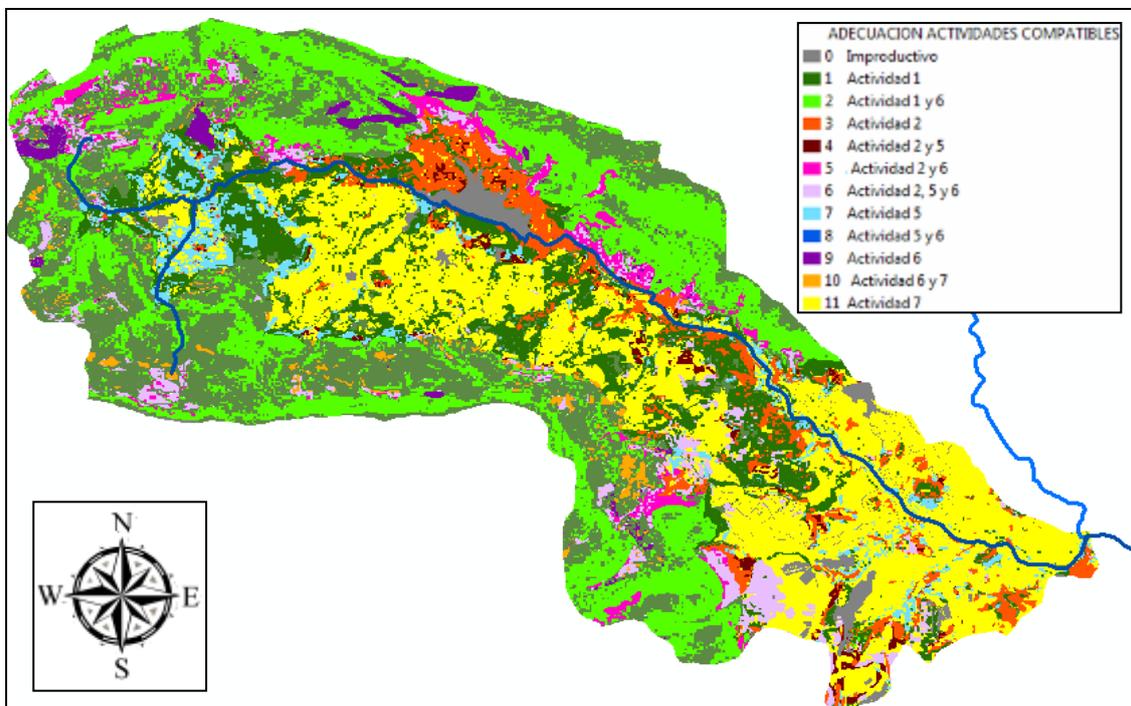


Figura 44. Adecuación para actividades compatibles. Ordenación de la cuenca según MOCS.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 *Presentación de resultados*

Los resultados obtenidos a lo largo del presente trabajo de investigación proceden de la aplicación de metodologías clásicas de ordenación de cuencas como son el método USLE y el de Mintegui Aguirre, así como de la aplicación de la metodología basada en criterios de sostenibilidad, modelos que vienen aplicándose a la ordenación de cuencas en España.

Para la presentación de las actividades promovidas por los distintos métodos se ha utilizado la salida cartográfica proporcionada por el Sistema de Información Geográfica utilizado, aplicado sobre la cuenca objeto de estudio.

El método de criterios de sostenibilidad formula un conjunto de actividades a realizar teniendo en cuenta la capacidad del medio para acogerlas sin riesgos de deterioro permanente, de manera que se asegure su protección, atendiendo a sus valores y a la biodiversidad. Así pues, el criterio de sostenibilidad queda incorporado sistemáticamente a la toma de decisiones de actuación a través de la adecuación de las actividades al medio en que se van a desarrollar.

Por tanto, no todos los métodos promueven las mismas actividades ni tampoco tienen que coincidir necesariamente en términos cuantitativos (superficie en km²) ni geográficos (localización).

A continuación se muestra un resumen con los resultados obtenidos en la aplicación de cada metodología (Tablas 41 a 43):

Tabla 41. Resultados de la ordenación según modelo USLE

CÓDIGO	USO FUTURO	% DE LA CUENCA	SUPERFICIE (km ²)
1	Mantener uso forestal	17,32	21,2
2	Repoblación	46,89	57,4
3	Mantener uso agrícola	29,49	36,1
4	Realizar prácticas de conservación de suelos	4,33	5,3
5	Cambio de uso	0,41	0,5
6	Improductivo	1,55	1,9
TOTAL		100	122,4

Tabla 42. Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990)

CÓDIGO	USO FUTURO	% DE LA CUENCA	SUPERFICIE (Km ²)
1	Mantener/mejora uso forestal	19,36	23,7
2	Completar espesura en pinar	3,35	4,1
3	Completar espesura en matorral	9,15	11,2
4	Repoblación protectora	33,57	41,1
5	Realizar prácticas de conservación en cultivos	14,95	18,3
6	Mantener uso agrícola	18,05	22,1
7	Improductivo	1,55	1,9
TOTAL		100	122,4

Tabla 43. Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad

CÓDIGO	ACTIVIDADES* COMPATIBLES	% DE LA CUENCA	Superficie (Km ²)
0	Actividad 0	1,96	2,4
1	Actividad 1	11,68	14,3
2	Actividad 1 y 6	21,81	26,7
3	Actividad 2	5,88	7,2
4	Actividad 2 y 5	1,38	1,7
5	Actividad 2 y 6	2,53	3,1
6	Actividad 2, 5 y 6	3,92	4,8
7	Actividad 5	3,92	4,8
8	Actividad 5 y 6	20,99	25,7
9	Actividad 6	1,22	1,5
10	Actividad 6 y 7	1,06	1,3
11	Actividad 7	23,61	28,9
TOTAL		100	122,4

*Siendo, Actividad 0: Mantener actividad, Actividad 1: Repoblación forestal protectora, Actividad 2: completar espesura en masas defectivas, Actividad 5: repoblaciones para aumentar la biodiversidad, Actividad 6: conservación de enclaves de interés, Actividad 7: mantener uso agrícola.

4.2 *Estudio comparativo de las superficies de actuación.*

Para efectuar la comparación de los resultados obtenidos con los diferentes métodos de ordenación en la cuenca del río Guadalest, se han superpuesto entre ellas, cada una de las coberturas generadas con los diferentes métodos (Modelo USLE, Ordenación Agrohidrológica según criterios de Mintegi 1990 y Metodología con criterios de Sostenibilidad).

En esta comparación no se han incluido las actividades 3 y 4 (hidrotecnias de corrección de cauces y repoblación de riberas) dado que las mismas no resultaron relevantes en la ordenación de la cuenca.

Dichas superposiciones se pueden expresar en forma matricial enfrentando la cobertura de actuaciones según la metodología de sostenibilidad con cada una de las coberturas de actuaciones generadas con los otros métodos.

4.2.1 Comparación Modelo USLE y MOCS

Los valores resultantes de la superposición de ambos modelos, donde las superficies se expresan en km², se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 44. Superficies de superposición Modelo USLE y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km²).

	USLE	1. Mantener uso forestal	2. Repoblación en terreno forestal	3. Mantener uso agrícola	4. Practicas de Conservación	5. Cambio uso	6. Improductivo
0	Sin actuación	0,04	0	0,92	0	0	1,07
1	1	2,59	9,95	0,33	1,41	0,04	0
2	1 y 6	0,04	26,31	0	0,31	0,12	0
1	Repoblación forestal protectora	2,63	36,27	0,33	1,72	0,16	0
3	2	0,29	5,23	0,13	1,56	0	0
4	2 y 5	0	0,67	1,03	0,02	0	
5	2 y 6	0	2,72	0,04	0,39	0	0
6	2, 5 y 6	0,18	3,62	0,86	0,29	0	0
2	Completar espesura en masas def.	0,47	12,24	2,06	2,25	0	0
7	5	1,04	1,47	1,48	0,84	0,04	0
8	5 y 6	15,92	6,85	2,21	0,47	0,26	0
5	Repoblación aumento biodiversidad	16,97	8,32	3,69	1,31	0,3	0
9	6	0,37	0,91	0,19	0,06	0,02	0
10	6 y 7	0,01	0	1,31	0	0	0
6	Conservación de enclaves	0,38	0,91	1,5	0,07	0,02	0
7	11 Mantenimiento uso agrícola	0,84	0,11	27,67	0,35	0,03	0

De la observación del cuadro anterior se pueden apreciar las superficies coincidentes de cada actividad para cada método comparado y de ahí poder establecer los solapes, que se muestran a continuación.

1- Repoblación forestal protectora (en las combinaciones 1 y 16 de MOCS) con 2 (Repoblación en terreno forestal, de USLE) es la siguiente:

Actividad 1 (MOCS) con Actividad 2 (USLE): **36,27 Km²**.

2- Completar espesura en masas con espesura defectiva (en 2, 25, 26 y 256, de MOCS) con 2 (Repoblación en terreno forestal, de USLE) es la siguiente:

Actividad 2 (MOCS) con Actividad 2 (USLE): **12,24 Km²**.

3- Repoblaciones para aumentar la biodiversidad (en 6 y 67, de MOCS) con 1 (Mantener uso forestal, de USLE) y 2 (Repoblación en terreno forestal, de USLE) es la siguiente:

Actividad 5 (MOCS) con Actividad 1 (USLE): **16,97 Km²**.

Actividad 5 (MOCS) con Actividad 2 (USLE): **8,32 Km²**.

4- Conservación de enclaves de interés (en 5 y 56 de MOCS) con 2 (Repoblación en terreno forestal, de USLE) y 3 (Mantener uso agrícola, de USLE) es la siguiente:

Actividad 6 (MOCS) con Actividad 3 (USLE): **1,5 Km²**.

Actividad 6 (MOCS) con Actividad 2 (USLE): **0,91 Km²**.

5- Mantenimiento de uso agrícola (7, de MOCS) con 3 (Mantener uso agrícola, de USLE) es la siguiente:

Actividad 7 (MOCS) con Actividad 3 (USLE): **27,67 Km²**.

4.2.2 Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y MOCS

Los valores resultantes de la superposición de ambos modelos, donde las superficies se expresan en km², se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 45. Superficies de superposición Metodología según criterios de Mintegui y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km²).

	Mintegui	1.Mantener uso forestal	2. Completar espesura en pinar	3. Completar Espesura en matorral	4. Repoblación protectora	5. Prácticas de conservación	6. Mantener uso agrícola	7. Improductivo
	MOCS							
0	Sin actuación	0,32	0	0,63	0	0,02	0,04	1,07
1	a 1	3,73	0,03	1,72	7,53	1,16	0,17	0
2	1 y 6	0,65	0	0	25,85	0,28	0	0
	Repoblación forestal protectora	4,37	0,03	1,72	33,38	1,45	0,17	0
3	a 2	3,68	1,83	0	0,23	1,44	0,01	0
4	2 y 5	0,65	0	0	0	0,6	0,44	0
5	2 y 6	0,56	2,14	0	0,22	0,21	0,01	0
6	2, 5 y 6	3,55	0	0	0	1,06	0,35	0
	Completar espesura en masas def.	8,44	3,97	0	0,45	3,31	0,82	0
7	a 5	1,25	0	0,01	1,09	2,07	0,38	0
8	5 y 6	8,15	0	9,35	5,25	2,62	0,34	0
	Repoblación aumento biodiversidad	9,41	0	9,36	6,34	4,69	0,72	0
9	a 6	0,36	0,06	0,16	0,74	0,20	0,04	0
10	6 y 7	0,01	0	0	0	0	1,31	0
	Conservación de enclaves	0,37	0,06	0,16	0,74	0,20	1,36	0
11	Mantenimiento uso agrícola	0,85	0	0,08	0,59	9,15	18,28	0

Las coincidencias de la superposición de los mapas de ambas metodologías comparadas son las que se muestran a continuación:

1- Repoblación forestal protectora (en las combinaciones 1 y 16 de MOCS) con 4 (Repoblación protectora, de Mintegui) y con 1 (Mantener uso forestal, de Mintegui) es la siguiente:

Actividad 1 (MOCS) con Actividad 4 (Mintegui): **33,38 Km²**.

Actividad 1 (MOCS) con Actividad 1 (Mintegui): **4,37 Km²**.

2- Completar espesura en masas con espesura defectiva (en 2, 25, 26 y 256, de MOCS) con 1 (Mantener uso forestal, de Mintegui), con 2 (Completar espesura en pinar, de Mintegui) y con 5 (Prácticas de conservación, de Mintegui) es la siguiente:

Actividad 2 (MOCS) con Actividad 1 (Mintegui): **8,44 Km²**.

Actividad 2 (MOCS) con Actividad 2 (Mintegui): **3,97 Km²**.

Actividad 2 (MOCS) con Actividad 5 (Mintegui): **3,31 Km²**.

3- Repoblaciones para aumentar la biodiversidad (en 6 y 67, de MOCS) con 1 (Mantener uso forestal, de Mintegui), con 4 (Repoblación protectora, de Mintegui) y 3 (Completar espesura en matorral, de Mintegui) es la siguiente:

Actividad 5 (MOCS) con Actividad 1 (Mintegui): **9,41 Km²**.

Actividad 5 (MOCS) con Actividad 3 (Mintegui): **9,36 Km²**.

Actividad 5 (MOCS) con Actividad 4 (Mintegui): **6,34 Km²**.

4- Conservación de enclaves de interés (en 5, 56 y 567, de MOCS) con 4 (Repoblación protectora, de Mintegui) y 6 (Mantener uso agrícola, de Mintegui) es la siguiente:

Actividad 6 (MOCS) con Actividad 6 (Mintegui): **1,36 Km²**.

Actividad 6 (MOCS) con Actividad 4 (Mintegui): **0,74 Km²**.

5- Mantenimiento de uso agrícola (7, de MOCS) con 6 (Mantener uso agrícola, de Mintegui) y con 5 (Prácticas de conservación, de Mintegui) es la siguiente:

Actividad 7 (MOCS) con Actividad 6 (Mintegui): **18,28 Km²**.

Actividad 7 (MOCS) con Actividad 5 (Mintegui): **9,15 Km²**.

4.2.3 Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y modelo USLE

Superponiendo las coberturas de ordenación de la cuenca según ambas metodologías, se ha llegado como resultado a la siguiente tabla, en la cual se muestran las superficies (en km²) destinadas a cada clasificación de coberturas.

Tabla 46. Superficies de superposición Metodología con criterios de Mintegui (1990) y Modelo USLE (km²).

USLE / Mintegui	1. Mantener uso forestal	2. Repoblación	3. Mantener uso agrícola	4. Prácticas de conservación	5. Cambio de uso	6. Improductivo
1. Mantener uso forestal	10.04	13.86	0	0	0	0
2. completar espesura en pinar	0	4.05	0	0	0	0
3. Completar espesura en matorral	11.37	0	0	0	0	0
Completar espesura en masas defectivas	11,37	4,05	0	0	0	0
4. Repoblación protectora	0	39.62	0.36	1.33	0.04	0
5. Prácticas de conservación	0	0	13.6	4.2	0.41	0
6. Mantener uso agrícola	0	0	21.44	0.07	0.05	0
7. Improductivo	0	0	0	0	0	1.07

Los solapes resultantes entre las actividades de la metodología USLE y la metodología según criterios de Mintegui son los siguientes:

1. Para la actividad 1 (Mantener uso forestal) del modelo USLE hay una mayor correspondencia con las actividades 1 (Mantener uso forestal) y 3 (Completar espesura en matorral), de Mintegui.
2. La coincidencia entre la actividad 2 (Repoblación protectora) del modelo USLE y la actividad 4 (Repoblación protectora) de Mintegui es muy elevada, y en menor medida con la actividad 1 (Mantener uso forestal) de Mintegui.
3. La actividad 3 (Mantener uso agrícola) del modelo USLE coincide casi en su totalidad con las actividades 6 (Mantener uso agrícola) y en menor medida con 5 (Realizar prácticas de conservación) de Mintegui.
4. Para la actividad 4 (Prácticas de conservación) del modelo USLE, la mayor coincidencia se da con la actividad 5 homóloga de Mintegui.
5. Asimismo para la actividad 5 (Cambio de uso) de modelo USLE encontramos coincidencia, aunque no muy elevada con la actividad 5 (Prácticas de conservación) de Mintegui.

4.3 Estudio cuantitativo de las coincidencias de los métodos: Cálculo del índice Kappa.

Para la realización del estudio cuantitativo se hace necesario agrupar las distintas actividades propuestas por cada método empleado en actividades homogéneas que nos permita su comparación directa.

Para establecer dichas correspondencias entre las actividades de los diferentes métodos se han considerado los bloques que se muestran a continuación,

Tabla 47. Bloques de actuaciones asimilables entre Metodologías

BLOQUE	METODOLOGÍA SOSTENIBILIDAD	MÉTODO USLE
Repoblación	1	2
Mejorar uso/cambio de uso	2+5	4+5
Mantenimiento uso agrícola	7	3
Conservación de enclaves	6	*
Sin cambio de actividad	0	1
Improductivo	999	999

BLOQUE	METODOLOGÍA SOSTENIBILIDAD	MINTEGUI
Repoblación	1	4
Mejorar uso/cambio de uso	2+5	2+3+5
Mantenimiento uso agrícola	7	6
Conservación de enclaves	6	*
Sin cambio de actividad	0	1
Improductivo	999	999

BLOQUE	USLE	MINTEGUI
Repoblación	2	4
Mejorar uso/cambio de uso	4+5	2+3+5
Mantenimiento uso agrícola	3	6
Sin cambio de actividad	1	1
Improductivo	999	999

Una vez realizados los bloques, se procede a construir matrices cuadradas que enfrenten a los bloques considerados y que recogerán las superficies de coincidencia entre métodos.

Tabla 48. Comparación MOCS con USLE (km²)

MOCS	USLE	Repoblación 2	Mejorar uso/cambio de uso 45	Mantenimiento uso agrícola 3	Conservación de enclaves	Mantener uso forestal 1	Improductivo	TOTALES
Repoblación 1		36,27	1,88	0,33	0	2,63	0	41,11
Mejorar uso/cambio de uso 25		20,56	3,86	5,75	0	17,44	0	47,61
Mantenimiento uso agrícola 7		0,11	0,38	27,67	0	0,84	0	29
Conservación de enclaves 6		0,91	0,09	1,5	0	0,38	0	2,88
Sin actuación 0		0	0	0,92	0	0,04	1,07	2,03
Improductivo		0	0	0	0	0	1,07	1,07
TOTALES		57,85	6,21	36,17	0	21,33	1,07	122,6

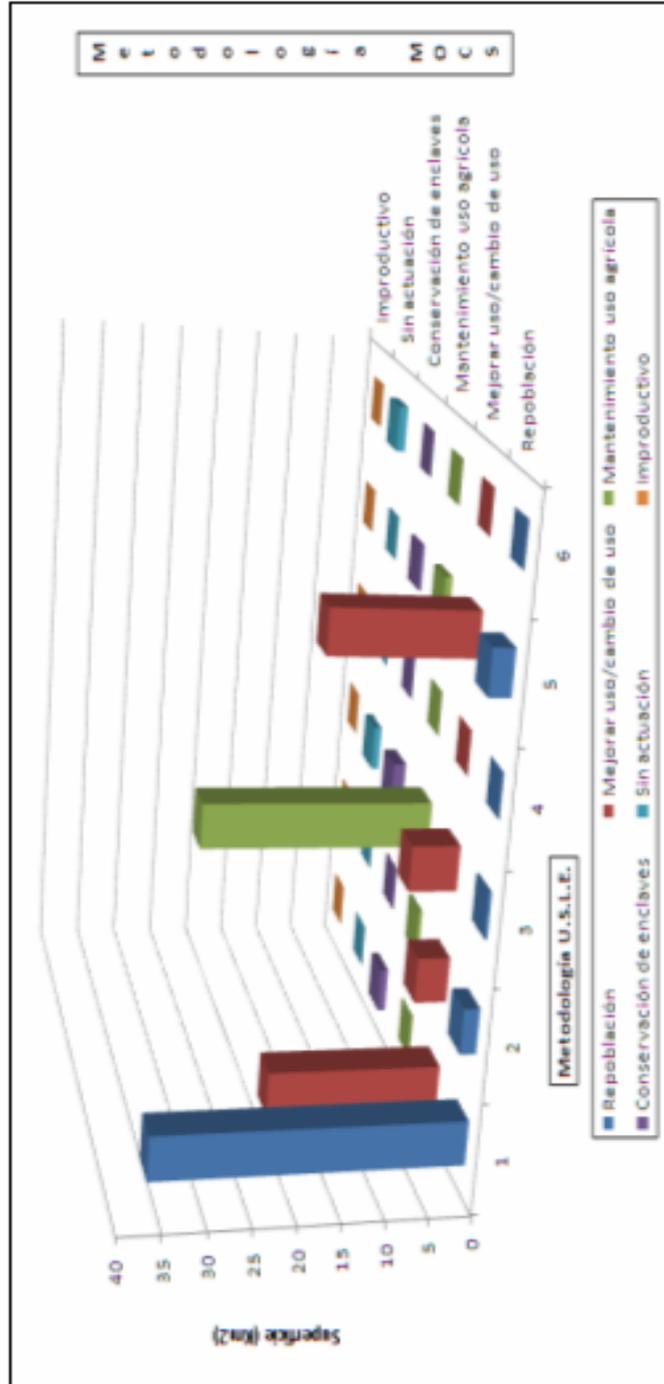


Tabla 49. Comparación MOCS con Mintegui (km²)

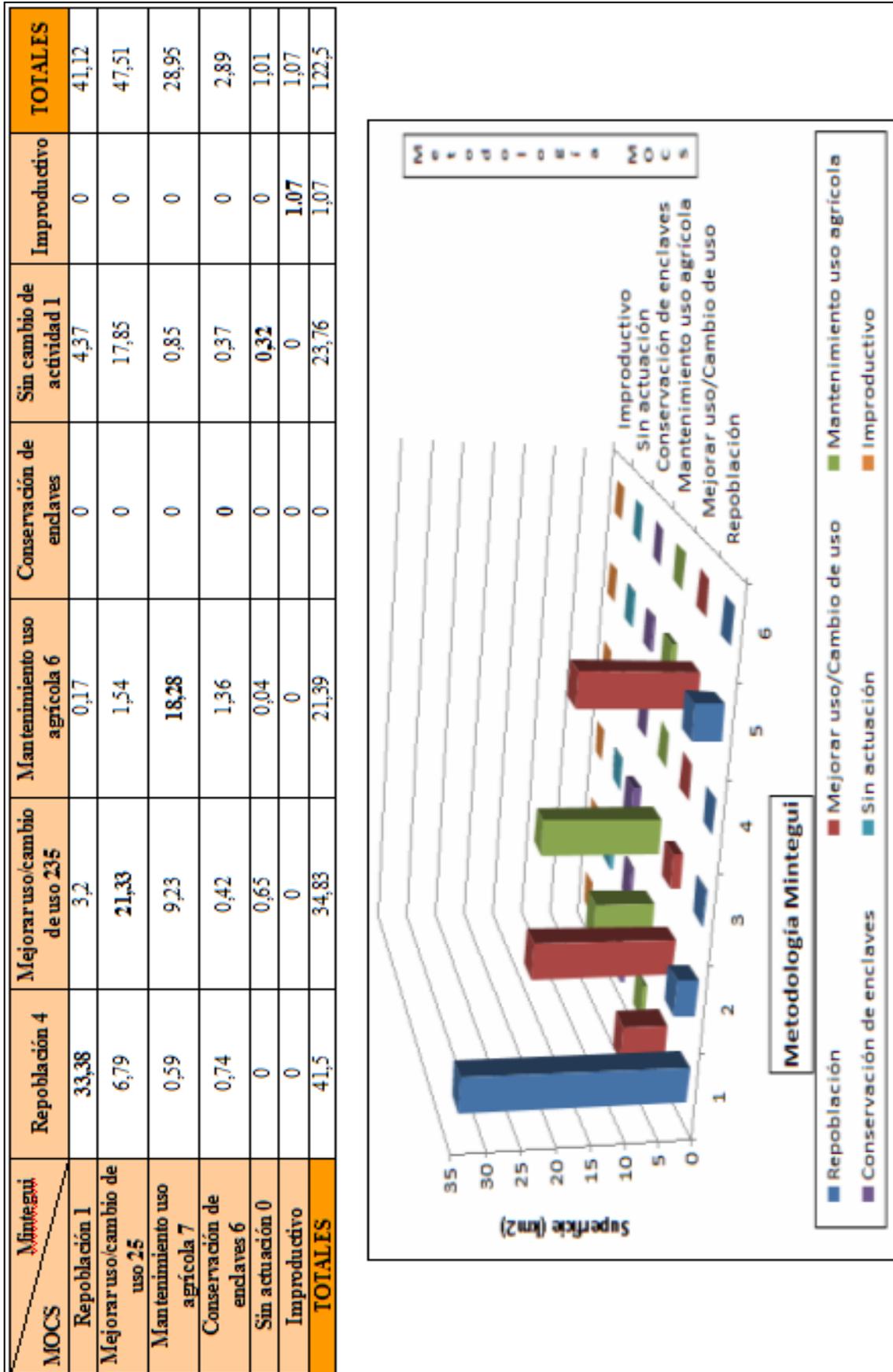
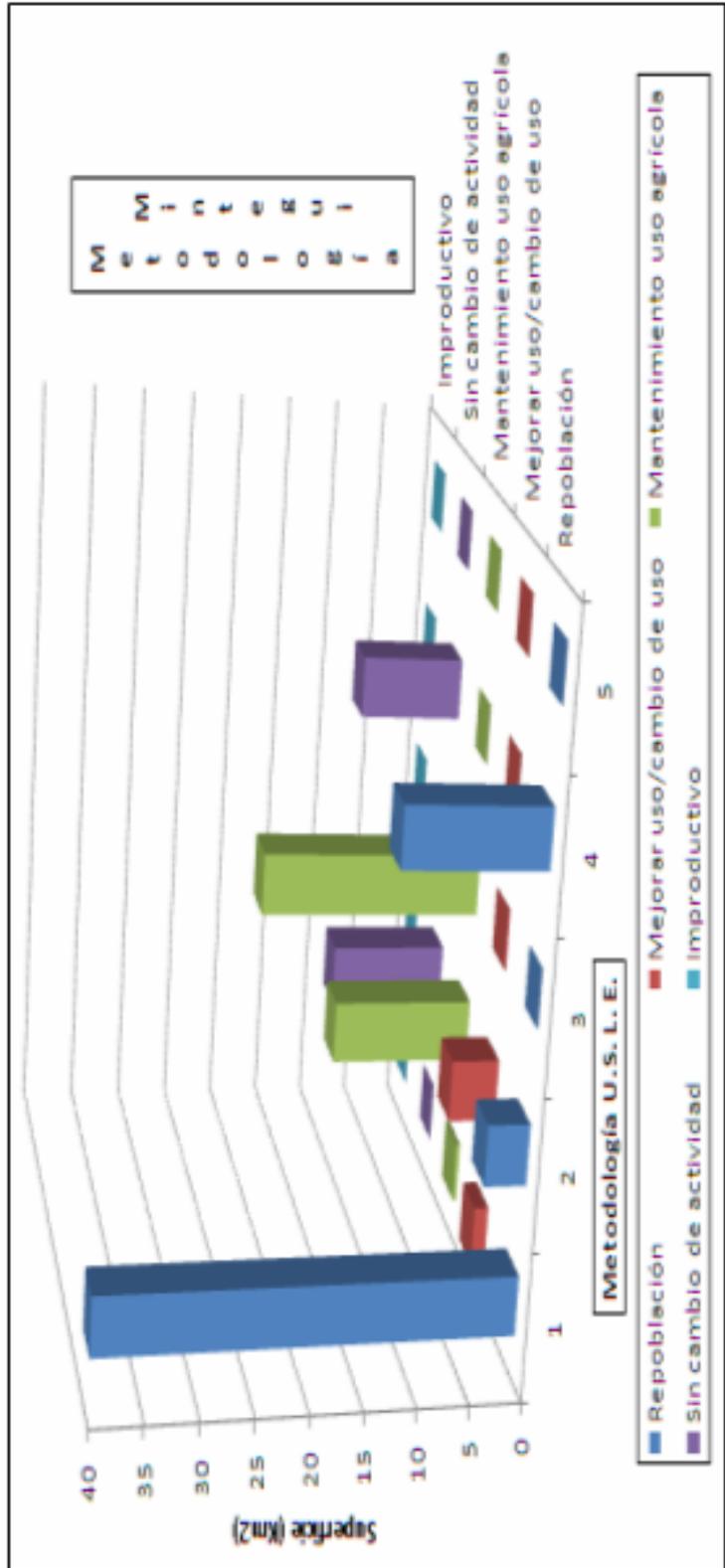


Tabla 50. Comparación USLE con Mintegui (km²)

USLE	Mintegui	Repoblación 4	Mejorar uso/cambio de uso 235	Mantenimiento uso agrícola 6	Sin cambio de actividad I	Improductivo	TOTALES
Repoblación 2	39,62		4,05	0	13,86	0	57,53
Mejorar uso/cambio de uso 45	1,37		4,61	0,12	0	0	6,1
Mantenimiento uso agrícola 3	0,36		13,6	21,44	0	0	35,4
Sin cambio de actividad I	0		11,37	0	10,04	0	21,41
Improductivo	0		0	0	0	1,07	1,07
TOTALES	41,35		33,63	21,56	23,9	1,07	121,51



De la matriz de comparación de MOCS con el método USLE (tabla 48), se pueden realizar los siguientes comentarios:

Los grupos de actividades que aparecen por filas corresponden a la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad MOCS, de manera que el total de la primera fila es la superficie propuesta para repoblación, a continuación se encuentra la superficie destinada a mantener y mejorar los usos del suelo y así sucesivamente.

Por otra parte, los totales por columnas indican las superficies de actuación del otro método que se compara, en este caso, el método USLE. La primera cifra (36,27 km²) corresponde a la superficie destinada a la repoblación. Las cifras de la diagonal principal resaltadas expresan la superficie de coincidencia de actuaciones homólogas de los dos métodos.

De esta comparación, resulta que las actividades con mayor grado de coincidencia son la repoblación y el mantenimiento del uso agrícola. En el primer caso, MOCS propone 41,11 km² y USLE 57,85 km², de los que existe una coincidencia de 36,27 km².

En el caso de mantener el uso agrícola, el primer método propone 29 y el segundo 36,17, dando una coincidencia de 27,67 km², de lo que se extrae que casi la totalidad de la superficie propuesta con MOCS coincide con la USLE.

Estos razonamientos se pueden aplicar también a la comparación de la metodología con los criterios de Mintegui (tabla 49). Se puede decir que existe una gran coincidencia entre las actividades propuestas por ambos métodos. Si bien es cierto, que en esta comparativa, las mayores superficies son las destinadas a repoblación protectora y a mejorar el uso actual, quedando en tercer lugar el mantenimiento de uso agrícola. De la misma manera las superficies coincidentes alcanzan un alto grado de coincidencia en las tres actividades apuntadas anteriormente.

En la tabla 50 de comparación de las metodologías USLE y la de criterios de Mintegui, las filas corresponden a las superficies de actuación propuestas por el modelo USLE y las columnas corresponden a la propuesta de la metodología con criterios de Mintegui. Así, respecto a la actividad de repoblación, el total de la actuación para el modelo USLE

es de 57,53 km² y 41,35 km² para la metodología de Mintegui, siendo la superficie de coincidencia de ambas metodologías de 39,62 km². De acuerdo a estos valores, la coincidencia es muy alta.

Otro valor de coincidencia elevada se da en la actividad de mantenimiento de uso agrícola, donde coinciden 21,44 km² de los 35,4 km² propuestos por USLE y de los 21,56 km² propuestos por Mintegui.

En cuanto a diferencias observables, cabe destacar las superficies propuestas en la actividad Mejorar uso/cambio de uso, donde la superficie propuesta por USLE es sensiblemente menor que la propuesta por Mintegui. Esto es debido a que dicha actividad engloba 3 actividades de Mintegui (completar espesura en pinar, completar espesura en matorral y prácticas de conservación) por únicamente 2 de USLE (prácticas de conservación y cambio de uso).

4.3.1 Cálculo del índice Kappa

En cualquier estudio de investigación una cuestión clave es la fiabilidad de los procedimientos de medida empleados. Tradicionalmente se ha reconocido una fuente importante de error de medida en la variabilidad entre observadores (1,2). Consecuentemente, un objetivo de los estudios de fiabilidad debe consistir en estimar el grado de dicha variabilidad. (Fleiss, 2000).

Existen varios índices de concordancia propuestos siendo el índice más utilizado el propuesto por Cohen (1960) y denominado índice kappa (k) que se define como:

$$k = \frac{n \sum_k x_{kk} - \sum_k x_{i+} x_{+j}}{n^2 - \sum_k x_{i+} x_{+j}}$$

Donde,

x_{i+} $\sum x_{ij}$ (suma de todas las columnas de la fila i)

x_{+j} $\sum x_{ij}$ (suma de todas las filas de la columna j)

x_{kk} Cada valor de la diagonal principal

El índice kappa relaciona el acuerdo que exhiben los observadores, más allá del debido al azar, con el acuerdo potencial también más allá del azar. En esencia, el proceso de elaboración del índice es el siguiente: se calcula la diferencia entre la proporción de acuerdo observado y la proporción de acuerdo esperado por azar; si ésta es igual a cero,

entonces el grado de acuerdo que se ha observado puede atribuirse enteramente al azar; si la diferencia es positiva, ello indica que el grado de acuerdo es mayor que el que cabría esperar si solo estuviera operando el azar y viceversa: en el caso (ciertamente improbable) en que la diferencia fuera negativa entonces los datos estarían exhibiendo menos acuerdo que el que se espera solo por concepto de azar.

Kappa es el cociente entre esa cantidad y el acuerdo máximo que se puede esperar sin intervención del azar. Este índice cumple las características que Hirji y Rosove (1990) definen que debe tener una medida de concordancia: primero, cuando los observadores son independientes, toma el valor 0; en segundo lugar, alcanza el valor máximo de 1 sólo si hay acuerdo perfecto entre los observadores y, por último, nunca es menor que -1.

Según la clasificación, ampliamente usada, propuesta por Landis y Koch (1977), donde se escala la valoración del índice K, tenemos:

Grado de acuerdo	Índice kappa (k)
Sin acuerdo	< 0
Insignificante	0 - 0,2
Discreto	0,21 - 0,4
Moderado	0,41 - 0,6
Sustancial	0,61 - 0,8
Casi perfecto	0,81 - 1

Por otro lado se tiene la escala sugerida por Altman (1991), donde:

Grado de acuerdo	Índice kappa (k)
Pobre	< 0,20
Débil	0,21 - 0,4
Moderada	0,41 - 0,6
Buena	0,61 - 0,8
Muy buena	0,81 - 1

Czaplewski (1994) recoge diferentes interpretaciones que se han hecho del Índice de Kappa. Según estas clasificaciones, para la comparativa de metodologías se tiene:

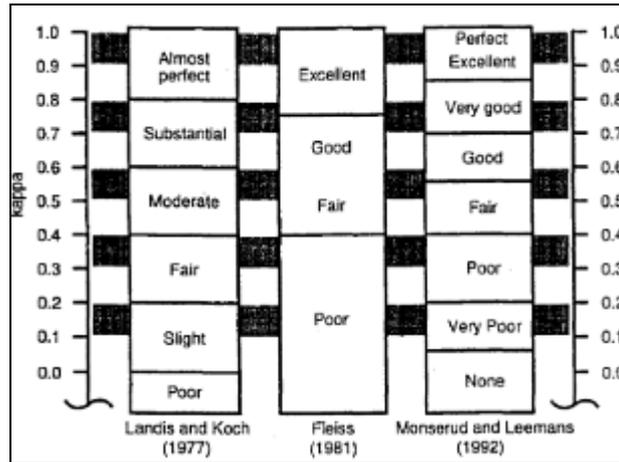


Figura 45. Interpretación del índice Kappa.

	ÍNDICE K	Altman (1991)	Landis y Koch (1977)	Fleiss (1981)	Monserud y Lemmans (1992)
MOCS/USLE	0,66	Buena	Sustancial	Bueno	Bueno
MOCS/MINTEGUI	0,64	Buena	Sustancial	Bueno	Bueno
USLE/MINTEGUI	0,73	Buena	Sustancial	Bueno	Muy Bueno

Como se puede observar en el cuadro anterior, la coincidencia de la metodología MOCS con los métodos tradicionales de ordenación se encuentra dentro de unos valores “buenos” o “sustanciales” según el autor considerado.

Con el índice kappa se interpreta hasta qué punto las metodologías coinciden. Estos métodos tienen un enfoque de planificación de actuaciones, por lo cual se observa una concordancia bastante elevada entre metodologías de ordenación de cuencas en la cuenca en estudio.

Por otro lado, el grado de coincidencia entre las metodologías USLE y la de criterios de Mintegui, tienen un grado “bueno”, “sustancial” o “muy bueno” dependiendo del autor considerado. En esta comparativa es donde se ha encontrado el valor de k más elevado de las tres comparativas entre metodologías, cosa lógica por otra parte, ya que ambas metodologías está muy relacionadas entre sí, siendo la metodología USLE, la base para la metodología de Mintegui.

4.4 *Discusión*

4.4.1 Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca del río Guadalest

A partir de los resultados obtenidos en las tres metodologías analizadas y comparadas, se pretende en este punto dar un paso más en la obtención de un resultado global, con el objetivo de proponer una línea novedosa de actuación, presentando una nueva metodología de ordenación en el ámbito mediterráneo, potenciando los puntos fuertes de las tres metodologías estudiadas, minimizando sus debilidades y planteando nuevos parámetros no considerados hasta el momento para la mejor ordenación de cuencas en el ámbito objeto de estudio.

Con el fin de presentar los resultados obtenidos en el análisis de las metodologías aplicadas a la cuenca del río Guadalest, se ha procedido a la agrupación de las distintas actividades utilizadas en cada metodología, en un grupo de actividades común ordenadas de manera simplificada, tratando las superficies resultantes como porcentajes de actuación dentro de la cuenca.

Para ello se han realizado las siguientes fases:

- 1- Propuesta de actividades que engloban y unifican las actividades consideradas en cada metodología analizada.
- 2- Adaptar las tres metodologías utilizadas a las nuevas actividades.
- 3- Comparación en porcentajes de superficies de coincidencia entre actividades.
- 4- Propuesta de nueva ordenación basada en las fortalezas y debilidades de las tres metodologías y aportando nuevos parámetros a tener en cuenta en la ordenación de cuencas.

➤ PROPUESTA DE ACTIVIDADES

Las actividades utilizadas en cada metodología de ordenación quedarán enmarcadas dentro de las siguientes actividades generales:

- Mantener uso forestal (1)
- Mejorar uso forestal (2)
- Mantener uso agrícola (3)
- Mejorar uso agrícola (4)
- Cambio de uso (5)
- Improductivo (6)

➤ ADAPTAR LAS TRES METODOLOGÍAS UTILIZADAS A LAS NUEVAS ACTIVIDADES

El resultado de la integración de todas las actividades en actividades comunes se resume a continuación:

Tabla 51. Asimilación de actividades

ORDENACIÓN SEGÚN MODELO USLE		
CÓDIGO	USO FUTURO	USO INTEGRADO
1	Mantener uso forestal	Mantener uso forestal
2	Repoblación	Mejorar uso forestal
3	Mantener uso agrícola	Mantener uso agrícola
4	Realizar prácticas de conservación de suelos	Mejorar uso agrícola
5	Cambio de uso	Cambio de uso
6	Improductivo	Improductivo
ORDENACIÓN SEGÚN MINTEGUI AGUIRRE		
1	Mantener uso forestal	Mantener uso agrícola
2	Completar espesura en pinar	Mejorar uso forestal
3	Completar espesura en matorral	Mejorar uso forestal
4	Repoblación protectora	Mejorar uso forestal
5	Realizar prácticas de conservación en cultivos	Mejorar uso agrícola
6	Mantener uso agrícola	Mantener uso agrícola
7	Improductivo	Improductivo
METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN SEGÚN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD		
0	Actividad* 0	Improductivo
1	Actividad 1	Mejorar uso forestal
2	Actividad 1 y 6	Mejorar uso forestal
3	Actividad 2	Mejorar uso forestal
4	Actividad 2 y 5	Mejorar uso forestal
5	Actividad 2 y 6	Mejorar uso forestal
6	Actividad 2, 5 y 6	Mejorar uso forestal
7	Actividad 5	Mejorar uso forestal
8	Actividad 5 y 6	Mejorar uso forestal
9	Actividad 6	-
10	Actividad 6 y 7	Mantener uso agrícola
11	Actividad 7	Mantener uso agrícola

*Siendo, Actividad 0: Mantener actividad, Actividad 1: Repoblación forestal protectora, Actividad 2: completar espesura en masas defectivas, Actividad 5: repoblaciones para aumentar la biodiversidad, Actividad 6: conservación de enclaves de interés, Actividad 7: mantener uso agrícola.

Tal como se puede observar en la tabla anterior, la actividad 6 de MOCS, conservación de enclaves de interés (en el caso de la cuenca objeto de estudio, LIC's) puede llegar a bloquear una correcta ordenación de la cuenca ya que intervendrían consideraciones legales de difícil integración en la metodología que se pretende implementar en este punto, por lo que se ha decidido apartarla del análisis.

El resultado de la ordenación de cada metodología con las nuevas actividades propuestas sería (véase en el Anejo 1, mapa nº 13, su comparación):

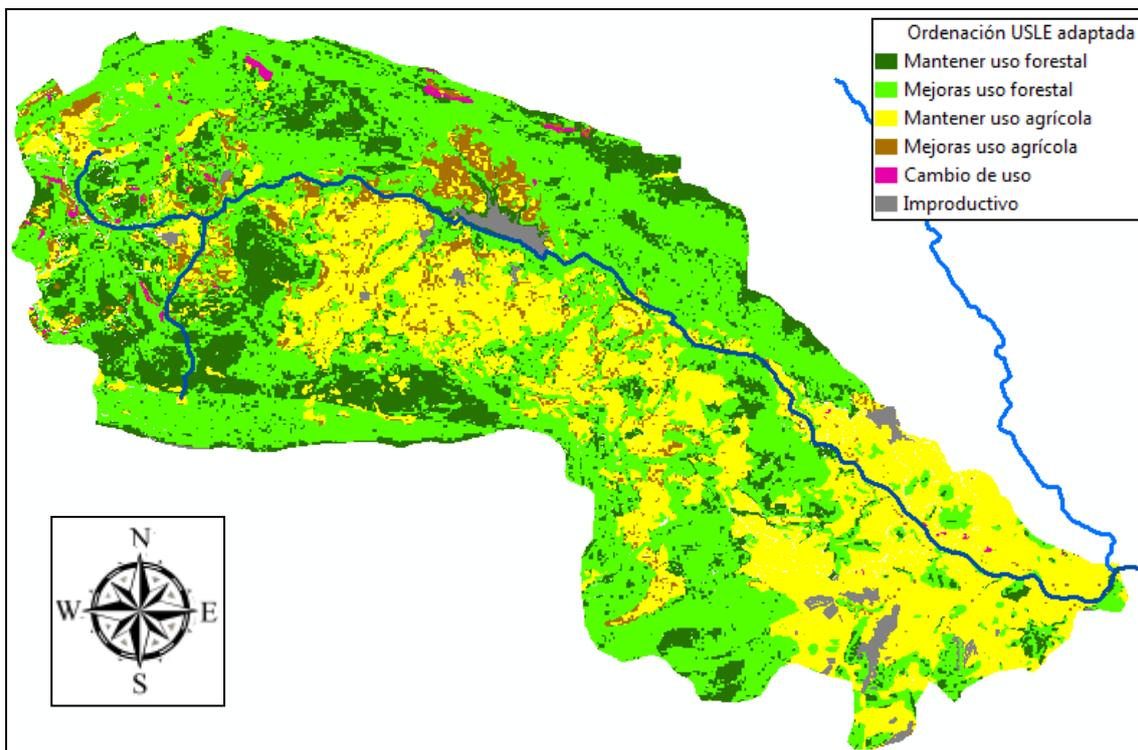


Figura 46. Metodología USLE adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.

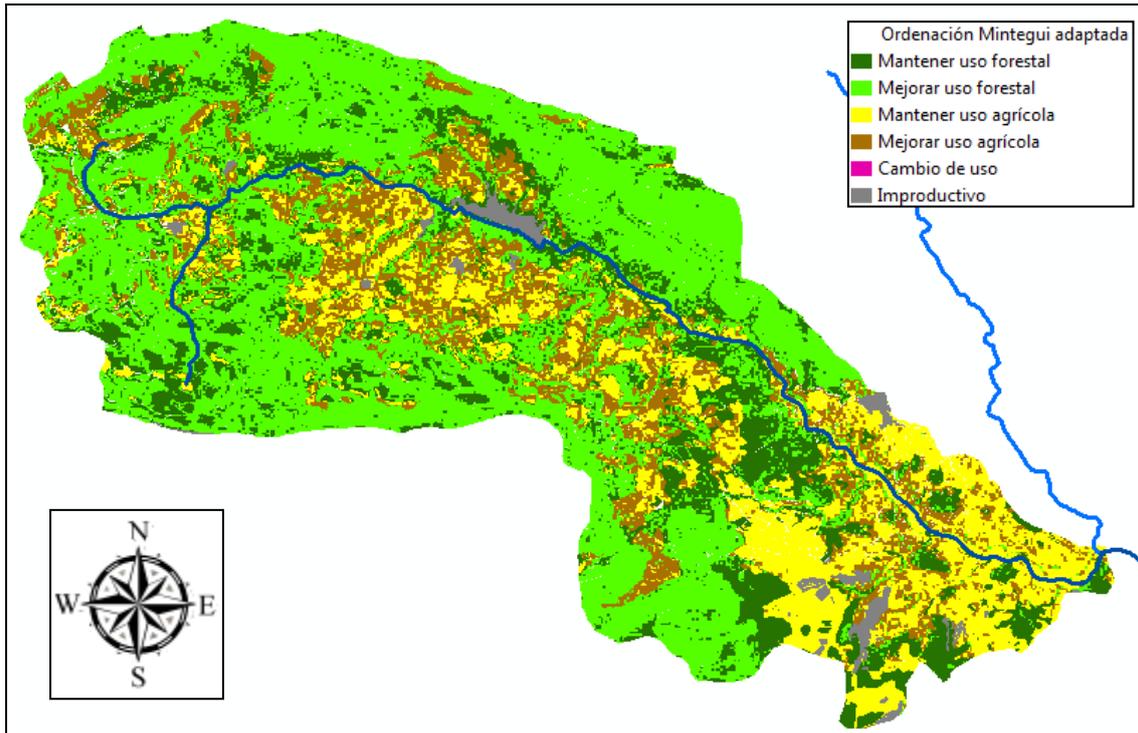


Figura 47. Metodología de Mintegui adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.

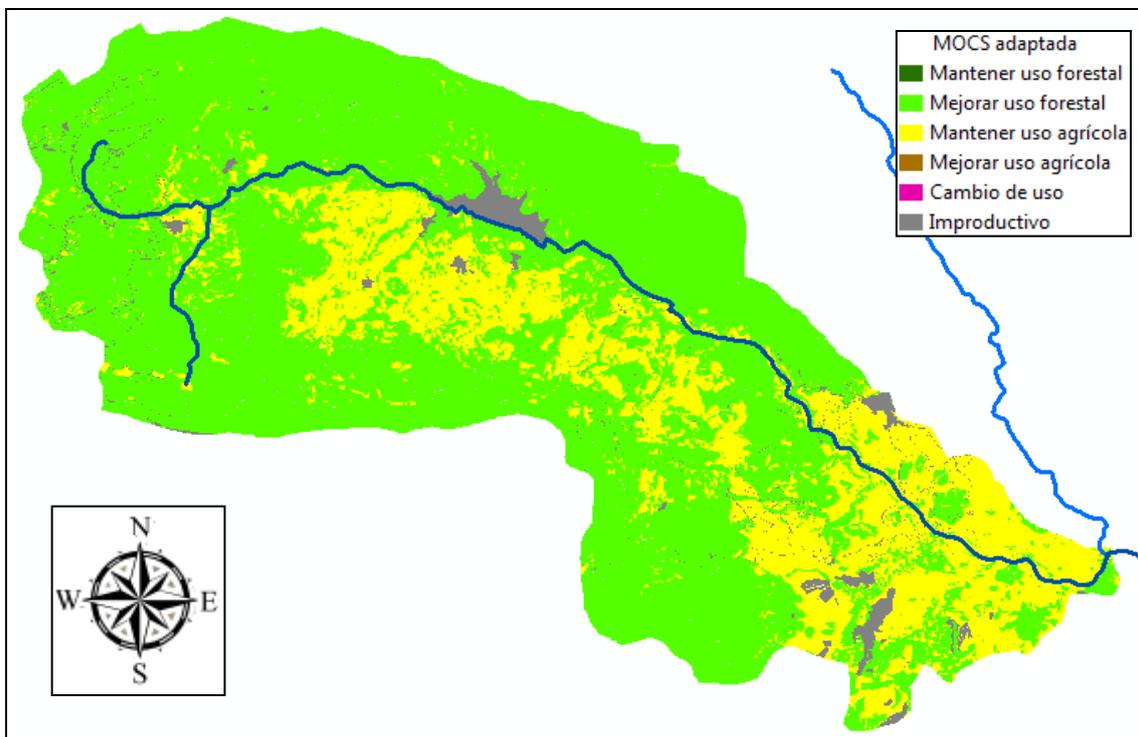


Figura 48. MOCS adaptada a las nuevas actividades comunes propuestas.

➤ COMPARACIÓN EN PORCENTAJES DE SUPERFICIES DE COINCIDENCIA ENTRE ACTIVIDADES

A continuación se muestran los cuadros-resumen de las superficies resultantes de cada metodología con las nuevas actividades planteadas que han resultado de los planos adaptados en el punto anterior:

Tabla 52. Superficies resultantes con las nuevas actividades propuestas

USLE ADAPTADO			
Código	Actividad planteada	Superficie (Km²)	Superficie (%)
(1)	Mantener uso forestal	21,24	17,33
(2)	Mejorar uso forestal	56,98	46,55
(3)	Mantener uso agrícola	36,14	29,48
(4)	Mejorar uso agrícola	5,63	4,6
(5)	Cambio de uso	0,51	0,4
(6)	Improductivo	1,9	1,6

MINTEGUI ADAPTADO			
Código	Actividad planteada	Superficie (Km²)	Superficie (%)
(1)	Mantener uso forestal	23,7	19,34
(2)	Mejorar uso forestal	56,35	46,02
(3)	Mantener uso agrícola	18,4	15,01
(4)	Mejorar uso agrícola	22,05	17,99
(5)	Cambio de uso	0	0
(6)	Improductivo	1,9	1,6

MOCS ADAPTADO			
Código	Actividad planteada	Superficie (Km²)	Superficie (%)
(1)	Mantener uso forestal	0	0
(2)	Mejorar uso forestal	90,51	73,9
(3)	Mantener uso agrícola	29,99	24,5
(4)	Mejorar uso agrícola	0	0
(5)	Cambio de uso	0	0
(6)	Improductivo	1,9	1,6

A continuación se presenta un resumen de la coincidencia entre actividades de las distintas metodologías. En las tablas se representan, por un lado, en la primera columna, el porcentaje total de coincidencia entre las mismas actividades de cada metodología y en las siguientes, las tres combinaciones entre actividades distintas más destacables.

Tabla 53. Coincidencia entre actividades

MINTEGUI-USLE (% superficie de la cuenca)				
Coincidencia total cuenca	Mintegui (1) Usle (2)	Mintegui (2) Usle (1)	Mintegui (4) Usle (3)	Total
66,64	11,05	9,22	11,14	98,05

MOCS-USLE (% superficie de la cuenca)				
Coincidencia total cuenca	MOCS (2) Usle (1)	MOCS (2) Usle (3)	MOCS (2) Usle (4)	Total
72,83	16,61	4,71	4,33	98,48

MOCS-MINTEGUI (% superficie de la cuenca)				
Coincidencia total cuenca	MOCS (2) Mintegui (1)	MOCS (2) Mintegui (4)	MOCS (3) Mintegui (4)	Total
64,16	18,70	7,48	7,41	97,73

De los resultados anteriores se deduce que le mayor coincidencia entre metodologías se da entre MOCS y USLE donde las ordenaciones de cada metodología coinciden en un 72,83 % de la superficie de la cuenca, a las que si tenemos en cuenta posibles combinaciones entre actividades se llegaría al 98,48% de territorio ordenado.

Por otra parte, las comparaciones entre el resto de metodologías también arrojan buenos resultados de concordancia, estando la coincidencia total de actividades en torno al 65%.

➤ PROPUESTA DE NUEVA ORDENACIÓN BASADA EN LAS TRES METODOLOGÍAS UNA VEZ ADAPTADAS

Una vez realizada la comparación entre metodologías, se propone integrar las salidas de las tres metodologías estudiadas en una única salida.

El resultado de la integración de las tres metodologías y sus superficies de coincidencia se muestran en la Tabla 54.

Tabla 54. Coincidencia de actividades en la metodología propuesta

MOCS-MINTEGUI-USLE (% superficie de la cuenca)				
Coincidencia total cuenca	Coincidencia entre actividades (1) y (2)	Coincidencia entre actividades (1) o (2) y (3), (4) o (5)	Coincidencia entre actividades (3), (4) y (5)	Total
53,86	27,48	10,95	7,69	100

Las actividades plenamente coincidentes con el 53,85 % de la superficie de la cuenca se corresponden con:

- Actividades (2) en el 35,95 % de la cuenca, **Mejorar uso forestal**.
- Actividades (3) en el 16,36 % de la cuenca, **Mantener uso agrícola**.
- Actividades (6) en el 1,55 % de la cuenca, **Improductivo**.

A partir de estos resultados, se deduce que para las superficies coincidentes, estas actividades son las más adecuadas para una futura ordenación del territorio en la cuenca, ya que las tres metodologías proponen la misma actividad siendo los criterios de elección la suma de criterios de las tres metodologías.

Para las combinaciones entre actividades se propone la siguiente clasificación:

- Para combinación entre actividades forestales (Mantener (1) o mejorar uso forestal (2)):
 - Actividades (1) y (2), a falta de uniformidad en el criterio de las metodologías, se deberá optar por la solución más económica, que en el caso estudiado sería el de **Mantener el uso forestal**, siempre que no haya otros factores a considerar como pueden ser la necesidad de proteger de inundaciones a núcleos urbanos, infraestructuras o que prevalezca la necesidad de realizar mejoras forestales para incrementar la recarga de acuíferos.
- Para coincidencias o dudas entre asignar para una zona actividades forestales (Mantener (1) o mejorar uso forestal (2)) o actividades agrícolas (Mantener (3) o mejorar uso agrícola (4) o cambio de uso (5)):

- Estas zonas están constituidas por terrenos que se encuentran en el límite para poder dedicarse a la agricultura. En este caso se asignará preferentemente un **cambio de uso** ya sea de forestal a agrícola o de agrícola a forestal. Para realizar estos cambios se deberá estudiar la rentabilidad económica que puedan proporcionar estas parcelas, estando ligados a las demandas y los costes de actuación en el momento de la ordenación.
- Para combinación entre actividades agrícolas (Mantener (3) o mejorar uso agrícola (4) y cambio de uso (5)):
 - Existen coincidencias de distintos usos en las mismas zonas, teniendo que decidirse entre mantener o no los cultivos mediante prácticas de conservación o cambiarlos de uso. En este caso se decidirá mantener los cultivos o no en función de los costos de la operación y de la rentabilidad económica de la actividad, por lo que sería necesario realizar un estudio pormenorizado en este aspecto, teniendo en cuenta la contribución a la economía de la zona y si existe capacidad de fijar población. Se propone un límite de 10 tn/ha de pérdidas de suelo para la viabilidad de los cultivos. Asimismo se plantearán prácticas de conservación o cambios en el tipo de cultivo a especies que produzcan menos tasas de erosión, como por ejemplo, cambio de arbóreo de secano a herbáceo de secano. Dependiendo de los criterios que se cumplieran, se mantendría el uso agrícola se mejoraría su uso, aplicándose obligatoriamente prácticas de conservación de cultivos. En el caso particular de la cuenca del río Guadalest debido a las altas pérdidas de suelo y a las grandes pendientes se ha optado por proponer prácticas de conservación de cultivos, esto es, **mejorar uso agrícola**.

A modo de referencia, se muestra un esquema resumen de los nuevos criterios utilizados en la ordenación propuesta.

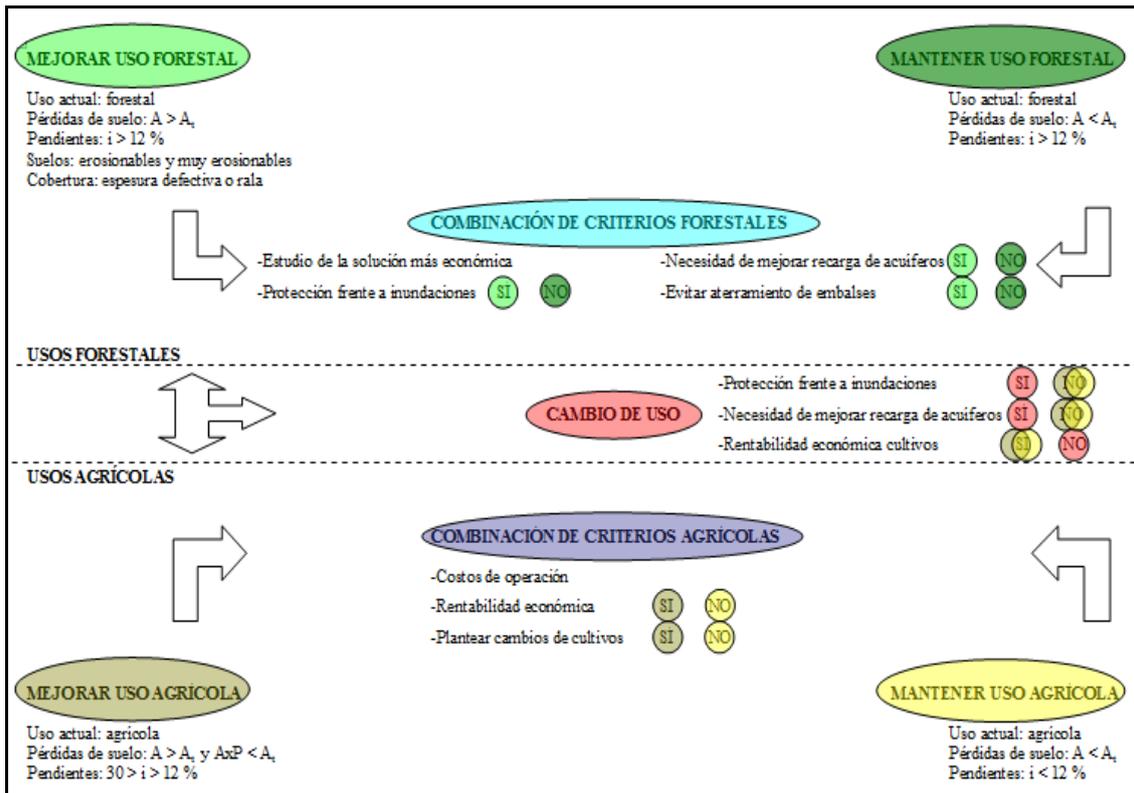


Figura 49. Criterios propuestos a tener en cuenta en la ordenación de cuencas. Fuente: Elaboración propia.

Así pues el resultado de la ordenación propuesta con los nuevos criterios de ordenación sería el siguiente (en el Anejo I, mapa nº 14, se adjunta a escala mayor):

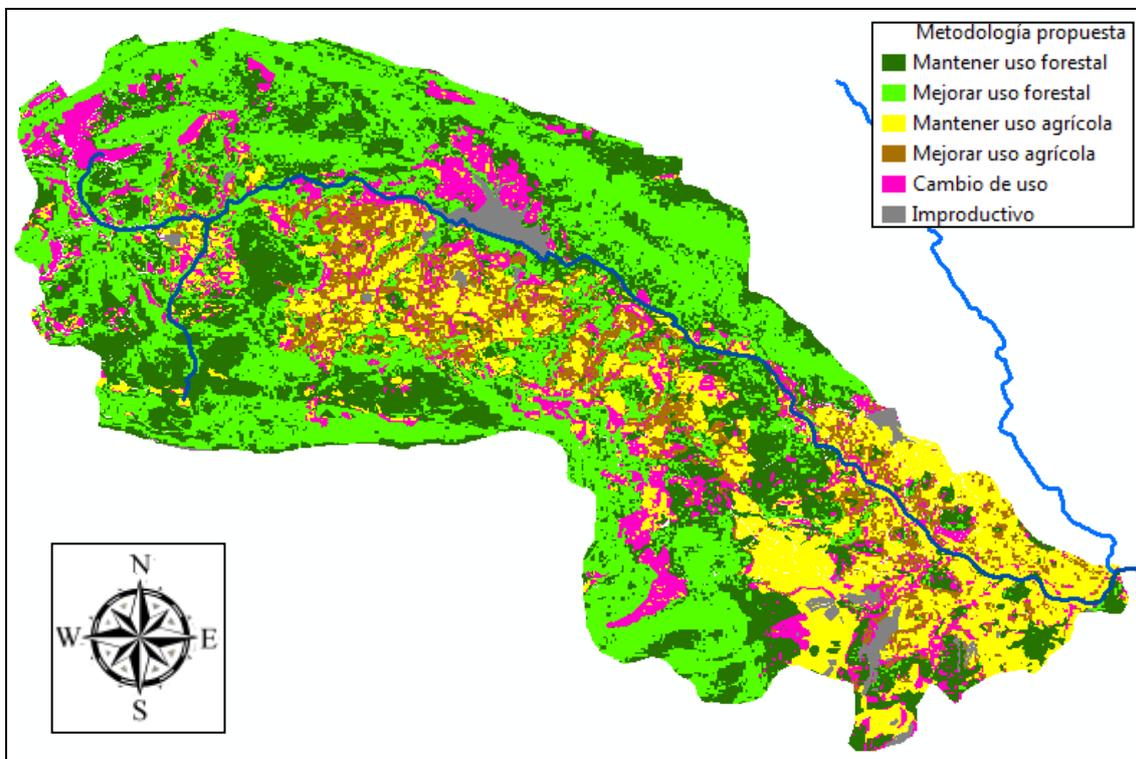


Figura 50. Ordenación según metodología propuesta.

Un resumen de las superficies a ordenar se presenta a continuación:

Tabla 55. Superficies resultantes en la metodología propuesta.

Código	Actividades propuestas	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
(1)	Mantener uso forestal	33,66	27,5
(2)	Mejorar uso forestal	44,00	35,95
(3)	Mantener uso agrícola	20,02	16,36
(4)	Mejorar uso agrícola	9,41	7,69
(5)	Cambio de uso	13,4	10,95
(6)	Improductivo	1,9	1,55
TOTAL		122,4	100

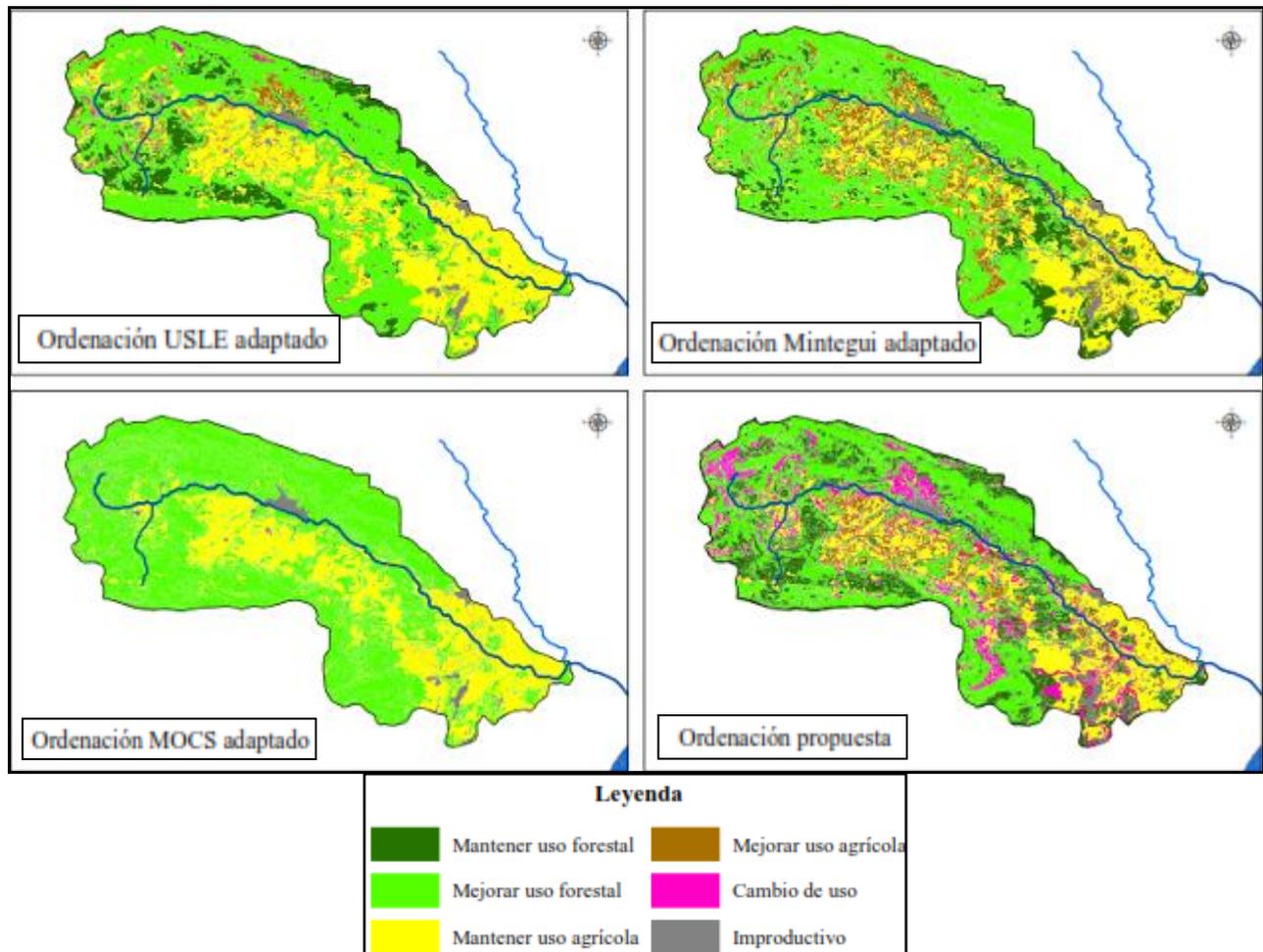


Figura 51. Comparativa de metodologías adaptadas y ordenación final propuesta.

A continuación, con el propósito de poder revisar las principales características de las metodologías comparadas y poder llegar a definir la mejor metodología que se ajustaría en la cuenca del río Guadalest, para poderla extrapolar a otra cuencas de características similares en el ámbito del mediterráneo y teniendo en cuenta el entorno natural en la que se encuentra; se presenta una tabla resumen del análisis comparativo de las tres metodologías implementadas y la propuesta de una nueva metodología de ordenación de cuencas o en todo caso de mejora de las metodologías analizadas.

METODOLOGÍAS DE ORDENACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS		
USLE	CRITERIOS MINTEGUI	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD
<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 	<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: Se basa 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 	<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

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Litofacies ▪ Pendientes ▪ Usos del suelo o vegetación ▪ Prácticas de conservación de suelos agrícolas. <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. • Representa una tecnología sencilla y fácil de utilizar, sirviendo de herramienta para la gestión y planificación de usos del suelo. • 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 pueden ser conseguidos de bases de datos nacionales. • Aporta el valor cuantitativo de la erosión, por tanto es la base cuantitativa para los 	<p>siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pendientes ▪ Litofacies ▪ Usos del suelo o vegetación ▪ Mapa de pérdidas de suelo por erosión <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. • 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 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. • La tabla de criterios de ordenación, constituye una 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo • Litología • Pérdidas de suelo • Propiedad • Protección • Espesura de la cubierta arbórea <p>Se requieren tantos mapas como aspectos del medio sean 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. • Pueden definirse objetivos según la problemática específica de cada cuenca y con ellos actividades de ordenación más específicas. • 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
--	---	--

<p>otros modelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • El parámetro R del modelo es complejo de establecer. • El parámetro A sólo permite definir la erosividad en condiciones muy concretas, sin considerar la erosión en torrentes y en manto. Además, su cálculo para superficies amplias suele dar valores mayores de los reales. • Para calcular los diferentes factores es necesario extrapolar los valores de los parámetros, no siempre conociendo perfectamente su variación respecto a las condiciones específicas originales. • La estimación de la erosión en una cuenca usando USLE en los diferentes suelos, multiplicando las estimaciones por la superficie de cada suelo y sumándolas para toda la cuenca, constituyen una gruesa sobreestimación. • El empleo de la ecuación en otras zonas requiere cautela, ya que se estaría extrapolando. • 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 	<p>generalización de las tablas particulares que se realizan para cada proyecto concreto de restauración agrohidrológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las matrices de capacidad de acogida de las actividades por parte del medio, son flexibles a incorporación de nuevos índices representantes 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 pérdida de suelo calculada por el modelo USLE, por lo que esta metodología mostraría cierto grado de dependencia de aquél. • 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.
--	---	---

<p>los usos futuros propuestos, no diferenciando bien las formaciones vegetales presentes en una cuenca. Será labor del gestor el plantear actividades de uso futuro más específicas a partir de la tabla establecida.</p>		
--	--	--

<p align="center">METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN PROPUESTA</p>		
<p>Definición: Modelo cualitativo que se basa en el análisis y estudio de tres metodologías de ordenación de cuencas (USLE, Mintegui Aguirre y MOCS) con el objeto de proporcionar una única propuesta de ordenación.</p>		
<p>Descripción: Establece la ordenación de una cuenca hidrográfica teniendo en cuenta los factores fundamentales que permiten asignar usos compatibles en zonas concretas con criterios de sostenibilidad, potencialidades y defensa del medio, aportando una integración de los procesos, fenómenos y actividades que pueden influir en el uso adecuado del territorio, resultando un método aplicable de ordenación de la cuenca.</p>		
<p>Instrumentos: Salidas de resultados de las metodologías USLE, Mintegui Aguirre y MOCS. La metodología se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p>		
<p>Información utilizada: Implementar la ordenación de la cuenca hidrográfica mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodología USLE e información asociada. • Metodología Mintegui Aguirre e información asociada. • Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (MOCS) e información asociada. 		
<p>Proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Propuesta de actividades. 2. Adaptar las tres metodologías utilizadas a las nuevas actividades. 3. Comparación en porcentajes de superficies de coincidencia entre actividades. 4. Propuesta de nueva ordenación 		
<p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elimina parte de la subjetividad implícita en el MOCS. • Incorpora los aspectos positivos de las tres metodologías comparadas basándose en el estudio del medio físico. • Con la metodología propuesta resulta una ordenación de más de la mitad de la cuenca (54%) a partir de usos coincidentes de cada metodología. • Se han definido nuevos criterios que pueden resolver algunos conflictos en la asignación de usos en la cuenca. 		
<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando existen figuras de protección (LICs, espacios protegidos, ZEPAs, etc) la ordenación puede quedar bloqueada. • La combinación de actividades puede tener cierto grado de subjetividad. • Su implementación completa puede resultar más laboriosa al tener en cuenta varios criterios de forma simultánea y ser necesario algunos estudios de detalle (análisis económicos, coste/beneficio, demandas, etc.) 		

Posteriormente se nombrarán las principales características del clima mediterráneo, ámbito que nos ocupa en la cuenca objeto de estudio y posibilidades de mejora en la utilización de información para mejorar la implementación de las metodologías utilizadas.

La cuenca objeto de estudio es un territorio rico en recursos naturales, tradicionalmente agrícola y que en las últimas décadas ha visto como la actividad económica principal ha ido abandonándose en favor de un desarrollo turístico impulsado fundamentalmente por la localidad de El Castell de Guadalest, principal motivo del abandono de la agricultura, que se une a la baja rentabilidad actual de los productos agrícolas, la microparcelación de las tierras en espacios abruptos, o la falta de relevo generacional para los agricultores. Todo ello lleva al desencadenamiento de los procesos de erosión del suelo.

De los cálculos realizados, se deduce una tasa media de pérdidas de suelo en la cuenca de 21,3 t/ha·año, dato que se aproxima al estudio realizado por Soto (1990) en la cuenca objeto de estudio, el cual arrojaba una tasa media de erosión de 28,75 t/ha·año. Existiendo en la cuenca zonas con tasas de erosión superiores a 100 t/ha año, sobre todo en las inmediaciones del embalse de Guadalest, cobrando importancia la correcta ordenación del territorio para evitar su aterramiento.

Además, en muchas zonas del litoral mediterráneo hay que añadir un nuevo factor que contribuye de manera decisiva a la erosión: los incendios forestales. Por un lado, provocan la desaparición de la cubierta vegetal que protege el suelo y, por otro, la disminución de los contenidos en nitrógeno y materia orgánica, elemento éste último fundamental en la estructura del suelo. Todo ello favorece la acción de los agentes erosivos y trae consigo un empobrecimiento general de los suelos, con una pérdida de la productividad de los terrenos agrícolas y forestales.

Díaz-Fierros *et al.* (1994) destacan que los procesos erosivos iniciados por incendios forestales, provocan serios problemas, especialmente en el área mediterránea europea, donde los incendios afectan a una media de 350.000 hectáreas por año. Los procesos de erosión del suelo son muy activos en la agricultura (Cerdá *et al.*, 2007, 2009). En el suelo de los ecosistemas de tipo mediterráneo provoca la degradación de la tierra y puede llegar a desencadenar fenómenos de desertificación (Oldeman, 1994; Shrestha *et*

al., 2004, Cerda *et al.*, 2010). En el Mediterráneo, las tierras son particularmente propensas a la erosión del suelo debido a la alta intensidad de la lluvia, las fuertes pendientes, los suelos pobres en nutrientes y bajos en materia orgánica. Además, la cantidad de materia orgánica está estrechamente relacionada con la formación de agregados, que son un factor clave en la erosionabilidad del suelo.

La pérdida de materia orgánica hace que los agregados del suelo que se descompongan fácilmente y aumente la erosionabilidad del suelo (Wu y Tiessen, 2002; Cantón *et al.*, 2009). La erosión del suelo no sólo depende de las características del suelo, del clima y de la pendiente (Ruiz Sinoga y Murillo Martínez, 2009), sino también del uso del suelo y de la cobertura del mismo (García-Ruiz, 2010). En el Mediterráneo, en particular, los viñedos en las zonas montañosas tienen las mayores pérdidas de suelo, en comparación con los cereales de secano, olivos o de monte bajo. Por otro lado, los cultivos de cobertura aumentan la infiltración de lluvia invernal en el perfil del suelo y la vegetación también protege la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia, reduce la energía de la escorrentía, y estimula la formación y estabilización de los agregados del suelo. (Novara *et al.*, 2011).

La mayoría de los suelos agrícolas de las cuencas de clima seco del Mediterráneo a día de hoy tienen la condición de pobres tanto en materia orgánica como en la estructura (Lahmar y Ruellan, 2007). Además, el predominio de las prácticas de manejo del uso del suelo, tales como la labranza y el pastoreo excesivo empeoran la situación. A la larga esto conduce a una grave degradación y finalmente a la desertificación, como se puede observar en muchas partes de las regiones mediterráneas (Montgomery, 2007).

La labor quizá hoy día más urgente en nuestro país, basada en proyectos de investigación a medio y largo plazo, debe ser pues crear parcelas y cuencas experimentales donde se midan las pérdidas de suelo en ladera y la llegada de sedimentos a los cauces, representativas de cada una de las condiciones más frecuentes de nuestra geografía. Dichos proyectos de investigación, debido a la necesidad de que se mantengan durante períodos superiores al menos a cinco años, deben de estar sólidamente apoyados por la propia Administración relacionada con el estudio y control de la erosión en España, como ha sido sugerido por Soto (1990).

Consideraciones sobre la nueva propuesta de ordenación

En este trabajo de investigación se proponen las líneas generales a seguir con la propuesta de una nueva metodología de ordenación de cuencas considerándose que es la que mejor se adecuaría al ámbito mediterráneo. La elección de esta metodología se basa tanto en la flexibilidad que posee intrínsecamente su planteamiento como a la flexibilidad en la elección de los criterios con los que se trabaja en la metodología propuesta, pudiéndose adaptar dichos criterios a las características propias de las distintas cuencas que se puedan estudiar.

Debido a esta flexibilidad de los criterios utilizados, se proponen algunas características a implementar en futuros estudios con el fin de mejorar y aportar mayor objetividad a la metodología como pueden ser:

- Información relacionada a la recarga de acuíferos y gestión de aguas subterráneas. Adicionalmente se puede añadir el criterio de contaminación de acuíferos y los riesgos que suponen para la ordenación de un territorio.
- Estudio de los índices de demanda agraria en la cuenca.
- Índices fito-climáticos, que permitan establecer la capacidad de las diferentes áreas de la cuenca para mantener una determinada vegetación climática.
- Inclusión de elementos relacionados con la conservación paisajística dado el entorno natural que existe en la cuenca objeto de estudio y a la presencia de numerosas formaciones montañosas, entre las que se incluye la Sierra de Aitana, máxima elevación de la provincia de Alicante.

En cuanto a la aportación novedosa llevada a cabo en este trabajo, se considera que la metodología adaptada que tiene en cuenta las tres metodologías clásicas es un gran avance en la comparación de metodologías, cuyo resultado elimina en gran medida la subjetividad que puedan aportar cada una por separado y consigue aportar un resultado común de ordenación de cuencas basado en nuevos criterios de ordenación.

Por lo tanto, se espera que las aportaciones de este trabajo de investigación en el ámbito de las metodologías de ordenación de cuencas sean útiles para establecer las pautas a otros modelos más complejos de manejo y gestión del recurso hídrico y recursos naturales en general.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

5 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas tras la realización del presente Trabajo

- Se han identificado, descrito y analizado tres metodologías de ordenación de cuencas: dos metodologías tradicionales como son la del Modelo USLE y la metodología con criterios de Mintegui, y una metodología más reciente de ordenación, la de criterios de sostenibilidad, aplicándose cada una de ellas para el caso concreto de la cuenca del río Guadalest, situada en la comarca de la Marina Baja, provincia de Alicante, concluyéndose que las tres metodologías son aplicables a la cuenca objeto de estudio.
- A través de los SIG, fue posible identificar zonas estratégicas de la cuenca de estudio en donde se concluye que se deben implementar medidas de ordenación agro-hidrológica, conservación y restauración.
- El uso de SIG en estudios de este tipo tiene mucha potencialidad si se aplican de manera adecuada y enfocada a la problemática, aunque los resultados han sido influenciados por la disponibilidad y la calidad de los datos integrados, por lo que se considera que es un punto débil en cada estudio en el ámbito de datos georeferenciados
- Se ha llegado a la conclusión que la existencia de figuras de protección del territorio puede llegar a limitar la correcta ordenación de una cuenca, como por ejemplo en el caso de riesgos naturales asociados a fenómenos de erosión, como aterramiento de embalses, inundaciones, etc. que exijan cambios de usos del suelo.
- Las metodologías de ordenación aplicadas en este trabajo, se basaron en el cumplimiento de los objetivos referidos a la utilización agronómica de la misma y las potencialidades vegetativas en las diferentes zonas de la cuenca.

Las tres metodologías de ordenación fueron comparadas mediante el análisis de las superficies de actuación asignadas para cada una de las actividades sugeridas por cada metodología. Dicha comparación se ha realizado a partir de la coincidencia espacial de las actividades comunes seleccionadas por cada uno de

los métodos aplicados, concluyendo que este modo de comparación se adecua a este tipo de trabajos.

- De dicha comparación se concluye que las actividades más coincidentes entre metodologías son la repoblación forestal y el mantenimiento del uso agrícola, aunque también se presentan algunas diferencias en las superficies de asignación de actividades de ordenación de la cuenca respecto a las tres metodologías, las cuáles pueden observarse claramente en los mapas resultantes de la ordenación de la cuenca.
- La aplicación de las tres metodologías a una cuenca determinada se concreta en un conjunto de actividades a desarrollar (diferentes para cada metodología), expresadas cartográficamente en mapas temáticos. Esta forma de presentación de resultados y la disponibilidad de herramientas para el tratamiento de la información georreferenciada del medio, se concluye que pueden ser utilizadas y explotadas en el proceso de planificación y formulación, ya que ponen a disposición del gestor un instrumento de gran potencia y flexibilidad para optimizar su aplicación y establecer prioridades de actuación en función de la problemática existente y de los recursos disponibles.
- Al compararse metodologías con diferentes actividades propuestas en cada una, es lógica una diferencia entre superficies de actuación entre las mismas. Esta diferencia entre actividades y su difícil comparación fue el detonante para intentar adaptar las tres metodologías a actividades comunes y proponer una metodología novedosa. Esta propuesta se considera que elimina parte de la subjetividad implícita en el MOCS e incorpora los aspectos positivos de las tres metodologías comparadas basándose en el estudio del medio físico y en la definición de nuevos criterios que se prevé, puedan resolver algunos conflictos en la asignación de usos en la cuenca.
- A partir del análisis comparativo de las metodologías, se han podido identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, lo que lleva a la conclusión de que las tres metodologías son complementarias, como posteriormente se ha demostrado con la propuesta de nueva metodología desarrollada en el presente trabajo, arrojando coincidencias de más del 50 % de la superficie de la cuenca.
- La propuesta de elaboración de una nueva metodología en este trabajo persigue proporcionar un resultado único de ordenación utilizando las fortalezas de las

tres metodologías estudiadas de base además de aportar una serie de nuevos criterios que se deberán considerar en futuras líneas de investigación.

- Se ha detectado la importancia de la ordenación en cuanto a la existencia de problemas de aterramiento del embalse.
- Sería necesario estudiar un número mayor de cuencas para observar el comportamiento de esta metodología de integración y ver si también se adapta a otras cuencas del ámbito mediterráneo.

5.1 Aportes del trabajo

En este punto se apuntan las aportaciones novedosas del presente trabajo así como características que se consideran relevantes a la hora de realizar una ordenación.

Las aportaciones más importantes se resumen a continuación:

- Se ha implementado la propuesta de investigación de una nueva metodología que consiste en la adaptación de las tres metodologías utilizadas y la propuesta de nuevos criterios, cuyo resultado es la ordenación de la cuenca teniendo en cuenta las características de todas ellas.
- Con la integración de las tres metodologías se ha conseguido eliminar gran parte de la subjetividad implícita en alguna de ellas.
- Con esta integración se ha conseguido una herramienta de ordenación que proporciona una única salida teniendo en cuenta las metodologías de ordenación clásicas y que ayuda en la toma de decisiones.
- A través de la Metodología de criterios de Sostenibilidad es posible evaluar las capacidades del medio para acoger actividades, y así realizar los mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación, para cada actividad propuesta.
- Se elaboraron mapas temáticos de caracterización y ordenación de la cuenca del río Guadalest, tales como el mapa del índice R, K, Factor topográfico LS, etcétera.
- Mediante la comparación de metodologías se demuestra la aplicabilidad de las mismas en el ámbito mediterráneo.
- A partir del análisis y comparación de las metodologías aplicadas en el estudio, y de la obtención de una propuesta de nueva metodología, este trabajo inicia una

línea de investigación que podrá desembocar en una metodología de ordenación de cuencas en el ámbito biogeográfico mediterráneo.

5.2 *Futuras líneas de investigación*

Aunque es necesario seguir reconociendo un valor insustituible a las expresiones empíricas de la USLE en la era en que se imponen los modelos con base física (y de metodologías relacionadas como puede ser la metodología de Mintegui Aguirre), como herramientas prácticas y muy útiles para la gestión del control de la erosión. Hay que resaltar también sobre este modelo empírico, la gran base de datos experimentales que ha generado en su investigación, sobre los que puede y debe apoyarse la fase de validación de los modelos basados en los procesos físicos, formalmente más correctos y generalizables.

En España, el futuro de la investigación y aplicación de los modelos de erosión debe centrarse en la fase de aplicación de los modelos, y en la creación de series de datos “observados”, en contraste con los “simulados”, sin los cuales nunca será posible conocer el procedimiento o metodología más adecuados a nuestras condiciones de clima, suelo, relieve, vegetación y usos del suelo.

Los modelos pueden ofrecer un apoyo válido en muchas fases diferentes de la aplicación del proceso (Højberg et al. 2007; Hattermann y Kundzewicz, 2010), tal como ayudar a entender cómo funcionan los sistemas de agua, proporcionando un marco para la gestión de datos y validación, el diseño seguimiento programas, las presiones de la identificación y la evaluación en curso estado. Además, los modelos distribuidos son capaces de ayudar agua recursos los administradores en diseño y ajuste hasta Programas de Medidas Río Cuenca Administración Planes (Arnold y Fohrer, 2005).

Estos modelos permiten diferentes escenarios para la simulación y las posibles consecuencias ambientales de las distintas opciones para los propietarios de tierras y los políticos a ser analizado, pero un problema general en el modelado de cuencas es la falta común de datos (Wagener, 2007), especialmente en términos de flujo medido y agua calidad con la que para calibrar y validar estos modelos.

Recientemente, varias metodologías se han desarrollado para estimar parámetros

hidrológicos en las cuencas no aforadas. Estos incluyen: el uso de los datos de las cuencas aforadas (Heuvelmans et al, 2006), la regionalización de los parámetros del modelo (Vandewiele y Elias, 1995), la aplicación de detección por control remoto vía satélite (Lakshmi, 2004), una estimación de los parámetros a priori de la físico características de la cuenca (Atkinson et al, 2003.), el uso de datos meteorológicos físicos combinados con modelo interno bases de datos (Srinivasan et al, 2010).

A parte de las metodologías de ordenación de cuencas utilizadas en el presente trabajo fin de máster y de la utilización de modelos que proponen diversos autores consultados, también podemos encontrar en la bibliografía otro tipo de metodologías que se están utilizando en estos momentos en otros lugares del mundo. Un ejemplo de estas metodologías es la que presenta Saborío (2000), donde se expone una metodología que incorpora la variable riesgo en los planes de manejo de las cuencas hidrográficas y coadyuva a una mejor toma de decisiones en beneficio del ambiente (comunidades, recursos y servicios) en la cuenca hidrográfica, más aún, en opinión personal del autor, “el análisis de riesgo se convierte en un procedimiento apto para realizar una mejor zonificación y la posibilidad de realizar un ordenamiento territorial más real, como base del Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica”, por lo que se debería considerar como parte del modelo de Zonificación Territorial.

Además, el efecto del cambio climático pueden incorporarse a la metodología vía diferentes escenarios de modelación climática, pudiéndose valorar el riesgo o la vulnerabilidad (IPCC) con lo que la metodología provee mapas de riesgo integral que permiten diseñar mejor las estrategias de adaptación y gestión para el manejo de las cuencas hidrográficas; sin embargo el fin último “la implementación de las estrategias de adaptación” deberán enfrentar la parte política-institucional, local, nacional y regional para lograr su meta.

Por ejemplo, en la Comunidad Valenciana los 10 máximos anuales diarios de la precipitación representan, en promedio, más del 50% de la precipitación anual (De Luís, 2000; González-Hidalgo *et al.*, 2001). En consecuencia cualquier tipo de cambio en las precipitaciones, no ya en sus valores medios sino en un corto número de días, se puede convertir en un proceso de la máxima relevancia que llegaría a afectar tanto a los sistemas naturales como a las actividades humanas (Waylen *et al.*, 1996).

La concentración de la lluvia en un reducido número de eventos es la causa principal de la concentración de la erosión en el tiempo, fenómeno más que notable en áreas de clima mediterráneo (Diodato, 2004). Pero además los valores de concentración de lluvia diaria y los valores de su tendencia dificultan el uso de modelos paramétricos (USLE y sus modificaciones) en los que el factor lluvia se toma como el valor promedio de la serie de datos. Los intentos de ponderar la variabilidad interanual en el índice de Oliver (1980), o el índice de concentración diaria de precipitaciones propuesto por Martín Vide (1984), ambos analizados en la Comunidad Valenciana por De Luís *et al.* (1996), así como los intentos desarrollado por Usón y Ramos (2001), y Mannaerst y Gabriels (2000), quizá sugieran caminos de investigación que deberían ser desarrolladas con mayor detalle, especialmente en ambientes como el estudiado.

Además, con el desarrollo de este trabajo, han surgido algunas cuestiones abiertas que podrían encontrar respuesta gracias a futuras actividades de investigación. Los problemas planteados a resolver son los siguientes:

- Validar e investigar la aplicación de estas metodologías en otro ámbito biogeográfico.
- Al ser la primera vez que se realiza, validar e investigar la aplicación de la propuesta de nueva metodología desarrollada en el presente trabajo en el ámbito mediterráneo.
- Seguir investigando en cuencas análogas para llegar a la validación de los criterios de la metodología propuesta en este trabajo.
- Adicionar la injerencia de las aguas subterráneas en las funcionalidades de la nueva metodología propuesta, con lo que se abriría un campo de investigación sumamente interesante y de gran relevancia para el ámbito de regiones áridas en donde el recurso agua es escaso.
- Implementar algún modelo hidrológico a las metodologías de ordenación de cuencas para obtener una ordenación más realista y objetiva.
- Una de las limitantes más comunes al momento de elaborar un trabajo como este, es la necesidad de contar con información cartográfica a mayor detalle (escala menor), por lo que se puede plantear realizar un análisis de la información

cartográfica a mayor detalle para que a la hora de plantear actividades para la ordenación de las cuencas, éstas sean diversificadas y más puntuales.

- Para el cumplir los objetivos generales de la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal de manera detallada, se propone incluir junto a la metodología elegida, el diseño y aplicación de un modelo hidrológico distribuido incluyendo el análisis de la torrencialidad en la cuenca, para: 1. El cálculo de la emisión de sedimentos en la unidad hidrológica de estudio mediante el método MUSLE (USLE modificada) para cada aguacero 2. Establecer las ecuaciones de transporte desde la unidad hidrológica, hasta la salida de la cuenca y 3. Evaluar los sedimentos llegados a la salida de la cuenca. Por otro lado también se pueden incluir los aspectos relacionados con la provisión hídrica (gestión del agua).
- Estas metodologías pueden servir como base para estudiar escenarios de la incidencia del cambio climático sobre los usos del suelo en una cuenca hidrográfica, y estudiar los posibles riesgos para el territorio y cuáles serían las futuras actividades de ordenación ante estos cambios.
- Incluir análisis de costes/rentabilidad en la ordenación.
- Incluir estudios de relación costos/beneficios en la posibilidad de cambio de cultivos.
- Estudiar la interferencia de las figuras de protección del territorio en la ordenación.
- Estudiar la posible alteración que los incendios pueden ocasionar en el territorio y plantear la ordenación de forma que se tengan en cuenta y se pueda hacer frente a fenómenos erosivos desencadenados por los mismos.
- Estudiar la posibilidad de incluir criterios paisajísticos en la ordenación.

6 Bibliografía

- Adam, C., Gangopadhyay, L., 1997. Database Sigues in Geographic Information Systems. Boston/Dordrecht/London, Kluwer Academic Publishers, 135pp.
- Alfaro, P., Domènech, C., Estévez, A. y Soria, J.M., 1995. Estructuras de deformación en sedimentos del Cuaternario reciente de la cuenca del bajo Segura (Alicante). Discusión sobre su posible origen sísmico. *Geogaceta*, 17: 91-94.
- Alfaro, P., Andreu, J.M, Delgado, J., Estévez, A., Soria, J.M., y Teixidó, T., 2002. Quaternary deformation of the Bajo Segura blind fault (eastern Betic Cordillera, Spain) revealed by high-resolution reflection profiling. *Geological Magazine*, 139 (3): 331–341.
- Allué Andrade, J.L., 1966. Subregiones fitoclimáticas de España. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca fluvial. I.F.I.E. Madrid.
- Altman D.G., 1991 *Practical Statistics for Medical Research*. Chapman & Hall, London.
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M., Santoro, V., 2004. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology* 293, 100–114.
- Año Vidal, C; Peris Mendoza, M; Sánchez Díaz, J., 2000. BIB-ERON. Base de datos bibliográfica sobre erosión hídrica del suelo. *Edafología* nº 7, 1-8.
- Arnold, J.G., Fohrer, N., 2005. SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. *Hydrol. Process.* 19 (3), 563–572.
- Arnoldus. H.M.J., 1977. Predicting Soil Losses Due to Sheet and Rill Erosion. *FAO Conservation Guide 1, Guidelines for Watershed Management*. pp. 99-124. Rome: FAO.
- Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994. Alejandro J. Pérez Cueva. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. (Sèrie: Publicacions de Divulgació Tècnica. Col.lecció: Territori. Número 4).208 p.
- Atkinson, S., Sivapalan, M., Viney, N.R., Woods, R.A., 2003. Predicting space-time variability of hourly streamflows and the role of climate seasonality: Mahurangi catchment, NewZealand. *Hydrol.Process.* 17(11), 2171–2193.

- Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 obtenidas de la página del Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica.
- Bennet H. H., 1939. Soil Conservation. Mac Graw-Hill Co. New York. 993 pp.
- Bielza de Ory, V., 2008. Introducción a la ordenación del territorio: Un enfoque geográfico, Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Boix-Fayos,C., Martinez-Mena,M., Calvo-Cases,A., Castillo,V., Albaladejo,J., 2005. Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante, Murcia): erosion rates and progress of knowledge from the 1980s. Land Degrad. Dev., 16: 517-528.
- Boardman, J., Poesen, J., 2006. Soil erosion in Europe: major processes, causes and consequences. In: Soil Erosion in Europe. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, England, pp. 479–488.
- Burrough, P.A., Macdonell, R.A., 1998. Principles of Geographic Information Systems. New York, Oxford University Press Inc., 333 pp.
- CEC, 2006. Thematic strategy for soil protection. In: Technical Report COM 231. Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.
- Cerdá A., Imeson, A.C., Poesen, J., 2007. Soil water erosion in rural areas. Catena (Special issue) 71, 191–252.
- Cerdá, A., Flanagan, D.C., le Bissonnais, Y., Boardman, J., 2009. Soil erosion and agriculture. Soil and Tillage Research 107–108.
- Cerdá, A., Hooke, J., Romero-Diaz, A., Montanarella, L., Lavee, H., 2010. Soil erosion on mediterranean type-ecosystems. Land degradation and development.
- Chow, V., d. Maidment y Mays, L., 1994. Hidrología aplicada. Mc-Graw Hill. Santa Fé de Bogotá. 584 p.
- Claver I. *et al.*, 1982. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología. CEOTMA. MOPU. Madrid.
- Cohen J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. Educ Psychol Meas 20:37-46.
- CORINE - CEC., 1992. Soil erosion risk and important land resources. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and soil erosion risk. Luxemburgo: Office of official publications & the European Communities.

- Czaplewski, R. L., 1994. Variance approximations for assessments of classification accuracy. Research Paper RM-316. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- De León, A., Forteza del Rey, M. 1979. Atlas Agroclimático Nacional de España. MAPA. Madrid.
- De Luís, M., 2000. Estudio espacial y temporal de las tendencias de lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990). Geofoma, Logroño, 112 pp.
- De Luís, M., González-Hidalgo, J.C., Sánchez, J.R., 1996. Análisis de la distribución espacial de la concentración diaria de precipitaciones en el territorio de la Comunidad Valenciana. Cuadernos de Geografía, 59, 221-240.
- Díaz-Fierros, F., Benito, E. , Soto, B., 1994. Action of forest fires on vegetation cover and soil erodibility. In: Sala, M. & Rubio, J. L. (Ed.): Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires, 163-176
- Diodato, N., 2004. Local models for rainstorm-induced hazard analysis on Mediterranean river torrential geomorphological systems. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4, 389-397.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos. Publicaciones FAO. Roma.
- Fleiss J.L., 2000. Statistical methods for rates and proportions, 2nd edition. New York: Wiley.
- Fullen, M., 2003. Soil erosion and conservation in northern Europe. Progress in Physical Geography 27, 331–358.
- Galiana, L.; Vinuesa, J. (Coords.), 2010. Teoría y práctica para una ordenación racional del territorio, Madrid, Síntesis.
- Garcia-Fayos,P., Hernández,J.L., Rubio,J.L., 1989. Relaciones entre parámetros ambientales y erosionabilidad en suelos de las comarcas de Ayora y Hoya de Buñol (Valencia). Options Méditerranéennes, série A: séminaires Méditerranéens, 3: 327-330.
- García Nájera J. M., 1954. Pendientes máximas admisibles en las tierras de cultivo y cálculo de las terrazas intermitentes con desagüe para la conservación del suelo (banquetas de infiltración). Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 29 pp.

- García Nájera J. M., 1955. El bosque, el agua y la conservación del suelo, pendiente máxima admisible en los pastizales. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 7 pp.
- Garcia-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. *Catena* 81, 1–11.
- Gobin, A., Jones, R., Kirkby, M., Campling, P., Goversa, G., Kosmas, C., Gentile, A., 2004. Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy* 7, 25–38.
- Gómez Orea, D., 1992. Ordenación Rural. Ed. Agrícola Española-Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 396 p.
- Gómez Orea, D., 1994. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. Ed. Instituto Tecnológico GeoMinero de España-Ed. Agrícola Española, S.A. 238 p.
- Gómez Orea, D., 2002. Ordenación Territorial, Ediciones Mundi-Prensa, Editorial Agrícola Española, S.A.
- González-Hidalgo, J.C., De Luís, M., Raventós, J., 2001. The spatial and temporal structure of rainfall trends in the Valencia Region (eastern of Spain) over the second half of the 20th century. En *Detecting and modeling Regional climate change and Associated impacts* (M. Bruned y A.D. López, eds.), Springer Verlag. Berlin, 175-189.
- Guevara, E. y Cartaya, H., 1991. Hidrología: una introducción a la ciencia hidrológica aplicada. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 420 p.
- Hattermann, F.F., Kundzewicz, Z.W., 2010. Water Framework Directive: Model Supported Implementation. A Water Manager's Guide. IWA Publishing, 268 pp.
- Hernández, E., 1987. Manejo de cuencas. Fundamentos y aplicaciones. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 131 p
- Heuvelmans, G., Muys, B., Feyen, J., 2006. Regionalisation of the parameters of a hydrological model: comparison of linear regression models with artificial neural nets. *J. Hydrol.* 319, 245–265.
- Hirji K. F., Rosove M. H., 1990. A note on interrater agreement. *Statistics in Medicine*, (7), pp: 835-9.

- Højberg, A.L., Refsgaard, J.C., Van Geer, F., Jørgensen, L.F., Zsuffa, I., 2007. Use of models to support the monitoring requirements in the Water Framework Directive. *Water Resour. Manage.* 2, 1649–1672.
- Hudson, N., 1981. *Soil Conservation*. London, Batsford.
- Hudson, N., 1982. *Conservación de suelo*. Reverté, s. a. Barcelona.
- ICONA. Mapa de Estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Júcar. 1988. Madrid, ICONA-MAPA.
- ICONA, 1986-1990. “Mapa de Estados Erosivos”. Servicio de Publicaciones del MAPA. Madrid.
- Informe sobre los cambios registrados en el medio ambiente a escala aneuropea, como continuación del documento “Medio ambiente en Europa: 1 informe Dobris” (1995). Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA).
- Kirkby, M., Imeson, A., Bergkamp, G., 1996. Scaling up processes and models from the field plot to the watershed and regional areas. *Journal of Soil and Water Conservation* 51 (5), 391–396.
- Lahmar, R., Ruellan, A., 2007. Dégénération des sols et stratégies coopératives en Méditerranée. La pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. *Cahiers Agric.* 16, 318–323.
- Lakshmi, V., 2004. The role of satellite remote sensing in the prediction of ungauged basins. *Hydrol. Process.* 18 (5), 1029–1034.
- Landis, J.R., Koch, G.G., 1977. "The measurement of observer agreement for categorical data". *Biometrics* 33 (1): 159–174
- López Cadenas de Llano F., Blanco Criado M., 1968. Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y depósito de materiales, 187 págs., I.F.I.E. Madrid.
- Mannaerts, C.M. y Gabriels, D., 2000. A probabilistic approach for predicting rainfall soil erosion losses in semiarid areas. *Catena*, 40, 403-420.
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, hojas número 821, 822, 847 y 848.
- Mapa Forestal de España a escala 1:200.000. Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza., 1997.

- Mapa Geológico de España. Hojas 821, 822, 847 y 848 a escala 1:50.000. Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 2010.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza ICONA. Monografía “La agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo”. 1988.
- Mintegui Aguirre, J.A., López Unzú, J., 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Madrid.
- Mintegui Aguirre J. A, Robredo Sánchez J. R. 1994. Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos. Unidad de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Forestal E.T.S. Ingenieros de Montes Universidad Politécnica de Madrid. Ingeniería del Agua. Vol. 1 nº 2.
- Monserud, R.A. y Leemans, R., 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecol. Model.* 62, pp. 275–293.
- Montgomery, D., 2007. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University California Press, Berkeley, Los Angeles.
- Morgan, R.P.C., 1995. *Soil Erosion and Conservation*. Second Edition. Longman, Essex.
- Novara A., Gristina, L., Saladino S.S, Santoro, A., Cerdá, A., 2011. Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard *Soil&Tillage Research* 117. 140–147.
- Oldeman, L.R., 1994. The global extent of land degradation. In: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (Eds.), *Land Resilience and Sustainable Land Use*. Wallingford, UK, pp. 99–118.
- Ovalles, Y., Méndez, E., Ramirez, G., 2008. Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión. *Revista Forestal Venezolana*, Año XLI, Volumen 52(2) JULIO-DICIEMBRE, pp. 241-252.
- Prieto, C., 2004. *El agua. Sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*. 2º ed. Editorial Universidad de Carabobo. 195 p.
- Pujadas, R., Font., J., 1998. “Ordenación y Planificación Territorial”. Ed. Síntesis, S.A. Madrid, 399 p.

- Recalde, Darío J., Zapata, Ricardo M., 2007. “La Ordenación del Territorio. Instrumento en la gestión de los recursos naturales”. EEA La Rioja, Información Técnica Año N° III – Agosto de 2007 – ISSN 1669-323X. Serie Publicaciones del Area de Investigación del INTA EEA La Rioja.
- Rees, W., Wackernagel, M., 1996. Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth. New Society Publishers. Canadá: 160 pp.
- Rojo L. 1995. La ordenación de cuencas hidrográficas como marco metodológico para la conservación de la biodiversidad. Cuadernos de Sección. Ciencias Naturales 11, p. 99-104.
- Rose, C. W., 1985. Development of soil erosion and deposition models. Adv. Soil Sci. 2, 1-163.
- Ruiz Sinoga, J.D., Martínez Murillo, J.F., 2009. Hydrological response of abandoned agricultural soils along a climatological gradient on metamorphic parent material in southern Spain. Earth Surface Process and Landforms 34, 2047–2056.
- Saborío B. J., 2000. Presentación personal acerca del Ordenamiento Territorial, presentada en MAGA y FLACSO, Guatemala.
- Sanchez Díaz, J., Recatala, L., Colomer, J.C., y Año Vidal, C., 2001. Assessment of soil erosion at national level: a comparative analysis for Spain using several existing maps. In: Y.Villacampa, C.A.Brebbia, and J.L.Usó (Editors), Ecosystems and sustainable development III. WIT Press, Southampton, pp. 249-258.
- Segundo Inventario Forestal Nacional, elaborado por el Servicio de Inventario Forestal en 1996.
- Sheng, T. C., 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Guía FAO Conservación 13/6. Roma, Italia. 185 p.
- Shrestha, D.P., Yazidhi, B., Teklehaimanot, G., 2004. Assessing soil loss using erosion models and terrain parameters: a case study in Thailand. In: 25th ACRS 2004, Chiang Mai, Thailand. , pp. 1093–1098.
- Soto, D., 1990. Aproximación a la medida de la erosión y medios para reducir esta en la España peninsular. Ecología, Fuera de Serie n° 1, 169-196.

- Srinivasan, R., Zhang, X., Arnold, J.G., 2010. SWAT ungauged: hydrological budget and crop yield predictions in the upper Mississippi river basin. *Trans. ASABE* 53 (5), 1533–1546.
- Strahler A.N., 1952. Hypsometric area-altitude analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America* 63: 1117-1142.
- Tejera, B., 2001. Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Tóth, G., Stolbovoy, V., Montanarella, L., 2007. Soil quality and sustainability evaluation: an integrated approach to support soil-related policies of the European union. In: Technical Report EUR 22721 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Usón, A., Ramos, M.C., 2001: An improved rainfall erosivity index obtained from experimental interrill soil losses in soils with mediterranean climate. *Catena*, 43, 293-305.
- Vandewiele, G.L., Elias, A., 1995. Monthly water balance of ungauged catchments obtained by geographical regionalization. *J.Hydrol.*170,277–291.
- Veihe, A., Hasholt, B., Schitz, I., 2003. Soil erosion in Denmark: processes and politics. *Environmental Science & Policy* 6, 37–50.
- Vera, J.A. 2004. Geología de España. SGE-IGME. 884 pp.
- Wagener, T., 2007. Can we model the hydrologic impacts of environmental change? *Hydrol. Process.* 21 (23), 3233–3236.
- Waylen, P.R., Quesada, M.E., Caviedes, C.N., 1996: Temporal and spatial variability of annual precipitation in Costa Rica and the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 16, 173-193.
- Williams, J.R., Berndt, J.R., 1976. Determining the Universal Soil Loss Equation's length-slope factor for watersheds. *Proceedings of the National Soil Erosion Conference*.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains – Guide for selection of practices for soil and water conservation. U.S. Dept. Of Agric., Agr. Handbook No. 282.
- Wischmeier, W.H., Jhonson, C.B., 1971. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. *Soil Water Conserv.* 26, 180-182.

- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses, a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook, N0. 537, US Department of Agriculture, Washington D.C.
- Wu, R., Tiessen, H., 2002. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil China. Soil Science Society of America Journal 66, 1648–1655
- Zaragoza, B. Díez Lorente, S. Fernández Moreno, M., 2007. Tratamiento espacial de los desprendimientos de laderas en ambientes semiáridos mediante Sistemas de Información Geográfica. Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIGBSIG XI).

Referencias electrónicas

- <http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Cap3/Riesgo%20erosion%204%20microcuencas%20Maribios.pdf> [Marzo 2012]
- <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/VOL5/1/p92-103.pdf> [Abril 2012]
- <http://www.ceg.ncl.ac.uk/epicforce/assets/MEJORES-PRACTICAS%20definitivo.pdf> [Abril 2012]
- [http://books.google.es/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA349&lpg=PA349&dq=arnoldus+\(1977\)+soil+losses&source=bl&ots=163yTCyJqC&sig=L_t_4wSxDI4g36z1ubjgjzyI9M&hl=es#v=onepage&q=arnoldus%20\(1977\)%20soil%20losses&f=false](http://books.google.es/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA349&lpg=PA349&dq=arnoldus+(1977)+soil+losses&source=bl&ots=163yTCyJqC&sig=L_t_4wSxDI4g36z1ubjgjzyI9M&hl=es#v=onepage&q=arnoldus%20(1977)%20soil%20losses&f=false) [Abril 2012]
- <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf> [Mayo 2012]
- <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S03.htm> [Marzo 2012]
- http://www.riourbano.org/index.php?option=com_content&view=article&id=37:propuestadeclasificacion&catid=7:medioambiente&Itemid=8 [Abril 2012]
- http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0556-66062008000200011&lng=es&nrm=is [Marzo 2012]
- <http://www.ine.es/> [Marzo 2012]
- <http://www.ive.es/> [Marzo 2012]
- <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=1130&idioma=V> [Marzo 2012]
- <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/hidrologia-de-superficies-y-conservacion-de-suelos/ocw-jose-luis-pdf/Tema17.pdf> [Marzo 2012]
- <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4190/1/article4.pdf> [Marzo 2012]