



Título del Trabajo Fin de Máster:

***DESARROLLO DE UN MODELO
CONCEPTUAL DE ORDENACIÓN DE
CUENCAS EN EL ÁMBITO
MEDITERRÁNEO MEDIANTE LA
COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS
CLÁSICAS. APLICACIÓN A LA CUENCA
DE LA RAMBLA DEL POYO (VALENCIA)***

Intensificación:

ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Autor:

JÁTIVA SÁEZ, ALEJANDRO

Director/es:

DRA. LÓPEZ SARDÁ, MARÍA LETICIA

DR. TORRENT BRAVO, JOSÉ ANDRÉS

Fecha: OCTUBRE, 2012

Título del Trabajo Fin de Máster:

DESARROLLO DE UN MODELO CONCEPTUAL DE ORDENACIÓN DE CUENCAS EN EL ÁMBITO MEDITERRÁNEO MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS CLÁSICAS. APLICACIÓN A LA CUENCA DE LA RAMBLA DEL POYO (VALENCIA)

Autor: **JÁTIVA SÁEZ, ALEJANDRO**

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	MARÍA LETICIA LÓPEZ SARDÁ	Fecha de Lectura	OCTUBRE,2012
Codirector1	JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO		
Codirector2			
Tutor			

Resumen:

La ordenación de una cuenca hidrográfica es el proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción que incluye el manejo de los recursos de la cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente a los recursos de suelos y aguas.

El objetivo general de este trabajo final de máster consiste en la realización de un estudio comparativo entre varias metodologías de ordenación de cuencas, definiendo las debilidades y fortalezas de cada una de ellas, y estableciendo propuestas de mejora de tales metodologías en su aplicación a cuencas del ámbito mediterráneo.

La nueva metodología propuesta ha confirmado la complementariedad de las tres metodologías analizadas (USLE, Mintegui y Sostenibilidad) en la ordenación de cuencas, ya que coinciden en asignar las mismas actividades en un 64% del territorio de la cuenca de estudio.

El aporte más novedoso de la nueva metodología es la inclusión de nuevos criterios en la asignación de actividades que resuelven en gran medida los conflictos surgidos en la ordenación de la cuenca

La nueva metodología propuesta es una herramienta útil en la toma de decisiones a la hora de establecer la ordenación de una zona de la cuenca donde hay asignación de actividades distintas entre las tres metodologías analizadas.

Con el análisis y comparación de las tres metodologías utilizadas en este trabajo y la incorporación de la nueva propuesta, se inicia una línea de investigación que puede dar lugar a una metodología de ordenación de cuencas características del ámbito mediterráneo.

L'ordenació d'una conca hidrogràfica és el procés de formulació i execució d'un sistema d'acció que inclou el maneig dels recursos de la conca per a l'obtenció de béns i serveis, sense afectar negativament els recursos de sòls i aigües.

L'objectiu general d'aquest treball final de màster consisteix en la realització d'un estudi comparatiu entre diverses metodologies d'ordenació de conques, definint les debilitats i fortaleces de cadascuna d'elles, i establint propostes de millora d'aquests metodologies en la seva aplicació a conques de l'àmbit mediterrani.

La nova metodologia proposta ha confirmat la complementarietat de les tres metodologies analitzades (USLE, Mintegui i Sostenibilitat) en l'ordenació de conques, ja que coincideixen a assignar les mateixes activitats en un 64% del territori de la conca d'estudi.

L'aportació més nova de la nova metodologia és la inclusió de nous criteris en l'assignació

d'activitats que resolen en gran mesura els conflictes sorgits en l'ordenació de la conca
La nova metodologia proposada és una eina útil en la presa de decisions a l'hora d'establir l'ordenació d'una zona de la conca on hi ha assignació d'activitats diferents entre les tres metodologies analitzades.

Amb l'anàlisi i comparació de les tres metodologies utilitzades en aquest treball i la incorporació de la nova proposta, s'inicia una línia d'investigació que pot donar lloc a una metodologia d'ordenació de conques característiques de l'àmbit mediterrani.

The river basin management is the process of formulation and implementation of an action system that includes the management of basin resources in order to obtain goods and services, without negatively affecting the soil and water resources.

The overall goal of this Master Thesis is carrying out a comparative study of several basin management methodologies, defining the strengths and weaknesses of each one, and setting improvement proposals of these methodologies on its application to Mediterranean basins.

The new proposed methodology has confirmed the complementarity of the three methodologies analyzed (USLE Mintegui and Sustainability) in the basin, as they agree to assign the same activities in the 64% of the territory of the basin study.

The most novel contribution of the new methodology is the inclusion of new criteria in the assignment of activities, which solve, largely, the conflicts in the basin management.

The new proposed methodology is a useful tool in making decisions when to establish a management basin area where there is an assignment of different activities between the three methodologies analyzed.

With the analysis and comparison of the three methodologies used in this thesis and the incorporation of the new proposal, a line of research that may lead to a management methodology of Mediterranean basins is started.

Palabras clave:

metodologías, ordenación, cuencas, mediterráneo, Poyo

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos.	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Antecedentes. Estado del arte	4
CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS	17
2.1. Elección de la cuenca de estudio.	17
2.2. Descripción del medio físico.	17
2.2.1. Situación	17
2.2.1.1. Localización geográfica	18
2.2.1.2. Caracterización general de la cuenca	19
2.2.2. Geología	23
2.2.3. Descripción de los suelos	24
2.2.4. Clima	25
2.2.4.1. Tipos de clima en la cuenca del Poyo.	25
2.2.4.2. Elección de observatorios meteorológicos.	26
2.2.4.3. Clasificación climática	27
2.2.5. Vegetación y cultivos	34
2.2.5.1. Vegetación potencial	34
2.2.5.2. Vegetación actual y distribución de usos del suelo en la zona de estudio	35
2.2.5.3. Mapa forestal	37
2.2.5.4. Espacios protegidos	38
2.2.5.5. Montes a cargo de la administración	42
2.2.6. Características socioeconómicas	43
2.2.6.1. Datos geográficos	43
2.2.6.2. Demografía y análisis de la población	44
2.2.6.3. El mercado de trabajo	46
2.2.6.4. Análisis de los sectores económicos	46
2.2.6.4.1. Sector primario	46
2.2.6.4.2. Sector secundario	47

2.2.6.4.3. Sector terciario _____	48
2.3. Hidrología forestal _____	50
2.3.1. Reseña hidrográfica _____	50
2.3.2. Características morfológicas _____	51
2.3.2.1. Parámetros de forma: coeficiente de Gravelius _____	51
2.3.2.2. Parámetros de relieve _____	52
2.3.2.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica _____	56
2.3.4. Erosión en la zona de estudio _____	57
2.3.4.1. Índices de protección del suelo por la vegetación _____	59
2.4. Metodología de ordenación de la cuenca basada en el modelo USLE de estimación de la erosión. _____	62
2.4.1. Métodos de cálculo de los factores USLE _____	64
2.4.1.1. Factor erosividad de la lluvia (R) _____	64
2.4.1.2. Factor erosionabilidad (K) _____	64
2.4.1.3. Factor longitud-inclinación (LS) _____	66
2.4.1.4. Factor cubierta vegetal (C) _____	67
2.4.1.5. Factor de prácticas de conservación (P) _____	69
2.4.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el modelo USLE _____	70
2.4.3. Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca _____	74
2.5. Metodología de ordenación de la cuenca según criterios de Mintegui (1990) _____	76
2.6. Metodología de ordenación de la cuenca basada en criterios de sostenibilidad _____	80
2.6.1. Estudio de la problemática de la cuenca _____	81
2.6.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades _____	82
2.6.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática _____	83
2.6.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades _____	85
2.6.5. Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de conveniencia _____	91
2.6.6. Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación _____	97
2.6.7. Relaciones entre actividades _____	100
2.6.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos _____	101
2.6.8.1. Asignación de actividades _____	101
2.6.8.2. Actividades propuestas _____	102
<i>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____</i>	<i>105</i>

3.1. Presentación de resultados	105
3.2. Estudio comparativo de las superficies de actuación	107
3.2.1. Comparación modelo USLE y MOCS	107
3.2.2. Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y MOCS	110
3.2.3. Comparación ordenación según USLE y según criterios de Mintegui (1990)	113
3.3. Estudio cuantitativo de la coincidencia de las metodologías: índice de Kappa	116
3.3.1. Cálculo del índice de Kappa	121
3.4. Discusión	124
3.4.1. Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo	124
3.4.1.1. Clasificación común de actividades	125
3.4.1.2. Adaptación de las tres metodologías a la nueva clasificación	125
3.4.1.3. Comparación de superficies ocupadas por las nuevas actividades	129
3.4.1.4. Propuesta de la nueva ordenación de la cuenca	130
3.4.2. Comparación de las metodologías analizadas	137
<i>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES</i>	<i>145</i>
4.1. Conclusiones	145
4.2. Aportes del trabajo	148
4.3. Futuras líneas de investigación	149
<i>CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>151</i>

Índice de tablas

Tabla 1. Principales factores que intervienen en la ordenación agrohidrológica de una cuenca vertiente.....	8
Tabla 2. Coordenadas geográficas de la cuenca del Poyo.....	19
Tabla 3. Observatorios meteorológicos de la cuenca del Poyo.....	27
Tabla 4. Valores de Im para los observatorios de la cuenca.	28
Tabla 5. Valores de ETP para los observatorios de la cuenca.....	29
Tabla 6. Descripción de la variación estacional en la cuenca del Poyo.	29
Tabla 7. Tipo de concentración estival de la eficacia térmica en la cuenca del Poyo.....	30
Tabla 8. Clasificación climática de Papadakis para los observatorios de la cuenca.	30
Tabla 9. Valores de P, tm e índice de Martonne, de los observatorios de la zona de estudio.	32
Tabla 10. Especies forestales en la cuenca del Poyo.....	38
Tabla 11. Montes a cargo de la administración en la cuenca del Poyo.	42
Tabla 12. Municipios situados en la cuenca del Poyo.....	43
Tabla 13. Nacimientos, defunciones y crecimiento vegetativo en los municipios de la cuenca del Poyo.....	45
Tabla 14. Trabajadores por sector de actividad, expresados en porcentaje.....	46
Tabla 15. Trabajadores y empresas del sector secundario, expresados en porcentaje, por municipio.....	47
Tabla 16. Establecimientos comerciales en los municipios de la cuenca.....	49
Tabla 17. Superficies por encima de cada cota, superficie relativa, superficie acumulada en % y superficie relativa en %, en la cuenca del Poyo.	53
Tabla 18. Superficie relativa entre cotas, cotas medias para cada intervalo y valor del producto resultante.	54
Tabla 19. Índices de protección por la vegetación.	60
Tabla 20. Matriz definidora del mapa de protección del suelo por la vegetación.....	61

Tabla 21. Matriz de índices de protección del suelo por la vegetación según estratos de vegetación, en la cuenca del Poyo.....	62
Tabla 22. Relación del factor K con la litología.....	65
Tabla 23. Factor topográfico LS.	67
Tabla 24. Valores considerados de LS en función del intervalo de pendientes en la cuenca del Poyo.....	67
Tabla 25. Valores del factor C propuestos por I.C.O.N.A.	68
Tabla 26. Valores del factor C adaptados para la cuenca del Poyo.....	69
Tabla 27. Factor P de prácticas de conservación.....	69
Tabla 28. Factor P de prácticas de conservación en la cuenca del Poyo.	70
Tabla 29. Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.	72
Tabla 30. Distribución superficial del nivel de erosión en la cuenca del Poyo.....	73
Tabla 31. Pérdidas de suelo por estrato de vegetación en la cuenca del Poyo.	73
Tabla 32. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.....	75
Tabla 33. Usos futuros y superficies de actuación según modelo USLE en la cuenca del Poyo.	76
Tabla 34. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora.....	77
Tabla 35. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca del Poyo.....	79
Tabla 36. Objetivos y actividades para la ordenación de la cuenca del Poyo según criterios de sostenibilidad.....	83
Tabla 37. Matriz de capacidad de acogida de actividades según criterios de sostenibilidad.	87
Tabla 38. Matriz de conveniencia del medio para realizar actividades.....	92
Tabla 39. Matriz de adecuación del medio para la realización de actividades.....	97
Tabla 40. Clases de adecuación.....	97
Tabla 41. Compatibilidad entre actividades	101

Tabla 42. Superficies de adecuación para las actividades propuestas en la cuenca del Poyo. ..	102
Tabla 43. Combinaciones de actividades compatibles con grado alto de adecuación en la cuenca del Poyo.....	103
Tabla 44. Resultados de la ordenación según modelo USLE, para la cuenca del Poyo.....	105
Tabla 45. Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990), para la cuenca del Poyo.....	106
Tabla 46. Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad, para la cuenca del Poyo.....	106
Tabla 47. Superficies coincidentes de metodología USLE y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en km ²	108
Tabla 48. Superficies coincidentes de metodología según criterios de Mintegui y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en km ²	111
Tabla 49. Superficies de superposición de metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui, en km ²	114
Tabla 50. Bloques de correspondencia entre actividades de las metodologías de ordenación estudiadas.	116
Tabla 51. Comparación de superficies coincidentes entre MOCS y USLE, en km ²	117
Tabla 52. Comparación de superficies coincidentes entre MOCS y Mintegui, en km ²	118
Tabla 53. Comparación de superficies coincidentes entre USLE y Mintegui, en km ²	119
Tabla 54. Valores del índice Kappa para cada comparación entre metodologías.	122
Tabla 55. Interpretación del índice de Kappa de Landis y Koch.	122
Tabla 56. Interpretación del índice de Kappa de Fleiss.	122
Tabla 57. Interpretación del índice Kappa de Altman.....	123
Tabla 58. Interpretación del índice Kappa de Monserud y Leemans.	123
Tabla 59. Grado de concordancia del índice Kappa, según los valores obtenidos en las comparaciones de las tres metodologías de ordenación.	124

Tabla 60. Equivalencias entre los usos de las tres metodologías de ordenación estudiadas y los usos de la clasificación común propuesta.....	126
Tabla 61. Superficies representadas por los usos de la nueva clasificación propuesta expresadas en km ² y en %, para cada metodología adaptada.	129
Tabla 62. Coincidencia total de cada uso, expresada en % de superficie de la cuenca, entre metodologías adaptadas interpoladas dos a dos.	129
Tabla 63. Superficies coincidentes de las tres metodologías, expresadas en km ² y en %, en cada actividad.	131
Tabla 64. Superficies resultantes para cada actividad, según la nueva metodología propuesta.	133
Tabla 65. Resumen de comparación de metodologías de ordenación.....	138

Índice de figuras

Figura 1. Componentes de una cuenca hidrográfica.	10
Figura 2. Situación de la cuenca de la rambla del Poyo.....	18
Figura 3. Solución en la cuenca media del Poyo.....	22
Figura 4. Solución en la cuenca baja del Poyo.....	23
Figura 5. Evolución de la población por municipio.	44
Figura 6. Variaciones residenciales por municipio.	45
Figura 7. Curva hipsométrica de la cuenca del Poyo.	53
Figura 8. Erosión actual en la cuenca del Poyo.....	58
Figura 9. Erosión potencial en la cuenca del Poyo.....	59
Figura 10. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según el modelo USLE.	76
Figura 11. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según criterios de Mintegui (1990).80	
Figura 12. Capacidad para actividad 1: Repoblación forestal protectora.....	89
Figura 13. Capacidad para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia.....	89
Figura 14. Capacidad para actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad.....	90
Figura 15. Capacidad para actividad 6: Conservación de áreas de interés.....	90
Figura 16. Capacidad para actividad 7: Conservación del uso agrícola.....	91
Figura 17. Conveniencia para actividad 1: Repoblación forestal protectora.....	94
Figura 18. Conveniencia para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia.....	94
Figura 19. Conveniencia para actividad 4: Restauración de riberas.	95
Figura 20. Conveniencia para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad.	95
Figura 21. Conveniencia para actividad 6: Conservación de áreas de interés.....	96
Figura 22. Conveniencia para actividad 7: Conservación del uso agrícola.....	96
Figura 23. Adecuación para actividad 1: Repoblación forestal protectora.	98

Figura 24. Adecuación para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia.	98
Figura 25. Adecuación para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad.	99
Figura 26. Adecuación para actividad 6: Conservación de áreas de interés.....	99
Figura 27. Adecuación para actividad 7: Conservación del uso agrícola.....	100
Figura 28. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según criterios de sostenibilidad. .	104
Figura 29. Comparación gráfica entre MOCS y metodología USLE.....	117
Figura 30. Comparación gráfica entre metodología según criterios de Mintegui y MOCS.....	118
Figura 31. Comparación gráfica entre metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui	119
Figura 32. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología USLE. Aplicación a la cuenca del Poyo.....	127
Figura 33. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología según criterios de Mintegui. Aplicación a la cuenca del Poyo.....	128
Figura 34. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología según criterios de sostenibilidad. Aplicación a la cuenca del Poyo.	128
Figura 35. Mapa resultante de coincidencia total de las tres metodologías adaptadas.....	130
Figura 36. Mapa resultante de la ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo, según la nueva metodología propuesta.	134
Figura 37. Comparativa visual de las metodologías adaptadas de USLE, Mintegui y MOCS, con la nueva metodología propuesta.	135
Figura 38. Cuadro-resumen con los criterios de la nueva metodología propuesta.....	136

Agradecimientos

En primer lugar, quería agradecer a mi familia el apoyo que me ha prestado durante toda mi formación académica y, en particular, durante la realización de este trabajo.

Asimismo quisiera darle las gracias a mi directora Leticia y a mi codirector José Andrés por la ayuda y colaboración que me han brindado durante la elaboración de este trabajo final de máster.

También me gustaría agradecer su ayuda a mi compañero Carlos Hernández, puesto que ha sido un complemento esencial para la buena marcha de este trabajo.

Finalmente, no quisiera olvidarme de mi compañero de carrera Víctor Casaña, quien ha servido de gran ayuda en el manejo de las herramientas de información geográfica y, por supuesto, una mención especial para mi amigo Héctor Atienza, por permitirme el acceso a la red de redes durante este verano y poder avanzar en la conclusión de este trabajo.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1.1. Introducción

La racional ocupación del territorio y la preservación del ambiente son procesos consustanciales con un enfoque de desarrollo, que coloca en su centro de atención la necesaria relación de armonía sociedad-naturaleza. Los planes de ordenación constituyen, instrumentos adecuados de la acción y gestión de los procesos y políticas de ordenación en función del desarrollo integral y sostenible. La ordenación de cuencas hidrográficas se erige, entonces, en una herramienta apropiada al servicio de esta concepción de desarrollo y, por tanto, para configurar un cuerpo territorial que responda a las exigencias de la sociedad.

La cuenca hidrográfica es un ámbito de elevada significación por los recursos naturales y ecosistemas que contiene, por la dinámica social que la afecta, por las oportunidades que la proyectan y por su importancia geopolítica. Representa un escenario natural, normalmente rico en recursos y biodiversidad y un espacio social construido que ofrece múltiples oportunidades, sin que por ello deje de reconocerse la existencia de serios deterioros en la base de la sustentación ecológica y en la actividad vital en general (Ovalles *et al*, 2008).

La ordenación de una cuenca hidrográfica es el proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción que incluye el manejo de los recursos de la cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente a los recursos de suelos y aguas. Normalmente la ordenación de una cuenca hidrográfica debe considerar los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera del área de la cuenca (Sheng, 1992).

Si bien el concepto de prevención y limitación de usos insostenibles ha estado siempre en la concepción de los proyectos de corrección de cuencas torrenciales, en épocas anteriores prevalecieron en la sociedad las necesidades inmediatas, mientras que, en la actualidad, la opinión pública acerca de los recursos naturales ha evolucionado: se requiere una utilización racional de los recursos, capaz de asegurar su óptimo aprovechamiento, y prevenir frente a los usos que impliquen su destrucción o deterioro irreversible. Ello obliga a la aplicación de la llamada planificación física, como fase previa a la restauración hidrológico-forestal, en aquellas cuencas hidrográficas en las que se trata de la corrección de un curso torrencial importante y sus tributarios.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

En este contexto, el instrumento de planificación adecuado resulta ser la ordenación agrohidrológica de la cuenca, cuyas directrices generales son: la distribución racional de cultivos, la conservación de áreas no degradadas y la restauración de espacios degradados. Las dos primeras directrices implican la aplicación estricta de las normativas derivadas de la agricultura, pascicultura y selvicultura. La tercera supone la aplicación de medidas de rehabilitación, como pueden ser prácticas de conservación de suelos agrícolas, establecimiento de pastizales, repoblación forestal, corrección de torrentes y aludes, y trabajos hidrológico-forestales en los cauces.

El proceso planificador que conlleva la ordenación agrohidrológica de cuencas debe abarcar la definición de objetivos, el inventario de los recursos, su análisis y diagnóstico y la selección de los distintos instrumentos que sean eficaces para lograr los objetivos establecidos.

En definitiva, la restauración hidrológico-forestal se integra como el instrumento fundamental de aplicación de la ordenación agrohidrológica en las cuencas en las que el geodinamismo torrencial se presenta de manera acusada (Del Palacio, 1999).

La degradación de una cuenca es la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañada de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo, del caudal hídrico. La degradación de una cuenca hidrográfica procede de los efectos recíprocos, de las características fisiográficas, el clima y el uso inadecuado de las tierras (destrucción indiscriminada de los bosques, cultivos inadecuados, alteración de suelos y pendientes por la minería, movimiento de animales, construcción de caminos, y la desviación, almacenamiento, transporte y utilización sin control del agua). La degradación de una cuenca ocasiona a su vez una degeneración ecológica acelerada, menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales.

Toda cuenca hidrográfica contiene muchos tipos de recursos naturales: suelo, agua, bosque, pastizal, fauna silvestre, minerales, etc. En el desarrollo y manejo de una cuenca hidrográfica la utilización de algunos recursos naturales será complementaria con la de otros y en algunos casos será competitiva. El cambio de un uso intensivo de las tierras por otros menos intensivos puede ser beneficioso para los recursos de suelos y aguas. La clave está en utilizar estos recursos de la forma más eficaz y permanente que sea posible, con el mínimo de perturbación para la cuenca en su conjunto. Aunque en muchos casos puede suceder que los gestores de las cuencas no sean los que tomen las decisiones sobre el uso de los recursos, su

tarea es planificar y aplicar sistemas que favorezcan aquellos usos que sean complementarios y recomendar medidas preventivas y protectoras para los otros usos que puedan perjudicar a la cuenca hidrográfica.

Como la ordenación de una cuenca hidrográfica incluye la adopción de decisiones sobre el uso de los recursos para muchos fines, es fundamental un enfoque multidisciplinar. Sin embargo, la participación de demasiados elementos en la planificación y adopción de decisiones puede ser causa de ineficacia y de unos resultados finales insatisfactorios. La participación debe limitarse a los representantes de las principales instituciones gubernamentales y a las comunidades locales que estén directamente afectadas.

La ordenación de una cuenca hidrográfica es una tarea continua. Nuevos elementos, tanto artificiales, como (construcción de caminos, minería, explotación maderera y cultivos) naturales (deslizamientos de tierras, incendios naturales, inundaciones) pueden constituir un factor en cualquier momento (Sheng, 1992).

1.2. *Objetivos.*

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo final de máster consiste en la realización de un estudio comparativo entre varias metodologías de ordenación de cuencas, definiendo las debilidades y fortalezas de cada una de ellas, y estableciendo propuestas de mejora de tales metodologías en su aplicación a cuencas del ámbito mediterráneo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar la metodología de ordenación de cuencas basada en el modelo USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo).
- Analizar la metodología de ordenación de cuencas según los criterios de ordenación de Mintegui.
- Analizar la metodología de ordenación de cuencas según criterios de sostenibilidad (MOCS).
- Aplicar las tres metodologías estudiadas de ordenación en la cuenca de la rambla del Poyo.

- Analizar y comparar los resultados obtenidos por cada metodología en la cuenca objeto de estudio
- Aportar conclusiones para una futura aplicación de las tres metodologías analizadas.
- Incluir propuestas de mejora de las tres metodologías estudiadas mediante el desarrollo de una nueva metodología que incorpore criterios propios de tales metodologías, así como nuevos criterios, aplicada a la cuenca de la rambla del Poyo.

1.3. Antecedentes. Estado del arte

- Antecedentes históricos

Los orígenes de los proyectos de Restauración Hidrológico-Forestal o de Corrección de Torrentes como también se han denominado, hay que enmarcarlos dentro de la preocupación por la restauración de las cuencas de montaña que surge en toda Europa a partir de la segunda mitad del siglo XIX, ante el grave estado de deterioro en que se hallaban estas áreas, consecuencia de la sobreexplotación y abandono a que habían sido sometidas. Las principales cadenas montañosas del viejo continente se encontraban seriamente deforestadas, por lo que los efectos catastróficos de los procesos geo-torrenciales, a los que en ocasiones se añadían los derivados por los desprendimientos de aludes, estaban bastante generalizados. Ante esta circunstancia, los parlamentarios nacionales de los países afectados, promulgaron una serie de normas para llevar a cabo lo que se denominó entonces la “restauración de montañas”, que con el tiempo ha dado lugar a los proyectos actuales de restauración hidrológico-forestal.

Así, países como Suiza (1848), Francia (1882) o Austria (1884), ajustaron su legislación específica en la materia de restauración hidrológico-forestal. En lo que respecta a España, el Real Decreto de 3 de febrero de 1888 establece el “Plan sistemático de repoblación de cabeceras de cuencas hidrográficas”, que puede considerarse como el inicio de los trabajos de restauración hidrológico-forestal en España. La hidrología forestal se extiende al conjunto del país con la creación, por Real Decreto de 7 de junio de 1901, del Servicio Hidrológico-Forestal, constituido por diez Divisiones Hidrológico-Forestales que cubrían la totalidad de las grandes cuencas hidrográficas nacionales. En la Real Orden de 22 de junio de 1901 se dispone el estudio de las diez Divisiones para designar las cuencas que en cada una de ellas debían ser objeto preferente de trabajos hidrológico-forestales. Este proceso legislador culmina con la ley de 24 de junio de 1908 en que se incorporan a la consideración de utilidad

pública, además de los montes catalogados como tales, los que merecieran la condición de protectores, por razones de afectar a cabeceras de cuencas , regulación de avenidas, sujeción de terrenos, etc., cualesquiera que fuesen sus dueños.

En 1926 se crean las Confederaciones Hidrográficas. Tanto el R.D. de marzo de 1926 sobre organización de las Confederaciones como, posteriormente, los respectivos reglamentos de las mismas y, finalmente, el R.D. Ley de 26 de julio de 1926 para un Plan Nacional de Repoblación de los Montes, aseguran por vez primera la participación de los ingenieros de montes en los trabajos encaminados a la ordenación y el aprovechamiento de las cuencas hidrográficas. La línea de integración continuó con el Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, que contenía una parte forestal en la que se proponía un plan repoblador que debía afectar a una superficie de algo más de 2,7 millones de hectáreas, pero la guerra civil supuso una ruptura en el camino de integración emprendido (Gómez Mendoza, 1992). La Ley de 9 de octubre de 1935 crea un organismo forestal específico para la repoblación denominado Patrimonio Forestal del Estado (PFE), que no pudo actuar como consecuencia de la guerra civil. Una vez finalizada esta, las Divisiones Hidrológicas siguen trabajando en colaboración con el Patrimonio Forestal del Estado, organismo que acabará absorbiéndolas. En 1968 se reestructura el PFE, desapareciendo las antiguas Divisiones cuyas funciones fueron asumidas por los Servicios Hidrológico-Forestales de carácter provincial. En 1971 se suprime el PFE, creándose el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), por lo que el cometido de los Servicios pasa a depender de este nuevo organismo (Del Palacio, 1999).

En el período comprendido entre los años cuarenta y ochenta, se extiende la restauración de cuencas al conjunto de la geografía española, con especial incidencia en las cuencas de los embalses y en la defensa de poblaciones y sus vegas. Durante los años cuarenta y cincuenta hay una serie de exponentes, en materia legislativa, que representan la evolución del concepto conservacionista hacia la consideración integral de los recursos agua-suelo-vegetación. Estas leyes tratan sobre:

- la repoblación forestal de riberas de arroyos y ríos
- la restauración hidrológico-forestal de la cuenca del río Segura
- la repoblación forestal y ordenación de cultivos agrícolas integrados en las cuencas alimentadoras de los embalses de regulación
- la refundación y actualización de lo legislado en materia de Montes, acciones hidrológico-forestales y conservación de suelos forestales

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

En las décadas siguientes y manteniendo invariable la sentencia defendida por los ingenieros pioneros en la restauración de montañas, que veían necesario la restauración previa de la cuenca alimentadora de un torrente antes que la corrección del mismo, se propusieron diferentes criterios para plantear la ordenación agrohidrológica previa de una cuenca antes de abordar las obras y trabajos de restauración hidrológico-forestal que se requieren para su corrección. En España, hasta la década de los sesenta las zonas prioritarias para realizar los proyectos de restauración eran aquellas áreas afectadas intensamente por la erosión hídrica, obviando en la práctica otros aspectos importantes de la torrencialidad. Como modelo de la época se recuerda a los “índices de protección del suelo por la vegetación” (López Cadenas de Llano y Blanco Criado, 1968), basados en estudios anteriores sobre la “pendiente máxima admisible en cultivos y pastizales” (García Nájera, 1954).

Con el mismo objetivo, se introduce y se extiende en la década de los setenta la utilización del modelo USLE, en el cual desempeñó una importante labor el antiguo departamento de Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, dirigido por López Cadenas de Llano. Por otro lado, el ICONA promueve, a partir de 1979, el Proyecto LUCDEME, aprobado por Orden de 5 de octubre de 1981, y a su amparo se realizan importantes estudios como la “Determinación del factor lluvia, coeficiente R o índice de erosión pluvial de la USLE en la vertiente mediterránea española” en 1980, aplicable a 182000 km² del territorio peninsular; y “Agresividad de la lluvia en España”, en el 1988, que extiende y generaliza el valor del factor R a todo el territorio nacional. Finalmente, como resultado de éstos y otros estudios, se han elaborado los “Mapas de estados erosivos” (1987-1993), que apoyándose en el modelo USLE, reflejan la erosión potencial en las diferentes áreas de España. Dichos conceptos han permitido concretar los primeros esquemas con los “Criterios para la Ordenación Agrohidrológica” (Mintegui, 1990-1993) (Mintegui Aguirre y Robredo Sánchez, 1994).

Más recientemente, el Ministerio de Medio Ambiente de España elaboró el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES), que tiene como objetivos detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los principales procesos de erosión en el territorio nacional y determinar su evolución en el tiempo mediante su inventariación de forma continua. Además, el INES mejora y actualiza anteriores Mapas de Estados Erosivos y sirve como instrumento para la coordinación de las políticas que inciden en la conservación del suelo de las

Comunidades Autónomas, del Estado y de la Unión Europea. El primer ciclo se inició en 2001, y se prevé su finalización en 2012.

- La ordenación y restauración hidrológico-forestal

El esquema de la ordenación de una cuenca se inicia constatando los ciclos del agua y de los sedimentos en la misma, por ello se asumen las ecuaciones físicas que rigen el movimiento del agua, es decir, la ecuación de continuidad y las ecuaciones de la dinámica (conservación de la cantidad de movimiento y conservación de la energía). Pero, además, para adecuarse a las especificidades de la cuenca, se debe atender también a otras dos cuestiones (Mintegui y Robredo, 2008):

- a) El conocimiento del estado físico de la cuenca
- b) La previsión de su comportamiento ante diferentes tipos de eventos que se produzcan en la misma, especialmente los torrenciales.

Centrándose específicamente en el conocimiento del estado físico de la cuenca, los factores que la definen y que permiten estudiar su comportamiento ante el ciclo del agua y ante los procesos geo-torrenciales que se desencadenan en ella (erosión, transporte y sedimentación) por causa de precipitaciones torrenciales, se centran en los siguientes grupos:

- Características morfológicas y de pendientes de la cuenca vertiente y de los cauces alimentados por la misma
- Características de los suelos en la cuenca vertiente
- La vegetación, entendida como uso de suelo, reguladora del proceso del ciclo del agua y de los procesos geo-torrenciales
- El clima, que permite identificar las condiciones climáticas de la cuenca

Además de estos factores físicos de la cuenca, deben considerarse las características socio-económicas de la población de la cuenca, en especial su dependencia de los recursos naturales, fundamentalmente agua y suelo.

La **ordenación agrohidrológica** se centra en el estudio del estado físico de la cuenca vertiente y en el análisis de su previsible comportamiento ante los eventos torrenciales, tanto ordinarios como extraordinarios, con el propósito de conocer cómo es realmente la cuenca y cómo se comporta; así como para prever su evolución y detectar sus carencias, a fin de proponer las medidas pertinentes para tratar de subsanarlas.

La **restauración hidrológico-forestal** implica llevar a cabo en la cuenca vertiente las medidas adoptadas en la ordenación agrohidrológica, para protegerla de los daños que pudiera causarle el geo-dinamismo torrencial provocado por los eventos torrenciales, así como para asegurar su buen funcionamiento hidrológico y la correcta conservación de sus suelos en los períodos que transcurren entre eventos torrenciales.

Los parámetros fundamentales en la ordenación agrohidrológica de una cuenca vertiente son los que, además de contribuir a la descripción de su estado físico, permiten definir en ella el movimiento de los ciclo del agua y de los sedimentos. Estos parámetros se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales factores que intervienen en la ordenación agrohidrológica de una cuenca vertiente.

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

Fuente: Mintegui y Robredo (2008)

En definitiva, la ordenación agrohidrológica se presenta como un paso previo a la restauración hidrológico-forestal de la cuenca. Los **objetivos generales** de la ordenación agrohidrológica 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):

1. La retención del suelo mediante el **control de la erosión**, tratando al mismo tiempo de aprovechar este recurso.
 2. 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.
 3. La provisión hídrica.
- Manejo y planificación de cuencas hidrográficas

Una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir, la superficie total de tierra que desagua en un cierto punto de un río o un curso de agua. Una cuenca hidrográfica es una unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como una unidad físico-biológica y también, en muchas ocasiones, como una unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales (Sheng, 1992).

Puede considerarse que una cuenca hidrográfica tiene límites funcionales, es un sistema muy interrelacionado con su entorno, en consecuencia, las soluciones para la conservación de los recursos naturales teniendo en cuenta el desarrollo del hombre que la habita, debe contemplar estas relaciones funcionales, como por ejemplo los procesos económicos (mercados, cadenas de comercialización) y demográficos (migraciones, crecimiento de la población), además de otros factores socioculturales.

Si el territorio es la expresión político-administrativa del espacio geográfico, constituido por subconjuntos y atributos de tipo físico-natural, socioeconómico-cultural y político-institucional, y cada uno de estos está conformado por elementos componentes que los caracterizan y se relacionan, la cuenca hidrográfica como unidad territorial está integrada por dichos subconjuntos, atributos y elementos componentes, como puede observarse en la Figura 1.

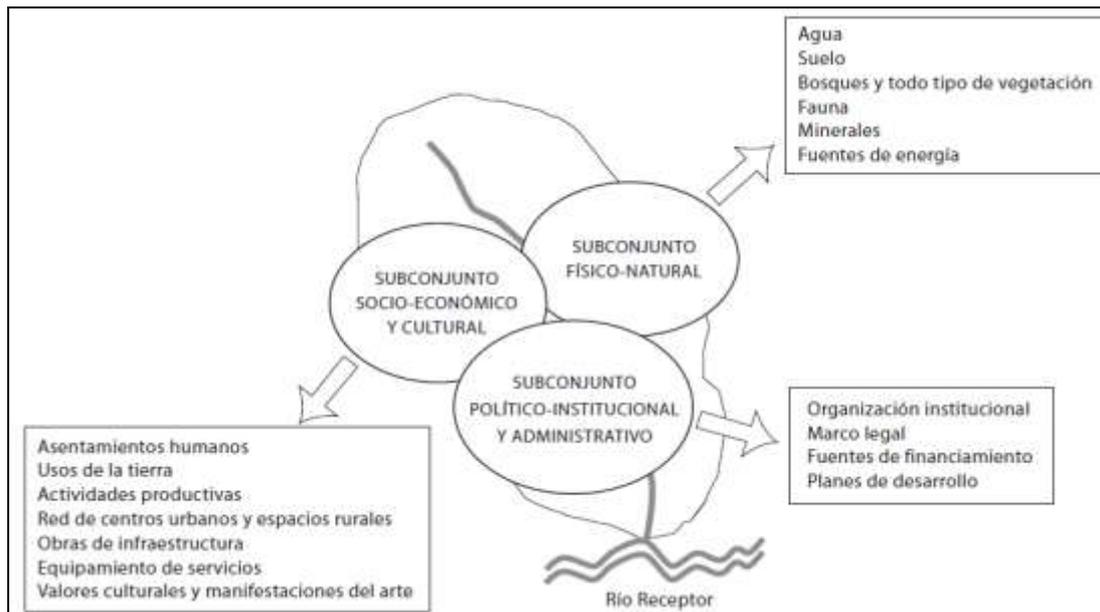


Figura 1. Componentes de una cuenca hidrográfica. Fuente: Ovalles et al (2008).

Existen múltiples definiciones sobre el manejo de cuencas hidrográficas:

- “Un proceso de formulación y aplicación de un conjunto de acciones, incluyendo la manipulación del recurso natural, agrícola y humano de una cuenca, para el logro de objetivos trascendentales, tomando en cuenta factores sociales, económicos e institucionales, que operan dentro de una gran cuenca hidrológica y otras regiones relevantes” (Brooks, 1985).
- “El proceso de formular y aplicar un conjunto de acciones, para orientar el sistema socioeconómico y natural de una cuenca hidrográfica, tendiente al logro de unos objetivos específicos” (Hufschmidt, 1986).
- “Por manejo de cuencas se entiende la aplicación de principios y métodos para el uso racional e integrado de los recursos naturales de la cuenca, fundamentalmente el agua, el suelo, vegetación y fauna, para lograr una producción óptima y sostenida de estos recursos, con el mínimo deterioro ambiental, para beneficio de los pobladores de la cuenca y de las poblaciones vinculadas a ella” (Dourojeanni, 1994).
- “El manejo de la cuenca se concibe como el conjunto de acciones de gestión en la fase permanente (operación y mantenimiento de todas las obras construidas y de todas aquellas requeridas para la preservación de los recursos de la cuenca) del proceso de desarrollo de una cuenca, extensivas a todos los recursos, sean estos naturales o construidos por el hombre; incluye, por lo tanto, manejo de suelos

agrícolas, fauna, silvicultura, pastos, cuerpos de agua y áreas ribereñas, nieve, escorrentía, sitios de construcción urbana, minería y vías de comunicación” (Guevara, 1997).

En síntesis, el manejo de cuencas implica modelos integrados y sostenibles de producción agrícola, pecuaria y forestal, adaptados a las realidades políticas y económicas de la cuenca, culturalmente aceptables y socialmente justas, con miras al bienestar de los pobladores, que dependen de esa producción. La ordenación así concebida constituye el marco para planear el desarrollo integral de la cuenca, y programar la ejecución de proyectos específicos de aprovechamientos hidráulicos.

La planificación, por definición, consiste en el diseño de métodos detallados para actuar, organizar y hacer algo. La planificación es un proceso que busca soluciones a problemas y necesidades o que fomenta acciones que satisfacen metas y objetivos. En la planificación de cuencas hidrográficas el objetivo es proporcionar alternativas al encargado de tomar decisiones para el uso de los recursos de agua y tierra de la cuenca.

La planificación de cuencas no sólo tiene que ver con la protección de los recursos hídricos, sino también con la capacidad y sustentabilidad de los recursos del suelo y vegetación a ser manejados para la producción de bienes y servicios.

Un equipo de planificación de las Naciones Unidas (FAO, 1997) da la siguiente definición de la misma: “La planificación se orienta a un uso opcional de los recursos disponibles. La planificación para el desarrollo de los recursos hídricos incluye la evaluación de necesidades a corto y largo plazos, y de los caminos para satisfacerlas. Involucra la evaluación comparativa de alternativas de solución con respecto a sus méritos técnicos, económicos y sociales. Planificar significa mirar hacia el futuro, desde un amplio espectro de disciplinas”.

Por otra parte, es importante destacar que los planes de manejo de cuencas, que son estrategias cuyo objetivo es proyectar metas y opciones para alcanzarlas, deben ser específicos a las características y ubicación del lugar. La aplicación indiscriminada de un programa que fue exitoso en una cuenca puede no ser adecuado para otra, ya que las cuencas son muy diferentes en términos de las características ambientales y naturales, usos del territorio, sistemas institucionales, sociales, económicos y culturales. En ese sentido, los instrumentos modernos de gestión, como pueden ser los modelos de cuencas y los sistemas de información geográfica (SIG) van a ser de gran relevancia en futuros esfuerzos de planificación y manejo de cuencas (Londoño Arango, 2001)

La planificación física pretende situar en el espacio los usos y actividades humanas, sujetos a las restricciones y posibilidades del entorno natural, tanto para la salvaguardia de éste como para el desarrollo de las actividades. Esta planificación se basa en los conceptos de capacidad, impacto, calidad y fragilidad. Cuando a este tipo de planificación se le añaden componentes socioeconómicos la síntesis resultante constituye la Planificación Integrada u Ordenación Territorial Integrada. Esta planificación puede realizarse a diferentes escalas.

Tradicionalmente en la planificación nunca se ha considerado la valoración pública de los recursos del territorio. Sin embargo, son cada vez más los estudios que demuestran que las externalidades, bienes o servicios prestados por la naturaleza al público en general al margen del mercado son cada vez mayores a los bienes tradicionales (Castellano y González Alonso, 1998; Elorrieta *et al*, 2000; Campos y Riera, 1996). A diferencia de valores tales como la erosión o la pluviometría, que son cuidadosamente modelizados y cuantificados, las metodologías económico ambientales, aunque existentes, no están todavía adaptadas ni están disponibles para su aplicación en las planificaciones territoriales. La inclusión de la valoración económica de los bienes ambientales de un territorio en la planificación a gran escala o a escala local puede permitir una toma de decisiones en la que los bienes ambientales reciban una protección ambiental adecuada a las preferencias de una sociedad. La cartografía de estos valores puede ser el primer paso para su consideración en las ordenaciones territoriales (Martínez De Anguita, 2004).

- Ordenación del territorio

Básicamente, ordenar un territorio significa identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en ese territorio de acuerdo con ciertos criterios y prioridades. Se trata, pues, de una ordenación de las actividades humanas en un territorio organizado para acogerlas, expresión que es equivalente a ordenación de los usos del suelo.

El ordenamiento del territorio puede interpretarse como la proyección en el espacio geográfico de las políticas sociales, culturales, ambientales y económicas de una sociedad, y el sistema territorial, como resultado de aquellas. En el presente, el estilo de desarrollo definido por tales políticas se refleja en las actividades, los usos del suelo, que se localizan en el territorio, en los asentamientos poblacionales y en los canales de relación (infraestructura viaria, de comunicaciones y otras) que dan funcionalidad al sistema. Todo ello configura el modelo territorial: la expresión física y visible de una sociedad, la cristalización de los

conflictos que se dan en ella, el reflejo de los cambios que se producen en el estilo de desarrollo y, en definitiva, en la escala de valores sociales.

De acuerdo con la Carta Europea de Ordenación del Territorio de 1983, la ordenación del territorio es *“la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad, cuyos objetivos fundamentales son el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y, por último, la utilización racional del territorio”*.

La ordenación del territorio se aplica de manera multi e interdisciplinar, en direcciones diversas y complementarias:

- A la corrección de desequilibrios territoriales entre los sistemas territoriales de cada nivel (nacional, regional, comarcal, local o particular) e internamente en cada uno de ellos.
- Como enfoque y metodología para planificar el desarrollo sostenible, puesto que identifica las actividades que soportan las dimensiones del desarrollo, las distribuye en el espacio de acuerdo con la vocación natural del medio físico y con las relaciones de sinergia, complementariedad, disfuncionalidad, compatibilidad e incompatibilidad que se dan entre ellas. Regula el funcionamiento de estas actividades y atiende a todas las facetas (social, económica y ambiental) de la calidad de vida.
- Como un instrumento preventivo de gestión ambiental, ya que controla la localización y el funcionamiento de las actividades humanas.
- Como instrumento preventivo de riesgos naturales y tecnológicos, puesto que evita localizar población y actividades en zonas sometidas a riesgo.

Dentro de la ordenación territorial destacan tres componentes (Gómez Orea, 2002):

- 1) Institucional: determinante de la eficacia del proceso de ordenación.
- 2) Científico-técnica: aplicación de metodologías sistemáticas a procesos de decisión abiertos y persigue el máximo beneficio social.
- 3) Democrática: se basa en la participación de la población implicada y en la concienciación de los agentes socioeconómicos.

Entre los objetivos básicos de un ordenamiento territorial se pueden citar los siguientes (López López y Delgado Soriano, 2009):

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

- Proporcionar las oportunidades mínimas de calidad de vida.
- Conservar y desarrollar los fundamentos naturales de la vida.
- Mantener el potencial del uso del suelo y sus recursos.
- Promover un desarrollo socioeconómico equilibrado de regiones y comarcas, controlando el crecimiento de las regiones más dinámicas y estimulando las más retrasadas.
- Promover una utilización racional del territorio y una gestión responsable de los recursos naturales.
- Establecer la coordinación administrativa de los distintos organismos sectoriales de mismo rango y entre los distintos niveles administrativos de decisión.

En la planificación y ordenación del territorio, es de primordial importancia, que los riesgos existentes sean valorados, y que dicha valoración pueda cartografiarse a una escala apropiada, para conseguir una visión espacial de las zonas más vulnerables y aquellas más seguras del territorio a ordenar. A partir del mapa de riesgos, los usos proyectado, como acción preventiva de carácter no estructural, pueden localizarse en los sectores más idóneos, dejando como “zonas de especial protección” aquellas áreas susceptibles de sufrir eventos destructivos (García-Hernán y Hernández Ruiz, 2000). La planificación ambiental es la utilización correcta y eficaz del territorio, de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones (Suárez Ordoñez, 1997). El análisis de riesgos es la metodología adecuada para su identificación, evaluación, mitigación y para la toma de las decisiones sobre ordenación del territorio (Ayala-Carcedo, 2000). La ejecución de cartografía de riesgos a escala regional o local, y su posterior utilización a la hora de realizar una ordenación territorial, evita, por una parte, daños a personas y construcciones, y por otra, ayuda a definir medidas que salvaguarden los usos o actividades que indefectiblemente deban ubicarse en áreas de riesgo potencial. El carácter de síntesis y diagnóstico territorial que posee un mapa de riesgos le confiere a este instrumento una importancia destacada y necesaria en la ordenación y gestión de un territorio (Aguirre Murúa, 2005).

- Metodologías y modelos para el ordenamiento de cuencas

La ordenación de cuencas hidrográficas condiciona los usos del suelo en una cuenca a la conservación del suelo, el agua y el equilibrio del ciclo hidrológico.

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. 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 intensidades de erosión. En la mayoría de los proyectos de restauración hidrológico-forestal el mapa de erosión es considerado como una herramienta valiosa para asignar prioridades de actuación y definir estrategias de restauración y gestión.

El procedimiento de cartografía más empleado (I.C.O.N.A, 1986), está inspirado en la generalización de los factores de la erosión de la ecuación universal de pérdidas de suelo, es decir, del modelo USLE. El uso de este modelo 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.

Dentro del proyecto Medalus II (Desertificación y uso del suelo en el Mediterráneo) de la Unión Europea, el ICONA propuso una metodología para la elaboración de proyectos de ordenación y restauración de cuencas hidrográficas degradadas, que incorpora los conceptos de biodiversidad, ecosistemas o formaciones vegetales características y niveles de madurez o evolución. Esta metodología se diseñó gracias a la existencia del Mapa Forestal de España a escala 1/200.000 (Rojo, 1995). El mapa forestal proporciona la situación espacial de las teselas de vegetación natural, así como la composición específica de las principales especies que las ocupan y la estructura y talla de las formaciones vegetales. A estos datos, el mapa incorpora el tipo climático estructural al que pertenece la tesela y el nivel de madurez alcanzado en su tipo climático. La comparación del nivel de madurez real alcanzado frente al nivel potencial teórico correspondiente a su tipo climático estructural, así como la distribución espacial de las distintas teselas y el grado de representación de las mismas (superficie ocupada), proporciona la base para adoptar el modelo de representación de la biodiversidad vegetal. El modelo adoptado de distribución de las agrupaciones vegetales debe estar armonizado con los objetivos de la conservación del suelo, el agua y el ciclo hidrológico propios de la ordenación de cuencas hidrográficas, para lo cual ha de emplearse el mapa de erosión, el mapa de pendientes y el mapa forestal. Combinando tales mapas se modula o modifica la asignación inicial por criterios de biodiversidad, de forma que el cambio de tipo

de vegetación de aquellas teselas con erosión superior a la tolerable, permita armonizar el objetivo de biodiversidad con la conservación del suelo y agua. (Rojo, 1995)

El análisis de los fenómenos torrenciales y la necesidad de proteger y al mismo tiempo utilizar adecuadamente los recursos hídricos y edáficos de una cuenca, basándose en el mantenimiento permanente de cubiertas vegetales de cierta extensión en la misma y de manera especial en su cabecera, son dos aspectos fundamentales para asegurarse el equilibrio dinámico de la cuenca y su aprovechamiento sostenido. Ambos pueden estudiarse de forma conjunta a través de los modelos hidrológicos distribuidos espacio-temporales, que permiten una exhaustiva ordenación agrohidrológica de la cuenca.

El estudio integral de una cuenca y su evolución implica la ordenación y análisis de una gran cantidad de datos espacialmente distribuidos y variables de forma aleatoria en el tiempo. La amplia evolución sufrida por los sistemas informáticos en los últimos años, concretamente en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), hace de estos programas elementos de análisis y consulta de gran capacidad. La facultad para gestionar y manipular sus Bases de Datos Geográficas permite desarrollar modelos asociados para el estudio físico, espacial y temporal, de multitud de procesos. Es el caso, por citar algunos, de modelos hidrológicos, de calidad de aguas, de ordenación urbana y territorial.

Un modelo integral de cuenca debe aglutinar de manera eficiente y coordinada la explotación de todos esos modelos definidos por separado, pero simultáneos e indisolubles en la realidad. Los datos de campo permiten ajustar el modelo más exactamente a la realidad y, a su vez, el análisis de los resultados del modelo conduce a la mejor comprensión de la realidad y al replanteamiento de la distribución espacial o temporal de las mediciones que se están llevando a cabo. Con esta doble herramienta que coordina el trabajo de campo con el de gabinete, se dispone de un apoyo inestimable para cualquier estudio de gestión integrada de un sistema tan complejo como es una cuenca hidrográfica (Herrero Lantarón *et al*, 2005)

El uso de los sistemas de información geográfica permite identificar y analizar los problemas de una manera más rápida, a la vez que permite seleccionar, a través de la simulación, las medidas más apropiadas para la conservación y rehabilitación de las cuencas.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Elección de la cuenca de estudio.

La cuenca que se va a estudiar en este trabajo es la cuenca de la Rambla del Poyo. Su recorrido es el de una típica rambla mediterránea, con un nacimiento difuso en las estribaciones más orientales del sistema ibérico, surcando primero campos de agricultura de secano y después, en la parte baja, campos de regadío, para llegar finalmente a desembocar en el lago del Parque Natural de la Albufera. Se trata de una rambla con regímenes de caudal intermitentes a lo largo del año y muy sensible a precipitaciones torrenciales, que se dan con relativa frecuencia en primavera y otoño.

2.2. Descripción del medio físico.

2.2.1. Situación

La cuenca hidrográfica de la rambla del Poyo se halla situada en la parte central de la Comunidad Valenciana, más concretamente en la mitad oriental de la provincia de Valencia (España), donde se localiza la totalidad de la superficie de la cuenca.

Gran parte de la cuenca del Poyo comprende la zona norte de la comarca de la Hoya de Buñol, mientras que el resto está ocupado por áreas de las comarcas de La Ribera Alta, L'Horta y El Camp de Turia. Un total de 27 términos municipales forman parte, parcialmente, del territorio de la cuenca, aunque los municipios más relevantes desde el punto de vista de superficie ocupada por la cuenca se pueden reducir casi a la mitad. Estos municipios son Chiva, Cheste, Buñol, Godolleta, Turís, Ribarroja del Turia, Quart de Poblet, Catarroja, Aldaia, Alaquás, Paiporta, Picanya y Torrent. En la Figura 2 se muestra la situación de la cuenca con sus límites administrativos.

La superficie de la cuenca es de 429,5 km², con una longitud del cauce principal de 52 km y una pendiente media del mismo de 1,49%.



Figura 2. Situación de la cuenca de la rambla del Poyo. Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía base

2.2.1.1. Localización geográfica

Las coordenadas geográficas en las que se enmarcan los límites de la cuenca de la rambla del Poyo se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de la cuenca del Poyo.

EXTREMO DE LA CUENCA	LATITUD	LONGITUD
Norte	39°33' N	0°51'W
Sur	39°22'N	0°38'W
Este	39°24'N	0°22'W
Oeste	39°29'N	0°51'W

Fuente: Elaboración propia

Los límites cardinales de la cuenca se definen a continuación:

- Este: con el mar Mediterráneo
- Oeste: con últimas estribaciones de la Sierra del Brugal, Lomas de la Yedra, Loma de la Casa Blanca, Solana de la Cabrera, Carrasquilla, Cerro de la Graña (868 m), El Cinto de la Graña (843m), Carrasquilla y Loma del Cuco, donde se encuentran los picos más altos de la cuenca de 1052 m de altura, en el extremo noroccidental.
- Norte: con Alto de los Mojones (427 m), Peña Pardal, El Enebrar, Alt del Castellet (258 m), Monte Horquera, El Pouet Tapat, Els Llobets y la Sierra de los Bosques, que además se adentra en los límites de la cuenca y donde se encuentra el Monte Gordo. Casi en el límite noroeste, exterior a la cuenca se encuentra el Pico Carrasquilla (1044 m) en la Sierra de los Bosques,
- Sur: Río Buñol, Río Magro, Alto de la Tía Juana (379 m), Serra del Castellet, Loma de los Ampolós, Rincón de la Garrofera, Barranquet del Aigua, Colinas de Venta Cabrera y Monte Cabrera.

La base cartográfica relativa a la cuenca del Poyo se presenta en el Mapa nº1 (Anejo I, Mapas).

2.2.1.2. Caracterización general de la cuenca

La cuenca de la rambla del Poyo se encuentra encajada entre las cuencas de los ríos Turia y Júcar y la del barranco de Picassent.

La red de drenaje principal está formada por la Rambla del Poyo, que según el término municipal que atraviesa se llama rambla del Gallo, barranco de Chiva o barranco de Torrente, y se sitúa al norte del territorio de la cuenca. La zona interior de la cuenca es recorrida por los barrancos de Pelos y el Gallego, que drenan en la zona de Godelleta y Calicanto. Estos dos desaparecen en el Pla de Quart, en una zona endorreica denominada Les Basses, creando una zona inundable que se une a la Rambla del Poyo. Al atravesar el Plà de Quart hacia la Huerta

de Valencia, la rambla del Poyo se encaja entre laderas de arcillas y gravas. La zona sur de la cuenca es drenada por el barranco de la Horteta, uniéndose en la población de Torrente, con el barranco de Torrente que pasa por las poblaciones de Picanya, Paiporta, Massanasa y Catarroja, para finalmente desembocar en el Lago de la Albufera.

El barranco de Torrente y la rambla del Poyo se conectaron mediante una acequia de escasa capacidad en el siglo XVIII. Desde entonces, las riadas en la rambla del Poyo han afectado a la zona de Picanya, Masanasa y Catarroja. Son numerosos los episodios de desbordamiento de la rambla del Poyo, la mayoría asociados siempre a las crecidas del río Turia.

Se trata de un barranco muy condicionado por los habitantes de su entorno, cuya presión sobre el mismo nunca ha cesado. Desde los históricos aterramientos para ganar superficie agrícola, hasta los actuales para la expansión de polígonos industriales y las áreas urbanas. Esto, unido al gran número de infraestructuras que intersectan con el cauce (ferrocarriles, autovías, carreteras) hace que el estado del cauce esté muy condicionado a la hora de ejecutar actuaciones hidráulicas. En este sentido, el tratamiento sobre el barranco del Poyo se encuentra con un entorno complejo, y debe ser capaz de integrarse en el mismo.

La red de drenaje que constituye la cuenca de la rambla del Poyo se indica en el Mapa nº2 del Anejo 1.

Los últimos estudios de este barranco corresponden a la Confederación Hidrográfica del Júcar, en el marco del “Proyecto de restitución y adaptación de los cauces naturales de los barrancos del Poyo, Torrente, Chiva y Pozolet (Valencia)”, cuyos últimos trabajos datan de octubre de 2010 y se corresponden con el “Proyecto de Construcción de vía verde de conexión del Barranco del Poyo con el nuevo cauce del río Turia y adecuación del Barranco del Poyo entre el Acueducto Júcar-Turia y Paiporta”.

Los objetivos específicos para esta cuenca dentro del “Proyecto de restitución y adaptación de los cauces naturales del Poyo, Torrente, Chiva y Pozolet (Valencia)”son los siguientes:

- Protección frente a inundaciones.
- Ordenación hidrográfica y minoración de impactos futuros por cambios en uso del suelo y modificaciones en el direccionamiento de escorrentías.
- Protección del Parque Natural de la Albufera y de su entorno frente a procesos de colmatación y de pérdida de calidad en ecosistemas.

- Restauración ambiental del medio fluvial, creación de conectores ecológicos entre el litoral y las zonas de interior, e integración territorial de las actuaciones proyectadas.
- Restitución de las capacidades de drenaje de los cauces naturales.

Dentro del Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua), se contempla la adecuación ambiental y drenaje de la cuenca del Poyo como una de las medidas de control de los procesos de aportación de sedimentos a la Albufera. En concreto, la fase 1 del Proyecto de restitución y adaptación del cauce natural del Barranco del Poyo es la primera de las actuaciones previstas en el Programa.

El Proyecto recoge todas las medidas necesarias para llevar a cabo el tratamiento del Barranco del Poyo, consistente en obras de encauzamiento, en un tramo superior a los 7 km, en los términos municipales de Paiporta, Catarroja y Massanassa. El objetivo de estas actuaciones era evitar o reducir los problemas de inundaciones en las poblaciones de la Huerta de Valencia. Las obras se finalizaron en 2004 y su objetivo consistía en restituir la capacidad del cauce, pasando de 400 a 800 m³/s, compatibilizándolo con la realidad del territorio por el que discurre. La actuación realizada ha resuelto parcialmente los problemas de la zona ya que el caudal de diseño se ha visto limitado por el desarrollo urbano, alcanzándose un nivel de protección de las poblaciones más próximas a La Albufera de entre 50 y 100 años de período de retorno. En consecuencia, el resto de las actuaciones necesarias, actualmente en ejecución, para la adecuación ambiental y drenaje de la cuenca del Poyo, específicas de esta cuenca se detallan a continuación:

- Cuenca alta del Poyo. Actuaciones de corrección hidrológica: hidrotecnias y reforestaciones.
- Cuenca media y baja del Poyo: Seguidamente se especifican las actuaciones previstas para la parte media (véase Figura nº3) y baja (véase Figura nº4) de la cuenca:
 - Vía verde de los barrancos Poyo y Gallego para dar continuidad al cauce y disponer de una capacidad mínima en el Poyo de unos 1000 m³/s, período de retorno de 100 años, en la zona entre la A7 y el cruce con el canal Júcar-Turia. La longitud total de actuación es de 8680 metros.
 - Obras puntuales en el barranco del Poyo en el tramo entre el acueducto Júcar-Turia y Paiporta: a lo largo de 8080 metros se diseñan trabajos de estabilización de

taludes, consolidación de cajeros, adecuación de los dispositivos de entrega de los colectores de pluviales vertientes, eliminación de escombros, adecuación de obras de paso, etc.

- Vía verde para derivar el exceso de caudal del Poyo al nuevo cauce del río Turia. Dado que el tramo aguas abajo de Paiporta ha sido acondicionado para un caudal máximo de $800 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal estimado para un período de retorno de 500 años es de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$, a fin de evitar inundaciones en dicho tramo, es necesario aliviar el exceso hacia el río Turia ($700 \text{ m}^3/\text{s}$). La longitud de este nuevo cauce es de 2270 metros.



Figura 3. Solución en la cuenca media del Poyo. Fuente: Proyecto de adecuación ambiental y drenaje de la cuenca del Poyo vertiente a la Albufera (2010)



Figura 4. Solución en la cuenca baja del Poyo. Fuente: Proyecto de adecuación ambiental y drenaje de la cuenca del Poyo vertiente a la Albufera (2010)

2.2.2. Geología

La descripción geológica de la zona de estudio se basa en el Mapa Geológico de la Provincia de Valencia escala 1:200000 elaborado y editado por la Diputación Provincial de Valencia, la Universidad de Valencia, y el Instituto Geológico y Minero de España.

A continuación se distinguen los períodos geológicos que se localizan dentro del área ocupada por la cuenca del Poyo, de mayor antigüedad a menor:

1) Triásico

Los materiales pertenecientes a este período aparecen en áreas de cierta superficie del norte de Chiva y del sur de Buñol. Estos materiales son yesos y arcillas yesíferas, principalmente.

2) Jurásico

Tiene su mayor incidencia en la mitad occidental del término municipal de Chiva, y corresponde con la parte alta de la cuenca. En esta zona destaca una litología de dolomías, calizas, margas y calizas arcillosas.

3) Terciario

Este período representa una superficie importante de la cuenca objeto de estudio, siendo predominante en áreas de la Hoya de Buñol, como Chestre, Godelleta, Chiva o Buñol. También hay que destacar su aparición en áreas del término municipal de Torrent. Los materiales de este período que más abundan son las arcillas, los conglomerados, las calizas, las areniscas, las arenas y las margas.

4) Cuaternario

Predomina, de manera clara y casi única, en la cuenca media y baja de la cuenca del Poyo. Así, en la cuenca media destacan:

- *Abanicos aluviales recientes*, formados casi en su totalidad por calizas y dolomías.
- *Depósitos de pie de monte*, que se forman por una serie de pequeños barrancos labrados en las vertientes montañosas, influyendo en su formación tanto la acción fluvial como la acción de la gravedad.

Por su parte, en la cuenca baja se distinguen:

- *Glacis de acumulación*, abundantes en la zona sur del área metropolitana de Valencia.
- *Derrames*, originados por otros materiales preexistentes. Por regla general aparecen asociados a glacis y a abanicos aluviales. Dentro de la zona de estudio se localizan en poblaciones del área metropolitana de Valencia como Alfafar o Catarroja, entre las zonas de glacis de acumulación y las áreas de limos grises de la Albufera de Valencia.
- *Limos de inundación*, formados debido a las crecidas de los ríos que provocan el desbordamiento del lecho mayor, depositando los materiales en los márgenes. Los sedimentos son finos, en general limos y limos arcillosos relacionados con los principales cursos fluviales. Estos limos de inundación predominan en el sur del área metropolitana de la ciudad de Valencia.
- *Limos grises de albufera*, forman grandes extensiones, junto con los limos pardos de albufera, como testigos de la superficie que ocupaba recientemente la Albufera de la que forman parte del relleno. La zona de limos grises se dispone en la desembocadura de la cuenca de la rambla del Poyo.

En el Mapa nº3 (Anejo I, Mapas) se indica la distribución de los materiales litológicos existentes en el territorio de la cuenca del Poyo.

2.2.3. Descripción de los suelos

Según el mapa de suelos de la zona de estudio (véase Anejo I, Mapa nº4), los dos únicos órdenes de suelos que existen en la misma son los Entisoles y los Inceptisoles, siendo éstos los que ocupan casi toda la superficie de la cuenca. Los Entisoles sólo se observan en una pequeña área del extremo suroccidental y en la zona baja de la cuenca.

Los Inceptisoles son suelos incipientes, que manifiestan ciertas evidencias de evolución edáfica. Se trata de un orden de suelo muy heterogéneo y de difícil definición. Son suelos fundamentalmente eluviales. Todos los Inceptisoles de la cuenca pertenecen al suborden Ochrept. Como el régimen de humedad presente es xérico, los Inceptisoles de la cuenca se incluyen en el grupo Xerochrept. Son suelos inmaduros que carecen de carbonatos, con pérdidas de bases, hierro y aluminio pero con importantes reservas de minerales meteorizables. Son suelos moderadamente profundos o profundos, con buen drenaje y alta saturación en bases. La escasez de humedad limita la utilización de estos suelos para la agricultura y el pastoreo intensivo.

Los Entisoles son suelos de origen reciente desarrollados sobre material parental no consolidado. Los Entisoles que aparecen en la cuenca pertenecen a dos subórdenes: Orthents y Fluvents. Los primeros, se hallan en el extremo suroccidental y en la zona baja de la cuenca, en su parte más occidental; los segundos se sitúan en la desembocadura de la cuenca, en zonas próximas a la Albufera. Como el régimen de humedad en la zona de estudio es de tipo xérico, los Entisoles pertenecen a los grupos Xerorthents y Xerofluvents, o una combinación de ambos. Los Xerorthents son suelos neutros o básicos, que suelen desarrollarse sobre margas, margo-calizas, arenas y yesos, y habitualmente son ricos en carbonato cálcico. Suelen ser suelos formados con material transportado por el hombre que se conoce con el nombre de “transformaciones” mediante las cuales se disminuyen las pendientes del lugar realizando abanalamientos o terrazas para poder cultivar en laderas. Los usos dominantes de estos suelos son agrícolas de olivar, viñedo, herbáceos en secano o, ocasionalmente, regadíos. Por su parte, los Xerofluvents están asociados a depósitos aluviales y terrazas jóvenes. Se encuentran formando parte de las vegas y deltas de los ríos desarrollando suelos fértiles cuyo principal uso es la horticultura y el regadío. Se suelen localizar en las llanuras de inundación.

2.2.4. Clima

2.2.4.1. Tipos de clima en la cuenca del Poyo.

Debido a la gran extensión de territorio que abarca la cuenca de la rambla del Poyo, el clima puede variar de una parte a otra de la cuenca. De acuerdo con la diferenciación del clima de la Comunidad Valenciana realizada por Pérez Cueva (1994), en la que establece ocho sectores climáticos, la cuenca objeto de estudio comprende estos tres sectores, cada uno correspondiente a una zona de la cuenca (alta, media y baja)

- **Clima de la llanura litoral septentrional:** Registra unas precipitaciones anuales de unos 450 mm, aumentando de sur a norte, con un máximo destacado en otoño, un débil

máximo secundario en primavera y un periodo seco estival de unos 4 meses. La temperatura media de enero fluctúa alrededor de los 10°C, y en julio y agosto se aproxima a los 25°C. Un aspecto destacado es la elevada humedad relativa en el periodo estival y el muy frecuente régimen de brisas marinas, que suavizan las temperaturas y aumentan la humedad del aire. La parte baja de la cuenca del Poyo pertenece a este sector climático.

- **Clima de la franja de transición:** Las temperaturas medias, disminuyen respecto a la costa por la mayor altitud, pero se incrementa la oscilación térmica, tanto la diaria como la anual. Los totales pluviométricos anuales oscilan alrededor de los 550 mm de promedio. Ahora bien, es importante destacar la heterogeneidad de esta larga franja, sobre todo en sus características pluviométricas. Es el sector climático correspondiente a la parte central de la cuenca.

- **Clima del sector central occidental:** Se trata de un clima con un volumen pluviométrico de unos 450 mm de promedio anual, repartido regularmente a lo largo de todo el año, salvo el período seco estival que comprende julio y agosto. Es un sector bastante propicio para las tormentas durante el período mayo-septiembre, acompañadas frecuentemente de granizo. Las temperaturas traducen la continentalidad y la altitud y se reducen notablemente, aumentando la oscilación y la formación de las heladas invernales. Son también frecuentes las nieblas de irradiación en las llanuras y fondos de valle. Dentro de la cuenca objeto de estudio, esta zona climática comprende la zona alta, más occidental y montañosa.

2.2.4.2. Elección de observatorios meteorológicos.

Los observatorios empleados para analizar los datos climáticos de la cuenca objeto de estudio se han seleccionado de acuerdo con criterios de proximidad geográfica a la misma. Seguidamente, en la Tabla 3, se presentan los datos de los observatorios elegidos:

Tabla 3. Observatorios meteorológicos de la cuenca del Poyo.

Observatorio	Municipio	Tipo	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Altitud (m)	Coordenadas	
						Latitud	Longitud
Picanya "Veyrat"	Picanya	Termopluviométrico	17,20	460,90	30	39°26'N	0°26'W
Turis "Masia Calabarra"	Turís	Termopluviométrico	15,90	514,20	203	39°24'N	0°37'W
Chiva "Agro"	Chiva	Termopluviométrico	16	585,60	315	39°27'N	0°44'N

Fuente: Geportal. Visor geográfico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)

Todas las estaciones pertenecen a la provincia de Valencia y se hallan dentro de los límites de la cuenca.

2.2.4.3. Clasificación climática

- **Índice de Thornthwaite**

La clasificación climática de Thornthwaite está 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. 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 lugar de medias mensuales de parámetros meteorológicos clásicos.

En definitiva, la fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, hacen referencia al *índice de humedad* y a la *eficacia térmica* de la zona, respectivamente. La tercera y cuarta letra, minúsculas, corresponden a la *variación estacional de la humedad* y a la *concentración térmica*, respectivamente.

A continuación se determinan cada una de estas cuatro letras para las estaciones meteorológicas estudiadas.

a) *Índice de humedad global*

El índice de humedad **Ih** se define como:

$$Ih = \frac{\sum_{i=1}^{12} E_i}{ETP} \times 100$$

Siendo:

E_i = Exceso de agua del mes i según un balance hídrico con reserva máxima de 100 mm, expresado en mm

ETP = Evapotranspiración anual, en mm

El índice de aridez I_a calcula con esta expresión:

$$I_a = \frac{\sum_{i=1}^{12} D_i}{ETP} \times 100$$

Donde:

D_i = Déficit de agua del mes i

Y el índice de humedad global se define como:

$$I_m = I_h - (0,6 \times I_a)$$

En la Tabla 4 se detallan los valores obtenidos de I_m para todas las estaciones de la zona de estudio, así como su letra correspondiente y su descripción.

Tabla 4. Valores de I_m para los observatorios de la cuenca.

Observatorio	Valor de I_m	Letra	Descripción
Picanya “ Veyrat”	-22,08	D	Semiárido
Turis “Masia Calabarra”	-18,25	C ₁	Seco subhúmedo
Chiva “Agro”	-9,58	C ₁	Seco subhúmedo

Fuente: Elaboración propia

b) Eficacia térmica

La suma de las evapotranspiraciones potenciales mensuales, es decir, la evapotranspiración anual ETP, sirve de índice para conocer la eficacia térmica del clima considerado.

Conociendo los valores de ETP de cada estación de la cuenca, proporcionados por los informes de estaciones meteorológicas del Geoportal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), la eficacia térmica en la zona de estudio queda definida por los valores presentados en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de ETP para los observatorios de la cuenca.

Observatorio	ETP	Letra	Descripción
Picanya “ Veyrat”	865	B’ ₃	Mesotérmico
Turis “Masia Calabarra”	806,1	B’ ₂	Mesotérmico
Chiva “Agro”	814,8	B’ ₂	Mesotérmico

Fuente: Elaboración propia

c) Variación estacional de la humedad

El objetivo de determinar esta variación está en saber si existe algún período húmedo en los climas secos y si existe algún período seco en los climas húmedos.

La variación estacional de la humedad se basa en el valor del índice de aridez **Ia**, al que se ha hecho referencia con anterioridad.

Así, la variación estacional de la humedad en la cuenca del Poyo se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Descripción de la variación estacional en la cuenca del Poyo.

Observatorio	Ia	Ih	Letra	Descripción variación estacional
Picanya “ Veyrat”	42,96	3,7	d	Exceso de agua pequeño o nulo
Turis “Masia Calabarra”	39,13	5,22	d	Exceso de agua pequeño o nulo
Chiva “Agro”	35,75	11,87	s	Exceso de agua invernal moderado

Fuente: Elaboración propia

d) Concentración térmica.

La concentración estival de la eficacia térmica viene determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual, expresada en porcentaje, es decir:

$$\% ETP_{\text{verano}} = \frac{ETP_{\text{verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \times 100$$

A partir de los valores de la ETP_{verano} suministrados por los informes de estaciones meteorológicas del Geoportal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se puede calcular el valor de $\% ETP_{\text{verano}}$ de la zona de estudio y de esta manera conocer el

tipo de concentración estival de la eficacia térmica que tiene lugar en la misma, como puede observarse en la Tabla 7.

Tabla 7. Tipo de concentración estival de la eficacia térmica en la cuenca del Poyo.

Observatorio	ETP _{verano}	%ETP _{verano}	Letra
Picanya “ Veyrat”	407,4	47,09	a’
Turis “Masia Calabarra”	380,1	47,15	a’
Chiva “Agro”	388,9	47,73	a’

Fuente: Elaboración propia

• **Índice de Papadakis**

La clasificación de Papadakis (1966,1980) pretende responder a la ecología de los cultivos, redefiniendo los climas en función de variables relevantes en cuanto a la viabilidad de cultivos comerciales. Como integradores de la ecología de los cultivos, Papadakis selecciona la severidad invernal (estación fría), el calor veraniego (estación cálida) y la sequía (disponibilidad o no de agua) y su distribución estacional.

El sistema define un tipo de invierno y un tipo de verano que juntos definen el régimen térmico. Por otra parte, en función de las precipitaciones y el balance de agua del suelo, se obtiene el régimen hídrico. Con el régimen térmico y el régimen hídrico se obtiene, finalmente, las unidades climáticas.

La clasificación climática de Papadakis para las estaciones meteorológicas de la cuenca se presenta a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8. Clasificación climática de Papadakis para los observatorios de la cuenca.

Observatorio	Tipo de invierno	Tipo de verano	Régimen de humedad	Régimen térmico	Clasificación climática
Picanya “Veyrat”	Ci	g	Me	Su	Mediterráneo subtropical
Turis “Masia Calabarra”	Ci	O	Me	MA	Mediterráneo marítimo
Chiva “Agro”	Ci	O	ME	MA	Mediterráneo marítimo

Fuente: Informes estaciones meteorológicas. Geoportal. Visor geográfico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Seguidamente se detalla el significado e interpretación de la nomenclatura utilizada por Papadakis en términos de ecología de cultivos, para los datos de la tabla anterior:

- Tipo de invierno

- Ci: Citrus. Se caracteriza por tener una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre -2,5 y 7°C, una temperatura media de las mínimas del mes más frío superior a 8°C, y una temperatura media de las máximas del mes más frío de 10 a 21°C.

- Tipo de verano

- O: Oryza. La duración de la estación libre de heladas es mayor de 4 meses y la media de las temperaturas medias de las máximas de los 2, 4 ó 6 meses más cálidos está entre 21 y 25°C.

- g: Gossypium fresco. La duración de la estación libre de heladas es mayor de 4,5 meses. La media de las temperaturas medias de las máximas de los 2, 4 ó 6 meses más cálidos es superior a 25°C. La media de las máximas del mes más cálido es menor de 33,5°C y la media de las mínimas del mes más cálido es mayor de 20°C.

- Régimen de humedad

- ME: Mediterráneo húmedo. Debe cumplirse que $Ln > 0,20ETP$ y/o $Ih > 0,88$. Donde:

Ln = Lluvia de lavado anual. Es la suma, para todos los meses del año, de la diferencia entre la precipitación mensual (P_m) y la evapotranspiración potencial mensual (ETP_m), es decir:

$$Ln = \sum_{m=1}^{12} (P_m - ETP_m)$$

Ih = Índice de humedad anual de Thornthwaite

- Me: Mediterráneo seco. Con $Ln < 0,20ETP$ y $0,22 < Ih < 0,88$. En uno o más meses con $T > 15^\circ C$ se cumple que el agua disponible cubre la ETP.

- Régimen térmico

- MA: Marino cálido. Se caracteriza por un tipo de invierno Citrus y un tipo de verano Oryza o Maize (verano suficientemente largo y cálido como para cultivar maíz pero marginal para arroz)

- Su: Subtropical semi-cálido. Caracterizado por invierno Citrus y verano Gossypium fresco.

- **Índice de Martonne**

El cálculo de este índice viene representado por esta expresión:

$$I_m = \frac{P}{t_m + 10}$$

Donde:

P = Precipitación media anual en mm

t_m = Temperatura media anual en °C

En la Tabla 9 se detallan los valores de P y de t_m para cada estación meteorológica, así como el índice de Martonne (I_m) calculado.

Tabla 9. Valores de P, tm e índice de Martonne, de los observatorios de la zona de estudio.

Parámetro	Picanya “Veyrat”	Turís “Masia Calabarra	Chiva “Agro”
P (mm)	460,90	514,20	585,60
t_m (°C)	17,20	15,90	16
I_m	16,94	19,85	22,52

Fuente: Elaboración propia a partir de los Informes de estaciones meteorológicas. Geoportal. Visor geográfico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Martonne establece una clasificación de zonas climáticas en función del valor calculado para este índice. De esta manera, para la zona de estudio se distinguen las siguientes zonas climáticas:

- En los observatorios de Picanya “Veyrat” y Turís “Masia Calabarra” el clima resultante es **semiárido de tipo mediterráneo**.
- El observatorio de Chiva “Agro” se encuentra en una zona climática **subúmeda**.

- **Bioclimas de Gaussen**

En esta clasificación se reconocen doce regiones bioclimáticas, basándose en el número de meses en los que la temperatura media mensual (Ti) es mayor de 0°C y en el número de meses en los que la precipitación media mensual (Pi) es menor o igual al doble de la temperatura media mensual.

La cuenca del barranco del Poyo se encuentra situada dentro de la región bioclimática **mexoaxérica**, que se caracteriza porque los 12 meses del año tiene temperaturas medias

mensuales mayores de 0°C y no hay ningún mes del año en el que la precipitación media mensual sea menor o igual que el doble de la temperatura media mensual. Además, la media anual de las temperaturas mínimas mensuales es menor de 15°C.

- **Índice de agresividad del clima de Fournier (F)**

Este índice define la torrencialidad de la cuenca y la erosión producida por factores pluviométricos mediante la expresión:

$$F = \frac{p^2}{P}$$

Donde:

p = Precipitación del mes más lluvioso del año, en mm

P = Precipitación anual

Fournier, al definir este índice de agresividad se basa en el cálculo anual del mismo, para así calcular también, año a año, la degradación específica o erosión mediante sus regresiones.

De acuerdo con los datos pluviométricos registrados para cada estación meteorológica de la cuenca, el índice de agresividad del clima obtenido es: Picanya “Veyrat”, F = 9,68; Turís “Masía Calabarra”, F = 10,25; Chiva “Agro”, F = 16,94.

Años más tarde, Arnoldus modificó este índice teniendo en cuenta la precipitación media mensual en lugar de la precipitación del mes más lluvioso. Considera tanto los efectos de la concentración mensual de la lluvia como la altura de la misma. El índice modificado de Fournier (IMF) es igual a:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

Siendo p_i la precipitación media mensual y P la precipitación anual.

El índice modificado de Fournier calculado para los observatorios de la cuenca del Poyo es: Picanya “Veyrat”, F = 46,15; Turís “Masía Calabarra”, F = 51,25; Chiva “Agro”, F = 62,58.

2.2.5. Vegetación y cultivos

2.2.5.1. Vegetación potencial

Las asociaciones potenciales de vegetación que existen en la cuenca del Poyo son dos:

1) Lentiscales, coscojares, acebuchales, encinares (*Quercus ilex rotundifolia*) y encinares alsinares (*Quercus ilex ilex*). Esta asociación domina en la casi totalidad de la superficie de la cuenca.

2) Quejigares, melojares o rebollares, encinares alsinares, robledales pubescentes y pedunculados, hayedos. Se trata de una asociación de vegetación potencial que únicamente se localiza en una pequeña área del extremo más occidental de la cuenca, esto es, en la zona alta de la cuenca.

De acuerdo con el mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (AEFA, 2007) la clasificación biogeográfica de la cuenca objeto de estudio es la siguiente:

- Reino Holártico
- Región Mediterránea
- Subregión Mediterránea occidental
- Provincia Catalano-Provenzal-Balear
- Subprovincia Valenciana
- Sector Valenciano-Tarraconense

De los pisos climáticos que forman la Región Mediterránea, la cuenca incluye áreas de los pisos Mesomediterráneo y Termomediterráneo.

De acuerdo con la clasificación de series de vegetación de España (Rivas Martínez, 1987), en la cuenca del Poyo existen las siguientes series, enumeradas según su localización geográfica dentro de la misma, de oeste a este:

a) Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de *Quercus rotundifolia* o encina. *Bupleuro rigidi- Querceto rotundifoliae sigmetum*. Es la serie que ocupa mayor superficie de la cuenca, ocupando más de la mitad de la misma. El denominador común de esta serie es un ombroclima seco y unos suelos ricos de carbonato cálcico. El carrascal o encinar representa la etapa madura de la serie y lleva asociado un cierto número de arbustos esclerófilos en el sotobosque o monte bajo (*Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus var. parvifolia* y *Rhamnus lycioides subsp. lycioides*) que aumentan su biomasa, tras la total o

parcial desaparición o destrucción de la encina, y se convierten en etapa de garriga en muchos casos. En esta serie, las etapas extremas de degradación son los tomillares, que pueden ser muy diversos entre sí en su composición florística (Gypsophiletalia, Rosmarino-Ericion, Sideritido-Salvion lavandulifoliae, etc).

La vocación de estos territorios es agrícola (cereal, viñedo, olivar) y ganadera extensiva (ovino). Las repoblaciones de pinos sólo son recomendables en las etapas de extrema degradación del suelo como cultivos protectores y deben basarse en pinos pioneros (*Pinus pinea*) y sobre todo en pinos carrascos (*Pinus halepensis*).

b) Serie termomediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basofila de *Quercus rotundifolia* o encina. *Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum*. En esta serie valenciana de la carrasca el óptimo es un encinar esbelto, el *Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae*. La serie se asienta en territorios con ombroclima variable, desde el tipo seco de Valencia y Castellón, con precipitaciones anuales próximas a 450 mm, muy similar al que existe en la cuenca objeto de estudio, al prácticamente húmedo de Pego, con precipitaciones anuales en torno a los 975 mm, en la Marina Alta. En los territorios donde esta asociación de carrascal ejerce el papel de dominio climácico, la explotación agrícola de los suelos más profundos comenzó hace muchos siglos. Es por eso que en esta zona termomediterránea de la cuenca, los restos de carrascales son poco significativos en el paisaje actual, dominado por parcelas de frutales de secano principalmente. Por el contrario, los bosquetes y garrigas termófilas de lentiscos, palmitos y coscojas, que primitivamente debieron ocupar solamente áreas marginales respecto al encinar, aún se hallan en zonas con suelos menos profundos (laderas abruptas, crestas, suelos de costra caliza, etc), e incluso son preponderantes en territorios de ombroclima semiárido. Dentro de esta serie, es probable encontrar, además del complejo de los carrascales con palmitos y de su etapa sustitutiva o adyacente el Querco cocciferae-Pistacietum lentiscisci, las garrigas con lentiscos y aladiernos de hoja amplia (*Rhamnus alaternus subsp. alaternus*, *Quercetum cocciferae pistacietosum lentiscisci*) del piso mesomediterráneo pertenezcan a esta serie.

c) Geomegaseries riparias mediterráneas y regadíos. Corresponde a la zona de desembocadura, próxima a la Albufera.

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

Para caracterizar la vegetación actual existente y la distribución de los usos de suelo en la cuenca del Poyo, se ha consultado las hojas 694, 695, 720, 721 y 722 del mapa de Cultivos

y Aprovechamientos a escala 1:50000 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Además se ha elaborado el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del Suelo (véase Anejo I, Mapa nº5), donde se han distribuido los usos del suelo en los siguientes:

0. Improductivo. En este grupo se incluyen los núcleos urbanos, playas, ríos y otras superficies sin ningún aprovechamiento agrario. También los cultivos en invernadero.
1. Frutal de regadío. Los frutales de regadío dentro de la zona de estudio se corresponden, principalmente con cítricos, de los cuales predominan los naranjos y mandarino.
2. Frutal de secano. Este grupo está compuesto por almendros y algarrobos y, en menor medida, olivos.
3. Cultivos herbáceos. Se incluyen aquí todos los cultivos herbáceos de secano y de regadío, fundamentalmente cultivos hortícolas y arroz. También se enmarcan en este grupo las parcelas destinadas a labor intensiva y extensiva.
4. Viña y frutal de secano. Se consideran en este grupo los cultivos de viñedo y sus asociaciones con frutales de secano, como almendro y olivo.
5. Matorral. Se considera matorral al terreno poblado por especies arbustivas espontáneas.
6. Bosque. Dentro de este grupo se incluyen los bosques de arbolado forestal, principalmente coníferas.

La vegetación forestal está formada por arbolado y matorral con monte bajo y se localiza principalmente en la parte alta de la cuenca, con un relieve más accidentado y montañoso. Aquí se observa especies de coníferas, principalmente Pino carrasco (*Pinus halepensis*) y bosques de encina (*Quercus rotundifolia*), árbol dominante, y otras especies arbóreas como *Bupleurum rigidum*, *Teucrium pinnatifidum* y *Thalictrum tuberosum*. El matorral denso de las áreas más montañosas de la cuenca lo constituyen especies tales como la coscoja (*Quercus coccifera*), el espino negro (*Rhamnus lycioides*), el jazmín amarillo (*Jasminum fruticans*) y la retama amarilla (*Retama sphaerocarpa*), mientras que las especies que conforman el matorral degradado dentro de esta zona son la aliaga (*Genista scorpius*), el tomillo macho (*Teucrium capitatum*), el espliego (*Lavandula latifolia*) y *Helianthemum rubellum*. Las especies de pastizal que se pueden encontrar en estas áreas son el esparto (*Stipa tenacissima*), *Brachypodium ramosum* y *Brachypodium distachyon*. Por otra parte, existen

otras áreas de matorral y monte bajo en otras zonas de la cuenca más orientales. En este caso, sigue predominando la encina (*Q. rotundifolia*), pero acompañadas por otras especies diferentes de estrato arbóreo más bajo como *Rubia longifolia*, *Quercus coccifera* y *Smilax aspera*. Como especies de matorral denso se pueden destacar *Cytisus patens*, *Hedera helix*, y *Genista valentina*. Como especies de matorral degradado predominan *Ulex parviflorus*, indicadora de zonas que han sufrido incendios, *Erica multiflora* y *Thymus piperella*. Las especies de pastizal que prevalecen son *Brachypodium ramosum*, *Brachypodium distachyon* y *Sedum sediforme*.

Por otra parte, la vegetación agrícola ocupa alrededor de un 56% de la superficie de la cuenca. Predomina el cultivo de frutales, donde el regadío, representado en su gran mayoría por cítricos, supone en torno a un 10% del área de la cuenca. Se trata fundamentalmente de parcelas de naranjos y mandarinos, localizadas en la zona media y baja. Los terrenos ocupados por frutales de secano constituyen un 30% de la superficie de la cuenca, distribuyéndose a lo largo de la parte central de la zona de estudio, y están dedicados al cultivo de almendros, algarrobos y olivos, si bien éste último se encuentra con una menor representación. También existen algunas parcelas de frutales con melocotoneros, albaricoqueros y caquis, entre otros, principalmente en cultivo de regadío.

Cabe destacar el cultivo de viñedo, que en muchas ocasiones se presenta asociado con otros frutales, como almendro, olivar o algarrobo. Estas zonas de viñedo representan algo más del 5% del territorio de la cuenca donde se cultivan en los términos municipales de Chiva, Cheste y Godelleta.

Finalmente, los cultivos herbáceos están formados, en gran parte, por cultivos hortícolas de regadío. Tienen su mayor desarrollo en las parcelas de L'Horta, dentro del área metropolitana de la ciudad de Valencia, y en la zona próxima a La Albufera, en la desembocadura de la cuenca, donde predomina el cultivo del arroz.

2.2.5.3. Mapa forestal

Para la elaboración del mapa de distribución zonal de las especies forestales de la cuenca del Poyo se han utilizado las zonas 7-7 (Lliria) y 8-7 (Valencia) del Mapa Forestal de España disponible a escala 1:200000 en formato shape en la página web del MAGRAMA. Las especies forestales que pueden hallarse en la cuenca se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Especies forestales en la cuenca del Poyo.

Código	Nombre de la especie	Área ocupada en la cuenca (Km ²)	% Territorio de la cuenca
24	Pinus halepensis	15,120000	3,52
26	Pinus pinaster	1,568000	0,37
45	Quercus ilex rotundifolia	4,731000	1,10
169	Brachypodium retusum	37,810000	8,80
185	Dittrichia viscosa	1,745000	0,41
338	Semidesierto de canchales, gleras, cascajares y pedregales	1,268000	0,30
342	Desierto por excavaciones o escombreras de minas y canteras	0,328500	0,08
378	Garriga media degradada	22,010000	5,12
379	Garriga clara, muy degradada o incipiente	7,899000	1,84
400	Herbazal rudero-nitrófilo	0,149600	0,03
458	Pastizal estacional denso	0,776200	0,18
534	Cultivos agrícolas	333,400000	77,62
543	Arundo donax	0,129800	0,03
553	Arbutus canariensis	2,567000	0,60
TOTAL CUENCA		429,502100	100

Fuente: Mapa Forestal de España 1:200000 (1997)

A la vista de estos datos, destaca la gran superficie cubierta por cultivos agrícolas, que representa más de un 75 % del área total de la cuenca, si bien este porcentaje se ha visto reducido en los últimos años por el abandono de cultivos en algunas zonas de la cuenca.

En el Mapa nº6 del Anejo I se muestra la distribución de estas especies en la cuenca.

2.2.5.4. Espacios protegidos

Son múltiples los espacios protegidos con presencia dentro de la cuenca, si bien la superficie que ocupan es variable dependiendo de uno u otro, siendo, en algunos casos, muy escasa su representación dentro de la superficie de la cuenca. Entre los espacios naturales protegidos localizados total o parcialmente dentro del territorio de la cuenca hay Parques Naturales, Parajes Naturales Municipales y espacios naturales integrados en la Red Natura 2000, bien como Lugar de Interés Comunitario (LIC) o bien como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

En el Mapa nº7 del Anejo I, se presenta la distribución geográfica de los espacios protegidos dentro del territorio de la cuenca estudiada.

a) Parques Naturales

Los Parques Naturales que se integran dentro de la cuenca del Poyo lo están de manera parcial. Son el Parque Natural de l'Albufera y el Parque Natural del Turia.

El Parque Natural de l'Albufera constituye uno de los humedales costeros más representativo y valioso de la Comunidad Valenciana y de la cuenca mediterránea. Tiene una superficie total de 21.120 hectáreas y está situado a 10 kilómetros de la ciudad de Valencia. Fue declarado en 1986 como Parque Natural, y desde el año 1990 está incluido en la Lista de zonas húmedas de importancia internacional para las aves establecida por razón del Convenio de Ramsar de 2 de febrero de 1971. Desde el año 1994 está incluido en las áreas ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves), y desde 1992 es zona LIC (Lugar de Interés Comunitario).

La mayor parte de la superficie del parque está ocupada por cultivos de arroz y por la propia laguna litoral. La vegetación de dunas está constituida por especies propias de dunas móviles, tales como la barrón o la campanilla de mar, especies de dunas fijas como el lentisco y el aladierno. La vegetación de zonas encharcadas consta de carrizos, eneas y masiega. La vegetación de substrato rocoso, está representada por el tomillo, el romero y la aliaga, con algunos ejemplares de pino carrasco.

En cuanto a la fauna existente hay que destacar la presencia de endemismos mediterráneos como las gambetas, los moluscos de los géneros Unio y Anodonta y el samaruc y el fartet, como especies piscícolas, y gaviotas, garzas y patos colorados, como especies avícolas.

Dentro de la cuenca, el Parque Natural de l'Albufera cuenta con una superficie aproximada de unas 50,92 hectáreas, en la zona de desembocadura, lo que representa un 0,24% de la superficie del parque y un 0,2% de la superficie de la cuenca.

El Parque Natural del Turia, declarado el 13 de abril de 2007, se encuentra incluido en la llanura del río Turia. Con una superficie de 4.692 hectáreas se extiende por las comarcas de L'Horta, El Camp de Túria y Los Serranos. Además de la existencia de pinares de pino carrasco y matorral mediterráneo posee una buena representación de la Huerta Valenciana.

Entre la vegetación del Parque Natural del Turia destaca la vegetación de ribera como los cañares de *Arundo donax*, y especies arbóreas como álamos, chopos negros y sauces blancos. Es importante la presencia de pinares de pino carrasco y matorrales de tomillo, romero, lentisco, palmito y aliaga.

Por otra parte, las explotaciones agrícolas, representan una extensa superficie destinada sobre todo al cultivo de regadío, fundamentalmente de cítricos y hortalizas, y en menor medida al cultivo de secano (algarrobo, almendro y olivo).

Por lo que se refiere a la fauna, el número de especies de vertebrados identificados hasta la fecha en el Parque Natural del Turia es superior a 150, alguna de las cuales están incluidas en el Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas. El territorio cubierto por el Parque Natural del Turia dentro de los límites de la cuenca del Poyo es de unas 4,57 hectáreas, principalmente en el término municipal de Ribarroja del Turia.

b) Parajes Naturales Municipales

Los Parajes Naturales Municipales (PNM) son una de las siete categorías de espacios protegidos definidas en la Ley 11/1994 de 27 de diciembre de la Generalitat Valenciana, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana.. Los PNM son gestionados por los ayuntamientos promotores.

En el territorio de la cuenca objeto de estudio aparecen tres PNM, de los cuales dos están integrados parcialmente, como la Sierra de Chiva y Les Rodenes, y uno lo está totalmente, la Sierra Perenchisa.

El Paraje Natural Municipal Sierra de Chiva delimita la cuenca del Poyo en su extremo noroccidental y cubre una superficie de 3.350 hectáreas, íntegramente en el término municipal de Chiva, lo que representa cerca del 58% de la superficie total del paraje y casi un 8% de la superficie de la cuenca. Es el espacio natural protegido más importante de la cuenca en cuanto a superficie ocupada.

El Paraje Natural Municipal Sierra de Chiva se sitúa en el término municipal de esta misma localidad, en la comarca de la Hoya de Buñol. Comprende unas 5.740 hectáreas de superficie, abarcando parte de los relieves de la Sierra de las Cabrillas, y áreas pertenecientes a la Sierra de los Bosques, ambas pertenecientes al dominio estructural del sistema Ibérico. Geomorfológicamente se caracteriza por tener altitudes próximas a los 1000 metros sobre el

nivel del mar, y una red de drenaje configurada por profundos barrancos encajados entre paredes de fuerte desnivel. Su cubierta vegetal presenta un grave deterioro por la reiteración de incendios forestales en las últimas décadas, por lo que la vegetación dominante está compuesta por especies pirofíticas, mejor adaptadas a los efectos del fuego. No obstante, existen áreas donde la regeneración natural ha permitido recuperar la cubierta arbórea, predominando el pino carrasco (*Pinus halepensis*), la carrasca (*Quercus ilex*), y el fresno de flor (*Fraxinus ornus*), arbusto endémico de la Comunidad Valenciana. En cuanto a la riqueza faunística del Paraje Natural Municipal Sierra de Chiva, destacan las aves rapaces, como el águila perdicera, el aguilucho cenizo y el halcón peregrino.

Por su parte, Les Rodanes fue declarado Paraje Natural Municipal en febrero de 2002 y ocupa únicamente 22,6 hectáreas dentro de la cuenca objeto de estudio, en los términos de Vilamarxant y Ribarroja del Turia, de las 591,77 hectáreas que lo constituyen. La vegetación dominante está constituida por formaciones de estepa negra y jaguarzo morisco. La fauna está representada por cerca de 50 especies de aves y 15 de mamíferos, destacando el ratonero común y la lechuza común en las primeras, y la comadreja, el zorro y el jabalí en las segundas.

Finalmente, el Paraje Natural Municipal Serra Perenxisa, fue declarado como tal en febrero de 2006, y sus 174,38 hectáreas se localizan íntegramente dentro de la cuenca del Poyo, en el término municipal de Torrente. El paraje alberga una vegetación constituida principalmente por especies como la coscoja, el lentisco, la aliaga, el brezo y el palmito como arbustos de mayor porte. A este matorral arbustivo hay que unir especies de menor porte como el romero, el poleo, el tomillo, la pebrella, especie endémica del territorio valenciano, la jara blanca, y algunas especies de leguminosas y gramíneas. El estrato arbóreo lo forman, principalmente, ejemplares de pino carrasco. También pueden encontrarse pequeños grupos de carrascas, algarrobos y olivos. La avifauna es el grupo faunístico mejor representado en el paraje, destacando la curruca, el colirrojo tizón, el carbonero común y el jilguero, además de especies rapaces como el cernícalo común y el autillo.

c) Red Natura 2000

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea de zonas especiales de conservación creada por la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Se trata del principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea.

Los Lugares de Interés Comunitario (LICs) son zonas de especial conservación en base a la presencia en estos lugares de especies consideradas prioritarias por la directiva 92/43/CEE de la Unión Europea. Estos lugares pueden llegar a formar parte de la Red Natura 2000 después de superar una serie de requerimientos y entonces pasan a ser declarados Zonas de Especial Protección (ZEP).

La cuenca del Poyo alberga en su territorio dos LICs: La Albufera y el Barranco Hondo de Cheste. La Albufera, como ya se ha comentado anteriormente, tiene una gran importancia para la conservación de numerosas aves acuáticas y varios endemismos vegetales. La superficie declarada como LIC La Albufera es de 27.538 hectáreas, de las cuales 20.882 son continentales y 6.656 son marinas. Además del área continental, el LIC La Albufera incluye un sector destacable del frente litoral del Parque, por la presencia de hábitats de interés como las praderas de Posidonia. Por otra parte, el LIC Barranco Hondo de Cheste, de una hectárea de superficie, se localiza totalmente en la cuenca, dentro del término municipal de Cheste. Se trata de un lugar que alberga una población notable del quiróptero *Rhinolophus hipposideros*.

La ZEPA declarada dentro de la cuenca con mayor relevancia es L´Albufera, con unas 48,5 hectáreas aproximadamente.

2.2.5.5. Montes a cargo de la administración

Dentro de la cuenca del Poyo se localizan un total de cinco montes a cargo de la administración, la mayoría de manera parcial. En la Tabla 11 se presentan algunas características de cada uno de estos montes.

Tabla 11. Montes a cargo de la administración en la cuenca del Poyo.

Código de Monte	Denominación	Pertenencia	Utilidad Pública	Superficie (ha)	Término municipal
V3012V067	Sierra de Chiva	Ayuntamiento	Sí	3797,92	Chiva
V3007V068	Malacara	Ayuntamiento	Sí	40,28	Siete Aguas
V091	Las Rodanas	Ayuntamiento	Sí	21,76	Vilamarxant
V3003V066	La Cabrera, Malacara y el Guixal	Ayuntamiento	Sí	1338,4	Buñol
V1071	Vivero central de Quart	Generalitat	No	9,84	Quart de Poblet

Fuente: Segundo Inventario Forestal Nacional. Escala 1:50000 (1986-1997)

En el Mapa nº8 del Anejo I se muestran los montes gestionados por la administración que se incluyen en la cuenca del Poyo.

2.2.6. Características socioeconómicas

2.2.6.1. Datos geográficos

La cuenca del Poyo alberga un total de cinco comarcas, de forma parcial: La Hoya de Buñol, L'Horta, La Ribera Alta, El Camp de Turia y Los Serranos, si bien esta última ocupa una superficie muy poco significativa dentro de la cuenca ya que apenas llega a la hectárea. De las cinco comarcas, La Hoya de Buñol es la que mayor superficie representa, ya que cerca de un 34% de la misma se halla dentro de los límites de la cuenca. Los municipios más relevantes dentro de la cuenca se presentan en la Tabla nº12 donde, entre otras características, se muestra el porcentaje del área del municipio ocupada por la cuenca.

Tabla 12. Municipios situados en la cuenca del Poyo.

Municipio	Comarca	Superficie (km ²)	Altitud (m)	Distancia a la capital de provincia (km)	Área ocupada por la cuenca (%)
Chiva	Hoya de Buñol	178,7	240	30	82,7
Cheste	Hoya de Buñol	71,4	110	27	80,4
Godolleta	Hoya de Buñol	37,5	266	29	100
Torrent	L'Horta Oest	69,3	66	9	81,4
Buñol	Hoya de Buñol	112,4	441	40	26,7
Turís	Ribera Alta	80,5	270	35	31,7
Riba-roja de Túria	Camp de Túria	57,5	125	20	27,4
Quart de Poblet	L'Horta Oest	19,6	40	5	60,3
Aldaia	L'Horta Oest	16,1	50	8	65,6
Picanya	L'Horta Oest	7,1	15	7	74,8
Catarroja	L'Horta Sud	13	16	8	29,7
Paiporta	L'Horta Sud	3,9	52	6	73,5
Alaquás	L'Horta Oest	3,9	33	7	69,3

Fuente: Fichas municipales del Instituto Valenciano de Estadística (2011)

2.2.6.2. Demografía y análisis de la población

La densidad de población de los municipios que incluyen una mayor parte de su territorio en la cuenca es la siguiente: Chiva (81,4 hab/km²), Cheste (117,1 hab/km²), Godelleta (90,5 hab/km²), Torrent (1.151,8 hab/km²), Buñol (89,7), Turís (81,3), Riba-roja de Túria (361), Quart de Poblet (1297), Aldaia (1888), Picanya (1564,2), Catarroja (2084), Paiporta (6101,8) y Alaquàs (7761,5). En la Figura 5, se muestra la evolución de la población de estos municipios en los últimos años, y en la cual se pone de manifiesto un incremento de la población en los municipios próximos a la zona de desembocadura de la cuenca.

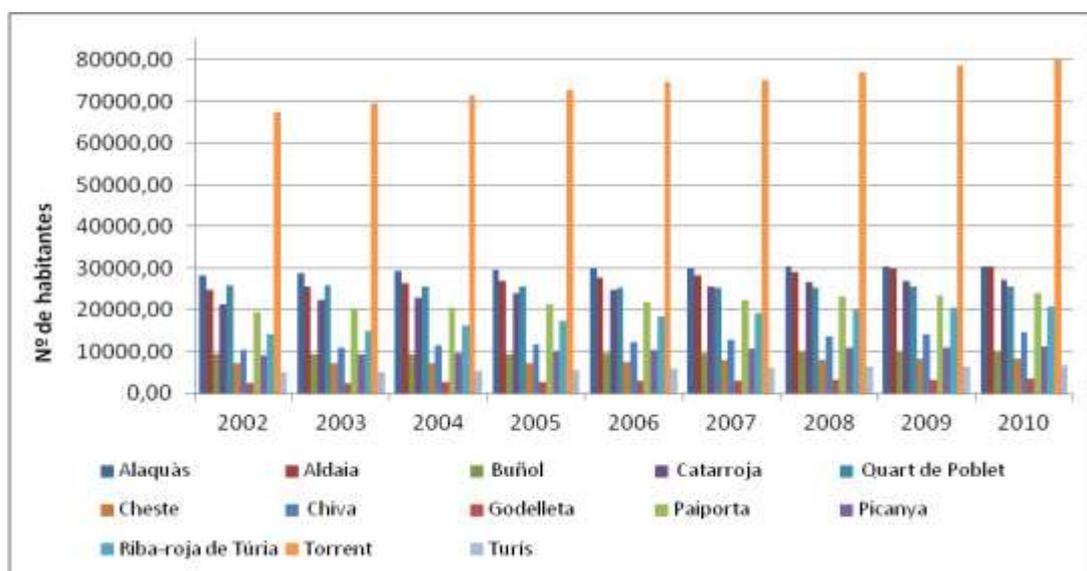


Figura 5. Evolución de la población por municipio. Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas municipales (Actualización 2011)

Los movimientos migratorios registrados en cada uno de los municipios de la cuenca se detallan en la Figura 6, con datos del año 2009:

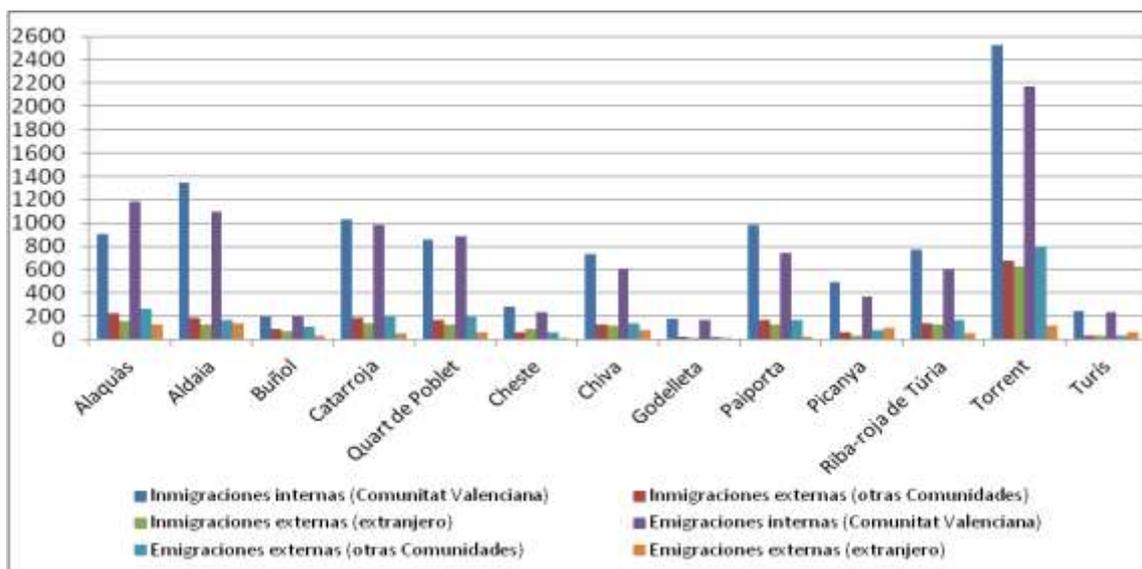


Figura 6. Variaciones residenciales por municipio. Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Banco de Datos Territorial (2009).

Los datos relativos a nacimientos y defunciones, así como los datos de crecimiento vegetativo, se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Nacimientos, defunciones y crecimiento vegetativo en los municipios de la cuenca del Poyo.

Municipio	Nacimientos	Defunciones	Crecimiento vegetativo
Alaquàs	331	210	121
Aldaia	357	217	140
Buñol	108	96	12
Catarroja	463	215	248
Quart de Poblet	228	216	12
Cheste	66	68	-2
Chiva	174	110	64
Godella	49	23	26
Paiporta	323	137	186
Picanya	110	85	25
Riba-roja de Túria	259	125	134
Torrent	965	603	362
Turís	87	41	46

Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Banco de Datos Territorial (2009).

2.2.6.3. El mercado de trabajo

El mercado laboral de los principales municipios de la cuenca se basa fundamentalmente en el sector servicios, aunque también es importante la contribución de la industria y la construcción. En la Tabla 14 se muestra el porcentaje de trabajadores por sector de actividad que hay en cada municipio.

Tabla 14. Trabajadores por sector de actividad, expresados en porcentaje.

Municipio	Agricultura	Industria	Construcción	Servicios
Alaquàs	1,3	30,3	16,9	51,4
Aldaia	0,8	29,7	11,1	58,3
Buñol	0,7	40,6	19,8	38,9
Catarroja	2,2	23,1	13,1	61,6
Quart de Poblet	2	29,2	13,4	55,5
Cheste	9,5	54,2	11,1	25,2
Chiva	3,1	31,5	14,8	50,6
Godolleta	24,9	9,2	27,4	38,6
Paiporta	2,7	19,7	19,4	58,1
Picanya	5,2	12,8	12,6	69,4
Riba-roja de Túria	1,3	19,9	12,1	66,7
Torrent	2,4	14,8	18,9	64
Turís	8,5	15,9	25,4	50,2

Fuente: Caja España. Fichas municipales (Actualización 2007)

Cabe destacar la baja repercusión que implica el sector primario en el conjunto del mercado de trabajo de la cuenca.

2.2.6.4. Análisis de los sectores económicos

2.2.6.4.1. Sector primario

La actividad del sector primario en los municipios de la cuenca se basa en la agricultura y en la ganadería. Las superficies cultivadas en regadío suponen un 56% de las tierras labradas en los municipios de la cuenca, predominando las áreas destinadas a cítricos.

Éstos se localizan en los municipios de la cuenca media y baja, destacando las numerosas hectáreas destinadas a naranjos y mandarinos. Las tierras de secano implican el 44% de la superficie cultivada en los municipios de la cuenca y se localizan en su mayoría en los municipios más occidentales (Buñol, Cheste, Chiva y Turís), destacando el viñedo de uva para vino, el algarrobo, el almendro y el olivar para aceite.

En cuanto a la ganadería, hay dos municipios de la cuenca, Alaquás y Paiporta, que carecen de actividad ganadera. En cualquier caso, se trata de una actividad ganadera basada principalmente en el sector porcino y bovino y, en menor medida, en el avícola y el ovino.

2.2.6.4.2. Sector secundario

El sector secundario está constituido por la industria y la construcción. En los municipios de la cuenca, la actividad industrial se centra en tres subsectores: la industria extractiva, la industria manufacturera y la producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua. Por lo tanto, la actividad en el sector secundario queda distribuida en esos tres subsectores, además del sector de la construcción. En la tabla 15 se observa dicha distribución expresada en porcentaje de trabajadores y empresas sobre el total de la actividad en el sector secundario.

Tabla 15. Trabajadores y empresas del sector secundario, expresados en porcentaje, por municipio.

Municipio	Industrias extractivas		Industrias manufactureras		Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua		Construcción	
	Trabajadores	Empresas	Trabajadores	Empresas	Trabajadores	Empresas	Trabajadores	Empresas
Alaquás	0,1	0	64,1	63,4	0	0	35,8	36,6
Aldaia	0,1	0,2	72,5	67,5	0,2	1	27,3	31,2
Buñol	1,2	2,4	65,9	50,4	0,2	1,6	32,7	45,5
Catarroja	0	0	63,7	55,3	0,1	0,6	36,2	44,1
Cheste	0,5	2,4	82,1	41,7	0,4	3,9	17,1	52
Chiva	0,2	0	67,3	48,6	0,6	4,5	31,9	46,9
Godolleta	3,9	3	20,4	18,2	0,9	3	74,9	75,8
Paiporta	0,1	0	50,3	48,4	0	0	49,6	51,6
Picanya	0,1	0	70	48,6	0,4	1,9	29,6	49,5

CAPÍTULO 2.MATERIAL Y MÉTODOS

Quart de Poblet	0,6	0,5	68	62,2	0,1	0,5	31,4	36,8
Riba-roja de Túria	0,9	0,8	61,4	46,9	0,2	2	37,8	50,3
Torrent	0	0	51,5	42,2	1,1	1,7	47,4	56
Turís	0,8	1,2	37,9	31,3	1	6	60,3	61,4

Fuente: Caja España. Fichas municipales (Actualización 2007)

A partir de estos datos se deduce el gran peso que posee la industria manufacturera en la actividad industrial, siendo además el principal sustento en el que se basa el desarrollo del sector secundario. En la mayoría de los municipios representa más del 60% de los trabajadores dedicados al sector secundario, y en muchos de ellos, casi la mitad de las empresas de este sector pertenecen a la industria manufacturera. La construcción es el otro pilar en el que se apoya el sector secundario, aunque tiene una importancia menor que la industria. Dentro de los municipios de la cuenca, el porcentaje de trabajadores en el sector de la construcción comprende un intervalo que varía entre el 17,1% de Cheste y el 74,9% de Godelleta, del total de trabajadores en el sector secundario. Por su parte, las empresas suponen entre el 31,2 y el 75,8%, valores correspondientes a los municipios de Quart de Poblet y de Godelleta, respectivamente.

En términos globales, la actividad destinada al sector secundario dentro de la cuenca tiene un peso porcentual de un 15% sobre la actividad del sector secundario en la provincia de Valencia, referido tanto a trabajadores como a empresas; si se compara con el desarrollo del sector secundario en la Comunidad Valenciana, este peso alcanza casi un 8% en trabajadores y un 7% en empresas. En definitiva, se puede concluir que la actividad económica de la cuenca del Poyo en el sector secundario tiene una importancia relativa con respecto a la actividad desarrollada en este sector en la provincia de Valencia y en la Comunidad Valenciana.

2.2.6.4.3. Sector terciario

El sector terciario o sector servicios es el que representa el mayor porcentaje de ocupación en la mayoría de municipios. La actividad del sector terciario dentro de la cuenca se centra fundamentalmente en tres subsectores: comercio, hostelería y turismo, y actividades financieras.

El número de establecimientos comerciales en los municipios de la cuenca se presenta en la Tabla 16, desglosándose en establecimientos de comercio al por menor y establecimientos de comercio al por mayor.

Tabla 16. Establecimientos comerciales en los municipios de la cuenca.

MUNICIPIO	Comercio al por menor			Comercio al por mayor e intermediarios	Total subsector comercial
	Alimentación, bebidas y tabaco	Productos no alimenticios	Mixto y otros		
Alaquás	146	340	71	274	831
Aldaia	148	445	66	293	952
Buñol	58	104	16	29	207
Catarroja	168	168	302	525	580
Cheste	74	96	14	55	239
Chiva	51	141	24	126	342
Godolleta	16	26	6	15	63
Paiporta	129	205	46	162	542
Picanya	51	98	18	135	302
Quart de Poblet	160	325	43	245	773
Riba-roja de Túria	83	284	41	396	804
Torrent	335	762	256	400	1753
Turís	51	60	8	29	148

Fuente: Caja España. Fichas municipales (Actualización 2010)

La actividad comercial se encuentra más desarrollada en los municipios más orientales, como Torrent y Aldaia. En general, el comercio destinado a productos no alimenticios cuenta con un mayor número de establecimientos. También es interesante remarcar que, aunque cuenta con muchos más establecimientos que el comercio al por mayor, el comercio al por menor ha experimentado un descenso de casi el 13% en el número de establecimientos entre los años 2007 y 2010, mientras que el comercio al por mayor ha incrementado sus establecimientos en el 5% durante el mismo período. El peso porcentual que tiene el subsector comercial de la cuenca con respecto al de la provincia de Valencia es de un

11%, mientras que este porcentaje con respecto al subsector comercial de la Comunidad Valenciana se reduce hasta algo más del 5%.

Por otra parte, el subsector hostelero y turístico de la cuenca, con menor peso que el comercial en cuanto número de establecimientos, significa casi un 10% del existente en la provincia de Valencia y un 4 % del subsector hostelero y turístico de la Comunidad. Cabe destacar el descenso producido en el número de establecimientos de este subsector que han experimentado todos los municipios entre los años 2007 y 2010, con la excepción del municipio de Paiporta que ha mantenido el número de establecimientos.

Finalmente, el subsector de actividades financieras hace referencia a la existencia y actividad de bancos y cajas ahorros, que en la cuenca supone algo más de un 9,5% del subsector financiero de la provincia de Valencia y un 5% del que hay en la Comunidad. Es interesante resaltar que, de los tres subsectores que componen el sector terciario de los municipios de la cuenca, el subsector financiero es el único que posee una variación positiva en el número de establecimientos, en el período 2007-2010.

2.3. *Hidrología forestal*

2.3.1. Reseña hidrográfica

La cuenca de la Rambla del Poyo se organiza a partir de las últimas estribaciones orientales del Sistema Ibérico, en las sierras de los Bosques y la Cabrera. La rambla nace de la confluencia del Barranco del Gallo, que se inicia a 840 m de altitud, en la Sierra de la Cabrera; y del Barranco Grande, que comienza a unos 900 m en la Sierra de los Bosques. El área comprendida por esta cuenca se sitúa inmediatamente al sur del río Turia y comprende un área de unos 429,5 km². El cauce principal tiene una longitud de unos 52 km y una pendiente media de 1,49%.

Siguiendo una dirección NO-SE, tres colectores principales, Barranco Grande, Barranco de la Cueva Morica y la Rambla del Gallo-Chiva, confluyen en las cercanías de la población de Cheste, tomando el nombre de la Rambla del Poyo y desemboca en la Albufera como Barranc de Torrent.

En la parte alta de la cuenca los barrancos van encajados en materiales calizos y margosos. A la salida del llano el cauce del Barranco del Gallo llega a desaparecer entre

Buñol y Chiva, y vuelve a aparecer en las inmediaciones de Chiva, donde a su paso por esta población se encaja entre areniscas y conglomerados. Aguas abajo se une al Barranco Grande y se encaja en margas y arcillas. La rambla desaparece de nuevo en el término municipal de Manises, sin llegar a confluir con el Barranco del Gállego. Su cauce se desvanece en una superficie cuaternaria antigua, aunque el agua sigue la línea de máxima pendiente hasta confluir con el Barranc de Torrent.

Por lo que respecta a sus afluentes, se pueden distinguir dos grandes conjuntos. Por una parte, los afluentes que drenan las sierras de cabeceras cuyos cauces están perfectamente encajados en materiales predominantemente calizos. Por otro lado, están los afluentes que circulan por materiales miocenos (arcillas y margas) y pliocenos (conglomerados y areniscas). En este último caso, el agua se encauza por barrancos de fondo plano, lo que hace disminuir la densidad de drenaje que sólo computa los cauces bien definidos. El gran desarrollo de dichos barrancos en esta área es un factor importante a considera, sobre todo en los momentos de crecida. En estos casos excepcionales la considerable anchura y rugosidad de estos cauces, ya que la mayoría están abancalados y cultivados, pueden agravar tales sucesos. Desde el punto de vista de la morfometría, la longitud total de los cauces de la cuenca de la Rambla del Poyo es de unos 423 km, de los cuales 52 km pertenecen al cauce principal como ya se ha mencionado anteriormente.

La red de drenaje de la Rambla del Poyo presenta una estructuración básicamente diferenciada por la naturaleza de las litologías en las que se asienta. El sistema de barrancos situados en cabecera, encajados sobre calizas y dolomías cretácicas, conforman una red dendrítica bien jerarquizada. Entre Cheste y Torrent, el cauce medio, la red de drenaje tiene un trazado asimétrico, recibiendo la gran mayoría de aportes por su margen derecha.

2.3.2. Características morfológicas

Para caracterizar morfológicamente la cuenca será necesario calcular tres parámetros de la misma: parámetros de forma, de relieve y relativos a la red hidrográfica.

2.3.2.1. Parámetros de forma: coeficiente de Gravelius

El índice de compacidad de Gravelius relaciona la longitud del perímetro de la cuenca con la circunferencia de un círculo con igual superficie que la cuenca. Este índice se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_g = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

C_g = Coeficiente de compacidad de Gravelius

P = Perímetro de la cuenca = 122,12 km

A = Superficie de la cuenca = 429,5 km²

A medida que este factor se aproxima a la unidad, se considera que la cuenca tiene una forma más circular y, por tanto, más compacta, en cuyo caso la cuenca tendrá mayores posibilidades de generar caudales con mayores picos.

Considerando que el perímetro de la cuenca del Poyo es de unos 122,12 km y su superficie de 429,5 km², el coeficiente de Gravelius obtenido es de $C_g = 1,65$. De acuerdo con este valor, la forma de la cuenca del Poyo es entre óvalo-oblonga y rectangular-oblonga, aunque el valor de C_g está más próximo a 1,75, por lo que se puede considerar que la cuenca tiene una forma rectangular-oblonga.

2.3.2.2. Parámetros de relieve

El relieve es un factor importante en el comportamiento de la cuenca, ya que a mayores desniveles en la cuenca, mayor es la velocidad de circulación y menor el tiempo de concentración, lo que implica un aumento del caudal de punta. Para caracterizar el relieve de la cuenca se van a calcular cuatro parámetros: curva hipsométrica, altura media, altitud media y pendiente media.

- Curva hipsométrica

Se define la curva hipsométrica como la representación gráfica del relieve medio de la cuenca, introduciendo en el eje de abscisas, las longitudes proporcionales a las superficies proyectadas de la cuenca, en km² o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, e introduciendo en el eje de ordenadas las cotas de las curvas de nivel consideradas. Es decir, es una curva que indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca, en km², que existe por encima de una cota determinada.

En la Tabla 17 se indican las cotas y sus superficies asociadas, de la cuenca objeto de estudio.

Tabla 17. Superficies por encima de cada cota, superficie relativa, superficie acumulada en % y superficie relativa en %, en la cuenca del Poyo.

Cota (m)	Superficie por encima de la cota (km ²)	Superficie relativa	% Acumulado	% Relativo
1052	0	0,15	0	0,03
1000	0,15	4,7	0,03	1,09
900	4,85	11,54	1,13	2,69
800	16,39	15,12	3,82	3,52
700	31,51	15,43	7,34	3,59
600	46,94	14,62	10,93	3,40
500	61,56	16,96	14,33	3,95
400	78,52	53,2	18,28	12,39
300	131,72	107,81	30,66	25,10
200	239,53	113,01	55,76	26,31
100	352,54	77,01	82,07	17,93
0	429,5	0	100	0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 7 se representa la curva hipsométrica obtenida para la cuenca del Poyo:

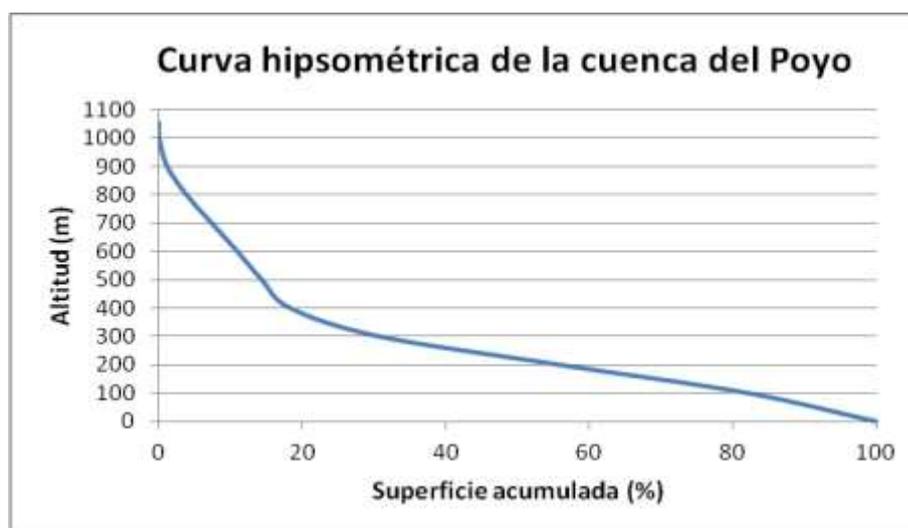


Figura 7. Curva hipsométrica de la cuenca del Poyo.

- Altura media

La altura media viene dada por la siguiente expresión:

$$h = \frac{V}{S}$$

Siendo:

h = Altura media, expresada en metros

V = Volumen de la unidad hidrológica, expresada en km^3 , obtenido midiendo el área comprendida entre la curva hipsométrica de la cuenca y los ejes de coordenadas.

S = Superficie de la unidad hidrológica, es decir, de la cuenca, expresada en km^2

Un procedimiento adecuado para calcular el volumen de la cuenca consiste en aplicar la siguiente expresión:

$$V = \sum a_i \times c_i$$

Donde:

V = Volumen de la cuenca (km^3)

a_i = Superficie relativa comprendida entre cada intervalo de cotas (km^2)

c_i = Cota media de cada intervalo de cotas (km)

En la Tabla nº18 se indican los parámetros que intervienen en el cálculo del volumen de la cuenca para cada intervalo de cotas:

Tabla 18. Superficie relativa entre cotas, cotas medias para cada intervalo y valor del producto resultante.

Intervalo de cotas (m)	Superficie relativa a_i (km^2)	Cota media c_i (km)	$a_i \times c_i$ (km^3)
1000-1052	0,15	1,026	0,1539
900-1000	4,7	0,95	4,465
800-900	11,54	0,85	9,809
700-800	15,12	0,75	11,34
600-700	15,43	0,65	10,0295
500-600	14,62	0,55	8,041

400-500	16,96	0,45	7,632
300-400	53,2	0,35	18,62
200-300	107,81	0,25	26,9525
100-200	113,01	0,15	16,9515
0-100	77,01	0,05	3,8505

Fuente: Elaboración propia

El volumen de la cuenca, expresado en km^3 , viene dado por el sumatorio del producto **ai x ci** de cada intervalo, y es igual a **117,85** km^3 . Conociendo el área, que son $429,5 \text{ km}^2$, la altura media **h** de la cuenca del Poyo, será igual a:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{117,85}{429,5} = 0,274 \text{ km}$$

Por tanto, la altura media **h** es 274 m.

- Altitud media

Este parámetro se obtiene mediante la suma de la altura media y de la cota más baja de la cuenca, esto es:

$$H = h + \text{cota mínima}$$

Sabiendo que el valor de la cota mínima registrada dentro de la cuenca del Poyo es de 4,43 m sobre el nivel del mar, y que la altura media **h** es 274 m, la altitud media **H** es **278,43** m.

- Pendiente media

Se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante. Su expresión es la siguiente:

$$J = 100 \times \frac{E \times \sum L_i}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%)

E = Equidistancia entre curvas de nivel (km)

L_i = Longitud de la curva de nivel i (km)

A = Superficie de la cuenca (km^2)

Teniendo en cuenta que la equidistancia entre curvas de nivel es de 10 m y el sumatorio de todas sus longitudes es 5872,34 km, la pendiente media J obtenida para la cuenca del Poyo es:

$$J = 100 \times \frac{0,01 \times 5872,34}{429,5} = 13,67\%$$

2.3.2.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica

- Densidad de drenaje

Se define como la longitud media de curso por unidad de superficie, es decir, la relación entre la suma de las longitudes de los cursos de agua y la superficie de la cuenca:

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

Siendo:

D_d = Densidad de drenaje, expresada en km^{-1}

$\sum l_i$ = Suma de las longitudes de los cauces que integran la cuenca, en km

A = Superficie de la cuenca, en km^2

Sabiendo que la suma de las longitudes de todos los cauces que integran la cuenca es de 423,37 km, y la superficie de la cuenca es 429,5 km^2 , la densidad de drenaje será igual a:

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A} = \frac{423,37}{429,5} = 0,9857 \text{ km}^{-1}$$

- Pendiente media del cauce principal

Es la relación entre la altura total del cauce principal, es decir, la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima del cauce, y la longitud del mismo:

$$j = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \times 100$$

Donde:

j = Pendiente media del cauce principal, expresada en %.

$H_{\text{máx}}$ = Cota máxima del cauce, en metros

$H_{\text{mín}}$ = Cota mínima del cauce, en metros

L = Longitud del cauce principal, en metros

Sabiendo que $H_{\text{máx}} = 784 \text{ m}$, $H_{\text{mín}} = 9,89 \text{ m}$, y $L = 52039,6 \text{ m}$, la pendiente media del cauce principal de la cuenca del Poyo es $j = 1,49 \%$.

2.3.4. Erosión en la zona de estudio

De acuerdo con la cartografía temática de erosión actual proporcionada por la C.O.P.U.T., en el 52% de la superficie de la cuenca del Poyo se cuantifica una erosión muy baja, con pérdidas de suelo inferiores a las 7 toneladas/ha/año, principalmente en la zona media y en la zona baja de la cuenca. Observando el mapa de capacidad uso del suelo de la cuenca (Anejo I, Mapa nº 9), se deduce que esta tasa de pérdidas de suelo se asocia a una capacidad de uso de suelo de moderada a elevada, si bien en la desembocadura de la cuenca se corresponde con una capacidad muy elevada. De acuerdo con el mapa de pendientes (véase Anejo I, Mapa nº10), la pendiente existente en esta zona de erosión muy baja permite que los procesos erosivos sean más suaves ya que, en gran parte de este área, se sitúa por debajo del 2% y en ningún caso supera el 15%. En contraposición, las zonas de erosión alta, que representan un 21% del territorio de la cuenca, y con unas pérdidas de 40-100 t/ha/año, están relacionadas con pendientes elevadas, de 15-30% o superiores al 30% con o sin grandes desniveles, y con una cobertura matorral más o menos densa de matorral y bosque de coníferas. Estas zonas de erosión alta se encuentran en la parte más occidental de la cuenca y en algunas áreas de la zona media de la misma, y están asociadas a capacidades de uso del suelo de baja a muy baja. Finalmente, las áreas de erosión moderada, que suponen un 15% de la superficie de la cuenca, se hallan localizadas en la zona alta de la cuenca así como en áreas del extremo sur de la parte media de la misma. Se corresponden con una capacidad moderada de uso y pendientes medias de 8-15%, aunque puede ser baja o muy baja en emplazamientos con pendientes muy elevadas, 15-30% ó 30-45% con laderas acentuadas.

En la Figura 8 se observa la distribución geográfica de la erosión actual que se produce en la cuenca del Poyo.

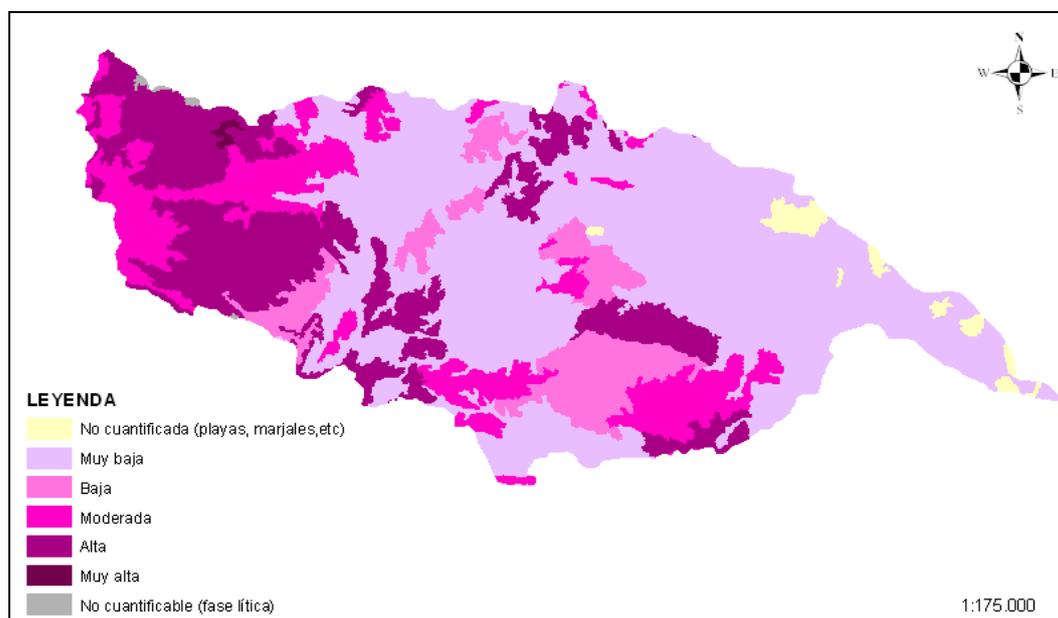


Figura 8. Erosión actual en la cuenca del Poyo. Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía base

Por otra parte, basándose en la cartografía de erosión potencial de la misma fuente se concluye que, en la mayor parte de la superficie de la cuenca, la erosión potencial se clasifica en 3 estados erosivos: erosión potencial muy alta, que ocupa el 36% de la cuenca, y está localizada en el extremo occidental y en áreas importantes de la mitad sur de la zona media; erosión potencial moderada, que se extiende en un 30% de la superficie, predominando de forma clara en la zona media de la cuenca; y erosión potencial baja, con un 28% del territorio, la mayoría correspondiente a la zona de desembocadura de la cuenca. En la Figura 9 se indica la erosión potencial existente en la cuenca objeto de estudio.

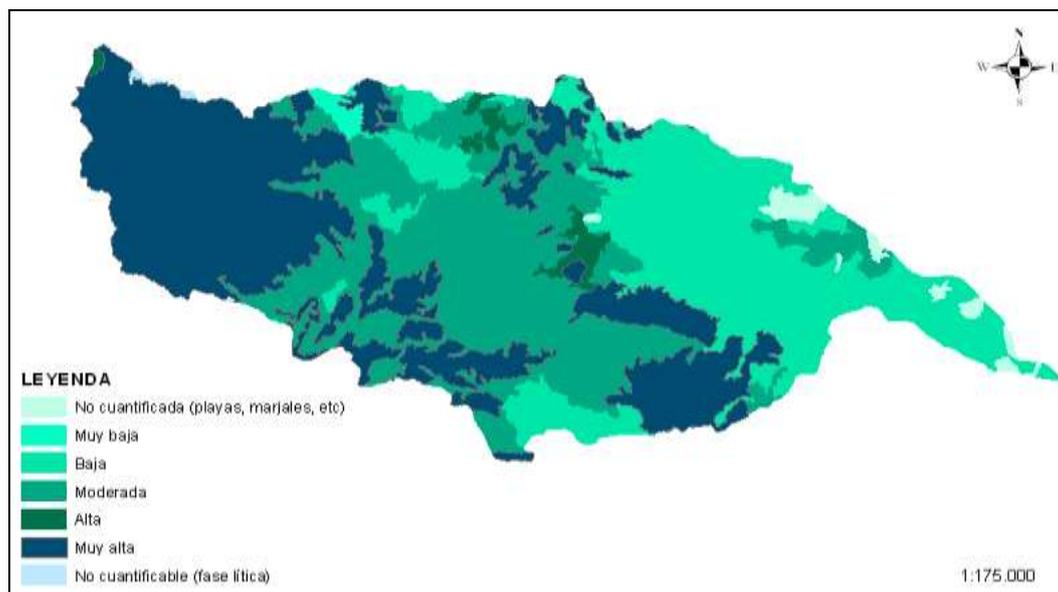


Figura 9. Erosión potencial en la cuenca del Poyo. Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía base

A continuación se indican los valores cuantitativos correspondientes a los estados erosivos que se detallan en las leyendas de los mapas de erosión actual y erosión potencial, obtenidos de la información de metadatos del visor web GVA.

- Muy baja: 0-7 toneladas/ha/año
- Baja: 7-15 toneladas/ha/año
- Moderada: 15-40 toneladas/ha/año
- Alta: 40-100 toneladas/ha/año
- Muy alta: más de 100 toneladas/ha/año

2.3.4.1. Índices de protección del suelo por la vegetación

La aplicación de los índices de protección del suelo por la vegetación es uno de los métodos más utilizados para reflejar el grado de protección de la cubierta vegetal frente a la erosión hídrica. Estos índices se construyen combinando los efectos protectores de la cubierta vegetal, según su clase y estado, con la pendiente del terreno.

López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1976) elaboraron la “Tabla de Índices de Protección del Suelo por la Vegetación” (véase Tabla 19) basándose en las siguientes hipótesis:

- La vegetación arbórea y arbustiva con suficiente densidad protege al suelo para cualquier valor de la pendiente.
- Las tierras con cultivos agrícolas sin prácticas de conservación se consideran estables en pendientes inferiores a la iniciación de la erosión, determinada en ensayos de laboratorio. La pendiente de iniciación a la erosión es aquella a partir de la cual comienzan los problemas de arrastre de las partículas más finas de la superficie del suelo. Para valores de la pendiente del terreno comprendidos entre la iniciación de la erosión y la pendiente de arrastre total, que es aquella que establece el límite en el que se inician los procesos de erosión generalizada, la estabilización sólo es posible mediante prácticas de conservación del suelo adecuadas.
- La cubierta herbácea (pastizales) bien conservada únicamente da garantía de estabilidad en pendientes inferiores al 30%.

Tabla 19. Índices de protección por la vegetación.

Tipo de vegetación	Estado de la vegetación	Pendientes	Índices de protección
Forestal	Masas arbóreas densas (densidad $\geq 0,7$)	Para cualquier pendiente	1,0
	Masas arbóreas de densidad inferior a 0,7, con sustrato arbustivo o herbáceo no degradado	Para cualquier pendiente	1,0
	Masas arbóreas de densidad inferior a 0,7, con sustrato arbustivo o herbáceo degradado	3	0,4
		2	0,8
		1	1,0
	Vegetación arbustiva no degradada	Para cualquier pendiente	1,0
	Vegetación arbustiva degradada	3	0,2
		2	0,6
		1	0,2
	Pastizales bien conservados	Inferiores al 30%	0,9
Superiores al 30%		0,6	
	Pastizales degradados	Para cualquier pendiente	0,3
Agrícola	Cultivos agrícolas sin prácticas de conservación	3	0,0
		2	0,5
		1	0,9
	Cultivos agrícolas con prácticas de conservación	1 y 2	1

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

		3	0,3
Terrenos desnudos	-	3	0,0
		2	0,5
		1	0,9
1: Pendiente inferior a la iniciación de la erosión 2: Pendiente comprendida entre el inicio de la erosión y el arrastre total 3: Pendiente superior a la de arrastre total Nota: Estos valores son relativos a cada tipo de suelo diferenciado de la cuenca.			

Fuente: López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1976)

Para dar una idea de los valores que se relacionan con las dos pendientes críticas, anteriormente citadas, se especifica que, para la pendiente de iniciación de la erosión el valor es del 12%, mientras que para la pendiente de arrastre total es de entre el 18 y el 24% en adelante.

El I.C.O.N.A. (1982) elaboró una matriz, a partir de la Tabla de índices de protección del suelo por la vegetación, para indicar la mayor o menor protección frente a la erosión que produce una formación vegetal dependiendo de la pendiente del terreno. En esta matriz (véase Tabla 20), se establece una relación entre los estratos de vegetación considerados por ICONA, y los estados de la vegetación reflejados en la tabla anterior, donde se muestra para cada uno de ellos su índice de protección para cada rango de pendientes.

Tabla 20. Matriz definidora del mapa de protección del suelo por la vegetación.

VEGETACIÓN		PENDIENTE (%)					
Estratos de la vegetación (ICONA, 1982)	Estado de la vegetación (López Cadenas y Blanco, 1978)	1	2	3	4	5	6
		0-12	12-18	18-24	24-35	35-60	> 60
Arbolado denso	Masas arbóreas de densidad \geq 0,7, o masas arbóreas de densidad inferior a 0,7, con sustrato arbustivo o herbáceo no degradado	1	1	1	1	1	1
Arbolado claro	Masas arbóreas de densidad $<$ 0,7, con sustrato arbustivo o herbáceo degradado	1	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
Matorral	Vegetación arbustiva degradada	0,8	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2
Pastizales de montaña	Pastizales bien conservados	0,9	0,8	0,8	0,7	0,4	0,4

Erial a pastos	Pastizales degradados	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Cultivos arbóreos y viñedos	Cultivos	0,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
Cultivos en regadío	Cultivos en regadío	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Improductivo	Terrenos desnudos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: I.C.O.N.A. (1982)

Adaptando los valores de la tabla anterior a los estratos de vegetación y rangos de pendientes correspondientes a la cuenca del Poyo, se han obtenido los siguientes índices de protección del suelo por la vegetación, que se indican en la Tabla 21.

Tabla 21. Matriz de índices de protección del suelo por la vegetación según estratos de vegetación, en la cuenca del Poyo.

Estrato de vegetación	Rangos de pendientes (%)					
	0-3	3-12	12-24	24-30	30-40	> 40
Improductivo	0	0	0	0	0	0
Frutal regadío	0,9	0,9	0	0	0	0
Frutal secano	0,6	0,6	0,3	0	0	0
Herbáceos	0,9	0,9	0	0	0	0
Viña y frutal	0,6	0,6	0,3	0	0	0
Bosque	1	1	1	1	1	1
Matorral	0,9	0,9	0,6	0,5	0,4	0,2

Fuente: Elaboración propia

En el Mapa nº11 del Anejo I se muestra la distribución de estos índices de protección dentro del territorio de la cuenca.

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

La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) es un método empírico que sirve para estimar los promedios anuales de pérdidas de suelo, y está enfocado hacia planes específicos de restauración medioambiental y conservación del suelo. Se trata de un modelo especialmente adaptado para evaluar la erosión laminar y surcos o regueros. La bondad del modelo depende del rigor con el que los seis factores que componen la ecuación, reproduzcan las condiciones del medio al interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos. El fundamento del modelo USLE está documentado suficientemente en los estudios originales

de Wischmeier y Smith (1978) que comprobaron, al contrastar una base de datos de 2300 parcelas, que USLE daba predicciones de pérdidas medias anuales con un error de ± 5 t/ha, en el 84% de los casos en que se aplicó, y también en estudios posteriores, que dan cuenta de este modelo (Afif y Oliveira, 2005)

La ecuación básica del modelo USLE para la estimación de pérdidas medias de suelo como consecuencia de la erosión hídrica laminar y en regueros, es la siguiente:

$$A = R \times K \times (L \times S) \times C \times P$$

Donde:

A = Pérdidas de suelo por unidad de superficie para el período de tiempo considerado, expresado en toneladas/ha/año

R = Factor lluvia (índice de erosión pluvial), expresado en J. cm / m². hora

K = Factor erosionabilidad del suelo, expresado en t. m². hora / ha. J. cm

L = Factor longitud de la ladera, expresado en metros

S = Factor pendiente de la ladera, expresado en %

C = Factor cubierta y manejo del suelo, adimensional

P = Factor de prácticas de conservación del suelo, adimensional

El objetivo de este apartado es representar cartográficamente los resultados del modelo USLE aplicados a la cuenca objeto de estudio mediante un mapa de niveles cuantitativos actuales de pérdidas medias anuales de suelo. Para ello se utilizarán diversos mapas temáticos de la zona de estudio que, mediante su intersección por técnicas SIG (Sistemas de Información Geográfica), darán lugar al mapa resultante de pérdidas de suelo. Los mapas temáticos que se van a utilizar son:

- Pendientes
- Usos del suelo y/o vegetación
- Litología / Edafología

2.4.1. Métodos de cálculo de los factores USLE

2.4.1.1. Factor erosividad de la lluvia (R)

El índice de erosión pluvial o factor de erosividad de los aguaceros, se define como el producto de la energía cinética de un aguacero por su máxima intensidad en 30 minutos.

Para estimar el valor de R en la zona de estudio se utiliza el método propuesto por Zaragoza *et al* (2007), que emplea los datos pluviométricos disponibles en las estaciones pluviométricas convencionales. Este método se basa en el índice de Fournier modificado (IFM). Así, la fórmula propuesta por Zaragoza *et al* es:

$$R = 2,56 \times IFM^{1,065} \times 0,56^{Z_2} \times 1,66^{Z_4}$$

Donde **R** es el índice de erosión pluvial, **IFM** es el índice de Fournier modificado y Z_2 y Z_4 son factores zonales propuestos por ICONA-INTECOSA. El valor de IFM se calcula con la siguiente expresión:

$$IFM = \sum_1^{12} \frac{pd^2}{P}$$

Siendo **pd** la precipitación máxima diaria mensual y **P** la precipitación media anual.

Los valores de **R** obtenidos para la zona de estudio varían entre 83 y 117 J.cm / m².hora.

2.4.1.2. Factor erosionabilidad (K)

Este factor expresa la influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la dispersión, aplastamiento, abrasión y a las fuerzas de transporte.

Se determina empíricamente y es el valor de las pérdidas de suelo por unidades del índice de erosión pluvial, para un suelo determinado en barbecho continuo, con una pendiente del 9% y una longitud de ladera de 22,1 m.

Para la mayoría de suelos, K varía entre 0,74 y 1,70, pero su magnitud relativa puede llegar a variar de 1 a 20, lo que da una idea de su influencia como factor de erosión. En la

práctica, no obstante, su peso es escaso, ya que para los suelos más comunes, los franco-limosos, varía de 0,60 a 1,12 t/ha.

Un procedimiento para calcular el valor del factor de erosionabilidad K, consiste en utilizar la ecuación de ajuste que relaciona dicho factor con las características físico-químicas del suelo y de textura. No obstante, puesto que no se dispone de datos de análisis de suelos de la cuenca, este procedimiento no es posible aplicarlo en el caso del cálculo de K para la zona de estudio.

Finalmente, para estimar el valor de K de la cuenca del Poyo, se ha utilizado un procedimiento que se ajusta mejor a los datos disponibles de la zona de estudio, y que está basado en distintas investigaciones (García-Fayos, J. L. Hernández y J.L. Rubio, 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. Las conclusiones de estas investigaciones son que, además de la clara relación existente con el tipo de suelo, el factor K presenta también una correlación muy destacada con el tipo de litología, con respecto al resto de variables antes mencionadas. Por tanto, como existe información litológica de la cuenca, se estimará el factor K en base a la misma. Zaragoza *et al* (2007) a partir de las investigaciones descritas, y para una zona de estudio, localizada en Crevillente (Alicante), elaboró una tabla (véase Tabla 22), que relacionaba la litología con el factor K.

Tabla 22. Relación del factor K con la litología.

Descripción litología	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
Calcarenita	0,16
Calcáreas tobáceas	0,14
Calcáreas y areniscas	0,14

Calcáreas y dolomías	0,14
Calcáreas y margas	0,22
Caliza zoógena	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
Conglomerados y arcillas	0,22
Conglomerados y margas: caliche	0,18
Conglomerados, areniscas y arcillas	0,16
Cuaternario indiferenciado arenas, gravas	0,22
Detrítico cañadas	0,24
Dolomías	0,14
Dunas	0,26
Lentejón detrítico intercalado	0,2
Limos y arcillas	0,28
Limos y arenas	0,28
Margas ocre claro con niveles arenosos	0,32
Margas y areniscas	0,28
Margocalizas	0,16
Terra rossa: dolinas	0,28

Fuente: Zaragoza et al (2007)

Basándose en los valores de K proporcionados por esta tabla y en el mapa de litología de la cuenca del Poyo, se obtienen los valores de este factor para cada grupo litológico presente en la misma.

2.4.1.3. Factor longitud-inclinación (LS)

Los factores **L** y **S**, longitud y pendiente de ladera respectivamente, se agrupan en un solo factor **LS**, que introduce el relieve como elemento fundamental para que actúe la erosión. Para conseguir una mayor precisión en su elaboración, es necesario utilizar Modelos Digitales

del Terreno (MDT), ya que su estimación se complica a medida que el relieve es más complejo.

Para la obtención del factor topográfico de la cuenca del Poyo se ha considerado los valores proporcionados en la Tabla 23 (Mintegui Aguirre *et al*, 1993), donde se indica, para cada pendiente, su longitud de declive λ y el valor final del factor topográfico **LS**.

Tabla 23. Factor topográfico LS.

s (%)	m = 0.30		m = 0.40		m = 0.50		m = 0.60	
	λ	LS	λ	LS	λ	LS	λ	LS
100							5	28,5
70					8,5	21,8		
60					11	18,5		
30			58	10,7				
24	64	6,7						
18	78	4,4						
12	100	2,4						
3	233	0,5						

Fuente: Mintegui et al (1993)

De acuerdo con los intervalos de pendientes considerados para la cuenca del Poyo, los factores LS establecidos para cada uno de ellos se muestran en la Tabla nº24.

Tabla 24. Valores considerados de LS en función del intervalo de pendientes en la cuenca del Poyo.

Código	Rangos de pendientes (%)	Factor topográfico LS
1	0-3	0,5
2	3-12	2,4
3	12-24	6,7
4	24-30	10,7
5	30-40	13,3
6	> 40	18,5

Fuente: Elaboración propia

2.4.1.4. Factor cubierta vegetal (C)

La influencia del cultivo en la erosión se manifiesta a través de la especie cultivada, de su posición dentro de la alternativa, las mezclas cuando existan, la forma y número de labores, la productividad, la existencia de mayor o menor erosividad de la lluvia en el período del año en que se realiza el cultivo, etc. Sin embargo, el número de combinaciones es muy elevado y

no es posible separar los efectos de cada uno de los supuestos, por lo que se utilizan mediante un solo factor.

El efecto que la vegetación proporciona al suelo y que es recogido en la determinación del factor **C**, se debe fundamentalmente:

- A la protección aérea que la vegetación proporciona al suelo, creando una especie de pabellón cubierto.
- A la protección que proporciona la vegetación al ras del suelo, y al efecto beneficioso que se produce en la defensa del suelo contra la erosión, cuando el crecimiento de las plantas es lo bastante denso.
- A los efectos que los residuos de la vegetación tienen en la protección del suelo, tanto porque la cubren, como porque pueden variarle algunas de sus propiedades físicas, por ejemplo, produciéndole un aumento de la porosidad, siempre que éstas no estén consideradas en el factor **K**.

Es difícil de fijar, debido a la infinidad de formas de vegetación, cultivo y tratamiento.

El factor **C** es la relación entre la pérdida de suelo en un terreno cultivado en condiciones específicas y la pérdida correspondiente del suelo en barbecho continuo. Esta comparación se hace suponiendo que son semejantes las condiciones suelo, pendiente y lluvia.

El I.C.O.N.A. (1982) propuso unos valores medios para el factor C adaptados a las condiciones del territorio español que se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25. Valores del factor C propuestos por I.C.O.N.A.

Tipo de cubierta	Factor C (ICONA)
Arbolado forestal denso	0,01
Arbolado forestal claro	0,03
Matorral con buena cobertura	0,08
Matorral ralo y eriales	0,2
Cultivos arbóreos y viñedos	0,4
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Cultivos en regadío	0,04

Fuente: I.C.O.N.A. (1982)

De esta manera, los valores medios del factor de cobertura vegetal C para la cuenca del Poyo se han obtenido adaptando los valores anteriores propuestos por ICONA. Para hacer esta adaptación se ha realizado una generalización cartográfica a partir del mapa de cultivos y aprovechamientos, estableciendo para cada agrupación un factor C, como se indica en la Tabla 26.

Tabla 26. Valores del factor C adaptados para la cuenca del Poyo.

Estrato de vegetación	Factor C
Bosque	0,02
Matorral	0,14
Frutal regadío	0,22
Frutal seco	0,4
Herbáceos	0,25
Viña y frutal	0,4
Improductivo	0

Fuente: Elaboración propia

2.4.1.5. Factor de prácticas de conservación (P)

Expresa la influencia que ejercen las prácticas de cultivo, corrección y conservación en la erosión hídrica. La función de este factor es disminuir el valor de pérdida de suelo obtenido, suponiendo que existen o van a llevarse a cabo prácticas de conservación, tales como cultivos en fajas, terrazas, etc., en el área de estudio.

En la Tabla 27 se muestran los valores propuestos por Wischmeier y Smith (1978) para el factor P, en función de la pendiente y la práctica de conservación.

Tabla 27. Factor P de prácticas de conservación.

Pendiente del terreno (%)	Cultivo en contorno o a nivel	Cultivos en fajas	Cultivos en terrazas
1-2	0,60	0,30	0,12
3-8	0,50	0,25	0,10
9-12	0,60	0,30	0,12
13-16	0,70	0,35	0,14
17-20	0,80	0,40	0,16
21-25	0,90	0,45	0,18

Fuente: Wischmeier y Smith (1978)

En la zona de estudio se han observado prácticas de conservación principalmente en aquellas zonas donde las pendientes son algo más pronunciadas, entre 3 y 12 %. Los valores de P para la cuenca del Poyo se han adaptado a partir de los valores propuestos en la tabla anterior, de manera que se han estimado unos valores medios para cada agrupación de cultivos, siendo el valor de P igual a 1 en aquellos cultivos en los que no se han observado prácticas de conservación, como se indica en la Tabla 28.

Tabla 28. Factor P de prácticas de conservación en la cuenca del Poyo.

Agrupación de cultivo	Valor medio de P
Frutal de secano	0,31
Viña y frutal	0,27
Frutal de regadío	1
Herbáceos	1

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el modelo USLE

La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) ha sido empleada en todo el mundo para numerosos propósitos y para muy diferentes condiciones. Su uso es particularmente recomendado (Cadenas de Llano, 1998) para:

- Predecir la pérdida media anual de suelo en una parcela concreta, con un uso y ordenación determinados.
- Servir de guía en la selección de las medidas de conservación de un terreno determinado. Para ello, es preciso conocer la tolerancia de pérdidas de suelo del terreno, lo que a su vez permite efectuar la ordenación agrológica del espacio considerado.
- Estimar la reducción en las pérdidas del suelo que pueden obtenerse con distintas alternativas de cultivo y/o manejo.
- Definir cuál de las prácticas de conservación incluidas en el factor P es la más adecuada para el terreno.

La tolerancia a la pérdida de suelo es la cantidad de tierra que, expresada en toneladas por unidad de superficie y año, puede perder un perfil edáfico manteniendo su nivel de productividad actual durante un largo período de años. 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.

Al establecer los límites de pérdidas que se pueden tolerar se suelen tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Es preciso mantener un espesor adecuado del suelo favorable para la producción agrícola y forestal durante largo tiempo. Deberá pues, tenerse presente el efecto de la erosión sobre los rendimientos de los cultivos en los suelos de que se trate.
2. Las pérdidas habrán de ser menores que aquellas que provocasen formación de surcos y cárcavas.
3. Habrán de ser también inferiores a las que causarían un considerable aterramiento en los cauces de desagüe, cunetas de carretera, etc.
4. Las pérdidas no deben llegar al punto de que por erosión o aterramiento las semillas de cultivos corran el riesgo de perderse.

Conocer la tolerancia de un suelo a las pérdidas resulta, algo primordial para definir los efectos que puede ocasionar la erosión en un futuro más o menos inmediato. La tolerancia depende de las propiedades del suelo en sí mismo, de la profundidad, topografía y erosión precedente sufrida.

En cultivos de suelos fértiles y profundos las pérdidas de suelo tolerables se estiman en medio milímetro del perfil edáfico superior por año. Admitiendo un peso específico del suelo de 2 tn/m^3 , las pérdidas se evalúan en 10 tn/ha año. Esta cifra normalmente es superada, siendo frecuente que se sitúen entre 17 y 20 tn/ha año en zonas agrícolas de alta potencialidad y aplicándose una elevada tecnología agraria.

En la “Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos” confeccionada por la F.A.O., P.N.U.M.A. y U.N.E.S.C.O. (1981) se propone el siguiente baremo (Véase Tabla 29) para evaluar el grado de erosión de los suelos, según las pérdidas de suelo.

Tabla 29. Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.

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

Fuente: F.A.O, P.N.U.M.A. y U.N.E.S.C.O (1981)

Para la elaboración del mapa de pérdidas de suelo en la cuenca objeto de estudio mediante la aplicación del modelo USLE, se realiza la intersección de los mapas correspondientes a cada uno de los factores que intervienen en el cálculo de las pérdidas de suelo por dicho modelo, esto es:

- Mapa de índice de erosión pluvial: definidor de R
- Mapa de litología: definidor de K
- Mapa de pendientes: definidor de LS
- Mapa de cultivos y aprovechamiento del suelo: definidor de C y P

El resultado final, que representa las superficies afectadas por diferentes grados de erosión, se establece definiendo cinco niveles correspondientes a otros tantos valores de $A = R * K * LS * C * P$. Estos niveles son:

- 1) $A < 10$ tn/ha año
- 2) $10 < A < 25$ tn/ha año
- 3) $25 < A < 50$ tn/ha año
- 4) $50 < A < 200$ tn/ha año
- 5) $A > 200$ tn/ha año

Para indicar los niveles de erosión en el mapa de pérdidas de suelo obtenido para la cuenca del Poyo se ha optado por emplear una clasificación muy similar a la anterior, como puede observarse en la Tabla 30, donde además se incluye la distribución superficial de las pérdidas en la zona de estudio.

Tabla 30. Distribución superficial del nivel de erosión en la cuenca del Poyo.

Nivel de erosión	Superficie (km ²)
A < 10 tn/ha año	257,165
10 < A < 25 tn/ha año	78,954
25 < A < 50 tn/ha año	21,917
50 < A < 100 tn/ha año	6,843
100 < A < 200 tn/ha año	0,371
A > 200 tn/ha año	0,004
Improductivo	64,246

Fuente: Elaboración propia

En el Anejo I se incluye el Mapa n°12 donde se representan estas pérdidas de suelo estimadas para la cuenca del Poyo.

Además, se han estimado las pérdidas de suelo para cada estrato de vegetación de la cuenca cuyos resultados se indican en la Tabla 31.

Tabla 31. Pérdidas de suelo por estrato de vegetación en la cuenca del Poyo.

Estrato de vegetación	Pérdida de suelo	
	Total (tn/año)	Media (tn/ha año)
Frutal de regadío	6276,55	1,99
Frutal de secano	105042,05	7,61
Herbáceos	29182,36	6,23
Viña y frutal de secano	38939,01	13,16
Matorral	192457,21	17,56
Bosque	4900,87	4,52
TOTAL CUENCA	376798,05	10,28

Fuente: Elaboración propia

La tasa media de pérdida de suelo estimada para la zona de estudio es de 10,28 toneladas por hectárea y año.

Por estratos de vegetación, las áreas de matorral son las que registran mayores tasas medias de pérdidas de suelo, con 17,56 tn/ha año. Estos valores más altos de pérdidas de suelos se deben fundamentalmente a que el matorral se asienta en los terrenos con mayores pendientes, por lo que el factor LS otorgado es mayor en estas zonas y, en consecuencia, la estimación de las pérdidas de suelo es mayor. El segundo estrato con más pérdidas estimadas es la viña y frutal de secano con 13,15 tn/ha año. Aunque se localizan en terrenos con menores pendientes, no superan el 12%, el factor C de cobertura vegetal asignado es el de mayor valor de todos los estratos y eso se refleja en unas pérdidas de suelo mayores, con respecto al resto de estratos de vegetación agrícola, excluyendo bosque y matorral. El estrato con menores pérdidas de suelo es el frutal de regadío con 1,99 tn/ha año, que se justifica por encontrarse en terrenos casi llanos, con pendientes de 0-3%, y por considerar que la cobertura vegetal proporcionada por el cultivo de frutal de regadío permite una mayor protección frente a la erosión hídrica.

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

A partir del mapa de pérdidas de suelo, establecido tal como se ha expuesto anteriormente, se puede confeccionar un nuevo mapa de “Ordenación de los usos del suelo según el modelo U.S.L.E.”, y que se corresponde con la Tabla 32. En ésta se indican los niveles de erosión alcanzados en cada uso actual del suelo, comparando el valor de las pérdidas de suelo actuales A , con las pérdidas de suelo tolerables A_t , cuyo valor es establecido en 10 tn/ha año por FAO, PNUMA y UNESCO. Además, se indica el uso futuro que debe darse al suelo en función del nivel de erosión, que en el caso del uso agrícola podrá reducirse con la aplicación de prácticas de conservación.

Tabla 32. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.

Uso actual del suelo	Nivel de erosión	Uso futuro del suelo
Terrenos forestales	$A < At$	Uso actual del suelo compatible
	$A > At$	Uso actual incompatible (es preciso sustituir o mejorar)
Terrenos agrícolas	$A < At$	Uso actual compatible
	$A > At$	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)
	$A \times P < At$	
$A > At$ $A \times P > At$	Uso incompatible. Es preciso reclasificar	
Improductivo	No se considera	

Fuente: Mintegui Aguirre et al (1990)

Según esta tabla no se especifica suficientemente los estratos de vegetación existentes, por lo que el estudio de los usos futuros de la cuenca del Poyo se ha establecido en base al mapa de cultivos y aprovechamientos del suelo y las pérdidas de suelo estimadas. De esta manera, considerando las directrices propuestas por la tabla anterior, las actuaciones propuestas para llevar a cabo una ordenación de usos futuros del suelo según el modelo USLE, se detallan a continuación:

- a) Mantener el uso agrícola
- b) Mantener el uso forestal
- c) Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas
- d) Repoblación en terreno forestal
- e) Cambio de uso en suelos agrícolas, transformándolo a uso forestal

Las superficies de actuación de las propuestas anteriores se indican en la Tabla 33.

Tabla 33. Usos futuros y superficies de actuación según modelo USLE en la cuenca del Poyo.

Código	Uso futuro	Superficie (km ²)
1	Mantener uso agrícola	207,694
2	Mantener uso forestal	49,495
3	Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	21,832
4	Repoblación en terreno forestal	70,561
5	Cambio de uso agrícola a uso forestal	15,705
6	Improductivo	64,246

Fuente: *Elaboración propia*

En la Figura 10 se muestra el mapa resultante de la ordenación de la cuenca según el modelo USLE.

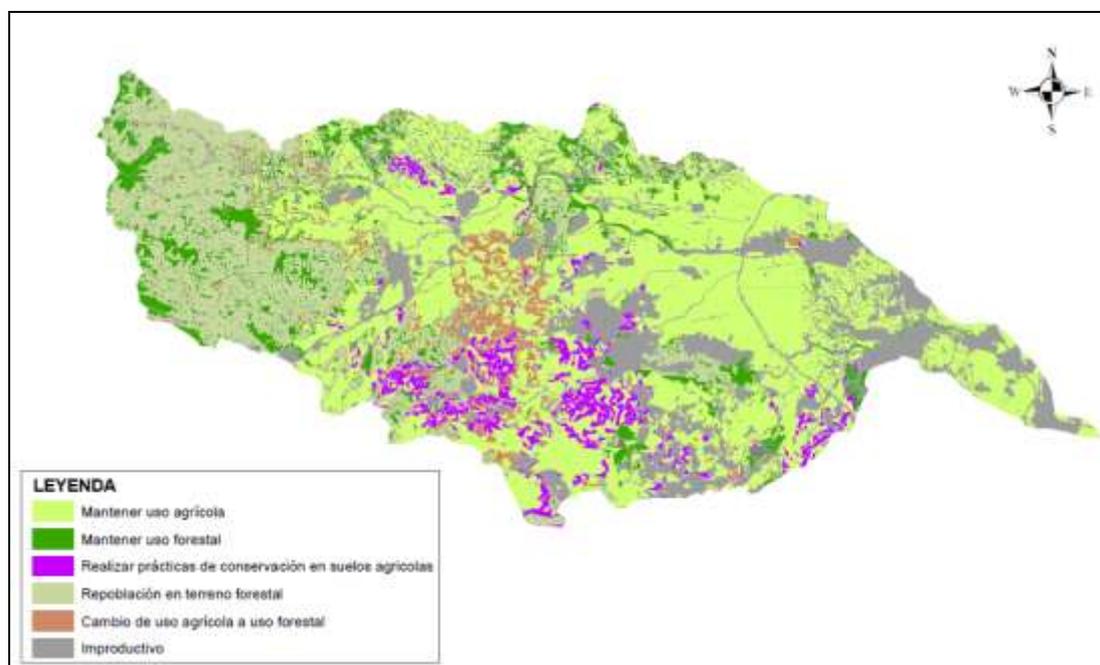


Figura 10. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según el modelo USLE. Fuente: *Elaboración propia*

2.5. Metodología de ordenación de la cuenca según criterios de Mintegui (1990)

La metodología de ordenación basada en criterios de Mintegui es una metodología agrohidrológica, que está influenciada por los parámetros siguientes:

- Pendiente del terreno
- Posición geográfica
- Tipo de suelo

- Vegetación
- Índices de protección del suelo por la vegetación
- Modelo USLE
- Geología y edafología
- Índice fito-climático

A partir de los índices de protección del suelo por la vegetación, del modelo USLE y, considerando asimismo la vegetación como el elemento fundamental de la gestión de la ordenación de una cuenca hidrográfica, por tratarse del factor más manejable, y teniendo en cuenta que la aplicación de prácticas de conservación en suelos agrícolas puede orientarse principalmente a mantener el uso actual y no tener que modificarlo, Mintegui (1990) establece unos criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca vertiente que se indican en la Tabla 34.

Tabla 34. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora.

Pendiente	Uso actual del suelo		Tipo suelo	Vocación del territorio	Aplicación modelo USLE	Actuaciones en el territorio (Selección de alternativas)
	Estrato de vegetación	Observaciones				
i>30%	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: - Denso - Aclarado - No degradado - Afectado o no por razones sociales	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	Forestal	Según que: A<At O bien: A>At	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.

CAPÍTULO 2.MATERIAL Y MÉTODOS

12<i<30	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: - Denso - Aclarado - No degradado - Con o sin prácticas de conservación de suelos - Afectado o no por razones sociales	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	Forestal Ocasionalmente agrícola	Según que: A<At O bien: A>At	- De existir arbolado se propone su continuidad y mejora. - Los matorrales y pastizales no degradados pueden permanecer; pero a los degradados se propone restaurarlos o transformarlos en monte alto arbolado. - De existir cultivos, siempre es necesario prácticas de conservación. - Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas en general transitorias.
i<12	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: -Denso -Aclarado -Degradado -No degradado	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	Agrícola Ocasionalmente forestal	Según que: A<At O bien: A>At	No existen limitaciones para el uso del suelo en función de la pendiente. Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas

Fuente: Mintegui, 1990

Esta tabla manifiesta la gran influencia que ejerce la utilización agropecuaria del suelo en los procesos hidrológicos que tienen lugar en la cuenca. Como consecuencia de ello, se

plantea la ordenación intentando adaptar los usos actuales a los usos futuros y considerando la vocación del territorio, puesto que existen fuertes condicionantes sociales frente a un cambio de uso.

No obstante, la tabla no incide en ciertos aspectos que pueden ser de relevancia para la ordenación, como pueden ser aspectos posicionales o zonificación de la cuenca, es decir, la consideración de áreas dominantes y áreas dominadas, ni tampoco la capacidad actual del territorio para permitir un cierto nivel de la serie climática, esto es, no menciona las potencialidades bioclimáticas existentes en el medio.

Para la aplicación de la metodología de ordenación agrohidrológica con criterios de Mintegui se han superpuesto los siguientes mapas temáticos:

- Mapa de pendientes
- Mapa de pérdidas de suelo según el modelo USLE
- Mapa de usos de suelo
- Mapa de erosionabilidad

Mediante la superposición de estos mapas temáticos, a cada polígono con las mismas características se ha adjudicado un uso futuro basado en los criterios de Mintegui, de manera que, según las indicaciones de la tabla anterior se ha elaborado la ordenación de la cuenca y se han obtenido las superficies resultantes para cada actuación propuesta (véase Tabla 35).

Tabla 35. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca del Poyo.

Código	Uso futuro según criterios de Mintegui	Superficie (km ²)
1	Completar espesura con pinares y quercíneas	0,562
2	Replacación forestal	70,666
3	Conservar cubierta actual	48,815
4	Conservar cultivos actuales	238,936
5	Prácticas de conservación	5,995
6	Improductivo	64,246

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 se presenta el mapa de ordenación de la cuenca según criterios de Mintegui.

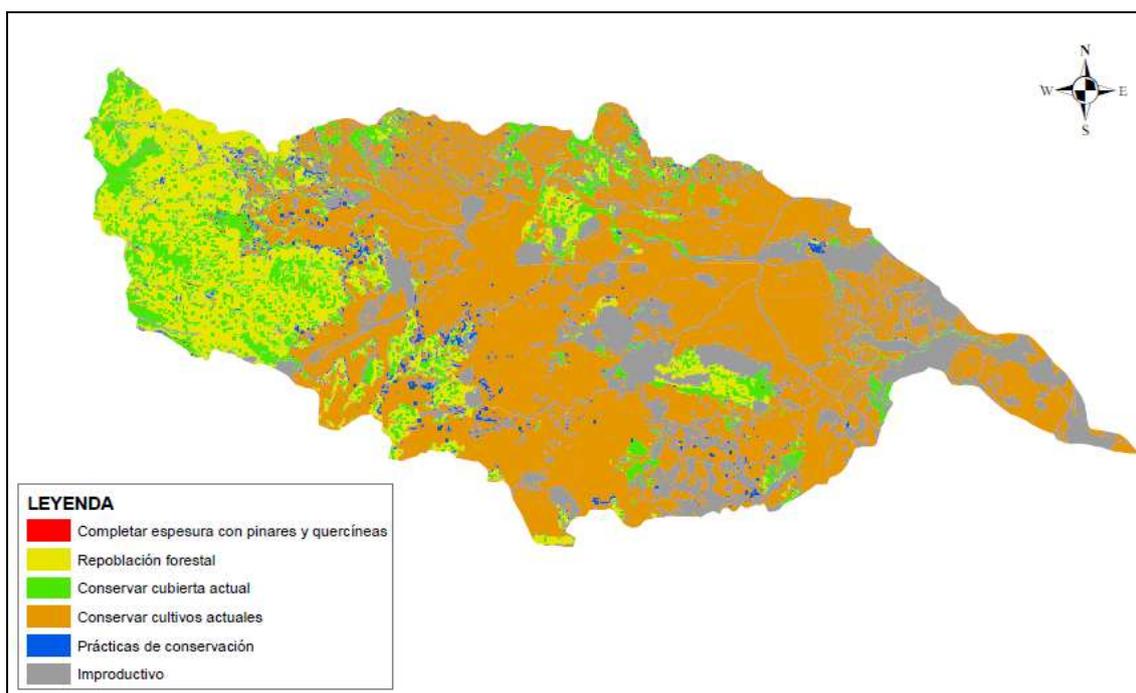


Figura 11. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según criterios de Mintegui (1990). Fuente: Elaboración propia

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

Esta metodología se basa, principalmente en la capacidad del medio natural para asumir determinadas actividades, puesto que cada medio natural o seminatural, posee una aptitud distinta según la actividad que vaya a acoger. Al mismo tiempo, para una actividad concreta, los ecosistemas, los hábitats o los medios diferentes, tienen aptitudes distintas en función de sus características.

La ordenación de cuencas hidrográficas basada en criterios de sostenibilidad contiene algunos componentes de relevancia que es importante resaltar (Tejera, 2001):

1. Es de aplicación sobre un espacio físico, correspondiente al territorio ocupado por la cuenca vertiente.
2. Intervienen recursos naturales, agua y suelo, elementos que deben protegerse.
3. Contempla diversas actividades socioeconómicas para sostener a la población.
4. Las actividades humanas desarrolladas en el territorio estudiado deben asignarse de acuerdo con la capacidad que tiene el medio para acogerlas.

En la aplicación de esta metodología deben tomarse decisiones sostenibles a la hora de asignar actividades al medio, analizando la capacidad de éste para acogerlas y que el máximo cuantitativo de estas actividades no supera el límite de capacidad de carga, a partir del cual se daña de forma irreparable el medio receptor. No obstante, como no es posible aplicar el concepto de capacidad de carga por no disponer de información cuantitativa necesaria, se debe emplear el concepto de capacidad del medio como su aptitud para acoger las diferentes actividades que se pueden desarrollar en la ordenación de la cuenca. La capacidad también se puede definir como la condición actual e intrínseca de un territorio o de un elemento del medio para acoger una actividad o uso del suelo.

2.6.1. Estudio de la problemática de la cuenca

La cuenca del Poyo está sometida a una gran presión por parte de los habitantes de su entorno y a una gran actividad industrial, principalmente en la parte media y baja de la cuenca. Además, existen numerosas infraestructuras que cruzan el cauce principal, lo cual hace complejo el tratamiento sobre el barranco del Poyo.

Como ocurre con la mayoría de los barrancos y cuencas del área mediterránea, el barranco del Poyo sólo lleva agua en su cauce durante las épocas de avenidas, coincidiendo con episodios de gota fría. Actualmente tienen lugar crecidas importantes de caudal de manera repentina, que han llegado a ocasionar desbordamientos e inundaciones en varias localidades por las que discurre. No obstante, a pesar de contar con un elevado caudal pico, sus avenidas se caracterizan por tener un volumen total relativamente bajo.

El régimen meteorológico de la zona objeto de estudio viene dado por la existencia de lluvias torrenciales, consecuencia de los fenómenos de gota fría ya mencionados, y que son generalmente frecuentes en primavera y otoño.

El barranco del Poyo desemboca en las proximidades del Parque Natural de la Albufera y, aunque su aporte de agua al sistema hídrico del humedal de la Albufera se puede considerar escaso y sobre todo irregular, no es así su aporte de sedimentos. En muchas ocasiones arrastra, junto a estos sedimentos, gran cantidad de basuras, lo que ha ocasionado la colocación de una barrera anticontaminación en la desembocadura de la cuenca.

2.6.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades

La metodología de ordenación de cuencas hidrográficas según criterios de sostenibilidad es una metodología de planificación física, adaptada de manera conveniente para incorporar los objetivos de la protección hidrológico-forestal, los objetivos complementarios de la ordenación de cuencas y los de la sostenibilidad.

En definitiva, esta metodología pretende la ordenación del territorio en base a un aprovechamiento sostenible de los recursos del territorio, analizando previamente el grado de conveniencia de las actuaciones propuestas.

La ordenación de la cuenca objeto de estudio está orientada hacia un uso correcto de los recursos naturales y una corrección de las degradaciones existentes en la zona. En este sentido, se plantea como objetivo fundamental de carácter hidrológico-forestal la protección del suelo y el control de la erosión. De esta manera, se consigue regular el régimen hidrológico de la cuenca.

Además, se pretende conseguir la protección, conservación y restauración del medio físico, incrementando su riqueza en biodiversidad y promover su desarrollo sostenible, respetando los hábitats y espacios naturales de interés para su conservación.

Por otro lado, también hay que plantear la consecución de objetivos en el marco socioeconómico, favoreciendo la conservación de las actividades agrícolas y ganaderas que vienen desarrollándose en el territorio.

En resumen, los objetivos específicos para la cuenca del barranco del Poyo son los siguientes:

- Objetivos de carácter hidrológico-forestal:
 - ✓ Disminuir la erosión en los cauces para la protección del suelo
- Objetivos para la conservación de los ecosistemas:
 - ✓ Protección, conservación y restauración del medio físico
- Objetivos de carácter socioeconómico:
 - ✓ Conservación de las actividades agrícolas

Para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos expuestos se propone un conjunto de actividades que dependerán de los elementos del medio que puedan representarse mediante

mapas temáticos. En la Tabla 36 se presentan los objetivos y actuaciones para la ordenación de la cuenca objeto de estudio con criterios de sostenibilidad.

Tabla 36. Objetivos y actividades para la ordenación de la cuenca del Poyo según criterios de sostenibilidad.

Objetivos	Actividades
a) De carácter hidrológico-forestal	
Proteger el suelo	1. Repoblación forestal protectora
	2. Completar espesura en masas con deficiencia de espesura
Evitar y/o controlar erosión en cauces	3. Hidrotecnias de corrección en cauces
b) De conservación de ecosistemas y aumento de biodiversidad (sostenibilidad)	
Aumento de la biodiversidad	4. Restauración de riberas
Conservación y/o restauración de ecosistemas	5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad
	6. Conservación de áreas de interés: conservación de cultivos, mantener cubierta vegetal actual.
c) De carácter socioeconómico	
Mantenimiento de las actividades agrícolas	7. Conservar el uso agrícola

Fuente: Elaboración propia

2.6.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática

En este apartado se pretende definir y caracterizar el medio mediante la utilización de cartografía temática. Para ello se seleccionan los elementos del medio que resulten 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 que se van a seleccionar son los siguientes:

- Pendiente
- Influencia hídrica
- Uso del suelo
- Litología

- Pérdidas de suelo
- Propiedad
- Protección
- Espesura de la cubierta arbórea

Estos elementos han sido inventariados mediante mapas utilizando Sistemas de Información Geográfica. Cada elemento constituye una capa de información compuesta por una serie de recintos homogéneos, conformando así un mapa temático formado por coberturas. La digitalización de estos recintos, la información alfanumérica asociada a los mismos y la construcción de su tipología, dan como resultado cada una de las coberturas. Mediante la herramienta de Sistemas de Información Geográfica Arcgis 9.3, se generan las coberturas requeridas para la elaboración de los distintos mapas temáticos referentes a la ordenación de la cuenca mediante criterios de sostenibilidad.

Así, las coberturas generadas para cada elemento del medio se detallan a continuación:

- Pendiente: Utilizando la información relativa a las curvas de nivel disponibles en las hojas topográficas de la Base Topográfica Nacional a escala 1:50000 obtenidas de la página del Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica, se elaboró un Modelo Digital del Terreno (MDT). A partir de éste se construyó un mapa en formato raster con los valores de las cotas como variable de cada píxel. Con las opciones de Arcgis se calculó la pendiente correspondiente a cada píxel y se clasificó la pendiente en varios rangos para su representación gráfica.
- Influencia hídrica: A partir de la red hidrográfica disponible en formato digital y obtenida de la Base Topográfica Nacional, se ha desarrollado un buffer de 100 metros de anchura a la red hídrica, para la zona de estudio. El objetivo era delimitar zonas con influencia hídrica y zonas sin influencia hídrica.
- Usos del suelo: Se ha construido un mapa temático de usos de suelo mediante el uso del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos correspondiente al Segundo Inventario Forestal en 1996. Además se consultó la información del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Nacional de las series 2000-2010, disponible en el

visor geográfico Geoportal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- **Litología:** Este mapa temático se obtuvo con el mapa Geológico de España a escala 1:50000 elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 2010.
- **Pérdidas de suelo:** Este mapa se configuró con la superposición de los distintos mapas correspondientes a cada uno de los factores que intervienen en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, como se ha comentado en el apartado relativo a su estudio.
- **Propiedad:** Esta cobertura, disponible en el Segundo Inventario Forestal Nacional a escala 1:50000, y obtenida del Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. En este mapa se incluye los montes que son dominio de la administración.
- **Protección:** Este mapa se elaboró con ayuda del Banco de Datos de la Naturaleza, a escala 1:50000. En él se indican los espacios naturales protegidos, como los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) que pueden incluirse dentro de la red “Natura 2000”.
- **Espesura cubierta arbórea:** Se generó apoyándose en la información proporcionada por el Mapa Forestal de España a escala 1:200000 y disponible en formato digital por el Banco de Datos de la Naturaleza.

2.6.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades

Las relaciones entre elementos del medio y actividades, para la asignación de usos del suelo, pueden concretarse en dos conceptos: capacidad y grado de conveniencia.

A partir de la cantidad de elementos y procesos que definen el medio físico, sólo se tendrán en consideración aquellos que resulten verdaderamente claves para el desarrollo de la actividad. Es decir, los que presenten cualidades positivas, negativas o excluyentes para el desarrollo de la actividad.

La evaluación de la capacidad de acogida se realizará en dos fases:

1. Relación de elementos del medio-actividades
2. Relación conjunto del medio-actividades

En el presente estudio 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} ($h=1,2,3,\dots,K$). Será necesario 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 capacidad de acogida para cada actividad, de cada uno de los tipos de cada elemento del medio seleccionado se evalúa de acuerdo con la siguiente escala cuantitativa:

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

Excluyente: $-\infty$

Negativo: -1

Indiferente: 0

Positivo: 1

Muy positivo: 2

Y la relación de elementos del medio-actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión $m \times n$, donde:

m = Número de actividades propuestas

n = Número de elementos del medio

Cada una de las celdas que conforman esta matriz refleja el valor asignado en función de los criterios descritos en la escala anterior. Es decir, la capacidad del tipo “ h ”, del elemento “ j ” del medio, para acoger la actividad “ i ” propuesta. En la tabla 37 se presenta la matriz de capacidad de acogida de las actividades.

Tabla 37. Matriz de capacidad de acogida de actividades según criterios de sostenibilidad.

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	Improductivo	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	Frutal regadío	1	-∞	-∞	-∞	2	1	2
	Frutal secano	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Herbáceos	-∞	-∞	-∞	-∞	1	0	2
	Viña y frutal secano	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Bosque	2	2	-∞	-∞	2	1	-∞
	Matorral	2	-∞	-∞	-∞	1	0	-∞
Litología	Muy erosionable	2	2	2	2	0	1	1
	Erosionable	2	1	1	1	0	1	1
	Poco erosionable	1	0	0	0	0	1	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

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el valor de la capacidad de un recinto del medio para acoger una determinada actividad, se ha procedido del siguiente modo:

Cada cobertura del medio genera una variable para cada actividad, en total siete variables. Por ejemplo, para la cobertura “Usos del suelo”, se han creado las variables siguientes: uso-actv1, uso-actv2,..., uso-actv7. Así se ha hecho para las ocho coberturas utilizadas.

Con la herramienta Arcgis 9.3 se ha seleccionado cada cobertura, con sus tipos, 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 “Frutal regadío” y se le da el valor 1 a uso-actv1, el valor $-\infty$ a uso-actv2, etc., y así sucesivamente para todas las variables. A continuación, se seleccionan los polígonos de otro uso del suelo, por ejemplo “Frutal seco” y se efectúan las mismas operaciones. A las capacidades que son excluyentes se les da el valor -999 en lugar de $-\infty$, ya que así el programa puede realizar los cálculos de manera adecuada.

Para el resto de coberturas, es decir, pendiente, influencia hídrica, litología, pérdidas de suelo, propiedad del suelo, protección y espesura de la cobertura arbórea, se realizaron las mismas operaciones.

Una vez efectuadas las operaciones anteriores, se llevó a cabo la superposición de las ocho coberturas que corresponden con los ocho elementos del medio. Esta superposición se realizó de dos en dos, y posteriormente se crearon siete variables, que hacen referencia a las siete actividades propuestas. Así, los valores hallados para cada variable es el resultado de la suma de todos los valores de cada polígono, siendo esta suma igual a la capacidad del medio para acoger las diferentes actividades. De esta forma, se obtuvo una cobertura para cada actividad donde la única variable existente es la representación de este valor.

Así pues se dispone de una serie de valores representativos de la capacidad del medio para acoger cada actividad. Para manejar adecuadamente los valores obtenidos, se establece una estratificación de los mismos en distintas clases:

Capacidad EXCLUYENTE

Capacidad BAJA

Capacidad MEDIA

Capacidad ALTA

La capacidad baja es aquella que contiene los valores comprendidos hasta el 25%, la capacidad media corresponde a valores situados entre el 25 y el 75%, y la capacidad alta alberga los valores mayores del percentil 75%.

En las Figuras 12 a 16 se muestran los valores correspondientes a la capacidad de acogida para las actividades así como el resultado gráfico que se ha obtenido para los mismos.

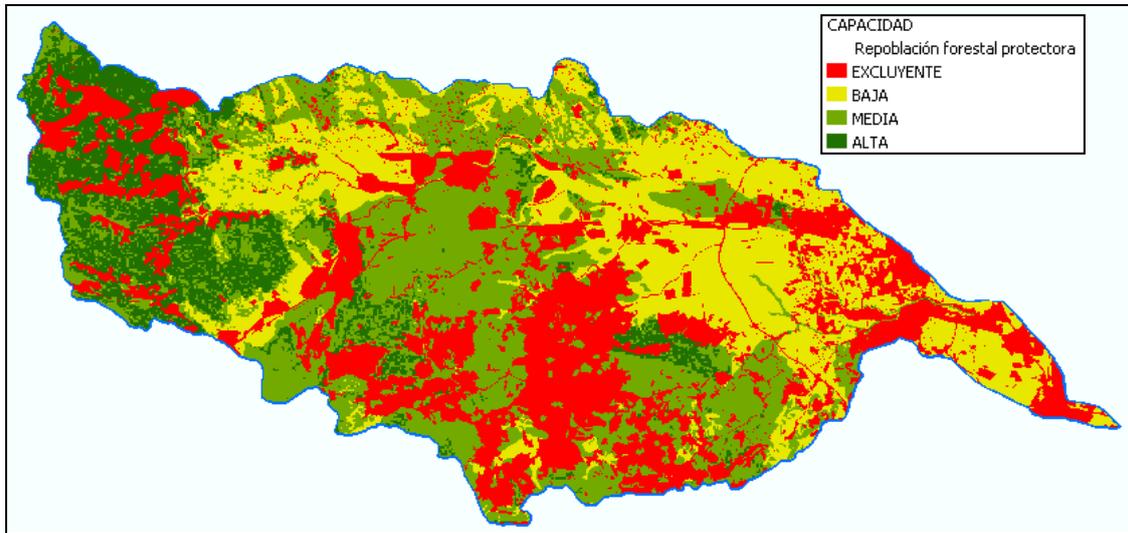


Figura 12. Capacidad para actividad 1: Repoblación forestal protectora. Fuente: Elaboración propia

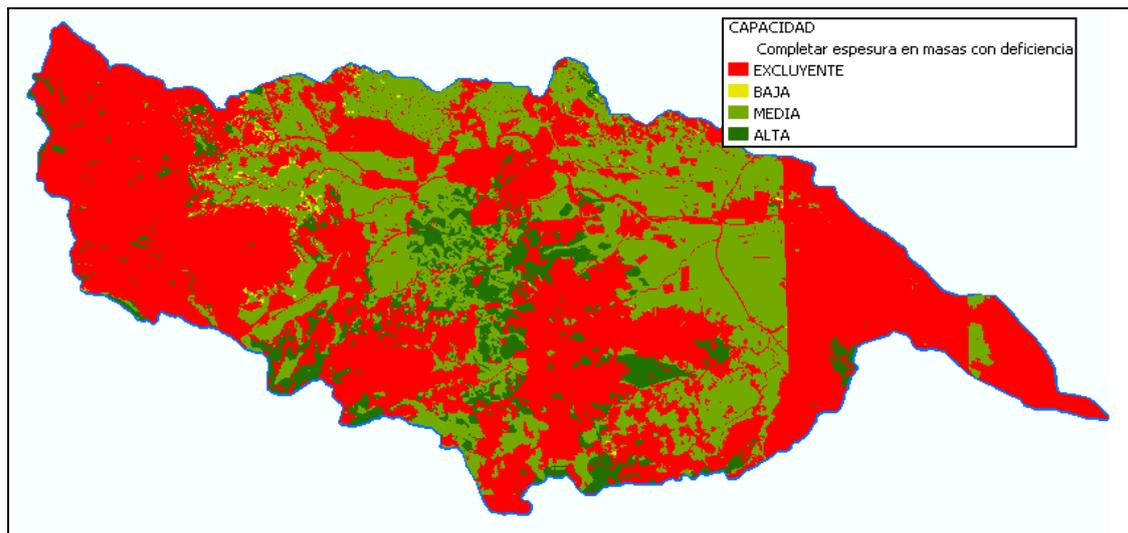


Figura 13. Capacidad para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia. Fuente: Elaboración propia

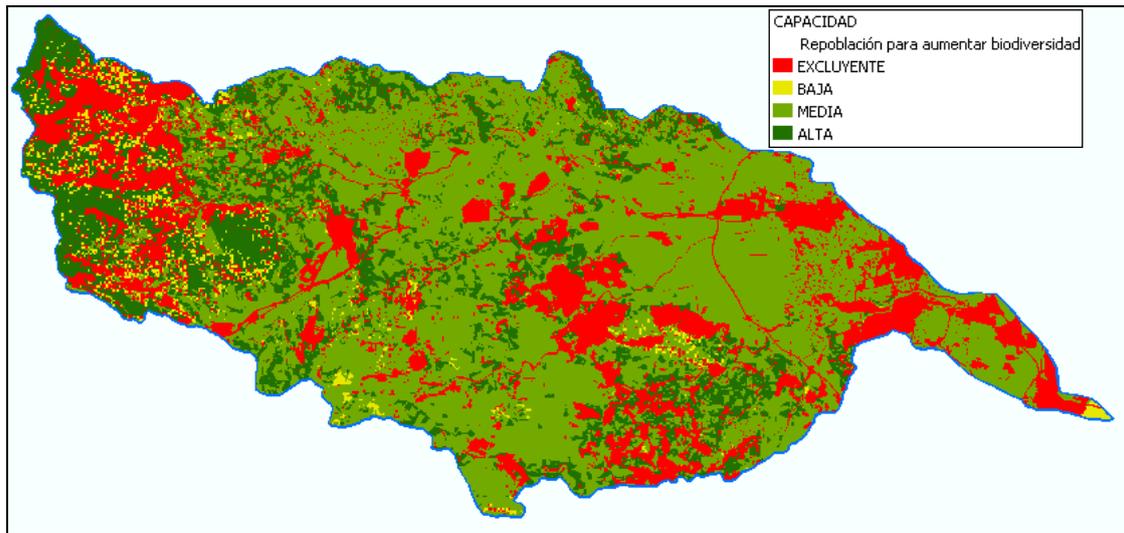


Figura 14. Capacidad para actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad. Fuente: Elaboración propia

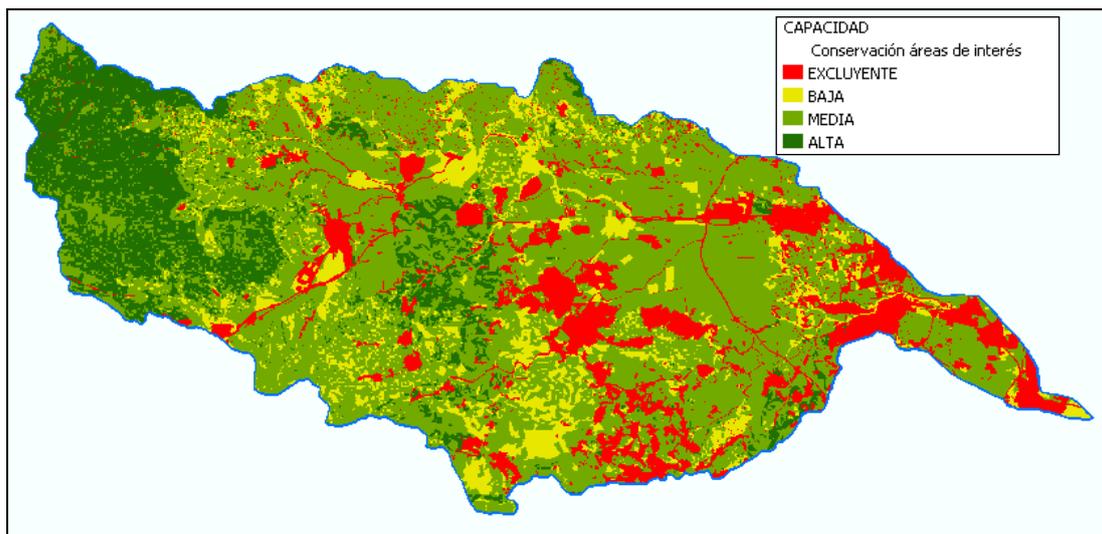


Figura 15. Capacidad para actividad 6: Conservación de áreas de interés. Fuente: Elaboración propia

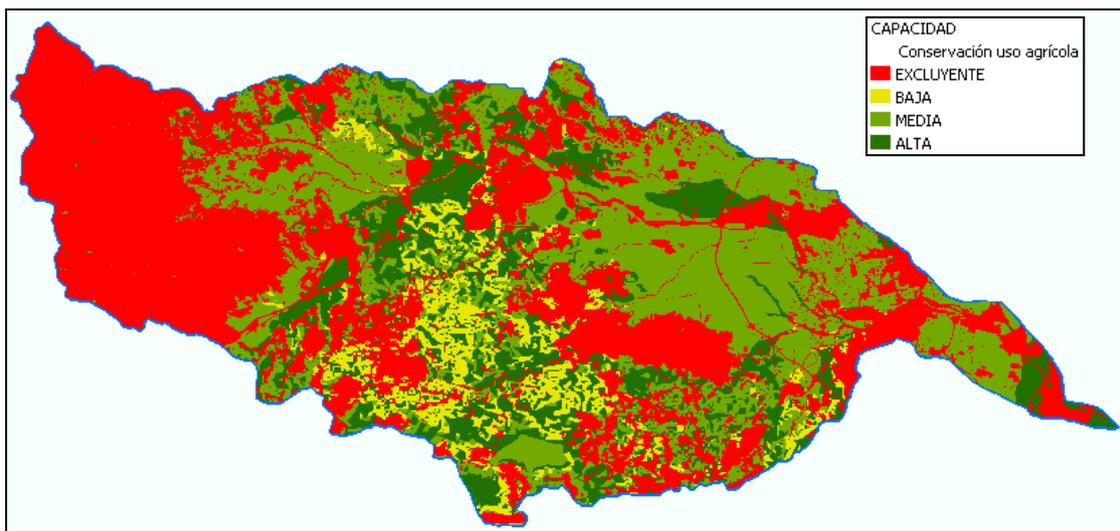


Figura 16. Capacidad para actividad 7: Conservación del uso agrícola. Fuente: Elaboración propia

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

La conveniencia para realizar las diferentes actividades propuestas en el medio es variable. Las unidades territoriales, las unidades ambientales o los elementos que las constituyen se verán favorecidos en mayor o menor medida por las actividades que se establezcan con el objeto de conseguir la ordenación de la cuenca.

Cuando el efecto de realizar una actividad resulta muy positivo para alcanzar los objetivos de la ordenación, el grado de conveniencia para desarrollar esa actividad es alto. Existe una gran conveniencia para llevar a cabo una actividad si existe en el territorio cierta capacidad para acoger la actividad propuesta y al mismo tiempo ésta es viable para cumplir los objetivos marcados. Por el contrario, la realización de una actividad no será conveniente si ésta no contribuye a la consecución de los objetivos previstos en la ordenación.

El beneficio que cada actividad aporta al territorio, en función de los diferentes tipos en que se han dividido estos elementos, se ha cuantificado de acuerdo con 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
- ∞ 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 con el fin de evaluar el beneficio que producen en las mismas, se expresa de nuevo, al igual que se hizo en el apartado anterior para la capacidad, mediante una matriz de dimensión **m x n** donde **m** = 7 actividades y **n** = 8 elementos, como se observa en la Tabla 38.

Tabla 38. 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	2	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	Improductivo	-	-	-	-	-	-	-
	Frutal regadío	0	1	-	0	1	1	1
	Frutal secano	-1	1	-	0	1	1	1
	Herbáceos	0	-	-	0	1	0	2
	Viña y frutal secano	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Bosque	0	1	-	0	0	0	-
	Matorral	2	-	-	0	1	0	-
Litología	Muy erosionable	1	2	0	1	1	0	1
	Erosionable	1	1	1	1	1	0	1
	Poco erosionable	1	0	0	0	0	1	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	2	-	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

Fuente: Elaboración propia

Para transformar el conjunto de valores de una columna de la matriz a un valor escalar único que represente el grado de conveniencia de una determinada actividad en un recinto del medio, se ha considerado el procedimiento de la suma.

El valor obtenido para la conveniencia de una actividad “i” en una unidad territorial homogénea viene dado por el siguiente sumatorio:

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

Cuando algún valor resulte ser $-\infty$, no se hará la suma ya que indicará que la conveniencia de la actividad es directamente inadmisibles debido a alguno de los elementos del medio.

Por medio de la utilización de herramientas de Arcgis 9.3, se ha llevado a cabo la superposición de las coberturas del medio, calculando los valores del grado de conveniencia de cada actividad propuesta dentro de cada recinto obtenido.

En esta fase y de forma análoga se obtiene el conjunto de valores que indican el grado de conveniencia de las actividades del territorio. Finalmente, se hace necesario clasificar los valores hallados del grado de conveniencia en un número reducido de clases, con el fin de facilitar el manejo de datos. Así pues, la clasificación del grado de conveniencia de las actividades que se ha establecido es la siguiente:

- Muy conveniente
- Conveniente
- Poco conveniente
- No conveniente o inadmisibles

En las Figuras 17 a 22 se muestran los valores obtenidos del grado de conveniencia del medio para realizar actividades, así como su resultado gráfico.

La conveniencia de la Actividad 3 es inadmisibles en toda la superficie de la cuenca, por lo que se ha considerado no indicarlo en los resultados.

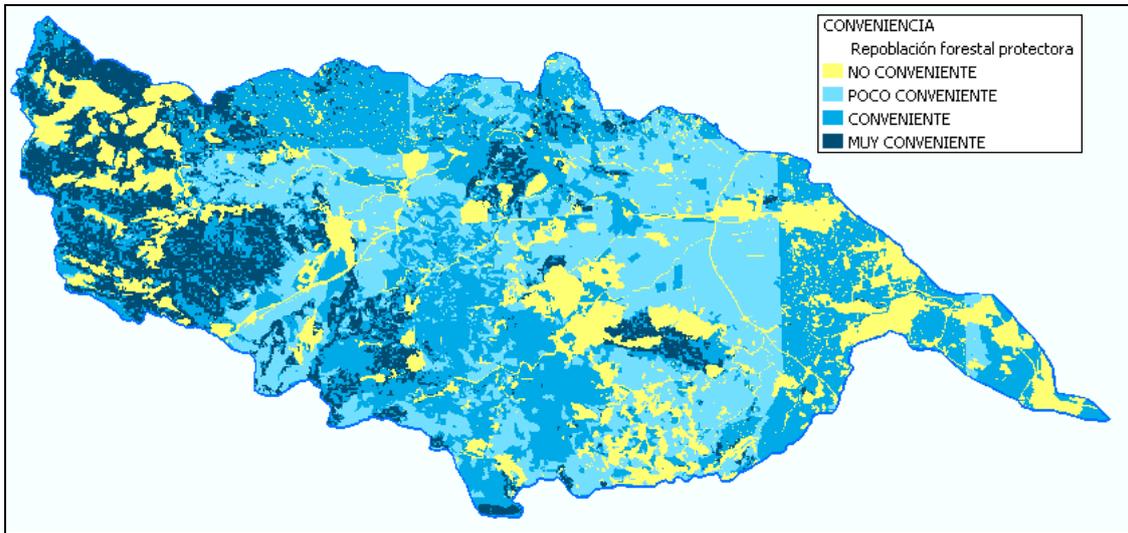


Figura 17. Conveniencia para actividad 1: Repoblación forestal protectora. Fuente: Elaboración propia

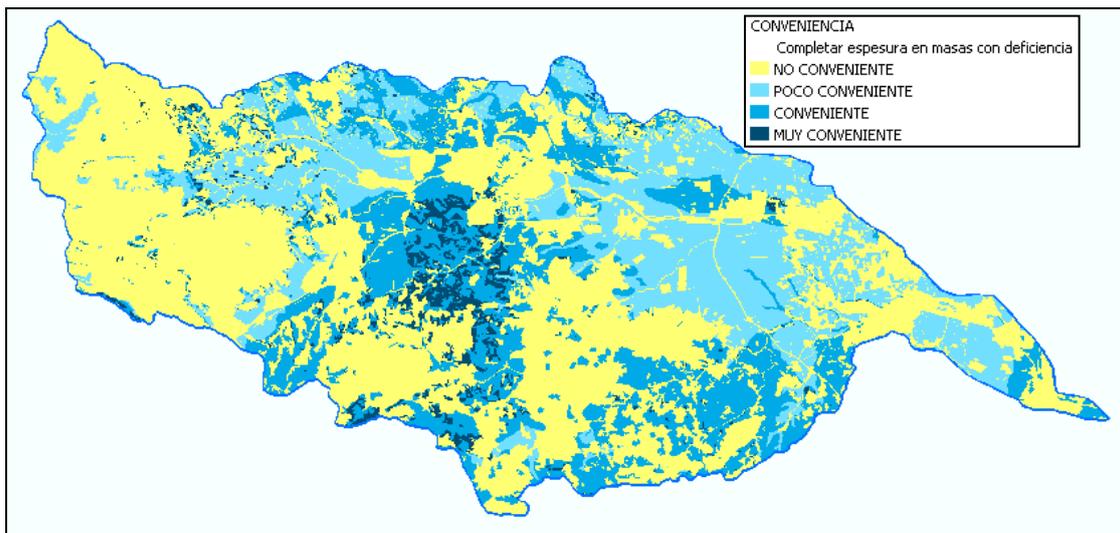


Figura 18. Conveniencia para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia. Fuente: Elaboración propia

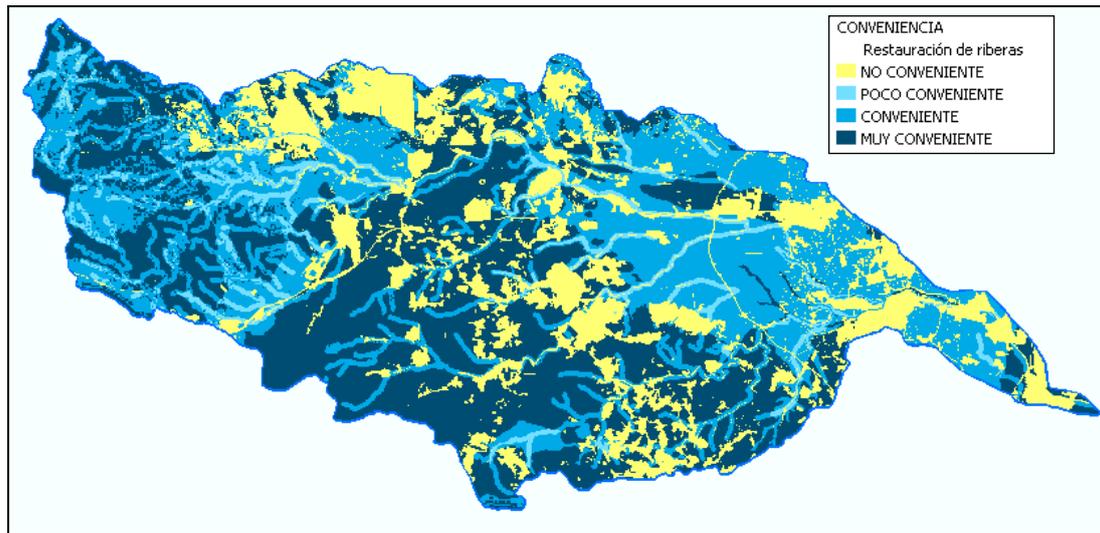


Figura 19. Conveniencia para actividad 4: Restauración de riberas. Fuente: Elaboración propia

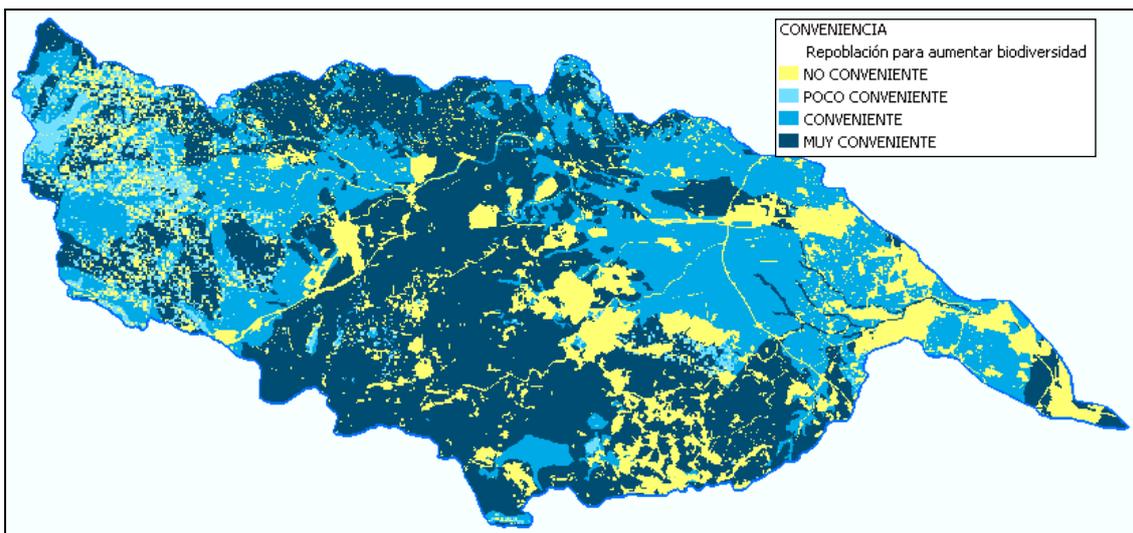


Figura 20. Conveniencia para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad. Fuente: Elaboración propia

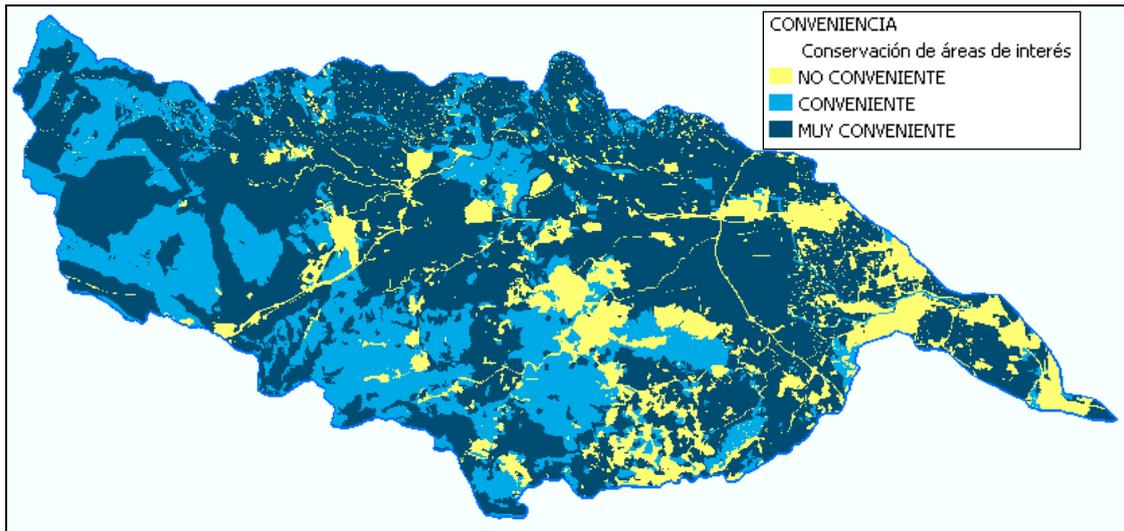


Figura 21. Conveniencia para actividad 6: Conservación de áreas de interés. Fuente: Elaboración propia

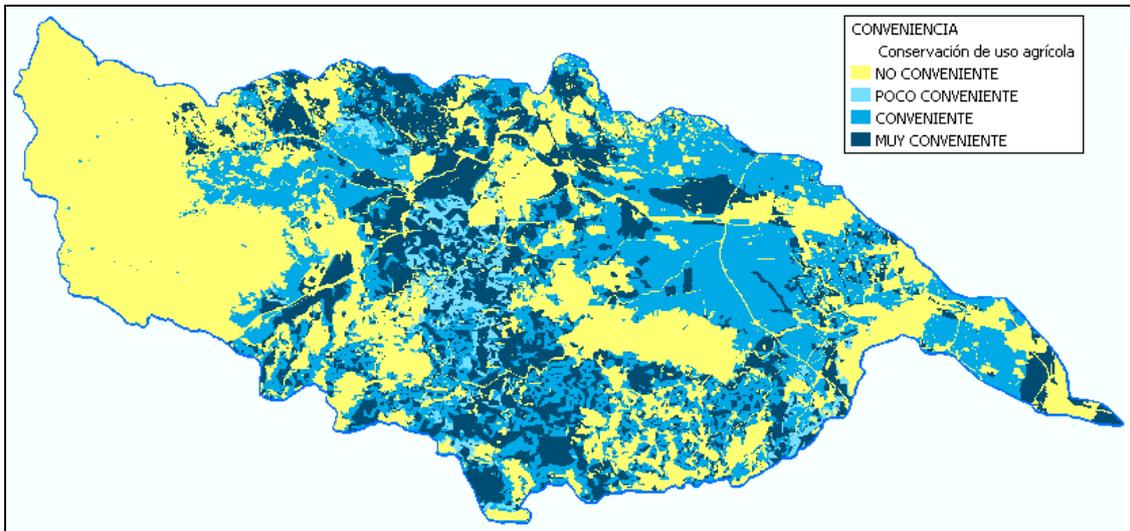


Figura 22. Conveniencia para actividad 7: Conservación del uso agrícola. Fuente: Elaboración propia

2.6.6. Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación

Una vez que se ha obtenido la capacidad de acogida del territorio y el grado de conveniencia para la realización de cada actividad, se engloban los dos conceptos en uno solo que haga referencia a la aceptación de la actividad y al efecto que produce. Se trata del concepto de Adecuación, expresado en forma matricial (véase Tabla 39).

Tabla 39. Matriz de adecuación del medio para la realización de actividades.

CAPACIDAD	Grado de Conveniencia			
	Muy conveniente	Conveniente	Poco conveniente Indiferente	No conveniente
Alta	Muy adecuado	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado
Media	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado
Baja	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado
Excluyente	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la clasificación mostrada en la tabla anterior y realizando la superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia, se establece la adecuación global del territorio de la cuenca del Poyo, expresada en cada unidad territorial homogénea, para cada actividad propuesta.

Para facilitar los resultados y hacerlos manejables, se ha reducido el número de clases de adecuación a tres. Las clases de adecuación se indican en la Tabla 40, y los resultados gráficos del grado de adecuación de cada actividad se muestran en las Figuras 23 a 27.

Tabla 40. Clases de adecuación

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

Fuente: Elaboración propia

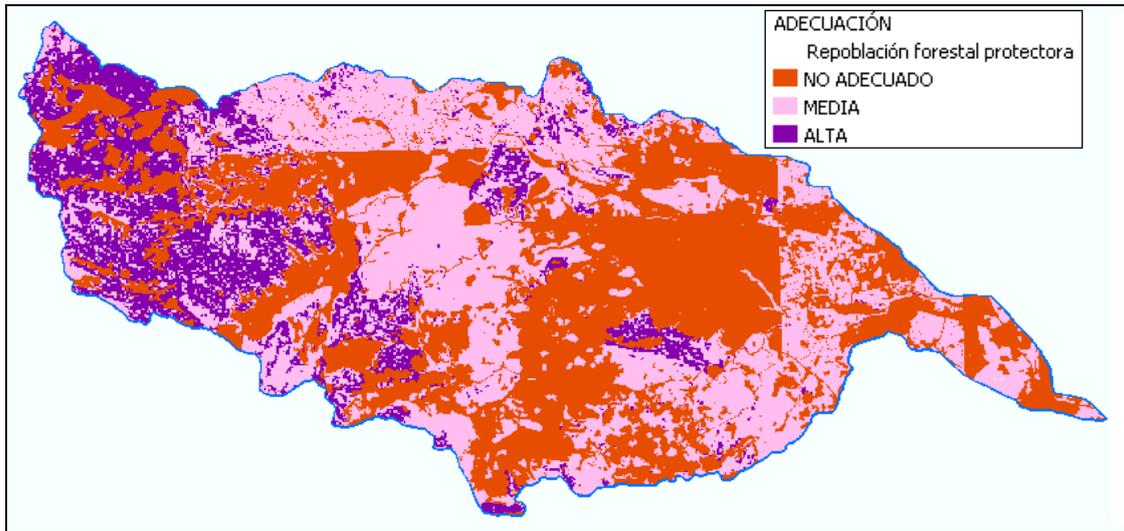


Figura 23. Adecuación para actividad 1: Repoblación forestal protectora. Fuente: Elaboración propia

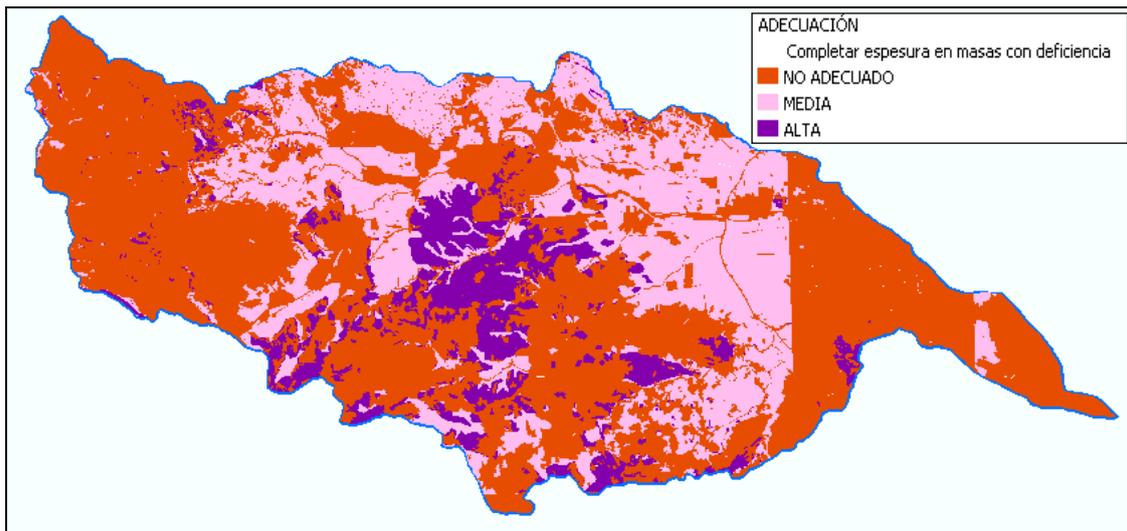


Figura 24. Adecuación para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia. Fuente: Elaboración propia

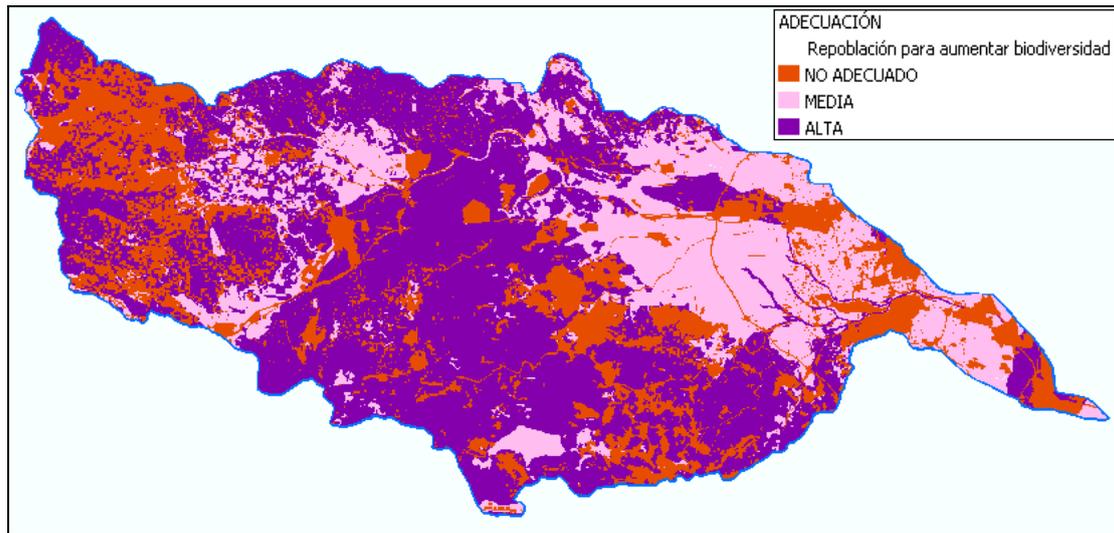


Figura 25. Adecuación para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad. Fuente: Elaboración propia

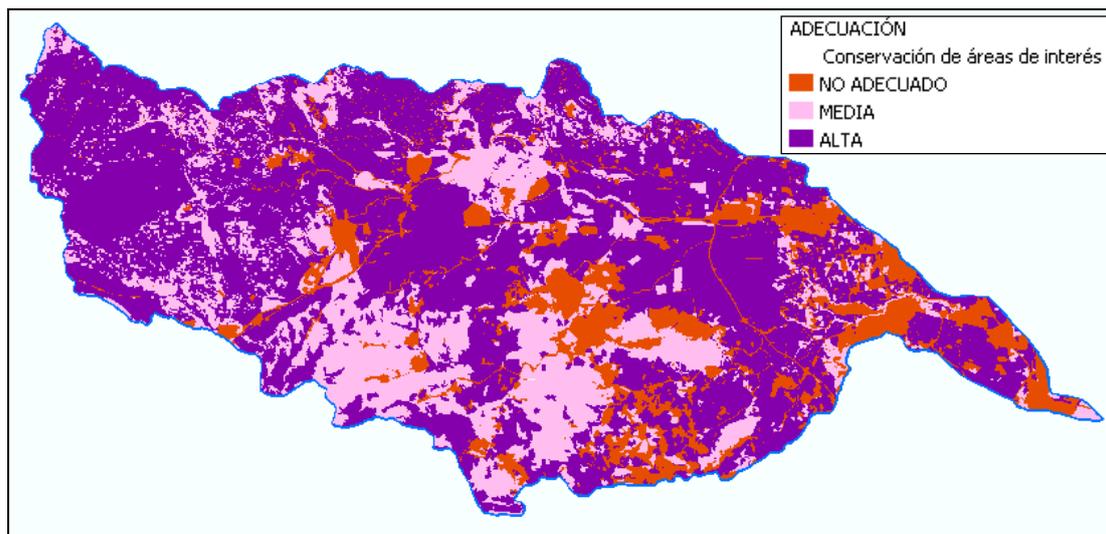


Figura 26. Adecuación para actividad 6: Conservación de áreas de interés. Fuente: Elaboración propia

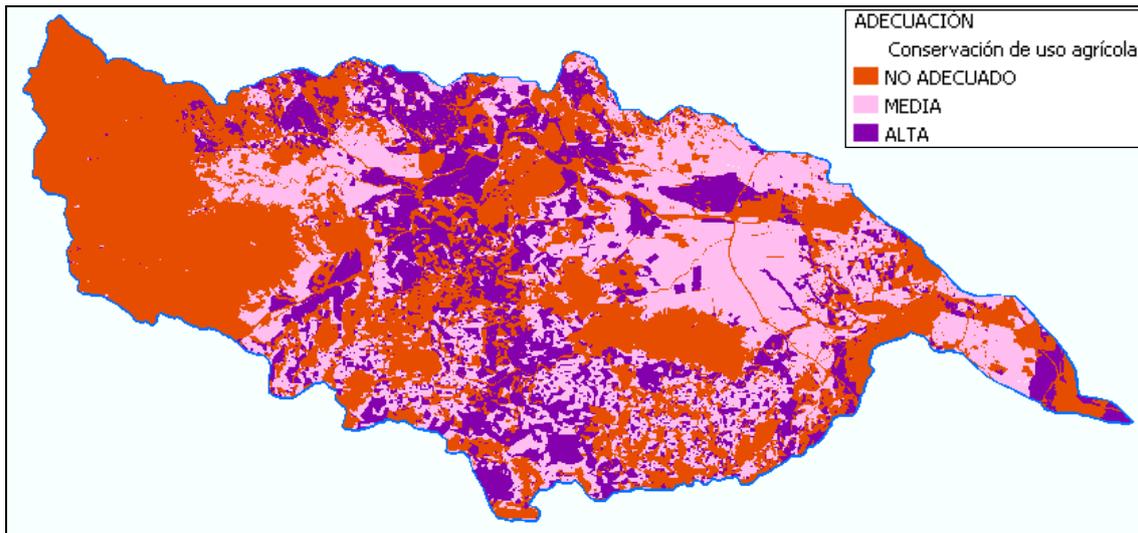


Figura 27. Adecuación para actividad 7: Conservación del uso agrícola. Fuente: Elaboración propia

2.6.7. Relaciones entre actividades

Una vez que se ha establecido la adecuación de cada unidad territorial homogénea para cada una de las actividades, se hace necesario analizar la compatibilidad de las distintas actividades que coinciden en el mismo espacio. Por tanto, se hace necesario analizar la compatibilidad de actividades distintas que coinciden en el mismo espacio. Para ello se superponen los mapas de adecuación para localizar todas las actividades que pueden coexistir en el terreno, se construye una matriz dos a dos de todas las actividades (véase Tabla 41) y se analiza la posibilidad o no de coexistencia geográfica. En este sentido, las actividades compatibles en el medio se podrán promover de manera simultánea mientras que las que sean incompatibles se deberán separar.

Tabla 41. Compatibilidad entre actividades

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
1. Repoblación forestal protectora	-	I	C	C	I	C	I
2. Completa espesura en masas con deficiencia	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	C
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	I	C	C	C	-	C	I
6. Conservación de áreas de interés	C	C	C	C	C	-	C
7. Conservación del uso agrícola	I	I	C	I	I	C	-

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla la letra **C** indica que la actividad es compatible, y la letra **I** indica que es incompatible. Como puede observarse en la tabla, algunas actividades propuestas se excluyen mutuamente porque son incompatibles o porque el desarrollo de una influye de forma decisiva en la otra. Por ejemplo, la actividad de repoblación forestal protectora excluye a conservación del uso agrícola. Por el contrario, existen actividades compatibles que se complementan y pueden realizarse simultáneamente en una misma zona, por ejemplo, las actividades de repoblación forestal protectora y de hidrotecnias de corrección de cauces.

2.6.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

2.6.8.1. Asignación de actividades

Para establecer la asignación de actividades en la zona de estudio se considera el mayor grado de adecuación que presenten, teniendo en cuenta que las actividades coincidentes en un territorio han de ser compatibles para que puedan desarrollarse todas a la vez. Pueden existir los siguientes casos:

- a) Que coincidan varias actividades adecuadas compatibles en el mismo polígono, en cuyo caso se pueden realizar todas ellas.
- b) Que coincidan actividades adecuadas pero incompatibles en el mismo polígono, en cuyo caso se seleccionará aquella actividad de mayor grado de adecuación. Si sus grados de adecuación fueran idénticos, es necesario establecer un criterio para decidir qué actividad se propone en dicho polígono.

El criterio que se seguirá para resolver este último caso tendrá en cuenta los siguientes caracteres del territorio: la pérdida de suelo potencial según el modelo USLE y el uso actual del suelo. De esta manera, en los polígonos donde exista incompatibilidad entre actividades, se estudia la pérdida potencial de suelo según el modelo USLE y, comparándola con la pérdida de suelo admisible o tolerable, si aquella fuese mayor, se optará por la actividad que proponga el uso de suelo con mayor grado de protección del suelo y que contribuya a la disminución de sus pérdidas.

Por tanto, aplicando los criterios establecidos anteriormente y realizando la superposición de las coberturas de adecuación generadas para cada actividad, se obtienen los polígonos en los que coincide el grado de adecuación de las actividades incompatibles.

2.6.8.2. Actividades propuestas

La superficie de adecuación para cada actividad en la cuenca del Poyo se muestra en la Tabla 42. Su representación gráfica se recoge en las figuras de Adecuación, presentadas anteriormente.

Tabla 42. Superficies de adecuación para las actividades propuestas en la cuenca del Poyo.

Actividad	Adecuación	Superficie (km ²)
1. Repoblación forestal protectora	Alta	63,83
	Media	174,71
2. Completar espesuras en masas con deficiencia	Alta	45,76
	Media	127,71
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta	221,81
	Media	100,44
6. Conservación de áreas de interés	Alta	261,09
	Media	105,34
7. Conservación del uso agrícola	Alta	94,04
	Media	131,02

Fuente: Elaboración propia

Como se deduce de la tabla anterior, la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección de cauces) y la actividad 4 (Restauración de riberas) no han sido representadas gráficamente ni se han considerado, ya que los resultados de superposición hallados con Arcgis 9.3 para dichas actividades han sido **no adecuados** para todo el territorio de la cuenca.

Las actividades que son compatibles y coinciden en el mismo polígono, se desarrollarán simultáneamente. El criterio adoptado para llevar a cabo la propuesta final ha consistido en la elección de la clase de adecuación **alta** para la realización de cada actividad en la cuenca. Para ello, se ha utilizado la herramienta Arcgis 9.3 con el fin de superponer las coberturas de adecuación de las actividades propuestas y así obtener una serie de combinaciones posibles entre actividades. Estas combinaciones se muestran en la Tabla 43.

Tabla 43. Combinaciones de actividades compatibles con grado alto de adecuación en la cuenca del Poyo.

Actividades compatibles	Superficie (km²)
Sin actividad	79,25
Actividad 1	3,63
Actividad 1 y 6	21,02
Actividad 2	2,27
Actividad 2 y 5	1,28
Actividad 2 y 6	3,50
Actividad 2, 5 y 6	38,22
Actividad 5	55,97
Actividad 5 y 6	61,28
Actividad 6	88,93
Actividad 6 y 7	47,47
Actividad 7	26,74

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 se indica el mapa resultante obtenido para la ordenación de la cuenca objeto de estudio según criterios de sostenibilidad.

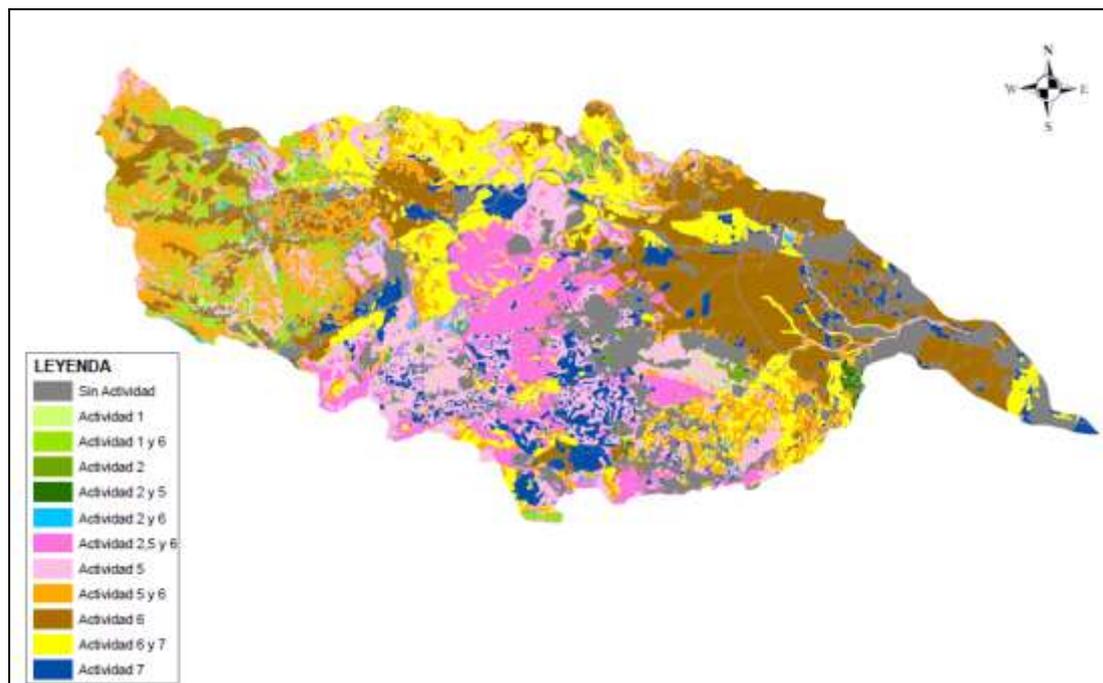


Figura 28. Ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo según criterios de sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. *Presentación de resultados*

En este apartado se aportan los resultados obtenidos durante la elaboración de este trabajo, en el cual se han empleado los métodos clásicos de ordenación de cuencas, como son el modelo USLE y el modelo basado en criterios de Mintegui, así como la metodología de ordenación según criterios de sostenibilidad, validándolos mediante su aplicación en la cuenca del Poyo.

Para la representación cartográfica de las actividades de ordenación de la cuenca objeto de este trabajo, se han utilizado herramientas de Sistemas de Información Geográfica, en particular, el software Arcgis 9.3.

Es importante destacar que las actividades que se han propuesto mediante la aplicación de la metodología con criterios de sostenibilidad se han establecido en base a la capacidad del medio para acoger dichas actividades. En este sentido, algunas de estas actividades no se han considerado en los otros métodos de ordenación empleados. En definitiva, los distintos métodos proponen actividades que no tienen que coincidir necesariamente en cuanto a términos cuantitativos, es decir, en superficie ocupada, ni en términos geográficos, es decir, en localización.

Así pues, los resultados obtenidos para cada metodología utilizada se muestran en las Tablas 44 a 46.

Tabla 44. Resultados de la ordenación según modelo USLE, para la cuenca del Poyo.

Código	Uso futuro	Superficie (km ²)	% de la cuenca
1	Mantener uso agrícola	207,694	48,36
2	Mantener uso forestal	49,495	11,52
3	Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	21,832	5,08
4	Replacación en terreno forestal	70,561	16,43
5	Cambio de uso agrícola a uso forestal	15,705	3,66
6	Improductivo	64,246	14,96
TOTAL CUENCA		429,5	100

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 45. Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990), para la cuenca del Poyo.

Código	Uso futuro según criterios de Mintegui	Superficie (km ²)	% de la cuenca
1	Completar espesura con pinares y quercíneas	0,562	0,13
2	Repoblación forestal	70,666	16,45
3	Conservar cubierta actual	48,815	11,37
4	Conservar cultivos actuales	238,936	55,63
5	Prácticas de conservación	5,995	1,4
6	Improductivo	64,246	14,96
TOTAL CUENCA		429,5	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad, para la cuenca del Poyo.

Actividades compatibles	Superficie (km ²)	% de la cuenca
Sin actividad	79,25	18,45
Actividad 1	3,63	0,84
Actividad 1 y 6	21,02	4,89
Actividad 2	2,27	0,53
Actividad 2 y 5	1,28	0,3
Actividad 2 y 6	3,50	0,81
Actividad 2, 5 y 6	38,22	8,9
Actividad 5	55,97	13,03
Actividad 5 y 6	61,28	14,27
Actividad 6	88,93	20,7
Actividad 6 y 7	47,47	11,05
Actividad 7	26,74	6,23
TOTAL CUENCA	429,5	100

Fuente: Elaboración propia

3.2. *Estudio comparativo de las superficies de actuación*

La comparación de las superficies de actuación según las diferentes metodologías analizadas se ha efectuado mediante la superposición de cada una de las coberturas generadas con los diferentes métodos aplicados.

Debido a que la comparativa se basa en un modelo cartográfico de coincidencia superficial, no se han incorporado en la misma las actividades 3 y 4, hidrotecnias de corrección de cauces y repoblación de riberas, respectivamente, ya que no tuvieron un peso muy alto en la representación cartográfica en este caso.

Las superposiciones destinadas a la comparación de las superficies de actuación pueden expresarse a través de una matriz en la cual se enfrente la cobertura de actuaciones según la metodología de sostenibilidad con cada una de las coberturas de actuaciones originadas con los otros dos métodos.

3.2.1. Comparación modelo USLE y MOCS

Las superficies resultantes, en km², de la superposición de ambos modelos se presentan en la Tabla 47.

Tabla 47. Superficies coincidentes de metodología USLE y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en km²

MOCS \ USLE	1. Mantener uso agrícola	2. Mantener uso forestal	3. Realizar prácticas de conservación de suelos	4. Repoblación en terreno forestal	5. Cambio de uso	6. Sin actuación
1	0	0,007	0	3,7505	0	0,007
1 y 6	0	0,6588	0,0016	16,5275	0,5282	0,0363
1. Repoblación forestal protectora	0	0,6658	0,0016	20,2780	0,5282	0,0433
2	0	2,3921	0	0	0	0,0039
2 y 5	0	1,4001	0	0	0	0,0094
2 y 6	0,0011	0,4756	0	0,0063	3,1452	0,0011
2, 5 y 6	28,895	0,022	0,0128	0	9,4955	0,3535
2. Completar espesura en masas con deficiencia	28,8961	4,2898	0,0128	0,0063	12,6407	0,3679
5	0,0593	21,2298	17,6952	16,9517	0,3638	0,3065
5 y 6	33,4149	5,3770	4,0664	18,3511	0,2607	0,0854
5. Repoblaciones para aumentar biodiversidad	33,4742	26,6068	21,7616	35,3028	0,6245	0,3919
6	71,1081	6,487	0,0981	10,0578	1,3305	0,1552
6 y 7	47,5948	0,0362	0,0002	0	0,0002	0,1145
6. Conservación de áreas de interés	118,7029	6,5232	0,0983	10,0578	1,3307	0,2697
7. Conservación del uso agrícola	26,8609	0	0	0	0,0128	0,1468
Sin actuación	1,115	12,1257	0,3173	1,9173	0,9584	64,246

A continuación se detallan las mayores superficies solapadas entre las dos metodologías comparadas:

- 1) Repoblación forestal protectora (MOCS). La superficie solapada en km² de mayor relevancia con una clase de ordenación USLE es:
 - Repoblación en terreno forestal: **20,2780**
- 2) Completar espesura en masas con deficiencia (MOCS). Existen superficies solapadas, en km², de esta actividad con todas las clases de ordenación USLE, sin embargo, las más importantes se dan con las siguientes clases:
 - Cambio de uso: **12,6407**
 - Mantener uso forestal: **4,2898**
 - Mantener uso agrícola: **28,8961**
- 3) Repoblaciones para aumentar biodiversidad (MOCS). De la misma forma que la actividad anterior, hay superficies solapadas, en km², con todas las clases de ordenación USLE, aunque las de mayor coincidencia se muestran a continuación:
 - Repoblación en terreno forestal: **35,3028**
 - Realizar prácticas de conservación de suelos: **21,7616**
 - Mantener uso forestal: **26,6068**
 - Mantener uso agrícola: **33,4742**
- 4) Conservación de áreas de interés (MOCS). Las superficies coincidentes, en km², más importantes cuantitativamente, son:
 - Repoblación en terreno forestal: **10,0578**
 - Mantener uso forestal: **6,5232**
 - Mantener uso agrícola: **118,7029**
- 5) Conservación del uso agrícola (MOCS). Esta actividad presenta la mayor superficie solapada, en km², con la siguiente clase de ordenación USLE:
 - Mantener uso agrícola: **26,8609**
- 6) Sin actividad (MOCS). En este último caso, las superficies solapadas, en km², de mayor importancia tienen lugar con las siguientes clases USLE:

- Improductivo: **64,246**
- Repoblación en terreno forestal: **1,9173**
- Mantener uso forestal: **12,1257**

3.2.2. Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y MOCS

De forma análoga al apartado anterior, se presenta en la Tabla 48 los resultados hallados para en la superposición de superficies entre la metodología de ordenación según criterios de Mintegui (1990) y la metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS).

Tabla 48. Superficies coincidentes de metodología según criterios de Mintegui y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en km².

MINTEGUI MOCS	1. Completar espesura	2. Repoblación forestal	3. Conservar cubierta actual	4. Conservar cultivos actuales	5. Prácticas de conservación	6. Sin actuación
1	0,0062	3,5368	0,007	0	0	0,0070
1 y 6	0,0057	19,8121	0,6531	0	0,4943	0,0363
1. Repoblación forestal protectora	0,0119	23,3489	0,6538	0	0,4943	0,4943
2	0,0907	0	2,0877	0	0	0,0039
2 y 5	0	0	1,1865	0	0	0,0094
2 y 6	0,1425	0,1413	0,3331	0,0011	2,7965	0,0011
2, 5 y 6	0	0	0,0220	38,1086	0,0001	0,3535
2. Completar espesura en masas con deficiencia	0,2332	0,1413	3,6292	38,1097	2,7966	0,3679
5	0	16,7381	21,0161	17,5157	0,3531	0,3065
5 y 6	0	18,1374	5,1779	37,1810	0,2906	0,1363
5. Repoblaciones para aumentar biodiversidad	0	34,8755	26,1940	54,6967	0,6437	0,4428
6	0,3011	9,8679	5,9723	70,9045	1,1608	0,1553
6 y 7	0	0	0,0362	47,3812	0	0,1047
6. Conservación de áreas de interés	0,3011	9,8679	6,0085	118,2857	1,1608	0,2599
7. Conservación del uso agrícola	0	0	0	26,6570	0	0,1468
Sin actuación	0,0281	1,7332	11,8880	1,1966	0,8737	64,2460

A continuación se detallan las mayores superficies solapadas entre ambas metodologías:

- 1) Repoblación forestal protectora (MOCS). La superficie solapada en km² de mayor relevancia es:
 - Repoblación forestal: **23,3489**
- 2) Completar espesura en masas con deficiencia (MOCS). Existen superficies solapadas, en km², de esta actividad con todas las clases de ordenación según criterios de Mintegui, sin embargo, las más importantes se dan con las siguientes clases:
 - Prácticas de conservación: **2,7966**
 - Conservar cultivos actuales: **38,1097**
 - Conservar cubierta actual: **3,6292**
- 3) Repoblaciones para aumentar biodiversidad (MOCS). Las superficies con una mayor coincidencia corresponden a las siguientes clases de ordenación de Mintegui:
 - Conservar cultivos actuales: **54,6967**
 - Conservar cubierta actual: **26,1940**
 - Repoblación forestal: **34,8755**
- 4) Conservación de áreas de interés (MOCS). Las superficies coincidentes, en km², más importantes cuantitativamente, son:
 - Prácticas de conservación: **1,1608**
 - Conservar cultivos actuales: **118,2857**
 - Conservar cubierta actual: **6,0085**
 - Repoblación forestal: **9,8679**
- 5) Conservación del uso agrícola (MOCS). Esta actividad presenta la mayor superficie solapada, en km², con la siguiente clase de ordenación según Mintegui:
 - Conservar cultivos actuales: **26,6570**

6) Sin actividad (MOCS). En este último caso, las superficies solapadas, en km², de mayor importancia tienen lugar con las siguientes clases USLE:

- Improductivo: **64,246**
- Conservar cultivos actuales: **1,1966**
- Conservar cubierta actual: **11,8880**
- Repoblación forestal: **1,7332**

3.2.3. Comparación ordenación según USLE y según criterios de Mintegui (1990)

En la Tabla 49 se indican los valores de las superficies superpuestas en la comparación entre las metodologías de ordenación según USLE y la metodología según criterios de Mintegui, expresadas en km².

Tabla 49. Superficies de superposición de metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui, en km².

USLE MINTEGUI	1. Mantener uso agrícola	2. Mantener uso forestal	3. Realizar prácticas de conservación de suelos	4. Repoblación en terreno forestal	5. Cambio de uso	6. Sin actuación
1. Completar espesura	0	0,5560	0	0,0118	0	0,0118
2. Repoblación forestal	0	0,1819	0,0007	70,0396	0,2203	0,1819
3. Conservar cubierta actual	0,0395	48,6560	0,0085	0,1701	0,007	0,4139
4. Conservar cultivos actuales	205,6202	0,0480	21,7229	0	9,4023	0,8694
5. Prácticas de conservación	0,0011	0	0,1384	0,0008	6,1826	0,0011
6. Sin actuación	0,8695	0,4257	0,0218	0,1819	0,0558	64,2460

Las superficies solapadas que se han hallado en la comparación entre las metodologías USLE y Mintegui, han sido las siguientes:

- 1) Mantener uso agrícola (USLE). Esta actividad presenta la mayor superficie solapada con la Actividad 4 de Mintegui (Conservar cultivos actuales), con **205,6202** km². Esta superficie es la mayor entre las actividades de ambas metodologías comparadas. También coincide con las Actividades 3 (Conservar cubierta actual), 5 (Prácticas de conservación) y 6 (Sin actuación) de Mintegui, aunque pueden considerarse de muy poca importancia ya que ocupan representan superficies muy pequeñas en comparación con el conjunto de la cuenca.
- 2) Mantener uso forestal (USLE). Esta actividad coincide con la Actividad 3 de Mintegui (Conservar cubierta actual) en **48,6560** km². También hay superficies solapadas con el resto de actividades de Mintegui excepto con la Actividad 5 (Prácticas de conservación), si bien se consideran de poca relevancia por ser áreas coincidentes muy pequeñas.
- 3) Realizar prácticas de conservación de suelo (USLE). La superficie solapada más grande se da con la Actividad 4 (Conservar cultivos actuales), con **21,7229** km². También hay coincidencia con las Actividades 2 (Replacación forestal), 3 (Conservar cubierta actual), 5 (Prácticas de conservación) y 6 (Sin actuación) de Mintegui, pero no se consideran significativas.
- 4) Replacación en terreno forestal (USLE). Coincide, fundamentalmente, con la Actividad 2 (Replacación forestal) de Mintegui en **70,0396** km². El resto de superficies solapadas carecen de relevancia.
- 5) Cambio de uso (USLE). Las superficies solapadas de esta actividad se reparten en dos Actividades de Mintegui, principalmente. Por un lado, coincide con la Actividad 4 (Conservar cultivos actuales) en **9,4023** km² y, por otro, con la Actividad 5 (Prácticas de conservación) en **6,1826** km².
- 6) Sin actuación (USLE). Finalmente, destaca la superficie coincidente entre esta actividad y la Actividad 6 de Mintegui (Sin actuación), que es de **64,2460** km².

3.3. *Estudio cuantitativo de la coincidencia de las metodologías: índice de Kappa*

Para llevar a cabo un análisis cuantitativo de las superficies de actuación según cada metodología, se procede a agrupar las actividades de cada una de las metodologías en bloques de actuación similares.

Para ello, se han considerado los siguientes bloques para organizar las correspondencias entre las actividades de cada metodología propuesta de ordenación de la cuenca, como se indica en la Tabla 50.

Tabla 50. Bloques de correspondencia entre actividades de las metodologías de ordenación estudiadas.

Bloques	Sostenibilidad	USLE	Mintegui
Repoblaciones	1	4+5	2
Mantener/mejorar uso	2+5	2+3	1+3+5
Conservar uso agrícola	7	1	4
Conservar áreas de interés	6	*	*
Sin actuación	999	999	999
<i>Nota: *Indica que no hay propuesta de actuación para este bloque</i>			

Fuente: Elaboración propia

Después de haber clasificado las actividades de las tres metodologías analizadas en bloques comparativos, se construyen tablas donde se representan las superficies coincidentes entre metodologías (véase Tablas 51 a 53). En las Figuras 29 a 31 se muestran las superficies coincidentes en los bloques comparativos entre metodologías.

Tabla 51. Comparación de superficies coincidentes entre MOCS y USLE, en km².

	Repoblaciones	Mantener/mejorar uso	Conservar uso agrícola	Conservar áreas de interés	Improductivo	Total
Repoblación protectora	20,8062	0,6674	0	0	0,0433	21,5169
Mantener/mejorar uso	48,5743	52,671	62,3703	0	0,7598	164,3754
Conservar uso agrícola	0,0128	0	26,8609	0	0,1468	27,0205
Conservar áreas de interés	11,3885	6,6215	118,7029	0	0,2697	136,9826
Improductivo	2,8757	12,443	1,115	0	64,246	80,6797
Total	83,6575	72,4029	209,0491	0	65,4656	430,5751

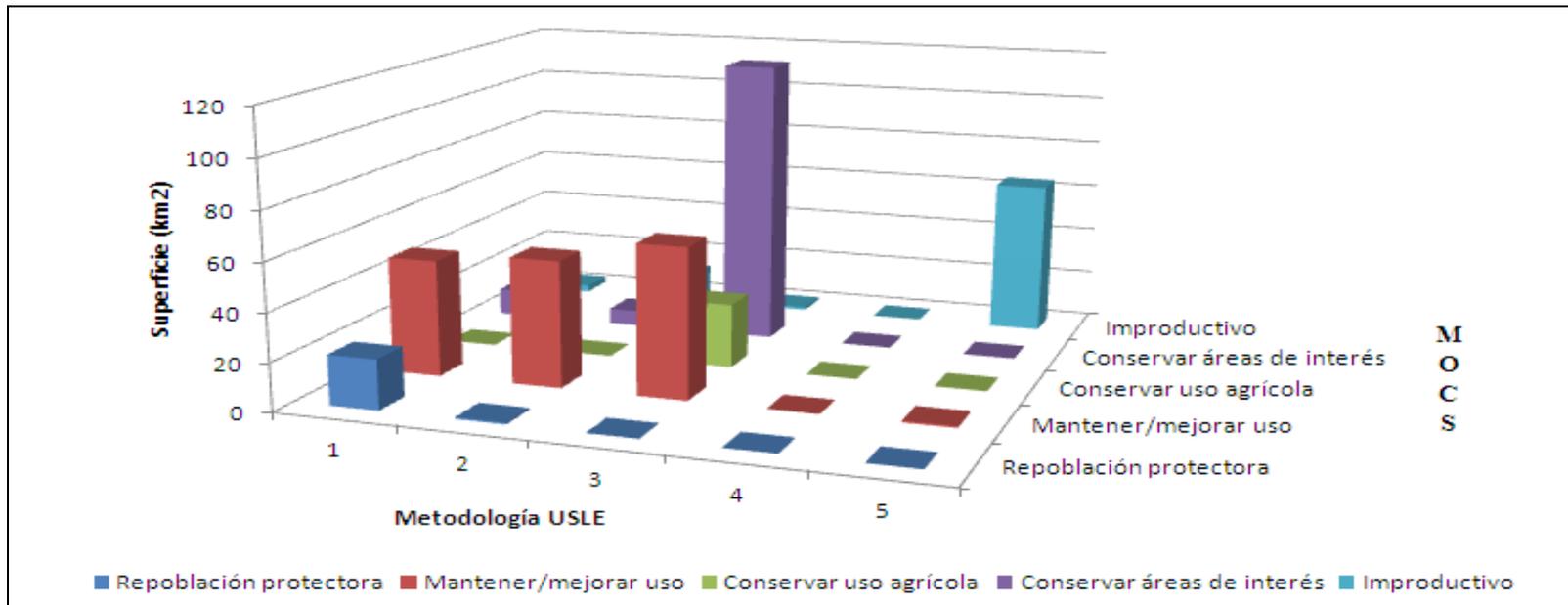


Figura 29. Comparación gráfica entre MOCS y metodología USLE

Tabla 52. Comparación de superficies coincidentes entre MOCS y Mintegui, en km².

	Repoblaciones	Mantener/mejorar uso	Conservar uso agrícola	Conservar áreas de interés	Improductivo	Total
Repoblación protectora	23,3489	1,16	0	0	0,4943	25,0032
Mantener/mejorar uso	35,0168	33,4967	92,8064	0	0,8107	162,1306
Conservar uso agrícola	0	0	26,1940	0	0,1468	26,3408
Conservar áreas de interés	9,8679	7,4704	118,2857	0	0,2599	135,8839
Improductivo	1,7332	12,7898	1,1966	0	64,246	79,9656
Total	69,9668	54,9169	238,4827	0	65,9577	429,3241

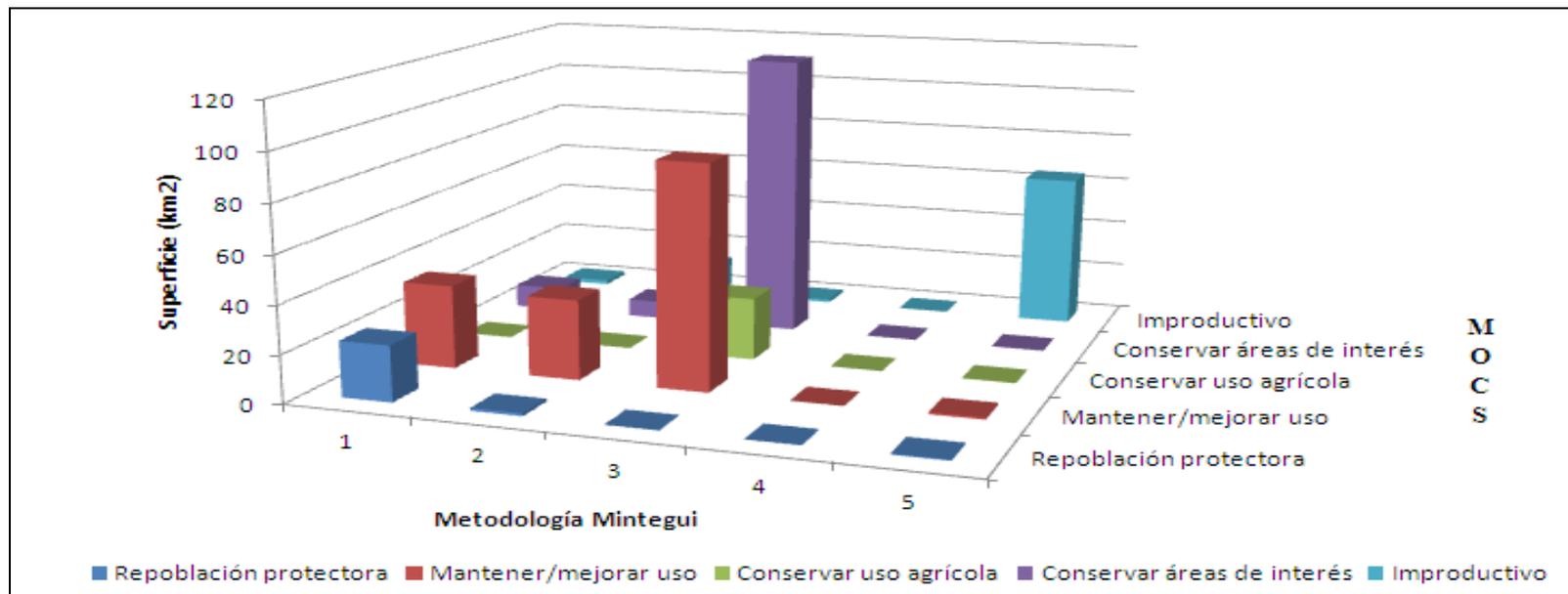


Figura 30. Comparación gráfica entre metodología según criterios de Mintegui y MOCS

Tabla 53. Comparación de superficies coincidentes entre USLE y Mintegui, en km².

	Replantaciones	Mantener/mejorar uso	Conservar uso agrícola	Improductivo	Total
Replantación protectora	70,2599	6,3723	9,4023	0,2377	86,2722
Mantener/mejorar uso	0,1826	49,3589	21,7709	0,4475	71,7599
Conservar uso agrícola	0	0,0505	205,6202	0,8695	206,5402
Improductivo	0,1819	0,4268	0,8694	64,2460	65,7241
Total	70,6244	56,2085	237,6628	65,8007	430,2964

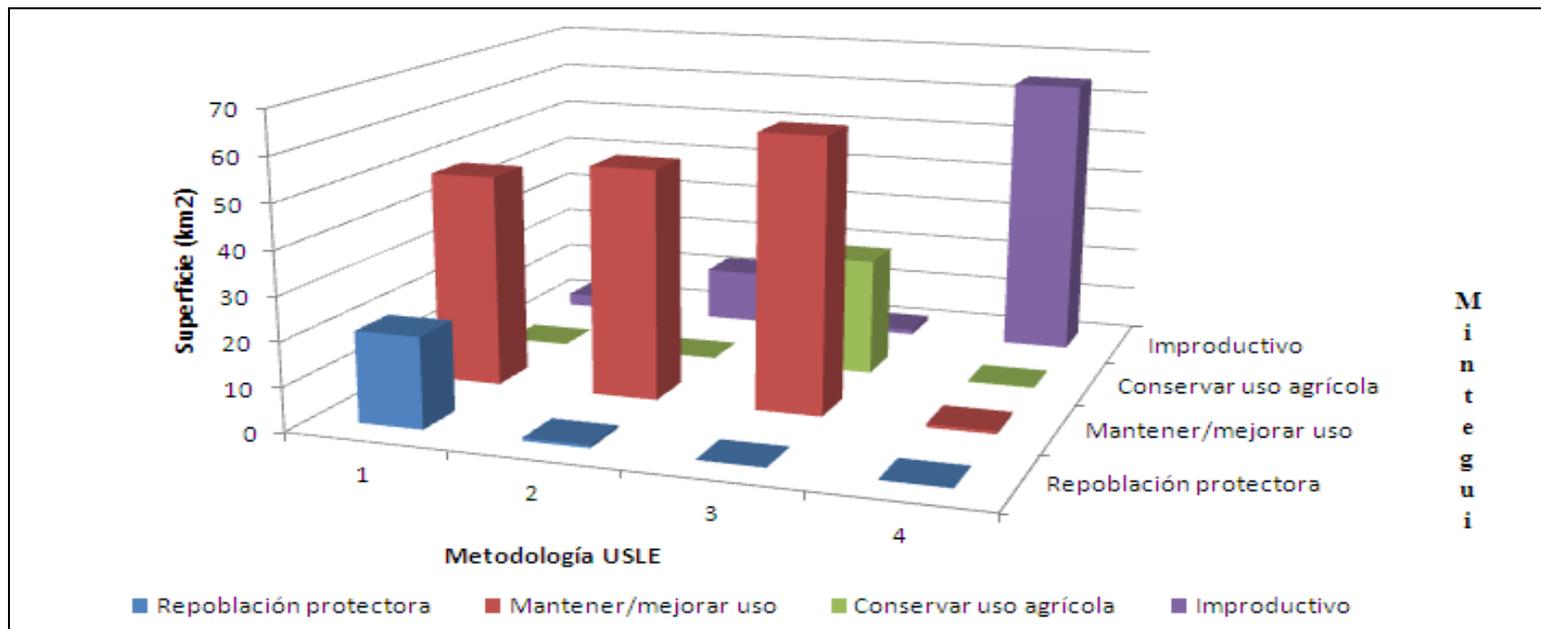


Figura 31. Comparación gráfica entre metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui

CAPÍTULO 3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 51, donde se compara la metodología de ordenación según criterios de sostenibilidad (MOCS) con la metodología USLE, las actividades que aparecen agrupadas por filas corresponden a la primera, siendo la superficie coincidente total en la primera fila, destinada a repoblación forestal protectora, de **21,5169** km². La segunda fila de esa tabla cuenta con una superficie total coincidente de **164,3754** km², propuesta para mantener o mejorar el uso del suelo, y que representa la mayor superficie coincidente para las actividades agrupadas relativas a la MOCS. De manera sucesiva, se recogen las superficies totales coincidentes del resto de actividades.

En contraposición, los valores totales indicados en las columnas de esa misma tabla, hacen referencia a las superficies solapadas de la otra metodología comparada. El valor de la primera columna es la superficie coincidente total asignada a repoblación según el método USLE, con **83,6575** km². Los valores remarcados que aparecen en la diagonal, expresan la superficie solapada de actividades homólogas de ambas metodologías comparadas. Por ejemplo, en la actividad de repoblación, hay **20,8062** km² de superficie que coincide en ambas metodologías. En la actividad de mantener o mejorar el uso del suelo, esta coincidencia es todavía mayor, puesto que alcanza los **52,671** km².

No obstante, si se compara las superficies coincidentes totales de cada actividad entre las dos metodologías, MOCS y USLE, se observan diferencias muy significativas. Así, para la actividad de conservar el uso agrícola, donde se aprecia la diferencia más llamativa, la MOCS propone dedicar **27,0205** km², mientras que la superficie total asignada por USLE para la misma actividad es de **209,0491** km².

De forma análoga, se puede analizar la comparación entre la MOCS y la metodología según criterios de Mintegui (Tabla 52). Como en el caso anterior, las superficies totales coincidentes de cada actividad, propuestas por cada metodología, divergen de forma clara. Para la actividad “Conservar el uso agrícola”, la diferencia entre superficies es incluso mayor que en la comparación de MOCS y USLE. Sin embargo, en las actividades de repoblación y de mantener o mejorar el uso del suelo, las diferencias en las superficies totales solapadas entre la MOCS y Mintegui son menores que en el caso de la comparación entre la MOCS y la USLE.

Finalmente, en la Tabla 53 se compara las superficies solapadas de las metodologías USLE y Mintegui. Las filas corresponden a las superficies asignadas por el modelo USLE y las columnas son las superficies propuestas por la metodología de Mintegui. En términos generales, las superficies totales de coincidencia en ambas metodologías difieren entre sí en

mucho menor grado que las superficies totales de las dos anteriores comparaciones, MOCS-USLE y MOCS-Mintegui. La diferencia más notable entre superficies totales coincidentes en la comparación USLE-Mintegui se da en la actividad de conservación del uso agrícola, donde la metodología USLE propone **206,5402** km² y la metodología según criterios de Mintegui asigna **237,6628** km², con una superficie de coincidencia muy elevada, de **205,6202** km². Esta diferencia se debe a una elevada asignación en la superficie de algunas actividades agrupadas por la metodología Mintegui para definir la actividad de conservación agrícola, como es el caso de las actividades de prácticas de conservación y de cambio de uso del suelo. También existe una coincidencia muy alta en la actividad de repoblación, con **70,2599** km², donde la metodología USLE destina un total de **86,2722** km², superficie mayor que la propuesta por la metodología Mintegui, que es de **70,6244** km². Esta diferencia se explica porque la metodología USLE considera dos actividades, repoblación en terreno forestal y cambio de uso, para definir la superficie total de repoblación; sin embargo, Mintegui, integra la superficie total de repoblación en una sola actividad, la de repoblación forestal.

3.3.1. Cálculo del índice de Kappa

El coeficiente o índice Kappa (**k**) resume la concordancia entre dos medidas de una variable a escala cualitativa, tras eliminar la concordancia debida al azar.

La expresión empleada para calcular el coeficiente o índice Kappa (**k**), es la siguiente:

$$k = \frac{n \cdot \sum x_{kk} - \sum x_i \cdot \sum x_j}{n^2 - \sum x_i \cdot \sum x_j}$$

Siendo:

n = Número de valores utilizados

$\sum x_{kk}$ = Suma de los valores de la diagonal principal

$\sum x_i$ = Suma de todas las columnas de la fila i

$\sum x_j$ = Suma de todas las filas de la columna i

El coeficiente Kappa puede tomar valores comprendidos entre 1 y -1. Cuanto más cercano esté a 1, mayor es el grado de concordancia entre observadores. Por el contrario, si está próximo a -1, mayor es el grado de discordancia entre observadores. Un valor de **k=0** indica que la concordancia observada es la que se espera a causa exclusivamente del azar.

Los índices Kappa obtenidos para cada una de las comparaciones entre las tres metodologías de ordenación estudiadas, se muestran en la Tabla 54.

Tabla 54. Valores del índice Kappa para cada comparación entre metodologías.

Metodologías comparadas	Valores hallados del índice Kappa
MOCS-USLE	0,8546
MOCS-Mintegui	0,8584
USLE-Mintegui	0,9050

Fuente: Elaboración propia

Para interpretar orientativamente el significado de los valores del índice Kappa obtenidos, se pueden utilizar las clasificaciones propuestas por varios autores. En este sentido, Landis y Koch (1977) proponen la siguiente clasificación del índice Kappa (véase Tabla 55):

Tabla 55. Interpretación del índice de Kappa de Landis y Koch.

Valor del índice Kappa	Grado de acuerdo
< 0	Sin acuerdo
0 – 0,2	Insignificante
0,2 – 0,4	Bajo
0,4 – 0,6	Moderado
0,6 – 0,8	Bueno
0,8 - 1	Muy bueno

Fuente: Landis y Koch (1977)

Por su parte, Fleiss (1981) ofrece una clasificación más simplificada de los coeficientes Kappa, considerando sólo 3 rangos de valores, como se muestra en la Tabla 56.

Tabla 56. Interpretación del índice de Kappa de Fleiss.

Valor del índice Kappa	Fuerza de concordancia
0,40 – 0,60	Regular
0,61 – 0,75	Buena
> 0,75	Excelente

Fuente: Fleiss (1981)

Asimismo, Altman (1991) establece la fuerza de la concordancia según cinco rangos de valores, tal y como se indica en la Tabla 57.

Tabla 57. Interpretación del índice Kappa de Altman.

Valor del índice Kappa	Fuerza de concordancia
< 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 - 1	Muy buena

Fuente: Altman (1981)

Finalmente, Monserud y Leemans (1992) realizan una clasificación muy detallada, en la que proponen ocho grados de acuerdo posibles en función del valor del coeficiente Kappa, como se observa en la Tabla 58.

Tabla 58. Interpretación del índice Kappa de Monserud y Leemans.

Valor del índice Kappa	Grado de acuerdo
< 0,05	No hay acuerdo
0,05 – 0,20	Muy malo
0,20 – 0,40	Malo
0,40 – 0,55	Regular
0,55 – 0,70	Bueno
0,70 – 0,85	Muy bueno
0,85 – 0,99	Excelente
0,99 - 1	Perfecto

Fuente: Monserud y Leemans (1992)

En base a las cuatro interpretaciones que se han presentado, se establece una clasificación de los índices Kappa obtenidos para las tres comparaciones de metodologías que se han realizado. Esta clasificación se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59. Grado de concordancia del índice Kappa, según los valores obtenidos en las comparaciones de las tres metodologías de ordenación.

Metodologías comparadas	k	Landis y Koch (1977)	Fleiss (1981)	Altman (1991)	Monserud y Leemans (1992)
MOCS-USLE	0,8546	Muy bueno	Excelente	Muy buena	Excelente
MOCS-Mintegui	0,8584	Muy bueno	Excelente	Muy buena	Excelente
USLE-Mintegui	0,9050	Muy bueno	Excelente	Muy buena	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar las tres comparaciones muestran un grado de actuación muy bueno o excelente del índice Kappa en términos cualitativos. La diferencia radica en su valor cuantitativo, donde la comparación entre las metodologías USLE y Mintegui presenta un valor de k algo superior a los valores hallados para las otras dos comparaciones. El hecho de que la metodología según criterios de Mintegui se fundamenta en los criterios empleados por el modelo USLE, aunque con algunas modificaciones, puede explicar el mayor grado de concordancia existente entre ambas metodologías.

3.4. Discusión

3.4.1. Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo

Para eliminar la subjetividad derivada de la aplicación de cada metodología de ordenación de forma individual y establecer así un método de ordenación con mayor objetividad, se propone en este punto el desarrollo de una nueva metodología de ordenación adaptada al ámbito mediterráneo. Para ello, se utilizarán y potenciarán los aspectos más positivos de las tres metodologías ya estudiadas, tratando de minimizar sus debilidades y aportando nuevos criterios en la asignación de usos.

Los pasos a seguir en el desarrollo de la nueva metodología propuesta son los siguientes:

- 1) Establecimiento de una clasificación común de actividades donde se recogen y unifican las actividades propuestas por las tres metodologías analizadas.
- 2) Adaptación de las tres metodologías mediante la agrupación de sus actividades en la clasificación común propuesta.

- 3) Comparación de superficies representadas por las nuevas actividades para cada una de las tres metodologías.
- 4) Propuesta de la nueva ordenación de la cuenca, considerando las fortalezas y debilidades de las tres metodologías e incorporando nuevos criterios a considerar en la asignación de actividades.

3.4.1.1. Clasificación común de actividades

Las actividades propuestas por las tres metodologías estudiadas previamente quedarán agrupadas en la siguiente clasificación:

- Mantener uso forestal
- Mejorar uso forestal
- Mantener uso agrícola
- Mejorar uso agrícola
- Cambio de uso
- Improductivo

3.4.1.2. Adaptación de las tres metodologías a la nueva clasificación

En la tabla 60 se muestra la equivalencia entre los usos o actividades de cada metodología y los nuevos usos adoptados en la clasificación común.

CAPÍTULO 3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 60. Equivalencias entre los usos de las tres metodologías de ordenación estudiadas y los usos de la clasificación común propuesta.

USLE	Mintegui	Sostenibilidad	Clasificación común
Mantener uso forestal	Conservar cubierta actual	Conservación de áreas de interés	Mantener uso forestal
Replacación en terreno forestal	Completar espesura con pinares y quercíneas Replacación forestal	Replacación forestal protectora.	Mejorar uso forestal
		Replacación forestal protectora + Conservación de áreas de interés	
		Completar espesura en masas con deficiencia	
		Completar espesura en masas con deficiencia + Replacaciones para aumentar la biodiversidad	
		Completar espesura en masas con deficiencia + Conservación de áreas de interés	
		Completar espesura en masas con deficiencia + Replacaciones para aumentar la biodiversidad + Conservación de áreas de interés	
		Replacaciones para aumentar la biodiversidad	
		Replacaciones para aumentar la biodiversidad + Conservación de áreas de interés	
Mantener uso agrícola	Conservar cultivos actuales	Conservación de áreas de interés	Mantener uso agrícola
		Conservación del uso agrícola	
		Conservación de áreas de interés + Conservación del uso agrícola	
Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	Prácticas de conservación	-	Mejorar uso agrícola
Cambio de uso agrícola a uso forestal	-	-	Cambio de uso
Improductivo	Improductivo	Sin actividad	Improductivo

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el uso “Conservación de áreas de interés” perteneciente a la metodología según criterios de sostenibilidad se corresponde, en la clasificación común, con dos usos diferentes. Esto es debido a que el uso “Conservación de áreas de interés” engloba áreas de uso forestal (matorral y bosque) y áreas de uso agrícola, por lo que se ha considerado necesario la separación en esos dos usos. Asimismo, el uso “Conservación de áreas de interés” podría llegar a bloquear la asignación de la actividad “Mejorar uso forestal” en

aquellas zonas de la cuenca donde entran en juego consideraciones legales de compleja incorporación en la nueva metodología que se propone. Estas zonas serían aquellas superficies ocupadas por espacios naturales protegidos, y en el caso de la cuenca objeto de estudio se han considerado aquellas zonas declaradas LIC. La presencia de estas zonas de protección legal del territorio pueden limitar o limitan la ordenación a las actividades que permitan las distintas figuras de protección, con los problemas que ello puede provocar, como por ejemplo repoblaciones para evitar sedimentos que produzcan aterramientos de embalses, cambio de uso agrícola a uso forestal para disminuir riesgos de inundaciones, etc.

En las Figuras 32 a 34, se indican los mapas resultantes de cada una de las tres metodologías adaptadas a la nueva clasificación de usos.

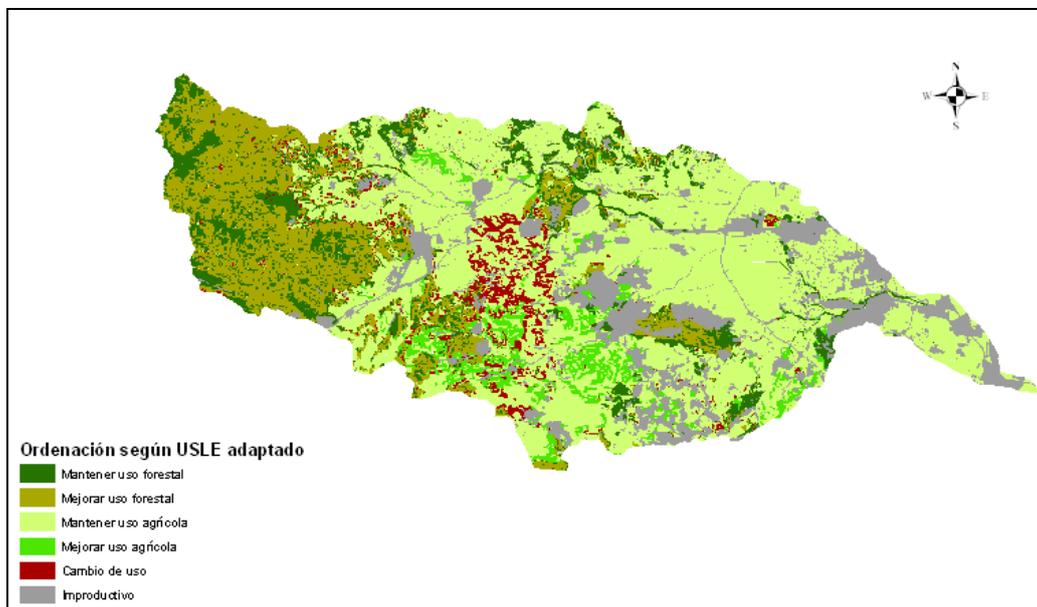


Figura 32. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología USLE. Aplicación a la cuenca del Poyo. Fuente: Elaboración propia

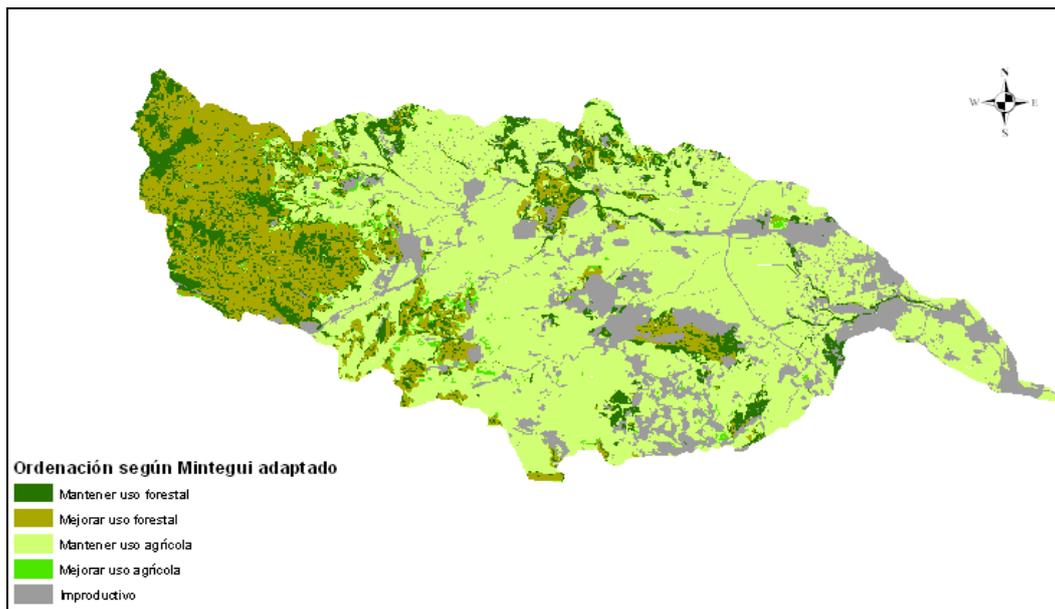


Figura 33. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología según criterios de Mintegi. Aplicación a la cuenca del Poyo. Fuente: Elaboración propia

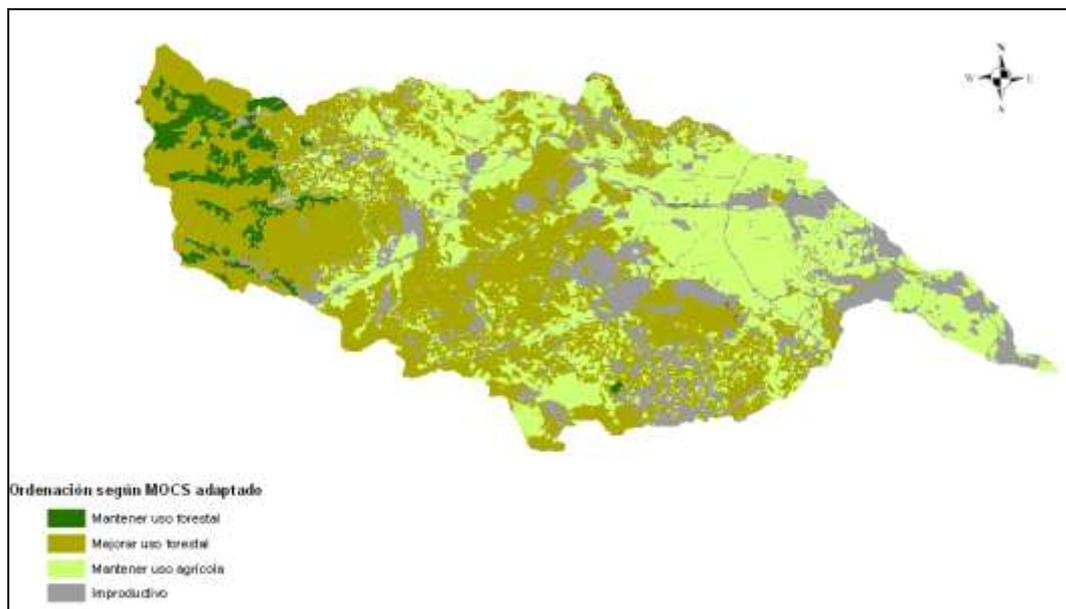


Figura 34. Usos de ordenación adaptados a la nueva clasificación común propuesta, para la metodología según criterios de sostenibilidad. Aplicación a la cuenca del Poyo. Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3. Comparación de superficies ocupadas por las nuevas actividades

Una vez agrupados los usos de las tres metodologías en una clasificación común, se pretende conocer qué superficie representa cada nueva actividad en cada metodología. En la tabla 61 se detallan estas superficies, expresadas en km² y en porcentaje.

Tabla 61. Superficies representadas por los usos de la nueva clasificación propuesta expresadas en km² y en %, para cada metodología adaptada.

Código	Actividad propuesta	USLE adaptado (Superficie)		Mintegui adaptado (Superficie)		MOCS adaptado (Superficie)	
		(km ²)	%	(km ²)	%	(km ²)	%
1	Mantener uso forestal	49,56	11,54	49,05	11,42	16,54	3,84
2	Mejorar uso forestal	70,57	16,43	71,34	16,61	188,09	43,65
3	Mantener uso agrícola	207,15	48,23	238,46	55,52	146,91	34,1
4	Mejorar uso agrícola	22,03	5,13	6,36	1,48	0	0
5	Cambio de uso	15,93	3,71	0	0	0	0
6	Improductivo	64,25	14,96	64,30	14,97	79,33	18,41

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se ha comparado el grado de coincidencia existente entre metodologías, interpolándolas dos a dos, de manera que se ha calculado la superficie que representa la combinación entre usos idénticos, para cada interpolación de metodologías. En la Tabla 62 se muestran esas superficies coincidentes, expresadas en porcentaje.

Tabla 62. Coincidencia total de cada uso, expresada en % de superficie de la cuenca, entre metodologías adaptadas interpoladas dos a dos.

Código	USO	USLE-Mintegui (% superficie de la cuenca)	USLE-MOCS (% superficie de la cuenca)	Mintegui- MOCS (% superficie de la cuenca)
1	Mantener uso forestal	11,38	1,5	1,43
2	Mejorar uso forestal	16,38	13,68	13,78
3	Mantener uso agrícola	48,09	33,72	33,72
4	Mejorar uso agrícola	0,03	0	0
5	Cambio de uso	0	0	0
6	Improductivo	14,92	14,95	14,95
Total		90,81	63,86	63,88

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, las metodologías adaptadas de USLE y Mintegui son las que presentan una mayor coincidencia en el conjunto de la cuenca ya que, sumando la concordancia entre todos los usos, abarca un 90,81% del área de la cuenca, siendo el uso con mayor coincidencia el de “Mantener uso agrícola”, con un 48,09%.

Las otras dos interpolaciones (USLE-MOCS, Mintegui-MOCS) presentan también buenos resultados, ya que los usos coinciden totalmente en casi un 64% de la superficie de la cuenca.

3.4.1.4. Propuesta de la nueva ordenación de la cuenca

Después de haber establecido una clasificación común de usos de ordenación para las tres metodologías, calculado las superficies con los nuevos usos para cada metodología y comparado la coincidencia entre metodologías dos a dos, se pretende conocer ahora el grado de coincidencia de las tres metodologías, combinándolas de manera conjunta y obteniendo un mapa único donde se represente esa coincidencia. Para ello, mediante herramientas de Arcgis se combinan los mapas correspondientes a las tres metodologías adaptadas (Figuras 32 a 34) dando como resultado el mapa de coincidencia (véase Figura 35), donde se observa gráficamente la coincidencia total de las tres metodologías para cada uso, así como la superficie donde no existe tal coincidencia.

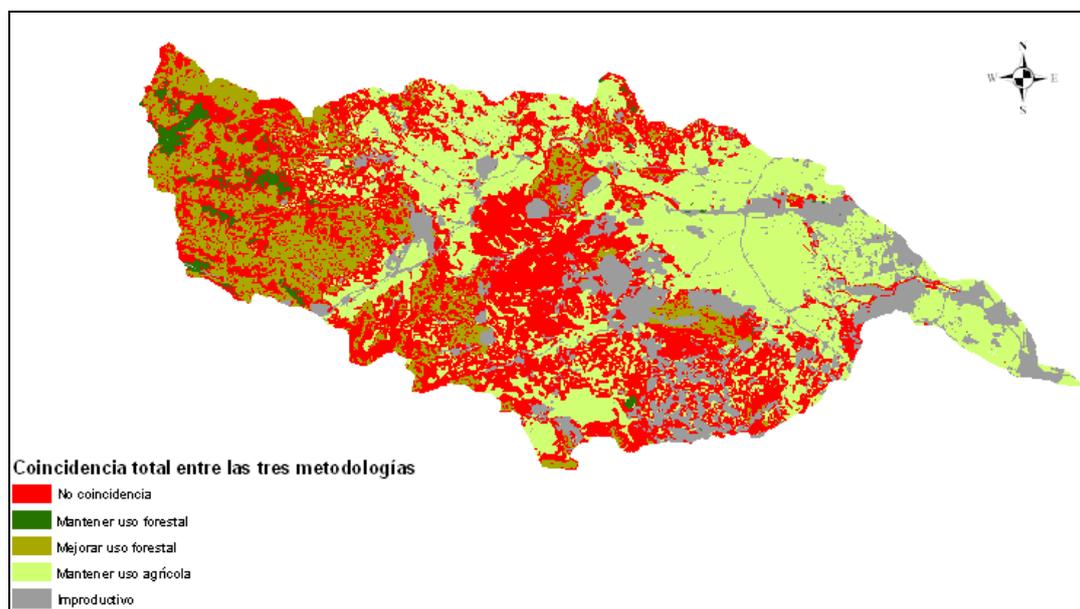


Figura 35. Mapa resultante de coincidencia total de las tres metodologías adaptadas. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aquellos polígonos en que las tres metodologías coinciden en asignar la misma actividad presentan una coincidencia total en la asignación de esa actividad, por lo que la ordenación de ese polígono queda perfectamente definida. No obstante, existen polígonos donde las tres metodologías no coinciden en asignar la misma actividad, por lo que se hace necesario establecer criterios para definir el uso que se le va a dar a esos polígonos. En la Tabla 63 se indica la superficie, en km² y en %, donde las tres metodologías coinciden plenamente en la asignación de cada actividad.

Tabla 63. Superficies coincidentes de las tres metodologías, expresadas en km² y en %, en cada actividad.

Actividad	Superficie coincidente de las tres metodologías	
	(km ²)	(%)
Mantener uso forestal (1)	6,19	1,43
Mejorar uso forestal (2)	59,04	13,68
Mantener uso agrícola (3)	145,50	33,72
Mejorar uso agrícola (4)	0	0
Cambio de uso (5)	0	0
Improductivo (6)	64,53	14,95
TOTAL	275,26	63,78

Fuente: Elaboración propia

De esta tabla se concluye que cerca del 64% de la cuenca de la rambla del Poyo presenta una coincidencia total de las tres metodologías adaptadas en la asignación de actividades. Por tanto, una gran parte de la cuenca queda perfectamente ordenada utilizando como criterios de elección de actividades el conjunto de criterios aportados por las tres metodologías. Además, las actividades más convenientes para establecer una futura ordenación de la cuenca, por ser aquellas en que coinciden plenamente las tres metodologías, son “Mantener uso forestal”, “Mejorar uso forestal”, “Mantener uso agrícola” e “Improductivo”. Por otra parte, el 36% de la cuenca presenta asignaciones contradictorias entre las tres metodologías adaptadas, por lo que, para completar la asignación de actividades de esta superficie de la cuenca, deberá aplicarse otras consideraciones.

Entre los criterios a aplicar para resolver la contradicción existente entre las tres metodologías, están aquellos que plantean la elección de la solución más económica en la

ordenación, la protección de infraestructuras y núcleos urbanos frente a inundaciones, la mejora en la recarga de acuíferos, la viabilidad económica de un cambio de cultivo, la rentabilidad económica de los cultivos existentes, o evitar aterramientos de embalses. Este último criterio se deberá considerar puesto que los caudales generados, líquidos y sólidos, en la cuenca de la rambla del Poyo, circulan aguas abajo de la cuenca y llegan a la Albufera de Valencia, donde existe un proceso de aterramiento importante causado principalmente por la erosión en la cabecera de la cuenca.

Para la cuenca objeto de estudio, la resolución de los usos contradictorios se establecería de la siguiente manera:

- 1) Cuando coincidieran los usos “Mantener uso forestal” y “Mejorar uso forestal”, en una misma zona, se elegiría la solución más viable desde el punto de vista económico, en el caso de la cuenca objeto de estudio sería “Mantener uso forestal”. No obstante, si la mejora implicara una mayor protección de infraestructuras y núcleos de población frente a inundaciones, evitara o redujera el aterramiento de embalses, o repercutiera en un incremento en la recarga de acuíferos, considerando siempre el coste de inversión y el beneficio de la recarga, se debería optar por “Mejorar uso forestal”.
- 2) Cuando se presentara alternativas entre “Cambio de uso”, “Mantener uso agrícola” y “Mejorar uso agrícola”, habría que estudiar la conveniencia de mantener el cultivo actual, realizar prácticas de conservación o sustituirlo, bien por otro tipo de cultivo o bien cambiar su uso, es decir, transformar esa zona en uso forestal. Para tomar una decisión al respecto, sería necesario realizar un estudio económico, analizando la rentabilidad económica, los costes de operación y la contribución socioeconómica que implicaría la actividad planteada. Asimismo, la viabilidad física de los cultivos se considerará posible cuando las pérdidas de suelo no superen las 10tn/ha y año. En todo caso, en zonas donde se superen este valor límite se podría plantear la realización de prácticas de conservación de suelos o bien el cambio de uso, pasando de uso agrícola a forestal, comparando la rentabilidad económica del cultivo existente, con el costo-beneficio de la introducción de especies forestales. La decisión que se ha tomado en el caso de la cuenca de la rambla del Poyo ha sido la de “Mejorar uso agrícola”, proponiendo prácticas de conservación a los cultivos actuales, debido a las pendientes elevadas

y las altas tasas de pérdidas de suelo en las parcelas en las que se asientan. Además, con esta actuación se ha decidido mantener la actividad predominantemente agrícola que existe en la cuenca.

- 3) Finalmente, si existiesen zonas con coincidencia entre usos o actividades totalmente opuestas, es decir, “Mantener uso forestal” o “Mejorar uso forestal”, con “Mantener uso agrícola” o “Mejorar uso agrícola, la solución planteada ha sido la de otorgar a esas zonas la asignación de “Cambio de uso” sobre el uso actual existente en la zona. De este modo, habría que analizar factores ya comentados en los casos anteriores, como el estudio y comparación de la viabilidad económica del cambio, analizando la rentabilidad económica de los cultivos actuales o a implantar, la mayor o menor necesidad de protección de núcleos urbanos e infraestructuras frente a inundaciones, o la mayor o menor necesidad de mejoras en las recargas de acuíferos.

Mediante la aplicación de estos criterios se consiguió establecer la ordenación de la superficie de la cuenca donde existían usos contradictorios entre las tres metodologías adaptadas. Las superficies destinadas a la ordenación de cada actividad, expresadas en km² y en porcentajes, se indican en la Tabla 64.

Tabla 64. Superficies resultantes para cada actividad, según la nueva metodología propuesta.

Código	Actividad propuesta	Superficie (km ²)	Superficie (%)
1	Mantener uso forestal	49,56	11,54
2	Mejorar uso forestal	70,57	16,43
3	Mantener uso agrícola	229,01	53,32
4	Mejorar uso agrícola	6,36	1,48
5	Cambio de uso	9,66	2,25
6	Improductivo	64,30	14,97
TOTAL		429,5	100

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 36 se representa el mapa resultante de la nueva metodología, donde se observa la distribución de las actividades propuestas en la tabla anterior.

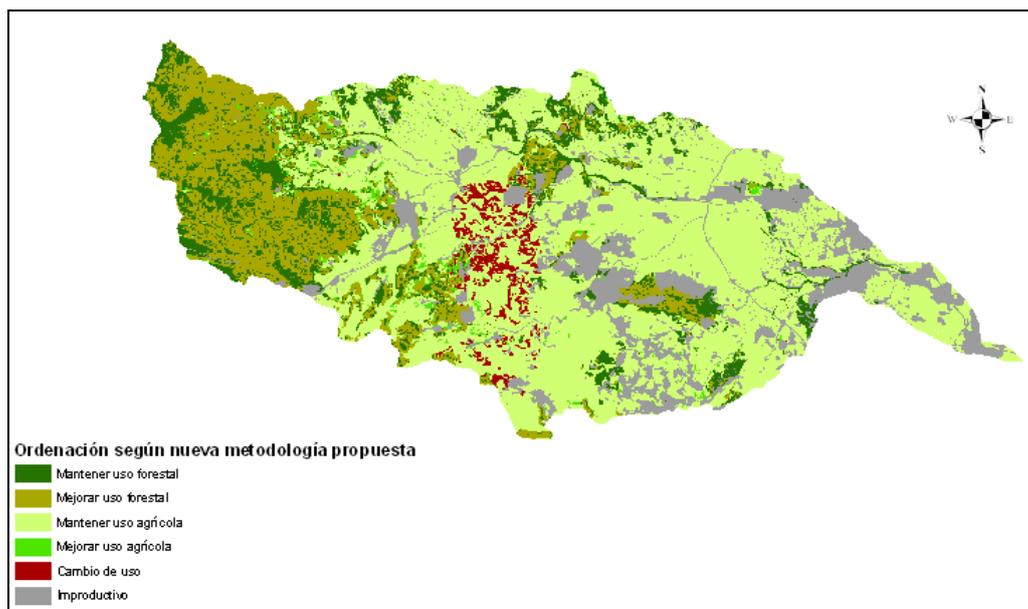


Figura 36. Mapa resultante de la ordenación de la cuenca de la rambla del Poyo, según la nueva metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la comparación visual de los resultados obtenidos en las tres metodologías adaptadas (USLE, Mintegui y MOCS), con los obtenidos en la nueva metodología propuesta, en la Figura 37 se presentan los mapas correspondientes a las cuatro metodologías, con la leyenda común de las distintas actividades propuestas.

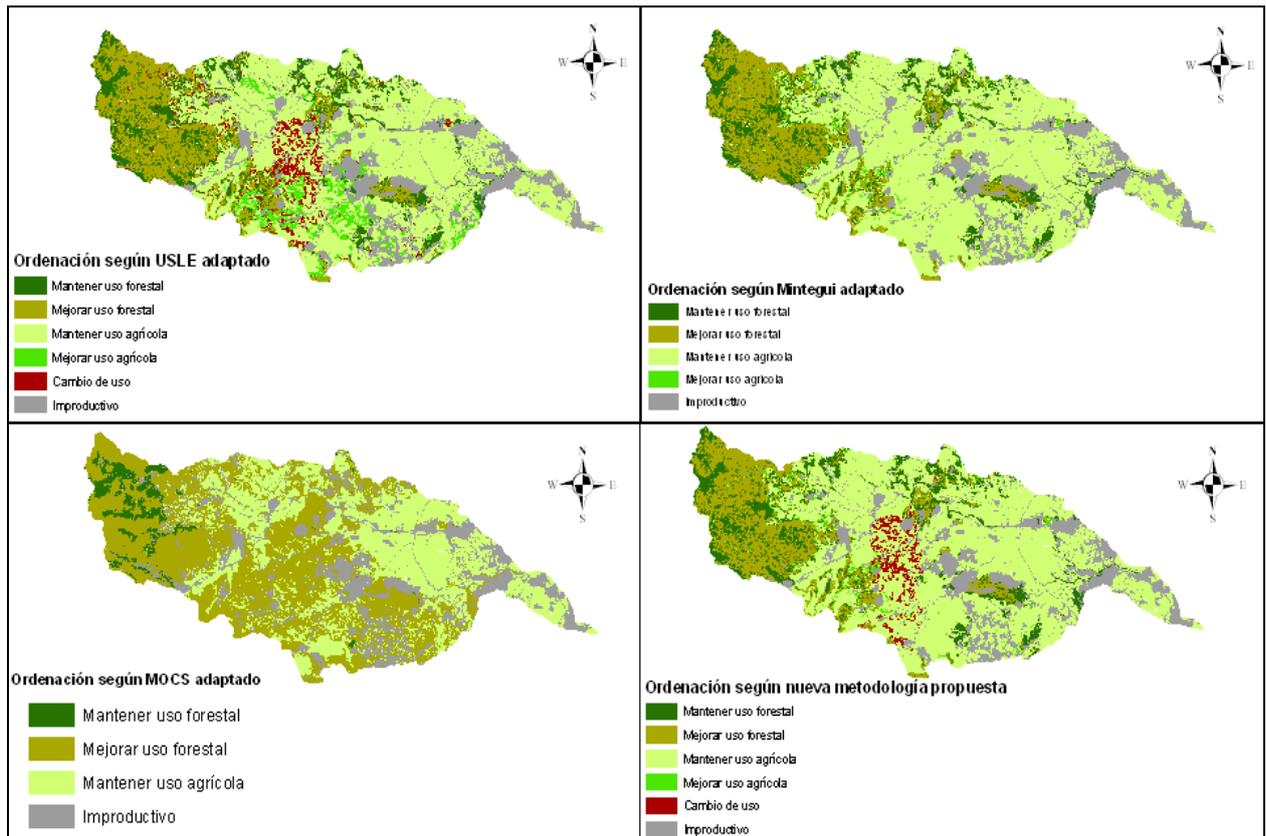


Figura 37. Comparativa visual de las metodologías adaptadas de USLE, Mintegui y MOCS, con la nueva metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38 se muestra un esquema con los criterios a seguir para la ordenación de una cuenca del ámbito mediterráneo, como es la cuenca de la rambla del Poyo, según la nueva metodología que se ha propuesto en este apartado.

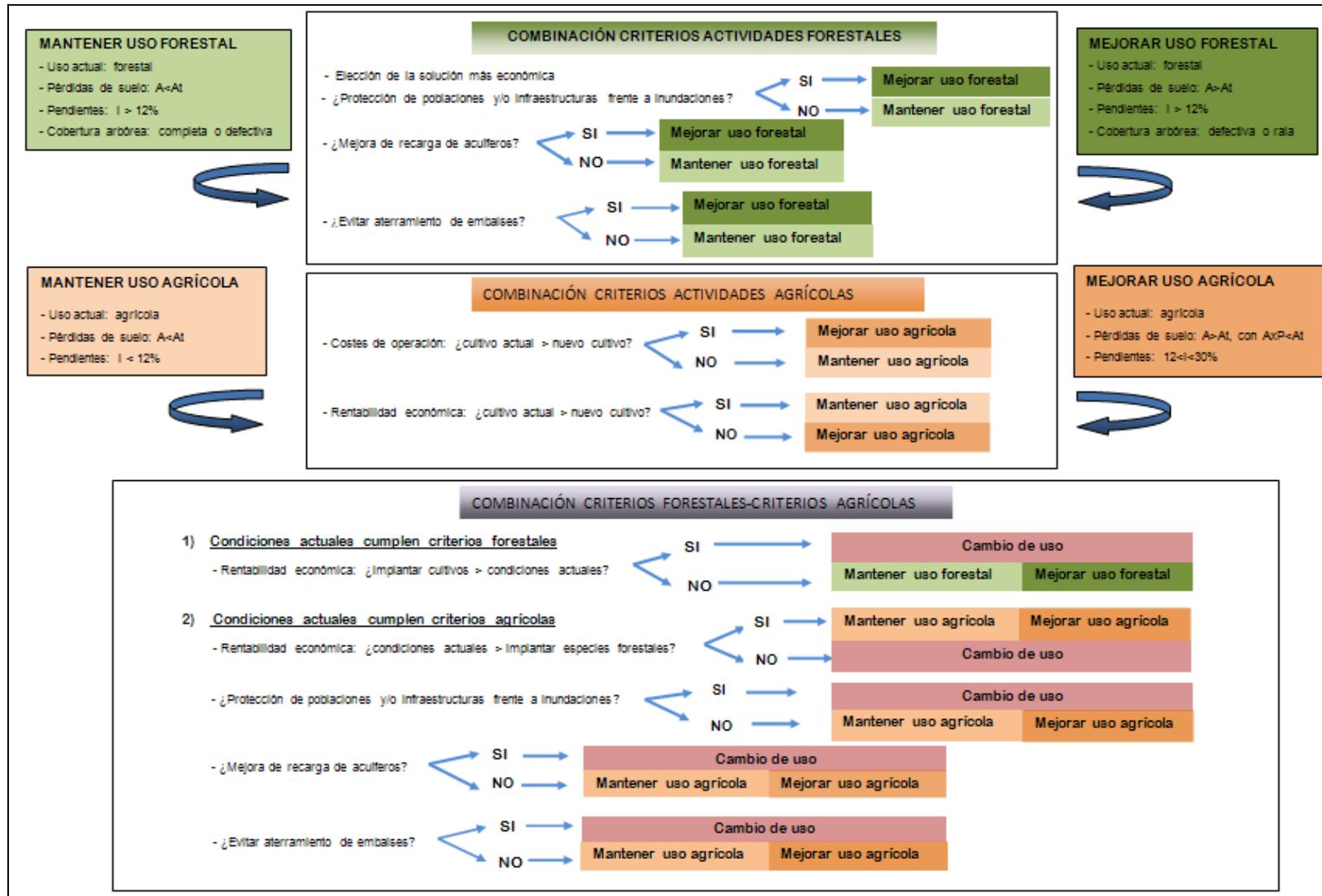


Figura 38. Cuadro-resumen con los criterios de la nueva metodología propuesta

3.4.2. Comparación de las metodologías analizadas

Con el objetivo de caracterizar cada una de las metodologías estudiadas en el presente trabajo y poder así establecer la metodología más adecuada para la cuenca de la rambla del Poyo, con el fin de poder implementarla en otras cuencas de similares características localizadas en el ámbito mediterráneos y considerando el medio natural en el que se encuentra, se ha elaborado una tabla resumen (véase Tabla nº65) donde se definen las características de las tres metodologías estudiadas. También se incluye las características de la nueva metodología de ordenación propuesta en este epígrafe en la que se propone la mejora de las metodologías anteriores.

Tabla 65. Resumen de comparación de metodologías de ordenación.

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:</p> <p>Ecuación paramétrica: $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$</p> <p>Tabla establecida: Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.</p> <p>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: 	<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.</p> <p>La tabla destaca la utilización agropecuaria del suelo como muy influyente en los procesos hidrológicos que tiene lugar en la cuenca.</p> <p>La aplicación de los criterios se realiza sobre unidades homogéneas que caracterizan a la cuenca.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Tabla establecida: Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca alimentadora"</p> <p>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 	<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.</p> <p>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:</p> <p>Matrices de capacidad de acogida y conveniencia del medio respecto a ciertas actividades planteadas.</p> <p>La metodología se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p> <p>Información necesaria:</p> <p>Para definir y caracterizar el medio físico, se requieren los mapas temáticos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pendientes

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Líneas iso-R ▪ 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. • El parámetro clima (factor lluvia, factor R ó índice de erosión pluvial) del modelo USLE es el que le aporta la universalidad al modelo. • Buena parte de los datos necesarios para el cálculo de los factores puede ser conseguida de bases de datos nacionales o de otros estudios. 	<p>(USLE).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como se utiliza un SIG, se requerirá los mapas temáticos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pendientes ▪ Litofacies ▪ Usos del suelo o vegetación ▪ Mapa de pérdidas de suelo por erosión <p>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 cuanti-cualitativa. • 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, 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia Hídrica • Uso del suelo • Litología • Pérdidas de suelo • Propiedad • Protección • Espesura de la cubierta arbórea <p>Se requieren tantos mapas como aspectos del medio sean 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 cuanti-cualitativa. • Además de los aspectos hidrológicos, propios de los otros modelos de ordenación de cuencas, ésta metodología incorpora el criterio de la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales de la cuenca. Lo hace a través del análisis de la Capacidad de acogida del territorio, que depende de su aptitud intrínseca para
---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Aporta el valor cuantitativo de la erosión, por tanto es la base cuantitativa para los otros modelos. • Es una herramienta sencilla y fácil de emplear, útil para la gestión y planificación de usos del suelo • Con la tabla de ordenación de usos del suelo, se constituye en un buen instrumento para planificar el uso agronómico del territorio. <p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiende a ser una generalización extrema del problema real para el cálculo de la erosión. • La ecuación no incluye el cálculo de la deposición y acumulación de sedimentos (Roo, 1993). • El parámetro R del modelo USLE es el más complejo de establecer. • En la tabla de “Ordenación de los usos del suelo en las diferentes superficies de la cuenca según el modelo USLE” se hace una clasificación generalista de los usos futuros propuestos, no diferenciando bien las formaciones vegetales presentes en una cuenca. Será labor del gestor el plantear actividades de uso futuro más específicas a partir de la tabla establecida. • La clasificación de ordenación se basa más que todo en el valor cuantitativo de pérdida de suelo por erosión. 	<p>toma en cuenta características del suelo y la vocación del territorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establece mayor cantidad de alternativas de actividades de ordenación respecto a USLE, pero esto no deriva en exceso de detalles, para no perder la generalidad y el pragmatismo que persigue. • La tabla de criterios de ordenación, constituye una generalización de las tablas particulares que se realizan para cada proyecto concreto de restauración agrohidrológica. • Dependiendo de los objetivos específicos que se aborden en el proyecto, se incorporan nuevos índices, a fin de precisar las áreas de aplicación de las diferentes acciones o su implicación en el entorno <p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesita, además de la información de pendiente, uso de suelo y tipo de suelo, de los resultados de la aplicación del modelo USLE para completar la clasificación de actuaciones. • La tabla no tiene en cuenta determinados aspectos de interés para la ordenación como aspectos posicionales o zonificación de la cuenca (áreas dominantes y dominadas), ni la capacidad actual del territorio para permitir una cierta actividad. • En cierta parte es subjetivo en la decisión de la selección de actuaciones en el territorio. 	<p>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"> • Pueden definirse objetivos según la problemática específica de cada cuenca y con ellos actividades de ordenación más específicas. • Las matrices de capacidad de acogida de las actividades por parte del medio, son flexibles a incorporación de nuevos índices 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.
---	--	--

NUEVA METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN PROPUESTA	
Definición:	Metodología cualitativa basada en el análisis y combinación de tres metodologías de ordenación de cuencas (USLE, Mintegui y MOCS) que aplica los criterios de éstas de manera conjunta y aporta nuevos criterios (rentabilidad, socioeconómicos, protección contra inundaciones, mejoras en recargas de acuíferos) con el fin de reunirlos en una sola propuesta de ordenación
Descripción:	Establece la ordenación de una cuenca hidrográfica considerando una serie de factores principales que permiten la asignación de usos compatibles en zonas específicas mediante criterios de sostenibilidad medioambiental, de aprovechamiento de potencialidades y de defensa del medio natural, incorporando aquellos procesos, fenómenos y actividades que pueden resultar influyentes en el uso adecuado del territorio, originando un método aplicable de ordenación de la cuenca.
Instrumentos:	Outputs resultantes 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.
Información utilizada:	<p>Implementar la ordenación de la cuenca hidrográfica mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodología USLE e información asociada. • Metodología según criterios de Mintegui (1990) e información asociada. • Metodología de Ordenación basada en Criterios de Sostenibilidad (MOCS) e información asociada.
Proceso:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer una clasificación común de actividades 2. Adaptar a la nueva clasificación las actividades de las tres metodologías utilizadas. 3. Comparar las superficies ocupadas por las nuevas actividades de cada metodología adaptada a la nueva clasificación. 4. Propuesta de nueva ordenación incorporando criterios de las tres metodologías y otros nuevos.
Fortalezas:	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora los aspectos positivos de las tres metodologías comparadas basándose en el estudio del medio físico. • Con los criterios aportados por las tres metodologías adaptadas, la nueva metodología propuesta confirma la coincidencia total en la asignación de actividades en casi el 64% de la superficie de la cuenca analizada.

- En caso de no haber coincidencia total en la asignación de actividades, se han definido nuevos criterios que permiten resolver algunas discrepancias en la asignación de actividades.
- Elimina parte de la subjetividad implícita en la MOCS, aumentando el grado de objetividad de la ordenación de la cuenca.

Debilidades:

- La combinación de actividades puede generar cierto grado de subjetividad en la ordenación de la cuenca.
- Su completa implementación puede resultar más laboriosa al tener que considerar varios criterios de forma simultánea y ser necesario algunos estudios pormenorizados (análisis de rentabilidad económica, demandas, contribución socioeconómica, coste/beneficio, etc.)
- Cuando existen figuras de protección (LICs, espacios protegidos, ZEPAs, etc) la ordenación puede quedar bloqueada por consideraciones legales y administrativas

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mencionarán los aspectos más relevantes que caracterizan el área mediterránea, ámbito donde se localiza la cuenca de la rambla del Poyo.

Los ecosistemas mediterráneos, caracterizados por poseer una rica y compleja biodiversidad y una elevada edafodiversidad, se mantienen en un equilibrio frágil basado en el mantenimiento de sus condiciones hidrológicas. La sostenibilidad de este equilibrio es cada vez más difícil debido a que el clima del área mediterránea evoluciona hacia condiciones más duras, con incremento de la temperatura media, mayor frecuencia de sequías y disminución de las precipitaciones pero con aumento del número de episodios agresivos (Christensen *et al.*, 2007; IPCC, 2007). A todo ello hay que añadir una creciente presión humana e industrial, muy notable en la zona baja de la cuenca de la rambla del Poyo, con grandes núcleos de población y numerosos polígonos industriales, y sus implicaciones en la intensificación de los procesos de degradación ambiental

Una de las amenazas ambientales más importantes es la erosión del suelo, proceso que se ha visto acelerado por las actividades humanas, debiéndose principalmente a la degradación o desaparición de la cubierta vegetal (EEA, 2005). En este sentido, la evolución de los procesos de erosión en el área mediterránea se basa principalmente en dos fenómenos con una fuerte componente socio-económica: los cambios en los usos del suelo y los incendios forestales.

Los cambios en los usos del suelo se han intensificado debido a migraciones progresivas de la población rural a núcleos urbanos o de producción, y a cambios en la política agrícola de la Unión Europea. En cualquier caso, la consecuencia ha sido el abandono de zonas agrícolas poco productivas o marginales, originando importantes transformaciones en el paisaje, aumentando las cubiertas naturales de bosque y matorral (Lasanta-Martínez *et al.*, 2005). Este fenómeno ha conducido también a cambios en la hidrología de laderas favoreciendo en muchos casos una reducción en los procesos erosivos (Beguería *et al.*, 2006; Boix-Fayos *et al.*, 2008). Sin embargo, en las zonas áridas y semi-áridas mediterráneas la recolonización vegetal se ralentiza por las duras condiciones climáticas y el déficit hídrico existente durante gran parte del año. En consecuencia, el suelo queda desprovisto de una cubierta vegetal protectora efectiva contra la agresividad de la lluvia, lo que origina una mayor erosión y sedimentación (Faulkner *et al.*, 2003; Govers *et al.*, 2006), sobre todo en los primeros años después del abandono (Pardini *et al.*, 2003).

En muchas ocasiones, esta colonización vegetal favorece el aumento de la biomasa, que en períodos secos incrementa el riesgo de incidencia de los incendios forestales (Pardini *et al.*, 2004; Llovet *et al.*, 2009). El efecto del fuego se traduce en cambios en las características físicas, químicas e hidrológicas de los suelos, y en la degradación de la cubierta vegetal, que habitualmente implica el aumento de procesos de erosión acelerada (Rubio *et al.*, 1997).

Por otra parte, es importante destacar que el objetivo general de la ordenación de cuencas es aumentar la calidad de vida de los habitantes de la zona por medio de todas aquellas mejoras realizadas en el medio natural y en los recursos naturales de la cuenca. En este sentido, se deberá intentar, en todo momento, analizar y estudiar la problemática y el planteamiento de soluciones de un modo “integral”, teniendo en consideración que el ámbito analizado es un sistema donde los distintos elementos que lo componen están interrelacionados.

En lo referente a la nueva aportación realizada en este trabajo, la metodología propuesta se fundamenta en tres metodologías muy utilizadas en la ordenación de cuencas, cuya aplicación conjunta en la nueva propuesta permite eliminar o reducir en gran medida la subjetividad introducida por cada una de manera individual. Además, esta nueva metodología incorpora nuevos criterios de selección de actividades, que junto con los criterios de las tres metodologías adaptadas, permite establecer una ordenación más objetiva de la cuenca, dentro del ámbito mediterráneo.

En definitiva, es de esperar que las novedades incluidas en este trabajo de investigación, dentro de las metodologías de ordenación de cuencas hidrográficas, sean de gran utilidad para indicar patrones o pautas a seguir por modelos más complejos de manejo y gestión del recurso hídrico y recursos naturales, en general.

Finalmente, puesto que la ordenación de cuencas tiene como objetivo global conseguir un aumento en la calidad de vida de los habitantes locales mediante la propuesta de actividades de mejora del medio natural y de los recursos naturales de la cuenca, de manera sostenible, será necesario analizar la problemática que pudiera surgir a la hora de asignar tales actividades, proponiendo una solución integral al problema. Por ello, es importante tener en cuenta que el territorio a ordenar es un sistema compuesto de varios elementos relacionados entre sí, aunque no hay que tratar cada elemento como una entidad única, sino que deben manejarse de manera íntegra dentro el sistema.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

Las principales conclusiones que se han obtenido a la finalización de este trabajo se detallan a continuación:

- El empleo de herramientas de SIG en trabajos de esta naturaleza permite extraer un mayor rendimiento e información de las características del territorio estudiado, siempre y cuando tales herramientas se apliquen de forma adecuada y centrada en la problemática a analizar. No obstante, los resultados se han visto influidos por la disponibilidad y calidad de los datos que han servido de base para llevar a cabo el trabajo cartográfico. Se trata pues de una desventaja a la hora de manejar datos georreferenciados.
- Sabiendo que la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal en la cuenca presentan una serie de objetivos generales como son la retención del suelo (evitar los fenómenos de erosión), el control de avenidas, la regulación del transporte de materiales y de la sedimentación y finalmente la provisión hídrica; las tres metodologías de ordenación estudiadas 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.
- La existencia de espacios naturales protegidos supone un inconveniente a la hora de establecer la ordenación de una cuenca, ya que puede llegar a bloquear la asignación de actividades en esas zonas por ciertas consideraciones legales y administrativas.
- Se compararon las tres metodologías de ordenación mediante el análisis de las superficies de actuación asignadas para cada una de las actividades sugeridas por cada metodología. Para ello se estudió la coincidencia espacial de las actividades comunes asignadas por cada uno de los métodos aplicados.
- Para aplicar las tres metodologías a una cuenca determinada se define un conjunto de actividades a desarrollar, diferentes según cada metodología, expresadas cartográficamente en mapas temáticos. Esta forma de presentar los resultados y la disponibilidad de herramientas para el tratamiento de la información

georreferenciada del territorio que se está analizando, permite su utilización y explotación en el proceso de planificación y formulación. De esta manera, se pone 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.

- La dificultad que surgió en la comparación de actividades entre las tres metodologías, por la diferencia entre las superficies ocupadas por tales actividades, propició la necesidad de incorporar una nueva propuesta de ordenación que permitiera la adaptación de las tres metodologías en una sola que agrupara en una misma clasificación común todas las actividades planteadas.
- La nueva metodología propuesta sirve para eliminar parte de la subjetividad implícita en la MOCS e introdujo los puntos fuertes de las tres metodologías comparadas en el trabajo, que se basan principalmente en las características del medio físico. El aporte más novedoso de la nueva metodología es la inclusión de nuevos criterios en la asignación de actividades que resuelven en gran medida los conflictos surgidos en la ordenación de la cuenca.
- El estudio comparativo entre las tres metodologías analizadas en este trabajo ha resultado útil para identificar sus ventajas e inconvenientes, al mismo tiempo que ha servido para concluir que las tres metodologías son complementarias cuando se pretende realizar la ordenación de una cuenca. Esta complementariedad se ha confirmado durante el desarrollo de la nueva metodología, que ha demostrado que las tres metodologías coinciden en asignar las mismas actividades en casi el 64% de la superficie de la cuenca de la rambla del Poyo.
- Se puede concluir que la nueva propuesta de ordenación tiene resultados satisfactorios para el caso analizado en este trabajo, aportando un resultado único de ordenación a partir de las tres metodologías.
- Para poder validar y contrastar la nueva metodología propuesta se hace necesario el estudio de un número mayor de cuencas para observar su comportamiento y comprobar su fiabilidad en la ordenación de otras cuencas localizadas en el área mediterránea.

- Existen diferencias en las superficies de asignación de actividades de ordenación de la cuenca del barranco del Poyo entre las tres metodologías. Estas diferencias pueden observarse claramente en los mapas resultantes de la ordenación de la cuenca. Son diferencias notables, en magnitud, en las comparaciones de MOCS con las otras dos metodologías, y más moderadas en la comparación entre la metodología basada en el modelo USLE y la que sigue criterios de Mintegui. En cualquier caso se trata de diferencias lógicas puesto que la clasificación de actividades futuras a realizar no es la misma. Sin embargo, los resultados de comparación espacial entre ellas, muestran que en general, las actividades consideradas parecidas, contempladas entre un método y otro, presentan alto grado de coincidencia, mayor según las metodologías comparadas. Así por ejemplo, en la comparación de MOCS con cada una de las otras dos metodologías, la actividad con mayor coincidencia superficial es la de mantener/mejorar uso, seguida de conservación del uso agrícola; por el contrario, en la comparación USLE-Mintegui, la conservación del uso agrícola es la actividad con mayor superficie coincidente, y repoblación forestal es la segunda con más coincidencia.
- Además de la comparación visual y cuantitativa de las superficies coincidentes de las actividades de ordenación entre metodologías, se consideró el empleo del índice Kappa para establecer una comparación entre las mismas. Este índice estimó que el grado o fuerza de concordancia o acuerdo entre las tres metodologías analizadas era muy bueno o excelente, algo mayor, cuantitativamente, en la comparación entre USLE y Mintegui.
- Se ha concluido que las tres metodologías son complementarias, de acuerdo con la consideración anterior y con el análisis comparativo de las mismas en el que se identificaban las fortalezas y debilidades de cada una de ellas. Las técnicas cualitativas y cuantitativas son complementarias en la definición de parámetros analizados. Las metodologías con criterios de Mintegui y Sostenibilidad, que son técnicas más cualitativas, se basan en los resultados cuantitativos y físicos de pérdidas de suelo estimados por el modelo USLE.
- El empleo de información cuali-cuantitativa y su representación y relación con el territorio, son instrumentos integradores para acometer soluciones realistas y viables, donde se reduzcan los impactos negativos de la actividad humana. Sirve

también como fundamento técnico para el logro de una adecuada toma de decisiones y optimización de los recursos existentes.

4.2. Aportes del trabajo

Las aportaciones novedosas que incorpora el presente trabajo hacen referencia a los siguientes aspectos:

- Por medio de la metodología según criterios de Sostenibilidad se ha evaluado las capacidades del medio para acoger actividades. Asimismo, se han elaborado mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación, para cada una de las actividades propuestas.
- Se han realizado mapas temáticos para la caracterización y ordenación de la cuenca del barranco del Poyo.
- Al establecer una comparación de las metodologías se ha demostrado su aplicabilidad para el área mediterránea.
- Con el análisis y comparación de las metodologías estudiadas en el presente trabajo, se inicia una línea de investigación que puede dar como resultado el desarrollo de una metodología de ordenación para las cuencas mediterráneas.
- Se ha desarrollado una nueva metodología que permite adaptar las tres metodologías utilizadas y propone la aplicación de nuevos criterios en la asignación de actividades. El resultado es la ordenación de la cuenca con una sola metodología.
- El tratamiento de los criterios de las tres metodologías de manera conjunta reduce en gran medida la subjetividad implícita en alguna de ellas, consiguiendo un mayor grado de objetividad en la ordenación de la cuenca.
- La nueva metodología propuesta es una herramienta útil en la toma de decisiones a la hora de establecer la ordenación de una zona de la cuenca donde hay asignación de actividades distintas entre las tres metodologías analizadas.
- Con el análisis y comparación de las tres metodologías utilizadas en este trabajo y la incorporación de la nueva propuesta, se inicia una línea de investigación que puede dar lugar a una metodología de ordenación de cuencas características del ámbito mediterráneo.

4.3. *Futuras líneas de investigación*

Una vez concluido este trabajo, se propone una serie de cuestiones a analizar, que pueden resolverse únicamente mediante posteriores actividades de investigación. Los problemas planteados son los siguientes:

- Investigar y validar la aplicación de estas metodologías, incluyendo la nueva propuesta, en otros ámbitos biogeográficos.
- Considerar e incorporar la influencia de las aguas subterráneas en las funcionalidades de la nueva metodología propuesta, de manera que se abriría un nuevo campo de investigación de gran interés y relevancia para el ámbito de regiones áridas y semiáridas donde el recurso agua es escaso.
- Una de las limitaciones es la información cartográfica a mayor detalle, con una escala menor, por lo que se puede proponer establecer un estudio de la información cartográfica a mayor detalle. El objetivo es conseguir una mayor diversificación y precisión en el planteamiento de las actividades para la ordenación de las cuencas.
- Para cumplir los objetivos generales de la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal de forma detallada, se propone incluir junto a la metodología seleccionada, 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 para cada aguacero 2. Establecer las ecuaciones de transporte desde la unidad hidrológica, hasta la salida de la cuenca y 3. Evaluar los sedimentos que llegan a la salida de la cuenca. Por otro lado también puede incluir los aspectos relacionados con la provisión hídrica (gestión del agua).
- Estas metodologías pueden servir de base para estudiar escenarios de la incidencia del cambio climático sobre los usos del suelo en una cuenca hidrográfica, estudiar los posibles riesgos para el territorio y cuáles las futuras actividades de ordenación ante estos cambios.
- Al tratarse de una propuesta novedosa que se desarrolla por primera vez, se deberá validar y confirmar la aplicabilidad positiva de la nueva metodología, surgida de las tres metodologías aplicadas en este trabajo, en otras cuencas del ámbito mediterráneo.

- Continuar investigando la aplicabilidad de la nueva metodología en cuencas de características semejantes, para validar la bondad de los criterios propuestos y analizar la incorporación de otros nuevos, por ejemplo aquellos relacionados con la afección de incendios y los fenómenos de erosión derivados de los mismos.
- Incluir modelos hidrológicos a las metodologías de ordenación de cuencas para lograr así una visión más realista y objetiva de la ordenación.
- Incluir análisis exhaustivos de carácter socioeconómico, como pueden ser análisis de costes de operación o análisis de rentabilidad económica de cultivos o de cambios de uso.
- Estudiar cómo afecta la existencia de espacios naturales protegidos en la ordenación del territorio de la cuenca.
- Analizar la posible incorporación de criterios paisajísticos en la ordenación.

CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA

- AEFA, 2007. *Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España: memoria del mapa de vegetación potencial de España: parte I. Itinera Geobotánica*, nº17. Asociación Española de Fitosociología. Editado por el Servicio de Publicaciones de la Universidad de León. León, España. 435 pp.
- Afif Khouri, E., Oliveira Prendes J.A., 2005. *Efectos de la quema controlada sobre matorral en la erosión hídrica, el valor pastoral y las propiedades del suelo a largo plazo*. Edafología 12, 91-103.
- Aguirre Murúa G., 2005. *La valoración de los riesgos en la ordenación del territorio: metodología práctica*. Boletín de la A.G.E. nº 40. Págs 393-405.
- Altman, D.G., 1991. *Practical statistics for medical research*. New York. Chapman and Hall.
- Ayala-Carcedo F.J., 2000. *La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de riesgos para la población*. Boletín de la A.G.E. nº30. Págs 37-49.
- Beguería, S., López-Moreno, J., Gómez-Villar, A., Rubio, V., Lana-Renault, N., García-Ruiz, J., 2006. *Fluvial adjustments to soil erosion and plant cover changes in the Central Spanish Pyrenees*. Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography, 88: 177-186.
- Boix-Fayos, C., De Vente, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G.G., Castillo, V., 2008. *The impact of land use change and cheff-dams on catchment sediment yield*. Hydrological Processes, 22: 4922-4935.
- Calder I., Hofer T., Vermont S., Warren P., 2007. *Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua*.
- Campos, P., Riera, P., 1996. *Rentabilidad Social de los bosques: Análisis aplicado a las dehesas y los montados ibéricos*. Información Comercial Española 751: 47-62.
- Castellano, E., González Alonso, S., 1998. *Modelo de valoración económica de los ecosistemas forestales en la Comunidad Autónoma de Madrid. Aspecto productivo, recreativo y ecológico*. ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España.

- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.T., Laprise, R., Magaña-Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. Whetton, P., 2007. Chapter 11: Regional Climate Projections. En: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller, Eds). Cambridge University Press, Cambridge. Págs 847-940.
- Del Palacio E., 1999. *La restauración hidrológico-forestal en España: gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación*. Ministerio de Medio Ambiente: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid, España. 75 pp.
- Dourojeanni, A., 1994. *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas*. CEPAL – CIDIAT, Mérida. 239 pp.
- European Environment Agency – EEA, 2005. *The European environment – State and Outlook 2005. Part A: Integrated Assessment*. Office for Official Publications of the European Communities, 227 pp., Copenhagen.
- Elorrieta, I., Castellano, E. y García, A., 2000. *Valoración integral de la conservación de la biodiversidad de Navarra*. Actas del Tercer Congreso de Economía de Navarra. Mapping, 63: 12-18.
- Faulkner, H., Ruiz, J., Zukowskyj, P., Downward, S., 2003. *Erosion risk associated with rapid and extensive agricultural clearances on dispersive materials in southeast Spain*. Environmental Science and Policy, 6(1): 115-127.
- FAO-PNUMA-UNESCO, 1981. *Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. FAO, PNUMA y UNESCO. Roma
- Fleiss, J.L., 1981. *Statistical methods for rates and proportions*. New York. John Wiley and Sons.
- García-Hernán, O., Hernández Ruiz, M., 2000. *Geología y ordenación del territorio*. 1º International Professional Geology Conference. Universidad de Alicante, España.
- Gómez Mendoza, J., 1992. *Ciencia y política de los montes españoles (1848-1936)*. I.C.O.N.A. Madrid, España. 260 pp.

- Gómez Orea D., 2002. *Ordenación territorial*. Editorial Agrícola Española: Mundi Prensa. Madrid, España. 704 pp.
- Govers, G., Van Oost, K., Poesen, J., 2006. *Responses of a semi-arid landscape to human disturbance: A simulation study of the interaction between rock fragment cover, soil erosion and land use change*. *Geoderma*, 133: 19-31.
- Guevara, E., 1997: Manejo Integrado de Cuencas. Documento de referencia para los países de América Latina. RLC/97/04-FOR-54. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Herrero Lantarón J., Rodríguez Rojas, A. y Avilés Benítez A., 2005. *Modelos integrales de cuencas hidrográficas y prognosis de escenarios de gestión. SWAT aplicado a la cuenca del Guadalfeo*. Grupo de Ríos y Embalses, Universidad de Granada, España. Págs 120-123.
- Hufschmidt, M. M., 1986. *A conceptual framework for analysis of watershed management activities*. En *Strategies, approaches and systems in integrated watershed management*. FAO Conservation Guide No. 14.
- I.C.O.N.A., 1982. *Paisajes erosivos en el Sur Este Español: ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. ICONA-MAPA. Monografía 26. 67 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2007. Summary for Policymakers. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J., van der Linden and C.E. Hanson [Eds.], *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, pp 7-22, Cambridge.
- Landis J., Koch G., 1977. *The measurement of observer agreement for categorical data*. *Biometrics* 33, 159-174.
- Lasanta-Martínez, T., Vicente-Serrano, S., Cuadrat-Prats, J.M., 2005. *Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees*. *Applied Geography*, 25: 47-65.

- Londoño Arango, C.H., 2001. *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización-planificación-administración*. Universidad de Tolima. Ibagué, Colombia. [online]. Disponible en:
http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_8459.pdf
[Febrero, 2012]
- López Cadenas de Llano F., 1998. *Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión*. Coedición TRAGSA, TRAGSATEC y Ministerio de Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 945 pp.
- López Cadenas de Llano, F., Blanco Criado, M., 1968. *Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y depósito de materiales*. I.F.I.E. Madrid, España. 187 págs.
- López Cadenas de Llano, F., Blanco Criado, M., 1976. *Hidrología forestal*. E.T.S. de Ingenieros de Montes, Madrid.
- López López, A.L. y Delgado Soriano, K.A., 2009. *Modelación hidrológica de la subcuenca Lempa Alto, en cooperación con la comisión trinacional del plan trifuero (el Salvador, Honduras, Guatemala)*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad de El Salvador. Facultad Multidisciplinaria de occidente departamento de Ingeniería y Arquitectura.
- Llamas, J., 1993. *Hidrología general. Principios y aplicaciones*. Universidad del País Vasco. Bilbao, España. 636 pp.
- Llovet, J., Ruiz-Valera, M., Josa, R., Vallejo, R., 2009. *Soil response to fire in Mediterranean forest landscapes in relation to the previous stage of land abandonment*. International Journal of Wildland Fire, 18: 222-232.
- Martínez de Anguita, P., 2004. *Economía ambiental y ordenación del territorio*. Ecosistemas 13 (1): 87-93. Disponible en:
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=168>. [Abril, 2012]
- Mintegui Aguirre J.A., de Simón Navarrete E., García Rodríguez J.L., Robredo Sánchez J.C., 1993. *La restauración hidrológico-forestal en las cuencas hidrográficas de la vertiente mediterránea*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla, España. 325 pp.

- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J.C., 2008. *Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas, suelos y bosques de las cuencas de montaña*. UNESCO. Montevideo, Uruguay. 162 pp.
- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J.C., 1994. *Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos*. Ingeniería del Agua. Volumen 1, Nº 2, 69-82.
- MMA, 2006. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 917 pp.
- Monserud, R.A., Leemans, R., 1992. *Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics*. Ecol. Mod. 62, 275-293.
- Ovalles Y., Méndez Vergara E., Ramírez G., 2008. *Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión*. Revista forestal venezolana 52(2), 241-252.
- Pardini, G., Gispert, M., Dunjo, G., 2003. *Runoff erosion and nutrient depletion in five Mediterranean soils of NE Spain under different land use*. Science of the Total Environment, 309(1-3): 213-224.
- Pardini, G., Gispert, M., Dunjo, G., 2004. *Relative influence of wildfire on soil properties and erosion processes in different Mediterranean environments in NE Spain*. Science of the Total Environment, 328: 237-246
- Pérez Cueva A.J., 1994. *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Valencia, España. 208 pp.
- Rojo L., 1995. *La ordenación de cuencas hidrográficas como marco metodológico para la conservación de la biodiversidad*. Cuadernos de Sección. Ciencias Naturales 11, 99-104.
- Rubio, J.L., Forteza, J., Andreu, V., Cerni, R., 1997. *Soil profile characteristics influencing runoff and soil erosion after forest fire: a case study (Valencia, Spain)*. Soil Technology, 11: 67-78.
- Sheng T.C., 1992. *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. FAO. Roma, Italia. 185 pp.

- Suárez Ordoñez, L., 1997. *Riesgos geológicos y ordenación del territorio*. I Jornadas Parlamentarias sobre Prevención de Riesgos relacionados con el Agua. Madrid, España.
- Tejera, B., 2001. *Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- U.S. Soil Conservation Service, 1975. *Procedure for computing sheet and rill erosion on project areas*. Technical Release, 51.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. Agriculture Handbook nº537. USDA-SEA, US. Government Printing Office, Washington, DC. 58 págs.
- Zaragoza Zaragoz B., Díez Lorente S. y Fernández Moreno M., 2007. *Tratamiento espacial de los desprendimientos de laderas en ambientes semiáridos mediante sistemas de información geográfica*. Universidad de Alicante, 24 págs.

Referencias electrónicas.

- http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_0.htm
[Diciembre, 2011]
- <http://sig.magrama.es/geoportal/> [Marzo,2012]
- http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/red_natura_2000.aspx [Marzo, 2012]
- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ifn2.aspx> [Marzo,2012]
- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe200.aspx> [Marzo, 2012]
- <http://www.ive.es/> [Diciembre, 2011]
- <http://internotes.cajaespana.es/pubweb/decyle.nsf/datoeconomicos?OpenFrameSet> [Diciembre,2011]
- http://cartoweb.cma.gva.es/metadatos/coput_riesgo_de_erosion_actual_1992.xml
1 [Abril, 2012]

ANEJOS

ÍNDICE DE ANEJOS

1. Mapas

2. Anejo fotográfico

Anejo 1. Mapas

ÍNDICE

1. Base cartográfica
2. Red de drenaje
3. Litológico
4. Suelos
5. Cultivos y aprovechamientos
6. Forestal
7. Espacios naturales protegidos
8. Montes a cargo de la administración
9. Capacidad de uso del suelo
10. Pendientes
11. Índices de protección del suelo por la vegetación
12. Pérdidas de suelo según modelo USLE

Anejo 2. Anejo fotográfico

ÍNDICE

1. Área de matorral y pinar
2. Área de matorral degradado
3. Campos de vid adyacentes a terreno forestal
4. Parcelas de algarrobo en áreas de matorral degradado
5. Rambla del Poyo a su paso por la población de Chiva
6. Rambla del Poyo a su paso por la población de Torrent
7. Lecho de la rambla del Poyo en el término municipal de Cheste
8. Campos de naranjos próximos al cauce del Poyo
9. Campos de arroz próximos a la Albufera
10. Zona de desembocadura de la cuenca, próxima a la Albufera



Fotografía nº1. Área de matorral y pinar



Fotografía nº2. Área de matorral degradado



Fotografía nº3. Campos de vid adyacentes a terreno forestal



Fotografía nº4. Parcelas de algarrobo en áreas de matorral degradado



Fotografía nº5. Rambla del Poyo a su paso por la población de Chiva



Fotografía nº6. Rambla del Poyo a su paso por la población de Torrent



Fotografía nº7. Lecho de la rambla del Poyo en el término municipal de Cheste



Fotografía nº8. Campos de naranjos próximos al cauce del Poyo



Fotografía nº9. Campos de arroz próximos a la Albufera



Fotografía nº10. Zona de desembocadura de la cuenca, próxima a la Albufera