



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
SAN MIGUEL (CASTELLÓN)***

Intensificación:

ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Autor:

MOCÉ AGUELO, M^ªPILAR

Director/es:

DR. TORRENT BRAVO, JOSÉ ANDRÉS

DRA. LÓPEZ SARDÁ, M^ªLETICIA

Fecha: MAYO, 2013

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 SAN MIGUEL (CASTELLÓN)

Autor: **MOCÉ AGUELO, M^aPILAR**

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	D. JOSÉ ANDRÉS TORRENT	Fecha de Lectura	JUNIO DE 2013
Codirector1	BRAVO		
Codirector2	Dña. M^aLETICIA LÓPEZ SARDÁ		
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 es la comparativa entre varias metodologías de ordenación de cuencas en su aplicación al ámbito mediterráneo, así como la propuesta de ajustes y mejoras para las citadas metodologías y el aporte de las bases para la creación de una nueva metodología de ordenación de cuencas para estos ámbitos.

A través de los SIG, se ha conseguido la comparación entre metodologías así como identificar zonas estratégicas de la cuenca de estudio en donde se deben implementar medidas de ordenación agro-hidrológica, conservación y restauración. El empleo de herramientas SIG en trabajos de esta naturaleza es imprescindible para obtener buenos resultados y realizar los cálculos necesarios.

El análisis y comparación de las metodologías clásicas (USLE, Mintegui y Sostenibilidad) en la ordenación de cuencas, ha mostrado la divergencia de asignación de usos en un mismo territorio, que señala la necesidad de determinar nuevos criterios para resolver la diferente asignación de usos según la metodología que se emplee. De dicho análisis y comparación se observa que la metodología Mintegui y USLE poseen una coincidencia de superficies en actividades muy alta, mientras que la MOCS con las dos anteriores discrepan en mayor medida.

En la propuesta de ajustes y mejoras para la nueva metodología de ordenación de cuencas se incluyen nuevos criterios en la asignación de actividades que resuelven en gran medida los conflictos surgidos con el resto de metodologías; como los criterios económicos, siendo muy importantes para la toma de decisiones para ordenar la cuenca y los criterios paisajísticos con una propuesta para calcular la calidad y fragilidad de la cuenca e incluirla para asignar una actividad u otra.

Como novedad en este trabajo se ha tratado de Estudiar la adaptación de la nueva tecnología LIDAR a la ordenación de cuencas, especialmente en aquellos aspectos donde se ha evidenciado que puede aportar una mayor precisión a la toma de decisiones, y desarrollar una respuesta metodológica acorde a la nueva escala de trabajo. Uno de los casos más frecuentes es la perfecta caracterización de abanalamientos y taludes que con las herramientas y técnicas de uso común hasta el momento no quedaban bien caracterizados y eran gestionados como zonas con pendiente uniforme.

Con el resultado de este trabajo se inicia una línea de investigación que puede dar lugar a una

metodología de ordenación de cuencas características del ámbito mediterráneo

The watershed management is the process of formulation and implementation of an action system including management of watershed resources to obtain goods and services without adversely affecting soil and water resources.

The overall objective of this final project is a comparison of various watershed management methodologies as applied to the Mediterranean area and the proposed adjustments and improvements to the above methodologies and the contribution of the basis for the creation of a new watershed management approach for these areas.

Through GIS, has managed the comparison between methodologies and identify strategic areas of the basin study where measures must be implemented agro-hydrological management, conservation and restoration. The use of GIS tools in work of this nature is essential for good results and perform the necessary calculations.

The analysis and comparison of classical methodologies (USLE Mintegui and Sustainability) in the watershed, showed the divergence of allocation of land in the same area, which indicates the need to identify new approaches for solving the different allocation methods according the methodology used. The comparison of this analysis shows that the methodologies USLE and Mintegui are similar, but MOCS is different in the surface of activities than the others.

The proposed adjustments and improvements to the new watershed management methodology include new criteria in the allocation of activities largely resolved the conflicts with other methodologies, such as economic criteria, being very important for decision- decision to order the watershed and landscape criteria for calculating a quality proposal and fragility of the basin and include it to assign one activity or another.

As a novelty in this work we have tried to study the adaptation of new technology LIDAR to the watershed management, especially in those areas where it has shown it can make a more precise decision making, and develop a methodological response according to working the new scale. One of the most frequent is the perfect characterization of abancalamientos and slopes given that with the tools and techniques commonly used so far were not well characterized and were managed as areas with uniform slope.

With the result of this work is initiated a line of research that may lead to a methodology of watershed characteristics of the Mediterranean.

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 servicis, sense afectar negativament els recursos de sòls i aigües.

L'objectiu general d'este treball final de màster és la comparativa entre diverses metodologies d'ordenació de conques en la seua aplicació a l'àmbit mediterrani, així com la proposta d'ajustos i millores per a les esmentades metodologies i l'aportació de les bases per a la creació d'una nova metodologia d'ordenació de conques per a estos àmbits.

A través dels SIG, s'ha aconseguit la comparació entre metodologies així com identificar zones estratègiques de la conca d'estudi on s'han d'implementar mesures d'ordenació agre-hidrològica, conservació i restauració. L'ocupació de ferramentes SIG en treballs d'esta naturalesa és imprescindible per a obtindre bons resultats i realitzar els càlculs necessaris.

L'anàlisi i comparació de les metodologies clàssiques (USLE, Mintegui i Sostenibilitat) en l'ordenació de conques, ha mostrat la divergència d'assignació d'usos en un mateix territori, que assenyalava la necessitat de determinar nous criteris per a resoldre la diferent assignació d'usos segons la metodologia que s'empre. De la dit anàlisi i comparació s'observa que la metodologia Mintegui i USLE posseïxen una coincidència de superfícies en activitats molt alta, mentres que la

MOCs amb les dos anteriors discrepen en major grau.

En la proposta d'ajustos i millores per a la nova metodologia d'ordenació de conques s'inclouen nous criteris en l'assignació d'activitats que resolen en gran manera els conflictes sorgits amb la resta de metodologies; com els criteris econòmics, sent molt importants per a la presa de decisions per a ordenar la conca i els criteris paisatgístics amb una proposta per a calcular la qualitat i fragilitat de la conca i incloure-la per a assignar una activitat o una altra.

Com a novetat en este treball s'ha tractat d'estudiar l'adaptació de la nova tecnologia LIDAR a l'ordenació de conques, especialment en aquells aspectes on s'ha evidenciat que pot aportar una major precisió a la presa de decisions, i desenrotllar una resposta metodològica d'acord amb la nova escala de treball. Un dels casos més freqüents és la perfecta caracterització d'abancalaments i talussos que amb les ferramentes i tècniques d'ús comú fins al moment no quedaven ben caracteritzats i eren gestionats com a zones amb pendent uniforme.

Amb el resultat d'aquest treball s'inicia una línia d'investigació que pot donar lloc a una metodologia d'ordenació de conques característiques de l'àmbit mediterrani.

Palabras clave:

METODOLOGÍAS, ORDENACIÓN, CUENCAS, MEDITERRÁNEO, SAN MIGUEL

Índice de Contenidos del Documento

1. ANTECEDENTES Y OBJETO	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. ANTECEDENTES. ESTADO DEL ARTE	3
1.3.1. Erosión y Desertificación	3
1.3.2. Planificación y Ordenación del territorio y Restauración Hidrológico Forestal	5
1.3.3. Cuenca hidrográfica y su Ordenación	9
2. MATERIAL Y MÉTODOS	11
2.1. ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO	11
2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	11
2.2.1. Situación	11
2.2.2. Espacios protegidos	13
Parajes Naturales Municipales	13
Cuevas catalogadas	13
Red Natura 2000	13
Zonas Húmedas	14
2.2.3.	15
2.2.4. Montes de Utilidad Pública	16
2.2.5. Climatología	17
Parámetros climáticos	17
Estudio Bioclimático	20
Estudio Fitoclimático	25
Conclusiones operativas del estudio climático	28
2.2.6. Geología y edafología	28
2.2.7. Vegetación y cultivos	30
Comunidades Vegetales Potenciales	30
Comunidades Vegetales Actuales	33
2.2.8. Características socioeconómicas	35
Datos geográficos	35
Demografía y análisis de la población	36
2.3. HIDROLOGÍA FORESTAL	37

2.3.1. Reseña hidrográfica.....	37
2.3.2. Características morfológicas	39
Parámetros de forma: coeficiente de Gravelius	39
Parámetros de relieve.....	39
Parámetros relativos a la red hidrográfica	43
2.3.3. Erosión en la zona de estudio	44
2.4. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.	46
2.4.1. Cálculo de los factores USLE.....	46
Factor agresividad climática, R.....	46
Factor erosionabilidad, K	47
Factor topográfico, LS.....	49
Factor de prácticas de conservación de suelos, P	50
Factor cubierta vegetal, C	51
2.4.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión	52
2.4.3. Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca	56
2.5. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA SEGÚN CRITERIOS DE MINTEGUI (1990)	59
2.6. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	63
2.6.1. Estudio de la problemática de la cuenca.....	63
2.6.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades.....	64
2.6.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática	66
2.6.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades	67
2.6.5. Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de conveniencia.....	73
2.6.6. Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación	79
2.6.7. Relaciones entre actividades.....	82
2.6.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos	82
Asignación de actividades	82
Actividades propuestas	83
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	86
3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	86
3.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SUPERFICIES DE ACTUACIÓN	87
3.2.1. Comparación modelo USLE y MOCS	87
3.2.2. Comparación ordenación según criterios Mintegui (1990) y MOCS.....	89

3.2.3. Comparación ordenación según USLE y según criterios de Mintegui (1990)	90
3.3. ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA COINCIDENCIA DE LAS METODOLOGÍAS: ÍNDICE DE KAPPA	91
3.3.1. Cálculo del índice de Kappa	94
3.4. DISCUSIÓN	96
3.4.1. Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca de San Miguel	96
3.4.1.1 Clasificación común de actividades y adaptación de las 3 metodologías a la clasificación común	96
3.4.1.2 Comparación de superficies ocupadas por las nuevas actividades	98
3.4.1.3 Propuesta de la nueva ordenación de la cuenca. Datos LIDAR y su procesamiento	104
4. CONCLUSIONES	118
4.1. CONCLUSIONES.....	118
4.2. APORTES DEL TRABAJO.....	120
4.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	121
5. BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Montes a cargo de la administración en la cuenca de San Miguel. Fuente: elaboración propia ..</i>	16
<i>Tabla 2. Valores climatológicos mensuales y anuales</i>	18
<i>Tabla 3. Valores de Thornthwaite</i>	20
<i>Tabla 4. Espectros de subtipos</i>	26
<i>Tabla 5. Espectros de subtipos</i>	27
<i>Tabla 6. Suelos de la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	29
<i>Tabla 7. Distribución de usos del suelo de la cuenca San Miguel</i>	35
<i>Tabla 8. Municipios situados en la cuenca San Miguel. Fuente: IVE (2012)</i>	35
<i>Tabla 9. Superficies por encima de cada cota, superficie relativa, superficie acumulada en % y superficie relativa en % en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia.</i>	40
<i>Tabla 10. Superficie relativa entre cotas, cotas medias para cada intervalo y valor del producto resultante. Fuente: elaboración propia.</i>	42
<i>Tabla 11. Relación del factor K con la litología. Fuente: Gisbert J.M. e Ibáñez S.</i>	48
<i>Tabla 12. Factor topográfico LS. Fuente: Mintegui et al (1993)</i>	49
<i>Tabla 13: Valores de LS en la cuenca San Miguel</i>	49
<i>Tabla 14. Asignación de los valores del factor P en función del grado de la pendiente y el tipo de prácticas de conservación de suelos. Fuente: Wischmeier y Smith (1978)</i>	51
<i>Tabla 15. Valores asignados del Factor C según la cobertura de ocupación del suelo. Fuente: elaboración propia</i>	52
<i>Tabla 16. Clasificación para la evaluación de la degradación de los suelos. Fuente: F.A.O, P.N.U.M.A y U.N.E.S.C.O (1981)</i>	53
<i>Tabla 17. Distribución superficial de erosión en la cuenca San Miguel</i>	54

<i>Tabla 18. Pérdidas de suelo por estrato de vegetación en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia</i>	55
<i>Tabla 19. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE. Fuente: Mintegui Aguirre et al (1993) ...</i>	56
<i>Tabla 20. Usos futuros de actuación según modelo USLE en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia</i>	57
<i>Tabla 21. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora. Fuente: Mintegui, 1993</i>	60
<i>Tabla 22. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca San Miguel.</i>	61
<i>Tabla 23. Objetivos y actividades para la ordenación de la cuenca San Miguel según criterios de sostenibilidad. Fuente: elaboración propia</i>	65
<i>Tabla 24. Matriz de capacidad de acogida de actividades según criterios de sostenibilidad. Fuente: elaboración propia</i>	69
<i>Tabla 25. Matriz de conveniencia del medio para realizar actividades. Fuente: elaboración propia</i>	74
<i>Tabla 26. Matriz de adecuación del medio para la realización de actividades. Fuente: elaboración propia</i>	79
<i>Tabla 27. Clases de adecuación. Fuente: elaboración propia</i>	79
<i>Tabla 28. Compatibilidad entre actividades. Fuente: elaboración propia</i>	82
<i>Tabla 29. Superficies de adecuación para las actividades propuestas en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	83
<i>Tabla 30. Combinaciones de actividades compatibles con elevada adecuación en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	84
<i>Tabla 31. Usos futuros de actuación según modelo USLE en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia</i>	86
<i>Tabla 32. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca San Miguel.</i>	86
<i>Tabla 33. Combinaciones de actividades compatibles con elevada adecuación en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	87

<i>Tabla 34. Superficies coincidentes de metodología USLE y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en ha.</i>	88
<i>Tabla 35. Superficies coincidentes de metodología según criterios de Mintegui y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en ha.</i>	89
<i>Tabla 36. Superficies de superposición de metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui, en ha.</i>	90
<i>Tabla 37. Bloques de correspondencia entre actividades de las metodologías de ordenación estudiadas.</i>	91
<i>Tabla 38. Valores del índice Kappa para cada comparación entre metodologías.</i>	94
<i>Tabla 39. Interpretaciones del índice kappa de Altman. Fuente: Altman 1991</i>	94
<i>Tabla 40. Grado de concordancia del índice Kappa, según los valores obtenidos en las comparaciones de las tres metodologías de ordenación</i>	95
<i>Tabla 41. Equivalencias entre los usos de las tres metodologías de ordenación estudiadas y los usos de la clasificación común propuesta. Fuente: elaboración propia</i>	97
<i>Tabla 42. Superficies representadas por los usos de la nueva clasificación propuesta expresadas en km² y en % para cada metodología adaptada.</i>	98
<i>Tabla 43. Coincidencia total de cada uso, expresada en % de superficie de la cuenca, entre metodologías adaptadas interpoladas dos a dos.</i>	98
<i>Tabla 44. Superficies coincidentes de las tres metodologías, expresadas en km² y en %, en cada actividad. Fuente: elaboración propia</i>	104
<i>Tabla 45. Ordenación de la cuenca según criterios paisajísticos. Fuente: elaboración propia.</i>	117

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Objeto e importancia de la Restauración Hidrológica-forestal. Fuente: SERRADA, 2011</i>	8
<i>Figura 2. Situación de la cuenca de San Miguel. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía base</i>	12
<i>Figura 3. Espacios protegidos en la cuenca. Fuente: elaboración propia</i>	15
<i>Figura 4. Montes de Utilidad Pública en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	16
<i>Figura 5. Comunidades vegetales potenciales en la cuenca San Miguel. (22a: Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basofila de Quercus rotundifolia o encina, 22b: Serie mesomediterránea castellano-aragonense seca basófila de la encina o Quercus rotundifolia, 22ba: Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de Quercus rotundifolia o encina, 27c: Serie termomediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basofila de Quercus rotundifolia o encina.) Fuente: elaboración propia</i>	33
<i>Figura 6. Evolución de la población por municipios. Fuente: IVE (2012)</i>	36
<i>Figura 7. Trabajadores por sector de actividad, expresados en porcentaje. Fuente: IVE (2012)</i>	37
<i>Figura 8. Barranco de la Valltorta</i>	38
<i>Figura 9. Balsa en Albocasser</i>	38
<i>Figura 10. Curva hipsométrica de la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia</i>	40
<i>Figura 11. Erosión actual en la cuenca San Miguel</i>	45
<i>Figura 12. Erosión potencial en la cuenca San Miguel</i>	45
<i>Figura 13. Pendientes de la cuenca San Miguel</i>	50
<i>Figura 14. Pérdidas de suelo de la cuenca San Miguel</i>	55
<i>Figura 15. Capacidad para actividad 1: Repoblación forestal protectora</i>	71
<i>Figura 16. Capacidad para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia</i>	71
<i>Figura 17. Capacidad para actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad</i>	72

<i>Figura 18. Capacidad para actividad 6: Conservación de áreas de interés</i>	72
<i>Figura 19. Capacidad para actividad 7: Conservación del uso agrícola</i>	73
<i>Figura 20. Conveniencia para actividad 1: Repoblación forestal protectora</i>	76
<i>Figura 21. Conveniencia para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia.</i>	76
<i>Figura 22. Conveniencia para actividad 3: hidrotécnicas de corrección en cauces</i>	77
<i>Figura 23. Conveniencia para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad</i>	77
<i>Figura 24. Conveniencia para actividad 6: Conservación de áreas de interés</i>	78
<i>Figura 25. Conveniencia para actividad 7: Conservación del uso agrícola</i>	78
<i>Figura 26. Adecuación para actividad 1: Repoblación forestal protectora</i>	80
<i>Figura 27. Adecuación para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia</i>	80
<i>Figura 28. Adecuación para actividad 6: Conservación de áreas de interés</i>	81
<i>Figura 29. Adecuación para actividad 7: Conservación del uso agrícola</i>	81
<i>Figura 30. Comparación gráfica entre MOCS y metodología USLE</i>	92
<i>Figura 31. Comparación gráfica entre metodología según criterios de Mintegui y MOCS</i>	92
<i>Figura 32. Comparación gráfica entre metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui</i>	93
<i>Figura 33. Zona de aplicación de tecnología LIDAR</i>	106
<i>Figura 34. Perfil topográfico de la zona a aplicar LIDAR</i>	106
<i>Figura 35. Detalle del perfil topográfico de una zona abancalada de la superficie a aplicar la tecnología LIDAR</i>	107
<i>Figura 36. MDT de la zona LIDAR.</i>	107
<i>Figura 37. MDS de la zona LIDAR.</i>	107
<i>Figura 38. Pérdidas de suelo sin el empleo de la tecnología LIDAR</i>	108
<i>Figura 39. Pérdidas de suelo con la utilización de la tecnología LIDAR</i>	108

Figura 40. Zona abanxada en Albocasser 108

Figura 41. Pirámide de costes genéricos. Elaboración propia..... 109

Figura 42. Zona abanxada en Sarratella 117

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1.1. INTRODUCCIÓN

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).

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 (construcción de caminos, minería, explotación maderera y cultivos), como naturales (deslizamientos de tierras, incendios naturales, inundaciones) pueden constituir un factor en cualquier momento. Es importante recordar que se debe revisar el plan de ordenación, es un proceso flexible. (SHENG, 1992).

La metodología clásica para la asignación de usos del suelo en la ordenación de cuencas 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 categorías de intensidad de erosión. En la mayoría de los proyectos de restauración hidrológico forestal el mapa de erosión es considerado como una valiosa herramienta para asignar prioridades de actuación y definir estrategias de restauración y gestión. (ROJO, 1995)

El procedimiento de cartografía de la erosión está inspirado en la generalización de los factores de erosión de la ecuación universal de pérdidas desuelo.

El uso de este modelo de la ecuación universal con objetivos de planificación, se basa en la comparación de la cifra de pérdida de suelo que proporciona el mapa con una cifra de pérdidas admisibles fijada de antemano. En aquellas áreas en las que las pérdidas de suelo son superiores a las admisibles, el uso del suelo es considerado incompatible con su conservación y por tanto, se proponen medidas y prácticas de conservación de suelos o acciones que proporcionasen una mejora de la cubierta vegetal protectora frente a la erosión.

Para poder aplicar el modelo de la erosión y calcularlo de una forma rápida y concisa se ha empleado sistemas de información geográfica, los cuales son herramientas muy poderosas y muy aptas para la utilización en la planificación del territorio, ya que es fácil superponer capas de información y realizar cálculos complejos. Así pues, actualmente es indispensable para la realización de trabajos de ordenación como el presente trabajo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo final de máster es la comparativa entre varias metodologías de ordenación de cuencas en su aplicación al ámbito mediterráneo, así como la propuesta de ajustes y mejoras para las citadas metodologías y el aporte de las bases para la creación de una nueva metodología de ordenación de cuencas para estos ámbitos.

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 San Miguel.
- ✓ 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 San Miguel.

1.3. ANTECEDENTES. ESTADO DEL ARTE

1.3.1. Erosión y Desertificación

La erosión edáfica es uno de los factores determinantes del avance de la desertificación en España y constituye un problema ambiental de especial relevancia en la mayor parte del área mediterránea. Según el Mapa de Estados Erosivos del Suelo (MMA, 1987-2001), el proceso de formación de suelo alcanza un ritmo variable entre 2 y 12 toneladas por hectárea y año. Sin embargo, el 24% del territorio nacional (12.382.984 ha) pierde más de 12 toneladas anuales por hectárea y el 12,3% (6.217.830 ha) a un ritmo superior a las 50 toneladas por hectárea y año. Estos seis millones de hectáreas con procesos erosivos graves se sitúan en su mayoría dentro de las cuencas hidrográficas de clima mediterráneo--continental, principalmente en las cuencas del Sur, Guadalquivir, Ebro, Tajo y Júcar. (SERRADA, 2011).

En el año 2001 se inició la elaboración del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES)* que, al igual que sus precedentes Mapas de Estados Erosivos (1987-2001), pretende detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los principales procesos de erosión del suelo en el territorio nacional, así como su evolución en el tiempo, establecer las áreas prioritarias de actuación para el control de la actuación así como servir de instrumento de coordinación de políticas, planes y programas de conservación y protección del suelo. Se pretende que los trabajos correspondientes a la totalidad del territorio nacional se realicen de forma continua y cíclica, con una periodicidad prevista de 10 años y con precisión equivalente a una escala 1:50.000.

El fenómeno erosivo se localiza con mayor intensidad en los cultivos leñosos y herbáceos de secano, con unas pérdidas medias de 78,8 t/ha/año y 29,2 t/ha/año respectivamente. La localización de

muchos cultivos de olivar, almendro, viñedo, cereal y otros, en pendientes por encima de lo que se entiende adecuado en una ordenación racional del uso del suelo, provoca la mayor parte de la erosión en nuestro país (alrededor del 70% sobre el total). Esto plantea la necesidad del cambio de uso del suelo mediante forestaciones protectoras en una amplia superficie, ya que los procesos de erosión del suelo son muy activos en la agricultura (CERDA *et al*, 2009) .Otra parte de cultivos agrícolas debería ser tratada mediante técnicas de conservación de suelos, si mantienen su uso actual. Se debe tener en cuenta que la erosión no sólo depende de las características del suelo, del clima y de la pendiente (RUIZ SINOGA Y MURILLO MARTÍNEZ, 2009), sino también del uso del suelo y de la cobertura del mismo (GARCÍA-RUIZ, 2010)

Para alcanzar los objetivos propuestos, el Plan Forestal (2002-2070) contempla las siguientes medidas (SERRADA, 2011)

Planificación y ordenación de la restauración agrohidrológica mediante:

- ✓ Elaboración de un Plan de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico--Forestal, control de la erosión y defensa contra la desertificación que identifique:
 - Las cuencas más gravemente afectadas
 - Las actuaciones de restauración más urgentes a realizar en las cuencas seleccionadas
 - Cuantificación global de actuaciones, así como estimación presupuestaria del coste de los trabajos
- ✓ Restauración de la cobertura vegetal con el objetivo de conseguir una mejora global del medio natural.
- ✓ Restauración de márgenes fluviales y deslinde del dominio público hidráulico para la recuperación de sotos y las formaciones vegetales de ribera
- ✓ Realización de hidrotecnias

Se propone realizar 3.800.000 ha de repoblaciones en 30 años, ya en el *plan nacional de repoblación* de la 2ª República en su Orden Ministerial de 21 de julio de 1938, se planteó repoblar 6.000.000 ha. en 100 años, Plan que adoptó la dictadura y en 1988 se habían repoblado 3.800.000ha. en 50 años (63%), logro único en el mundo y reconocido en foros internacionales.

La elaboración y desarrollo del *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación* constituye la principal obligación contraída por nuestro país como firmante de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD), aprobada el 17 de junio de 1994.

El *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación* fue aprobado por la ORDEN ARM/2444/2008, de 12 de agosto, y su objetivo fundamental es contribuir al logro del desarrollo sostenible de las zonas afectadas por la desertificación en el territorio nacional y, en particular, la prevención de la degradación de las tierras y la recuperación de tierras desertificadas, determinando cuáles son los factores que contribuyen a la desertificación y las medidas prácticas necesarias para luchar contra ella, así como mitigar los efectos de la sequía (MARM, 2008).

La desertificación tiene su origen en interacciones complejas de factores físicos, biológicos, políticos, sociales, culturales y económicos. La lucha contra la desertificación exige el desarrollo de acciones en diferentes políticas sectoriales, englobando medidas de prevención, de rehabilitación, investigación, educación y concienciación pública, medidas y programas financieros, marcos institucionales y legales, entre otros. La coordinación administrativa constituye un pilar fundamental para el desarrollo de soluciones integradas, en el marco multisectorial y multidisciplinar que corresponde al problema de la desertificación.

La importancia de la erosión en la planificación y gestión de cuencas reside en el fin de reducir la pérdida de suelo y, como consecuencia, los sedimentos que se transportan a las redes de drenaje (AMORE *et al.*, 2004).

1.3.2. Planificación y Ordenación del territorio y Restauración Hidrológico Forestal

A partir de los años 60 numerosos autores estudian la problemática del uso racional de los recursos naturales y se implanta la planificación del medio físico como un área de conocimiento que debe aportar líneas de acción para tratar de solucionar los problemas que surgen de la interfase sociedad-medio natural. (GÓMEZ OREA, 2002)

La **planificación del medio natural** puede definirse como la disciplina que debe integrar todos los conocimientos posibles sobre los sistemas físicos, biológicos y sus manifestaciones sociopolíticas y económicas, para tratar de minimizar los deterioros que surgen al distribuir las actividades humanas en conflicto en un determinado medio natural. (RAMOS A., 1987.)

El ejercicio de la Planificación del Medio natural supone dos aspectos interrelacionados, las posibilidades que ofrece el territorio para que sean implantadas determinadas actividades y un análisis de los efectos (como pueda ser la erosión de la que se ha hecho referencia en el apartado anterior) que tales actividades pueden provocar por su implantación y desarrollo del mismo. (MOPT,1992). Es

necesario tener en cuenta las escalas a las que se realiza, dependiendo el grado de detalle que se desee se utilizará una mayor o menor escala. (CLAVER *et al*, 1982)

Por otro lado, la **ordenación del territorio** es la proyección en el espacio de las políticas social, cultural, ambiental y económica de una sociedad. Se podría definir también como la voluntad, expresada desde los poderes públicos, de introducir un componente de racionalidad en la disposición de los elementos que conforman el orden territorial. Su objetivo es evitar o minimizar las consecuencias indeseadas y favorecer los procesos de puesta en valor del territorio (GALIANA Y VINUESA, 2010).

La ordenación se fundamenta en la organización coherente entre sí y con el medio, de las actividades en el espacio, el equilibrio de la calidad de vida de los distintos ámbitos territoriales y la integración de los distintos ámbitos territoriales en los de ámbito superior. Ahora bien, pueden originarse conflictos territoriales de la ordenación territorial, como pueden ser los impactos ecológicos y paisajísticos, la ignorancia de los riesgos naturales en la localización de las actividades etc.

Concretando los objetivos de la Ordenación territorial y de la planificación del medio natural pueden resumirse en:

- ✓ Desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones y comarcas
- ✓ Utilización racional del territorio y gestión responsable de los recursos naturales
 - Garantía y respeto del uso de suelo de acuerdo con su capacidad de acogida
 - El suelo como soporte de actividades
 - Conservación de los recursos naturales (paisajísticos, ecológicos y productivos)
 - Uso múltiple del suelo por la complementariedad de las actividades.
- ✓ Coordinación administrativa entre los diversos organismos sectoriales (distintos niveles administrativos)
- ✓ Mejora de la calidad de vida

De acuerdo con los objetivos para el estudio del sistema territorial para la ordenación de las actividades se debería analizar el medio físico-natural o territorio y los recursos naturales que sustenta, la población y las actividades que inciden sobre la producción, el consumo y la relación social, los sistema de núcleos e infraestructura de relación y el marco legal e institucional. Tras analizar todo lo anterior ya se puede proporcionar y elaborar la información necesaria para la toma de decisiones relativa a la distribución de los usos del suelo.

Se debe tener en cuenta, que todo plan y en especial la ordenación Territorial deben ser flexible en la elección de sus determinaciones para acercarse a la imagen objetivo perseguida a largo plazo, y continua y cíclica para que la información y las decisiones retroalimenten el proceso de análisis y toma de decisiones a plazos cortos. (GÓMEZ OREA, 1994.)

En cuanto al marco leal de la planificación y la ordenación; según la Constitución española de 1978 en su artículo 148 dice que se trata de una competencia autonómica; de ahí que por ejemplo para la Comunidad Valenciana en la Ley orgánica 5/1982 en su artículo 31 establezca la competencia exclusiva de la Generalitat Valenciana en la ordenación del territorio y del litoral, urbanismo y vivienda, en montes etc. En la modificación de dicho estatuto en 2006 de nuevo en su artículo 49 nombra la competencia exclusiva que posee la Generalitat.

Posterior a la ley orgánica del 1982, se aprobó (siguiendo con el ejemplo de la Comunidad Valenciana) la Ley de la Generalitat Valenciana 6/1989, de 7 de Julio de Ordenación del territorio de la Comunidad Valenciana. De esta ley cabe destacar:

- ✓ El proceso completo de la ordenación se basa fundamentalmente en dos instrumentos de carácter global: el plan de ordenación de la Comunidad Valenciana y el Programa de Ordenación del territorio.
- ✓ Los de ámbito más reducido, los Planes de Acción Territorial, tienen como finalidad la compatibilización y coordinación de políticas sectoriales y urbanísticas a nivel supramunicipal.

Por última ley, la ley actual de ordenación del territorio, es la ley 4/2004, de 30 de junio, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje.

A partir de ella se han hecho distintos Planes de acción territorial, como por ejemplo el PATFOR (plan de acción territorial forestal), aprobado recientemente, los distintos planes litorales etc.

Respecto a la **restauración hidrológico-forestal** comprende el conjunto de actuaciones necesarias para proteger el suelo frente a la erosión, defender el territorio frente a la sequía y las inundaciones, aumentar la capacidad de aprovisionamiento de agua y contribuir a la conservación y mejora de la funcionalidad de los suelos. (SERRADA, 2011)

Además, la restauración hidrológico-forestal contribuye a la creación de empleo rural, a la conservación y mejora de la biodiversidad, a la mitigación del cambio climático por aumento de los sumideros de carbono, y a la mejora del paisaje y del valor recreativo de los montes.

Las técnicas de restauración hidrológico-forestal se basan en los fundamentos de la hidrología forestal, considerada como especialidad de la hidrología que estudia la relación entre el agua y el suelo,

dentro del marco de trabajo que constituyen los bosques y montes, y consisten principalmente en la implantación de cubiertas vegetales, en la ejecución de hidrotecnias y en la realización de tratamientos selvícolas orientados a la mejora de la funcionalidad ecológica de los bosques, con especial atención a la protección y formación de suelo.

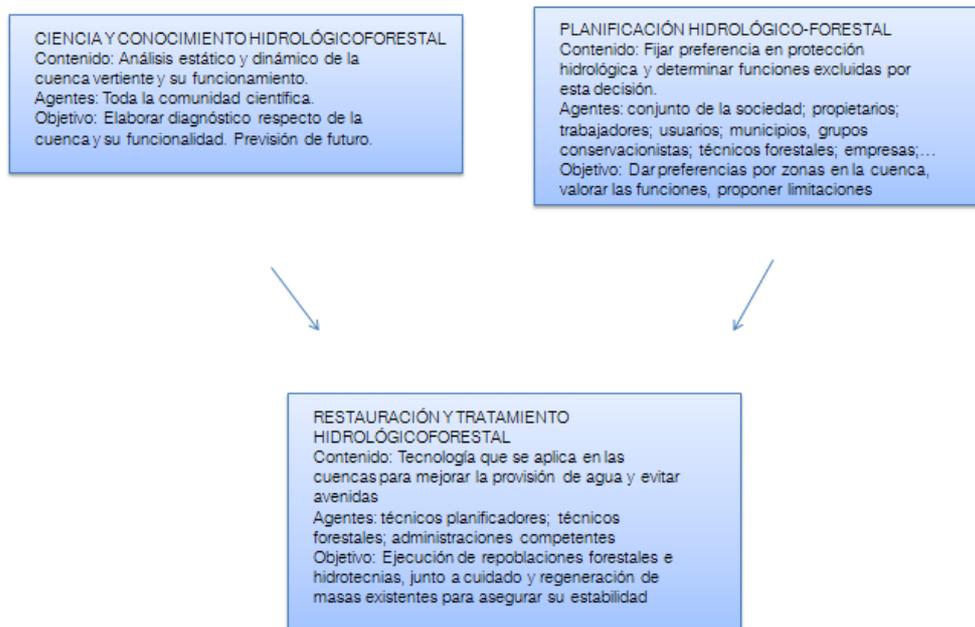


Figura 1. Objeto e importancia de la Restauración Hidrológica-forestal. Fuente: SERRADA, 2011

El Plan de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico Forestal, Control de la Erosión y Defensa contra la Desertificación (PNAP), finalizado en el año 2004 y actualizado en el año 2007, es el instrumento de planificación nacional que rige el desarrollo de las actuaciones de restauración hidrológico-forestal realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente, enmarcadas en su mayor parte en los Convenios existentes con las CC.AA., con el apoyo de la cofinanciación europea.

El Plan determina las subcuencas prioritarias de actuación, valora los trabajos a realizar a corto y medio plazo y establece una jerarquización y programación temporal de los mismos. En conjunto, la superficie de actuación seleccionada por el Plan alcanza los 18,4 millones de hectáreas, siendo 3,5 millones de ellas de carácter prioritario.

Por otra parte, el Plan Hidrológico Nacional, aprobado por la Ley 10/2001, de 5 de julio, modificada por la Ley 11/2005, de 22 de junio, recoge inversiones en materia de restauración hidrológico-forestal. Sin embargo, los borradores de Planes Hidrológicos de Cuenca que, para dar cumplimiento a la Directiva Marco del Agua, se han venido publicando para información pública, no

recogen una mención explícita a actuaciones de restauración hidrológico--forestal ni inversiones con este fin.

1.3.3. Cuenca hidrográfica y su Ordenación

La noción de cuenca hidrográfica aparece como una expresión de la concepción hidrológica que dio origen al término. Se deriva de la significación del agua como recurso natural fundamental que condiciona la vida de todos los ecosistemas y satisface exigencias del conjunto de actividades, no sólo físico-bióticas, sino de orden social, cultural, económica y administrativa, en una unidad territorial considerada. (OVALLES *et al*, 2008)

Existen discrepancias entre las definiciones de varios autores, se llega a la conclusión de que no existe una definición y alcances que satisfaga a todos, pero existen puntos en común:

- ✓ Se concibe como un proceso de planificación y gestión y una política del Estado y de la sociedad, de carácter integral y en función del desarrollo sostenible.
- ✓ La cuenca hidrográfica se considera una unidad territorial y por tanto parte indisoluble del territorio, de su estructura y dinámica
- ✓ Al conformar una unidad territorial adquiere dimensión de totalidad estructural, conformada por atributos, elementos y procesos de orden físico-natural, socioeconómico-cultural y político-administrativo.
- ✓ El medio físico-natural constituye soporte de hechos naturales, es fuente de recursos naturales y condicionante de procesos que emanan de la sociedad.
- ✓ Los recursos naturales: agua, suelos y vegetación (hábitat) constituyen el centro de atención del conocimiento y su manejo, aprovechamiento y conservación deviene de la demanda y práctica social.
- ✓ Los peligros naturales están presentes en la realidad de la cuenca hidrográfica y deben ser tomados en consideración en un enfoque de ordenación.
- ✓ Los atributos y elementos de orden socioeconómico y cultural son diversos y complejos, pero normalmente se hace referencia a la estructura y dinámica de la población asentada en la cuenca, a los usos de la tierra junto con las actividades económicas asociadas a ellos, a la red de centros urbanos y los asentamientos rurales, a las infraestructuras de equipamiento de servicios, obras hidráulicas y red vial y a los valores de la identidad cultural.

- ✓ Los atributos e instrumentos político-institucionales y administrativos se relacionan con la estructura del Estado y de sus actores, el marco legal, la organización institucional y la toma de decisiones.
- ✓ Encuentra en los planes de ordenación un valioso instrumento para brindarle viabilidad al proceso.
- ✓ La cuenca es vista a diferentes escalas dependiendo del tamaño de la misma y de su significación en la trama de las prioridades del Estado y la sociedad.

Concluyendo, el concepto de Ordenación de Cuencas Hidrográfica se hace comprensible al conocer y profundizar sobre su esencia o naturaleza, su campo y objeto de acción, sus alcances y los objetivos que persigue.

Entre los *alcances* de la Ordenación de cuencas se encuentran la concepción de integralidad de la cuenca hidrográfica, en el marco del desarrollo sostenible; el análisis de los usos actuales del territorio de la cuenca, esencial para la asignación de los usos recomendables; la localización de las actividades económicas; la estructura y dinámica del poblamiento y sus tendencias, básico para comprender los procesos de movilidad, distribución, ocupación y usos de la tierra; el análisis de amenazas naturales o peligros materiales como restricción a su ocupación y a la prevención de potenciales desastres naturales, el conocimiento de las condiciones físico naturales etc. Y en cuando a los *objetivos* cabe destacar la mejora de la calidad de vida de la población; propiciar un desarrollo económico sostenible, el manejo sostenible de los recursos naturales y la calidad ambiental y la organización armónica del territorio de la cuenca y asignación de usos adecuados.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO

La cuenca de este trabajo es la de San Miguel. Su cota máxima asciende a 1281 m.s.n.m y con un clima mediterráneo litoral con una tendencia a la continentalidad en la cabecera. Presenta las singularidades de los ríos típicamente mediterráneos: fuertes avenidas y estíos prolongados.

Presenta dos zonas diferenciadas, una **zona alta** caracterizada por una vegetación frondosa, con grandes masas arbóreas, y elevadas pendientes. En determinados lugares aflora la roca, con elevado grado de fisuración. Y una **zona media y baja** caracterizada por la existencia de vegetación menos densa, la implantación de zonas de cultivos y pendientes someras.

A diferencia de otros ríos típicamente mediterráneos presenta un ligero caudal en estío, procedente del drenaje de la Sierra de Valdancha a la altura de las Cuevas de Vinromá, éste se infiltra en las formaciones miocenas del borde de la Plana de Oropesa-Torreblanca, por lo que solo en grandes avenidas desagua al mar.

Además de los objetivos enumerados, que persigue cualquier ordenación de cuencas, en este caso particular se incrementa la importancia de ordenar esta cuenca por la existencia de problemas como la intrusión marina, contaminaciones por nitratos y otros, la protección de la zona húmeda del Prat de Cabanes-Torreblanca etc. que son comunes en el ámbito del mediterráneo y que no se contemplan en las metodologías tradicionales de ordenación.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

2.2.1. Situación

La cuenca hidrográfica de San Miguel se halla situada en la parte Norte de la Comunidad Valenciana, más concretamente en la parte nororiental de la provincia de Castellón (España), donde se localiza la totalidad de la superficie de la cuenca.

Este trabajo de investigación se encuentra dentro de una línea general de investigación, que persigue aportar datos para la elaboración de una nueva metodología de ordenación específica de cuencas en el entorno mediterráneo, habiéndose analizado diversas cuencas y su problemática en las tres provincias valencianas, siendo este caso de estudio/investigación necesario para tener datos de distintas zonas y cubrir el máximo territorio posible objeto de estudio, investigación y análisis.

La cuenca de San Miguel comprende parte de las comarcas del Baix Maestrat (zona suroeste de la comarca), l'Alt Maestrat (zona este de la comarca) y La Plana Alta (zona norte de la comarca). En total la cuenca está formada por 13 términos municipales, aunque de algunos no sea la totalidad de su superficie la que forma parte de la cuenca. Estos municipios son, de Norte a Sur, Sant Mateu, Catí, Tirig, La Salzadella, Albocàsser, Les Coves de Vinromà, Alcalà de Xivert, Sarratella, Sierra Engarcerán, Torre Endomenech, Vilanova d'Alcolea, Torreblanca, Cabanes y Benlloch.

La superficie de la cuenca es de 50.198 ha, es decir 501.98 km², con una longitud del cauce principal de 82,9 km. y una pendiente media del mismo de 1,55 %.



Figura 2. Situación de la cuenca de San Miguel. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía base

2.2.2. Espacios protegidos

Son numerosos los espacios protegidos con presencia dentro de la cuenca aunque la superficie que abarcan no es muy extensa. Entre los espacios naturales protegidos localizados total o parcialmente dentro del territorio de la cuenca se encuentran espacios naturales en la Red Natura 2000, Zonas de protección de zonas húmedas, Cuevas catalogadas, Microrreservas y Parajes Naturales Municipales.

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 aparece un PNM, el cual está integrado parcialmente, se trata del Paraje del Racó del Frare, situado en el término municipal de Sant Mateu, al Noreste de la cuenca San Miguel. Dicho PNM contiene 207 ha que tiene en total, pero son 76,3 ha las que están dentro del perímetro de la cuenca San Miguel. Se encuentra en la cabecera de un pequeño barranco cerrado y jalonado por grandes desplomes de roca calcárea.

Cuevas catalogadas

Dentro de la cuenca de San Miguel también se puede encontrar la Cova del Mas d'Abat, en el término municipal de Coves de Vinromá, la cual está incluida en el catálogo de cuevas de la Comunidad Valenciana.

La cova del Mas d'Abad por sus inhumaciones prehistóricas, dentro del marco del Bronce valenciano, es única en su género. Se trata de una cueva sepulcral colectiva en la que se reconocieron, trece inhumaciones. Aunque el rito de inhumación colectiva pertenece culturalmente al Eneolítico o a la Edad del Bronce, lo que situaría los enterramientos de esta cueva en este período, ni los materiales cerámicos ni la cronología diseñada a partir de los análisis realizados según el C14 permiten clasificarla en ese momento. Por lo visto, se siguió enterrando de acuerdo con las normas de culturas anteriores.

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 San Miguel alberga en su territorio dos LICs. L'Alt Maestrat es el nombre del LIC que afecta al Noroeste de la cuenca, consta de 46.312 ha pero su ocupación en la cuenca es de 1.100 ha. Se trata de un refugio de especies singulares en el mediterráneo, propias de la región eurosiberiana. Alternando con los barrancos, destacan las parameras con sabinas propias de las altas montañas maestracenses. El segundo LIC que afecta a la cuenca San Miguel, está situado al Oeste de la misma, se trata del LIC Serra d'Engarcerán, el cual consta con 9.561 ha, de las cuales 5.777 ha están situadas en la cuenca San Miguel. Es una zona de bosquetes y matorrales de *Juniperus* representativa de la Comunidad Valenciana. La sabina negral ocupa grandes extensiones, tanto de forma aislada como con carrascas. Igualmente, el enebro se encuentra bien representado en dichos matorrales. La presencia de estas formaciones sobre un sustrato accidentado, con numerosos pedregales, da como resultado un área de gran interés paisajístico y ambiental.

Respecto a las ZEPAs declaradas dentro de la cuenca, la que afecta a la cuenca es la de Planiols- Benasques, en unas 800 ha aproximadamente en su zona más al Norte; y 274 ha en la zona más al Sur.

Zonas Húmedas

La zona de protección que es la desembocadura del río San Miguel recibe el nombre de Desembocadura del Riu de les Coves.

Cabe destacar el Parque del Prat de Cabanes-Torreblanca, debido a su cercanía (no se encuentra dentro del perímetro de la cuenca) e importancia. Se trata de una marjal de origen litoral, con presencia estacional de aguas saladas, situada en el flanco meridional de la Sierra de Irta, en la provincia de Castellón, entre las cuencas de los ríos San Miguel y Seco (desembocaduras). Es la principal zona húmeda de la provincia de Castellón y una de las más importantes del Levante español. Tiene una extensión aproximada de 1.000 ha y es, quizás, la menos alterada en los proyectos de transformaciones y desecaciones que tienen lugar en la actualidad en el litoral español. Constituye una importante plataforma de salida o llegada de numerosas especies migratorias que enlazan su trayectoria con las Islas Columbretes. Sufre presión urbanística, existiendo proyectos de desecación y urbanización; otras amenazas derivan de la extracción de turbas, la puesta en cultivo de terrenos y

vertido de aguas residuales. A pesar de todo ello, se encuentra en buen estado. Ha sido declarada Paraje Natural por Decreto 188/1988 de 12 de Diciembre, de la Generalitat Valenciana. Cuenta con un Plan Rector de Uso y Gestión, aprobado el 6 de Mayo de 1991.

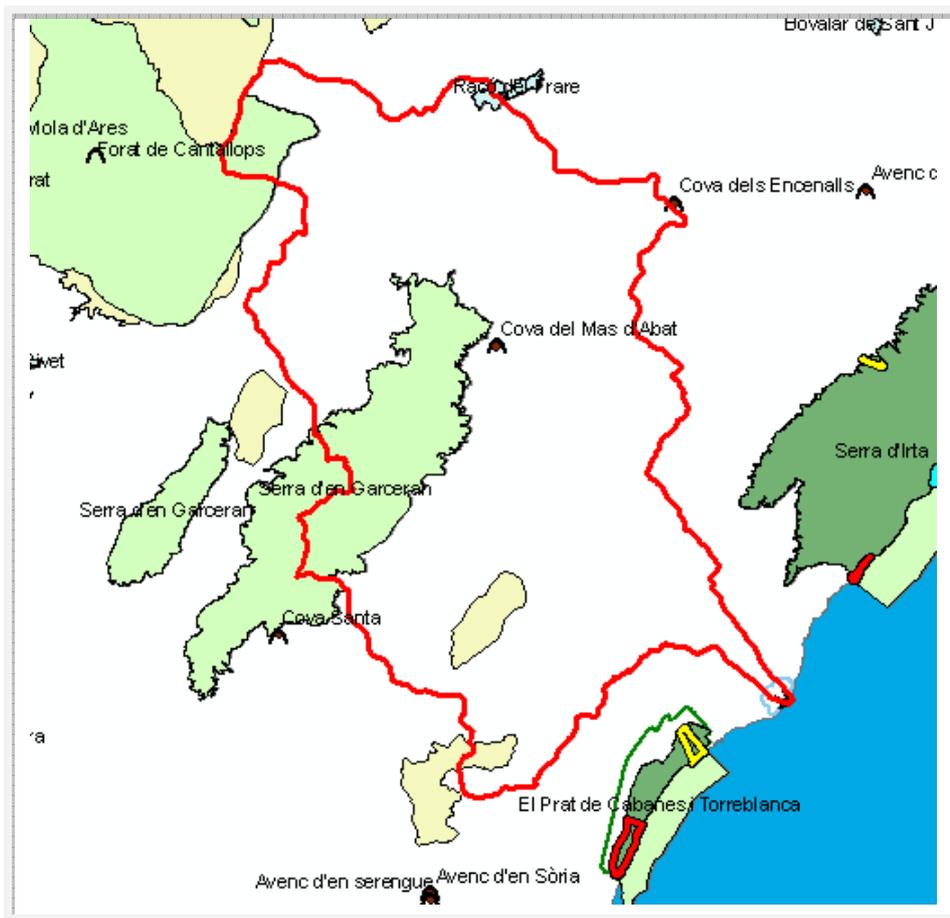


Figura 3. Espacios protegidos en la cuenca. Fuente: elaboración propia

2.2.3. Montes de Utilidad Pública

Dentro de la cuenca San Miguel se localizan un total de 10 montes a cargo de la Administración, algunos de forma parcial. En la siguiente tabla se presentan algunas de las características de cada uno de esos montes:

Código Monte	Denominación	Pertenencia	Superficie dentro de la cuenca San Miguel (ha)	Término municipal
CS079CS3030	Boalar	Ayuntamiento	114	Sant Mateu
CS097CS1046	Termenera	Generalitat	3	Santa Magdalena de Pulpis
CS099CS1025	Mas de Ascle	Generalitat	810	Alcalà de Xivert
CS100CS1045	Mas de Comos y Coll de la Palmera	Generalitat	324	Les Coves del Vinromà
CS1032	Santa Bàrbara	Generalitat	365	Vilanova d'Alcolea
CS114CS1041	Vilaplana	Generalitat	37	Les Coves del Vinromà
CS119CS1047	Valle del Àngel y Rabosa	Generalitat	154	Alcalà de Xivert
CS123CS3019	Tossal de la Canà	Ayuntamiento	10	Sierra Engarcerán
CS3025	Boalar	Ayuntamiento	211	Salzadella
CS3026	Comunes	Ayuntamiento	100	Tirig

Tabla 1. Montes a cargo de la administración en la cuenca de San Miguel. Fuente: elaboración propia

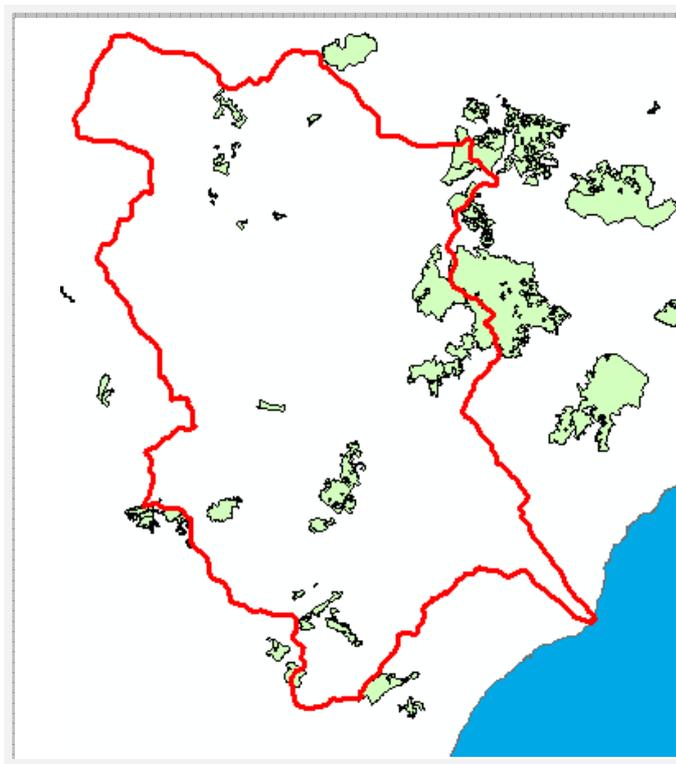


Figura 4. Montes de Utilidad Pública en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia

2.2.4. Climatología

Parámetros climáticos

El conocimiento de los principales parámetros climáticos y bioclimáticos característicos es un factor determinante a la hora de la toma de decisiones sobre la gestión de la cuenca, a la vez que permite realizar una prognosis acerca de su futuro comportamiento bajo un marco ordenado.

El clima general de la zona se acoge al amplio término de clima mediterráneo, caracterizado por la escasez de las precipitaciones estivales. Bajo esta denominación, común a todo el clima mediterráneo en general y a toda la Comunidad Valenciana en particular, se distinguen diversas variaciones climáticas regionales atribuidas a distintas condiciones orográficas. Así, el clima de la comarca de estudio se puede considerar como de transición entre el de la llanura septentrional de la Comunidad y el de las sierras interiores.

Las características que definen este ambiente de transición son la presencia de un máximo pluviométrico en otoño y otro en primavera, destacando como denominador común la acusada sequía estival.

Para la obtención de las variables climáticas del monte se cuenta con las series termopluviométricas de los observatorios del Instituto Nacional de Meteorología en la Comunidad Valenciana interpolados a una resolución de 500 x 500 metros, procedentes de la serie de años 1975-2004. Los datos son obtenidos a partir del *Sistema Integrado de Gestión de Incendios Forestales* de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.

El elemento definidor del clima es el régimen de precipitaciones. Se observa según los resultados estadísticos y gráficos la presencia de un máximo primaveral y un segundo máximo otoñal, según corresponde a este ambiente de transición así como un mínimo en julio coincidiendo con la época de sequía estival. Es notable la irregular distribución interanual de las precipitaciones en los valores alcanzados por las desviaciones típicas de las medias mensuales, en algunos casos superando los valores medios. Las medias obtenidas en base a las fuentes citadas se resumen en la siguiente tabla:

Valores climatológicos mensuales y anuales

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
P	50,5	41,1	33,8	57,9	63,6	34,7	20,1	34,9	61,1	80,4	60,1	55,4	593,6
T	8,2	9,0	10,9	12,4	15,6	19,9	22,9	23,3	20,2	16,1	11,6	9,1	14,9
Tm min.	3,4	3,9	5,5	7,1	10,4	14,3	17,1	17,7	14,9	11,1	6,9	4,6	9,7
Tm max.	13,0	14,0	16,3	17,6	20,9	25,4	28,7	28,8	25,6	21,2	16,4	13,7	20,1
T min.	-2,1	-1,8	0,2	1,9	5,1	9,7	12,9	13,5	10,0	5,9	0,9	-1,5	-2,1
T max.	19,6	21,0	23,7	24,0	26,9	31,0	33,9	33,6	30,6	27,0	22,7	20,3	33,9

Tabla 2. Valores climatológicos mensuales y anuales

Siendo:

P	<i>Precipitación mensual en milímetros</i>
T	<i>Temperatura media mensual en grados centígrados</i>
Tm min.	<i>Temperatura media mensual de las mínimas diarias en grados centígrados</i>
Tm max.	<i>Temperatura media mensual de las máximas diarias en grados centígrados</i>
T min.	<i>Temperatura mínima absoluta en grados centígrados</i>
T max.	<i>Temperatura máxima absoluta en grados centígrados</i>

Los principales índices que definen el clima son:

ÍNDICES FITOCLIMÁTICOS

<i>Factor de pluviosidad de Lang</i>	39,8	Clima Subdesértico
<i>Índice de aridez de Martonne</i>	23,8	Clima Subhúmedo
<i>Índice de Dantín-Revenga</i>	2,5	Zona árida
<i>Índice de Vernet</i>	5,8 (-)	Clima mediterráneo

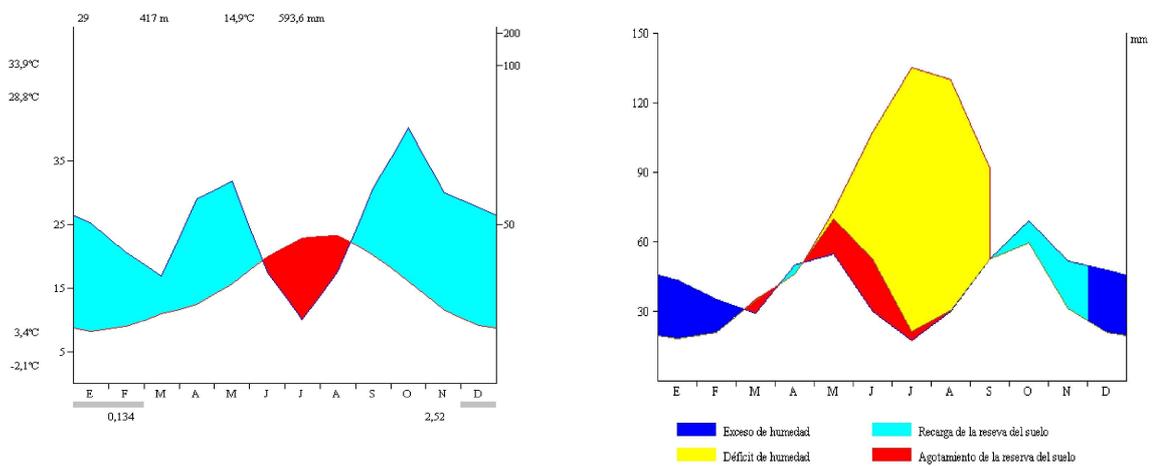
CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

<i>Índice de humedad</i>	33,6 (-)	Clima Semiárido D
<i>Índice de eficacia térmica</i>	769,2	Clima Mesotérmico B'2
<i>Índice de exceso de agua</i>	13,0	Exceso moderado invierno s
<i>Concentración en verano de la eficacia Térmica (%)</i>	48,4	Moderada concentración b'4

CARACTERIZACIÓN DE PISOS BIOCLIMÁTICOS

<i>Piso Bioclimático</i>	Mesomediterráneo
<i>Horizonte Bioclimático</i>	Mesomediterráneo inferior
<i>Ombroclima</i>	Seco Medio
<i>Tipo de invierno</i>	Templado

A continuación se muestra la información gráfica del diagrama de *Walter-Lieth* y la ficha hídrica de *Thornthwaite* que ayudan a entender los valores mostrados:



Los valores correspondientes a la ficha hídrica de *Thornthwaite* son los que a continuación se muestran:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	8,2	9,0	10,9	12,4	15,6	19,9	22,9	23,3	20,2	16,1	11,6	9,1
Etp	18,2	21,0	35,0	46,0	73,4	107,4	135,3	129,8	91,6	59,6	31,1	20,7
P	43,4	35,3	29,1	49,8	54,7	29,8	17,3	30,0	52,5	69,1	51,7	47,6
R	44,0	44,0	38,4	42,3	27,2	4,3	0,3	0,0	0,0	9,5	30,1	44,0
ETR	18,2	21,0	34,6	46,0	69,8	52,7	21,4	30,3	52,6	59,6	31,1	20,7
S	0,0	0,0	0,4	0,0	3,6	54,7	113,9	99,5	39,0	0,0	0,0	0,0
D	25,2	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0

Tabla 3. Valores de Thornthwaite

Siendo:

T	<i>Temperatura media mensual en grados centígrados</i>
ETP	<i>Evapotranspiración potencial (mm)</i>
P	<i>Precipitación efectiva (mm)</i>
R	<i>Reserva de agua en el suelo (mm)</i>
ETR	<i>Evapotranspiración real (mm)</i>
S	<i>Déficit de agua (mm)</i>
D	<i>Exceso de agua (mm)</i>

La interpretación de resultados se realiza conjuntamente con el estudio bioclimático y fitoclimático más adelante.

Estudio Bioclimático

La caracterización bioclimática de la zona objeto de estudio permite el entendimiento de los patrones de comportamiento de las distintas formaciones vegetales en cuanto a su relación con el clima, a la vez que otorga una idea de la capacidad de producción de biomasa que es de esperar en el ecosistema.

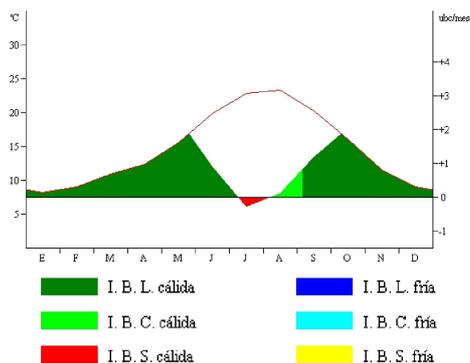
Se ha procedido al cálculo de los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar bajo distintas hipótesis de cálculo, diferentes capacidades de retención de agua en el suelo (CR) y de coeficientes de esorrentía (W). Los índices obtenidos tienen como idea básica el relacionar el clima con la actividad vegetativa, es decir, tratan de hallar la capacidad de un clima para producir biomasa vegetal. (MONTERO DE BURGOS J.L., 1976)

Los diagramas bioclimáticos (GONZALEZ REBOLLAR J.L., 1974) han sido obtenidos tanto para los valores medios de capacidad de retención y escurrimiento estimados para toda la superficie del monte como para cuatro hipótesis estándar que tratan de modelizar distintas situaciones con el fin de otorgar cierto dinamismo a las conclusiones. A continuación se detallan las distintas hipótesis de cálculo de los diagramas bioclimáticos:

1. $CR=44 \text{ mm}; W=14\%$. Representa la situación actual, con valores de CR y W promediados para toda la superficie del monte. Resulta de la convergencia superficialmente ponderada de zonas llanas con buenas capacidades de retención con zonas de fuertes pendientes y suelos esqueléticos características, por ejemplo, del cuartel C destinado a la protección.
2. $CR = 0 \text{ mm}; W = 0 \%$. Modeliza un suelo llano con nula capacidad de retención de agua.
3. $CR = 100 \text{ mm}; W = 0 \%$. Modeliza un suelo llano con mayor capacidad de retención de agua. Este caso es común en las zonas donde la pendiente sea baja y los suelos algo más desarrollados. Se trata de un caso frecuente en el monte.
4. $CR = 0 \text{ mm}; W = 100 \%$. Modeliza una ladera con nula capacidad de retención de agua. Este caso sería el típico de zonas con pendiente elevada y suelos esqueléticos, característico por ejemplo del cuartel protector.
5. $CR = 100 \text{ mm}; W = 30 \%$. Modeliza una situación típica de ladera con cierta capacidad de retención de agua, siendo característica de zonas con pendiente y arbolado denso.

A continuación se muestra el diagrama bioclimático que representa la situación actual, a partir del cual es posible la determinación de los distintos índices bioclimáticos característicos de la cuenca en estudio:

CR = 44 mm ; W = 14 %



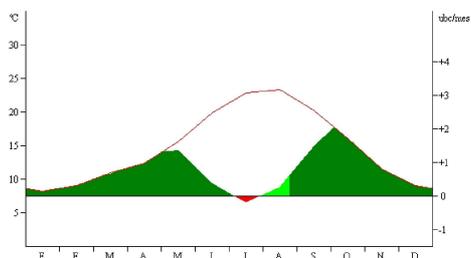
IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	8,48 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,32 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	8,80 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	-0,28 ubc	IBS_F	0,00 ubc

Del análisis del diagrama y la interpretación de sus índices pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. El periodo vegetativo del año medio iría de primeros de marzo a finales de junio y de primeros de julio a finales de noviembre. El parón vegetativo a causa de la sequía se dará de mediados de junio a finales de agosto, aunque desde mediados del mes de agosto hasta mediados de septiembre las plantas estarán recuperándose todavía de la sequía estival (IB condicionada).
2. Respecto a la intensidad de la sequía estival, principal condicionante en ambientes mediterráneos, los valores característicos son perfectamente asumibles por las especies principales, no suponiendo ninguna limitación al normal desarrollo de las mismas.

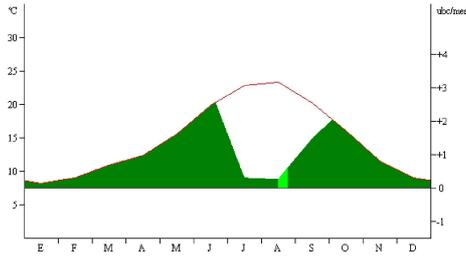
Con el fin de elaborar una posible prognosis del comportamiento de la biocenosis ante posibles modificaciones de las capacidades de retención y coeficientes de escorrentía, se han elaborado los diagramas bioclimáticos para las cuatro situaciones extremas que modelizan las hipótesis anteriormente descritas:

CR = 0 mm ; W = 0 %



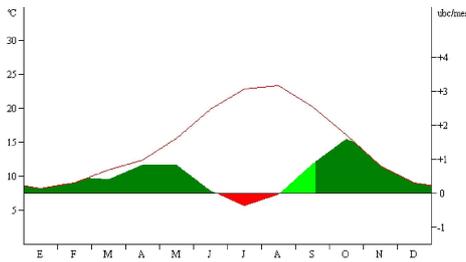
IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	8,21 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,21 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	8,42 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	-0,20 ubc	IBS_F	0,00 ubc

CR = 100 mm ; W = 0 %



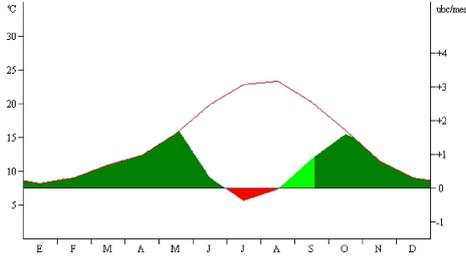
IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	10,90 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,21 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	11,12 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	0,00 ubc	IBS_F	0,00 ubc

CR = 0 mm ; W = 30 %



IBP_C	17,84 ubc	IBP_C	0,00 ubc
IBL_C	5,67 ubc	IBL_C	0,00 ubc
IBC_C	0,50 ubc	IBC_C	0,00 ubc
IBR_C	6,17 ubc	IBR_C	0,00 ubc
IBS_C	- 0,42 ubc	IBS_C	0,00 ubc

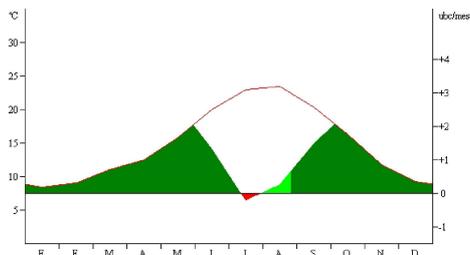
CR = 100 mm ; W = 30 %



IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	7,12 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,50 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	7,63 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	- 0,42 ubc	IBS_F	0,00 ubc

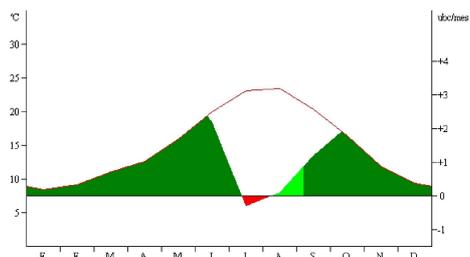
Además de las hipótesis mostradas, se hace indispensable el cálculo de dos hipótesis adicionales que permiten la determinación de una serie de índices para la evaluación de diversos procesos y relaciones a entre el clima y las diferentes estrategias fitológicas.

CR = 44 mm ; W = 0 %



IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	9,71 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,22 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	9,93 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	- 0,21 ubc	IBS_F	0,00 ubc

CR = 120 mm ; W = 14 %



IBP_C	17,84 ubc	IBP_F	0,00 ubc
IBL_C	10,11 ubc	IBL_F	0,00 ubc
IBC_C	0,35 ubc	IBC_F	0,00 ubc
IBR_C	10,46 ubc	IBR_F	0,00 ubc
IBS_C	- 0,30 ubc	IBS_F	0,00 ubc

En base a los diagramas expuestos, es posible determinar los siguientes coeficientes que facilitan la interpretación de las variables bioclimáticas:

- Coeficiente de lejanía:

$$Clej = \frac{IBL_0}{IBL_{max}} \cdot 100 = \frac{8,48}{10,90} \cdot 100 = 77,80 \%$$

- Coeficiente de Restauración Hidrológico-Forestal

$$Chf = \frac{IBL_{COR} - IBL_0}{IBL_0} \cdot 100 = \frac{9,71 - 8,48}{8,48} \cdot 100 = 14,50 \%$$

- Coeficiente de Evolución de Suelos

$$C_{evol} = \frac{IBL_{EVOL} - IBL_0}{IBL_0} \cdot 100 = \frac{10,11 - 8,48}{8,48} \cdot 100 = 19,22 \%$$

- Índice de Competencia

$$I_c = \frac{IBC_0}{IBL_0} \cdot 100 = \frac{0,32}{8,48} \cdot 100 = 3,77 \%$$

La interpretación de estos índices se desarrolla posteriormente en conjunto con las conclusiones generales del estudio climático.

Estudio Fitoclimático

La caracterización ecológica del ambiente en que vive una especie forestal tiene gran trascendencia desde el punto de vista de la gestión de sus poblaciones naturales.

Dentro de esta caracterización ecológica, fundamentada en el conocimiento integral de sus constituyentes tanto bióticos como abióticos, juega un papel fundamental la identificación del ambiente fitoclimático característico, responsable en parte de la idoneidad o adecuación de unas determinadas estrategias fitológicas al biotopo en cuestión.

La discriminación de ambientes fitológicos y evaluación de la idoneidad de las distintas especies al ámbito fitoclimático de la cuenca San Miguel es fundamental de cara a evaluar las posibilidades reales de gestión del territorio, condicionando gran parte de la toma de decisiones relativa a la ordenación integral de sus usos potenciales.

La metodología para la diagnosis fitoclimática esta fundamentada en los Modelos Fitoclimáticos de Allué-Andrade, en su versión original o Modelo “*Subtipos*” (Allué-Andrade, 1190- 1997) y en su versión modificada o Modelo “*Especies*” (GARCÍA-LÓPEZ & ALLUÉ CAMACHO, 2003).

Diagnosis fitoclimática de subtipos

Partiendo de los 150 puntos constituyentes de un modelo digital de elevaciones de 500 x 500 metros de malla cuadrangular, se procedió a su tratamiento con el programa informático FITOCLIMOAL (GARCÍA-LÓPEZ & ALLUÉ, 2000) para la obtención de los datos mensuales brutos de temperatura y precipitación conforme a los modelos de Sánchez-Palomares *et al.* (1999). Estos datos fueron tratados

con dicho programa para proceder a la correspondiente diagnosis de subtipos y, posteriormente, de especies.

Se exponen en la siguiente tabla los resultados en forma de espectro de subtipos del tipo (G; A1; A2; A3; D1; D2), en donde G es el numero del subtipo genuino, A1 el del subtipo análogo de mayor escalar de adecuación, A2 el del subtipo análogo de segundo mayor escalar de adecuación, A3 el del subtipo análogo de tercer mayor escalar de adecuación, D1 el del subtipo dispar de escalar positivo mayor y D2 el del subtipo dispar de segunda escalar positivo mayor. Se han eliminado los espectros cuya representación es inferior a 5 ha

Espectro (G; A1; A2; A3; D1; D2)	Sup. (ha)
(IV(VI) ₂ ; - ; - ; - ; VI(IV) ₃ ; VI(IV) ₁)	7.367
(IV(VI) ₂ ; - ; - ; - ; VI(IV) ₁ ; IV ₄)	7.254
(IV(VI) ₂ ; VI(IV) ₁ ; - ; - ; VI(IV) ₃ ; -)	6.383
(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; - ; - ; - ; -)	4.157
(IV(VI) ₂ ; IV ₄ ; IV ₂ ; - ; VI(IV) ₁ ; IV ₃)	3.178
(IV(VI) ₂ ; - ; - ; - ; VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₃)	2.844
(IV(VI) ₂ ; VI(IV) ₁ ; - ; - ; VI(IV) ₃ ; IV ₄)	2.351
(IV(VI) ₂ ; IV ₄ ; - ; - ; VI(IV) ₁ ; IV ₂)	2.077
(VI(IV) ₁ ; IV(VI) ₂ ; VI(IV) ₂ ; - ; VI(IV) ₃ ; -)	1.527
(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; - ; - ; IV ₄ ; -)	1.468
(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; - ; - ; IV(VI) ₂ ; -)	1.368
(IV(VI) ₂ ; - ; - ; - ; IV ₄ ; VI(IV) ₁)	1.199
(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; - ; - ; VI(IV) ₄ ; -)	1.010
(VI(IV) ₁ ; IV(VI) ₂ ; - ; - ; VI(IV) ₃ ; -)	884
(IV(VI) ₂ ; VI(IV) ₂ ; - ; - ; VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₃)	750
(IV(VI) ₂ ; IV ₂ ; - ; - ; IV ₄ ; IV ₁)	620
(IV(VI) ₂ ; IV ₂ ; IV ₄ ; - ; VI(IV) ₁ ; IV ₃)	508
<i>Resto de ternas</i>	5.252

Tabla 4. Espectros de subtipos

Desde un **punto de vista estático** de las formaciones forestales, la actual dominancia de los subtipos mediterráneos subnemorales IV(VI)₂ pone de manifiesto la dominancia de las estrategias esclerófilas frente a las marcescentes, que únicamente adquieren representación en las cotas más altas características de la cabecera de la cuenca. Esta distribución altitudinal origina a su vez zonas de transición donde pueden coexistir fitoclimáticamente formaciones mixtas.

Diagnosís fitoclimática de especies

Una mayor aproximación a la realidad de la cubiertas forestales compatibles con el territorio desde un punto de vista fitoclimático puede conseguirse mediante la aplicación de la metodología fitoclimática anterior pero sustituyendo los subtipos por ámbitos factoriales correspondientes a las principales cubiertas forestales existentes de forma real en el territorio (García-López & Allué-Camacho, 2005). Aplicando el dicho sistema fitoclimático autoecológico a los 150 puntos de la malla anteriormente citada, se obtuvieron las siguientes ternas reducidas para las cubiertas genuinas:

Espectro (G; A1; A2; A3; D1; D2)	Sup. (ha)
(Ppi; Qsu; Pha; Qil;)	10.513
(Ppi; Qsu; Pha; Qil; Ppn;)	7.724
(Ppi; Qsu; Qil;)	7.229
(Ppi; Qsu; Qil; Ppn;)	6.430
(Qfa; Ppi; Qsu; Pha; Qil; Ppn;)	5.353
(Qfa; Ppi; Qsu; Qil; Ppn;)	3.687
(Ppi; Qfa; Qsu; Pha; Qil ;Ppn;)	1.634
(Ppi; Qfa; Qsu; Qil; Ppn;)	1.420
(Qfa; Qsu; Ppi; Qil; Ppn;)	997
(Qfa; Pni; Qpy; Ppi; Qsu; Qil; Ppn;)	569
<i>Resto de ternas</i>	4.640

Tabla 5. Espectros de subtipos

Las cubiertas forestales fitoclimáticamente genuinas coinciden con formaciones de *Quercus faginea*, en las partes altas de la cuenca (a partir de los 600 m), encontrándose conforme se desciende en cota formaciones preferentes de encina y alcornoque correspondientes a cubiertas genuinamente esclerófilas. No obstante, la amplia valencia ecológica de la encina hace compatibles fitoclimáticamente las cubiertas mixtas marcescentes-esclerófilas en la práctica totalidad de la extensión, así como formaciones mixtas de frondosa-conífera.

Respecto a las Pináceas, siendo ésta otra posibilidad de cubierta principal en la masa, aparece *Pinus pinea* como especie con gran idoneidad hasta los 500 metros, quedando reemplazado por *Pinus nigra* y *Pinus pinaster* a partir de esta cota.

Conclusiones operativas del estudio climático

Del estudio de los parámetros climáticos, bioclimáticos y fitoclimáticos descritos, así como del conocimiento de las afinidades y limitaciones de las principales formaciones vegetales respecto a dichos parámetros pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- En principio y en el momento actual no existe limitación alguna al normal desarrollo de las formaciones vegetales propias del entorno, siendo este resultado previsible puesto que la mayor parte de éstas proceden de regeneración natural.
- Cualquier operación para aumentar la capacidad de retención en el suelo será deseable para un mayor aprovechamiento de las capacidades productivas del clima.
- En principio no deberían existir de competencia con el arbolado por parte del estrato arbustivo y subarbustivo (índice bioclimático de competencia). No obstante, no deben descartarse puntualmente problemas para la instalación de la semilla en el suelo como consecuencia del efecto tapizante de dicho matorral.

2.2.5. Geología y edafología.

La **geología** de la cuenca (MONTERO Y QUERAL, 1989) está compuesta por materiales paleozoicos, con afloramiento en algunos puntos de la misma. Sobre éste descansan los bloques de materiales Triásicos y Cretácicos del Mesozoico.

La cuenca se encuentra en lo que se denomina Sector Septentrional Triásico, el cual se desarrolla principalmente sobre arcillas y argilitas del Buntsandstein, siendo asimismo destacable la presencia puntual de materiales metamórficos del Carbonífero y Devónico.

Los materiales correspondientes a los diferentes períodos, son:

- Paleozoico Representando las pizarras, areniscas y grauvacas carboníferas.
- Mesozoico Donde hay que distinguir:
 - *Triásico*
 - Buntsandstein: areniscas rojas o rodenos, materiales predominantes en la mayoría de las sierras.
 - Muschelkals: calizas triásicas, tabulares y compactas, y dolomías.

- Keuper: margas irisadas.
- *Jurásico*
 - Dolomías calizas, en la zona inferior
- *Cretácico*
 - Aptiense: margas y calizas cretácicas

En las depresiones y ramblas con cota menor, se manifiestan los materiales más nuevos, correspondientes al Cuaternario.

La naturaleza de los materiales triásicos determina en gran medida la morfología de las laderas, siendo frecuentes laderas lineales o cóncavas que se resuelven en convexas en los cambios de pendiente, dando lugar en muchos casos a interfluvios a media ladera y depósitos coluviales más o menos consolidados que originan suelos algo más evolucionados. Estas laderas suelen ser complejas, repitiéndose la secuencia desde las cimas hasta alcanzar la llanura.

Se establece la siguiente clasificación en base a la susceptibilidad erosiva de los suelos presentes en la cuenca:

- Suelos poco erosionables: dolomías, grauvacas, pizarras arcillosas, areniscas, calizas y brechas dolomíticas.
- Suelos erosionables: margas, margocalizas, calizas arenosas, argillitas y areniscas.
- Suelos muy erosionables: materiales del Cuaternario, arcillas y yesos del Keuper.

Por lo que respecta a la **edafología**, según la clasificación de la U.S.D.A., los suelos predominantes se corresponden con la siguiente clasificación por orden y suborden:

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	ASOCIACIÓN
ENTISOL	Orthent	Xerorthent	Xerorthents
INCEPTISOL	Ochrept	Xerochrept	Xerochrept

Tabla 6. Suelos de la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia

Los Xerorthents son suelos escasamente evolucionados en los que solo se observa un horizonte de diagnóstico A ócrico y las características del suelo son muy similares a las del material geológico del que proceden. Se desarrollan sobre materiales detríticos recientes o sobre materiales cuyas características dificultan la evolución del suelo (margas).

Los Xerochrepts, son suelos profundos con abundancia de gravas, en los que se ha producido acumulación de carbonatos en forma de pseudomicelios, concreciones nodulares duras y encostramientos bajo las piedras. Su perfil es del tipo A, Bca, C.

Se intercalan franjas de ambos tipos de suelos en toda la superficie de la cuenca de San Miguel. A pesar que Xerochrepts ocupa una superficie mayor al ocupar toda la zona Norte de la cuenca.

2.2.6. Vegetación y cultivos

La importancia de la vegetación actual y potencial, con vistas a determinar el estado presente y la posible evolución fitosociológica de las comunidades vegetales tendrá su repercusión directa en el proceso de ordenación.

Comunidades Vegetales Potenciales

El estudio de la vegetación potencial define ámbitos ecológicos homogéneos sobre los cuales se desarrollan unos tipos de vegetación determinada (series), representadas en el momento actual por un estadio de la sucesión.

De acuerdo con el mapa de series, geoserias 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 Supramediterráneo, Mesomediterráneo y Termomediterráneo.

Según el *Mapa de Series de Vegetación de España* (RIVAS MARTÍNEZ, 1987), el bosque representa, en la mayor parte del territorio, la vegetación potencial u óptima. No obstante, la

degeneración del mismo ha sido tan intensa que las etapas de degradación correspondientes se han adueñado de prácticamente la totalidad de la zona.

En la cuenca de San Miguel, existen las siguientes series, enumeradas según su situación geográfica de Oeste a Este:

22a: Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basofila de Quercus rotundifolia o encina (Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP, encinares. Faciación típica. Esta serie ocupa una superficie muy pequeña al Noroeste de la cuenca en el bosque con la carrasca o encina castellana (*Quercus rotundifolia*) aparecen con frecuencia enebros y en esta serie, sobre todo, sabinas albares (*Juniperus oxycedrus*, *J. hemisphaerica*, *J. thurifera*). Más escasos son, por el contrario, en el sotobosque los arbustos espinosos caducifolios. El suelo no se descarbonata sino en situaciones de topografía favorable y, por ello, en las etapas subseriales prosperan diversos tipos de tomillares, salviares y formaciones de caméfitos pulviniformes (*Salvion lavandulifoliae*) en las que son comunes diversos endemismos de las parameras ibéricas (*Linum apressum*, *L. differens*, *Genista pumita*, *Sideritis pungens*, *Thymus godayanus*, *Satureja intricata subsp. gracilis*, etcétera).

22b: Serie mesomediterránea castellano-aragonense seca basófila de la encina o Quercus rotundifolia (Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum). La superficie que ocupa esta serie es muy pequeña y está situada al Noroeste de la cuenca a continuación de la anterior. El carrascal o encinar, que representa la etapa madura de la serie, lleva un cierto número de arbustos esclerófilos en el sotobosque (*Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus var. parvifolia*, *Rhamnus lycioides subsp. lycioides*, etcétera) que tras la total o parcial desaparición o destrucción de la encina aumentan su biomasa y restan como etapa de garriga en muchas de estaciones frías de estos territorios. 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 piñoneros (*Pinus pinea*) y sobre todo en pinos carrascos (*Pinus halepensis*).

22ba: Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de Quercus rotundifolia o encina (Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP, encinares. Se trata de la serie con mayor superficie dentro de la cuenca, ocupando toda su parte central. Esta serie es una faciación de la anterior, *termófila murciano-manchega-aragonesa con Pistacia lentiscus*. El resto de especies y características ya han sido descritas anteriormente.

22c: Serie termomediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basofila de Quercus rotundifolia o encina (Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP, encinares.

Faciación típica o termomediterránea. Esta serie ocupa una superficie elevada dentro de la cuenca San Miguel, y toda su zona de desembocadura. 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 *Quercococciferae-Pistacietum lentisci*, las garrigas con lentiscos y aladiernos de hoja amplia (*Rhamnus alaternus subsp. alaternus*, *Quercetum cocciferae pistacietosum lentisci*) del piso mesomediterráneo pertenezcan a esta serie.

Atendiendo a la fisonomía, la vegetación se clasifica dentro de una formación donde predominan las especies leñosas de carácter esclerófilo, capaces de soportar fuertes períodos de sequía, con hojas persistentes, y en muchos de los casos con hojas coriáceas y pinchudas.

Esta caracterización de comunidades vegetales potenciales resulta de gran trascendencia para la ordenación de la cuenca, otorgando cierto dinamismo a la misma conforme la estructura fitosociológica va evolucionando.

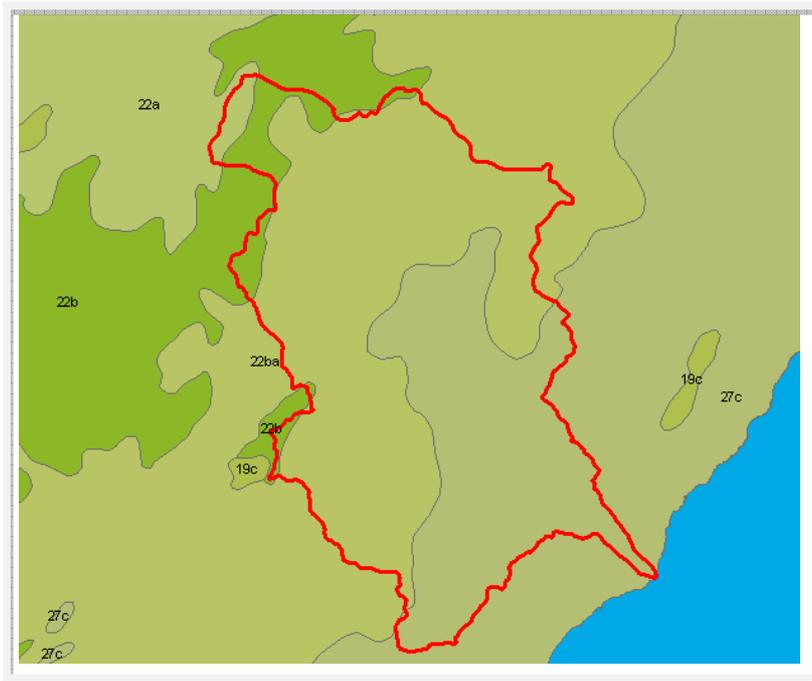


Figura 5. Comunidades vegetales potenciales en la cuenca San Miguel. (22a: Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* o encina, 22b: Serie mesomediterránea castellano-aragonesa seca basófila de la encina o *Quercus rotundifolia*, 22ba: Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* o encina, 27c: Serie termomediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basófila de *Quercus rotundifolia* o encina.) Fuente: elaboración propia

Comunidades Vegetales Actuales

El paisaje actual de la cuenca San Miguel lo configuran las comunidades secundarias o transitorias, subsiguientes a la alteración de los bosques potenciales y primitivos. Corresponden a etapas sucesionales de regresión.

El bosque representa en la mayor parte del territorio la vegetación potencial. La roturación del mismo con fines agrícolas, y el posterior abandono de muchos de estos cultivos, unido al efecto devastador del fuego (tan característico en los ecosistemas mediterráneos) han supuesto una fuerte degradación de la sucesión fitosociológica natural, siendo predominantes las etapas regresivas de las comunidades vegetales potenciales. En este sentido las formaciones de *Pinus halepensis* y matorral son las que adquieren una mayor presencia. El matorral, generalmente en un solo estrato de cobertura escasa, denominado "garriga", está representado por la coscoja (*Quercus coccifera*), y el sotobosque de las labiadas como romero (*Rosmarinus officinalis*), salvia (*Salvia sp.*), tomillares (*Thymus sp.*) y las gramíneas y leguminosas típicas, como las aliagas, lentisco (*Pistacea lentiscus*), etc. No obstante, existen todavía enclaves rezagados donde la degradación del mismo no ha sido tan intensa, pudiendo apreciarse las etapas seriales más evolucionadas y, en algunos casos, incluso las comunidades climáticas.

A continuación se describen las principales teselas vegetales:

- Arbolado forestal: Se corresponden con las etapas seriales más evolucionadas, siendo las especies arbóreas más significativas el pino carrasco (*Pinus halepensis*). Normalmente, el estrato arbóreo aparece acompañado de un estrato arbustivo o subarbustivo, constituido a base de matorral xerófilo mediterráneo (coscoja, lentisco, romero y aliaga principalmente).

- Matorral desarbolado: Esta comunidad se caracteriza por ser un estado regresivo más avanzado que en el caso anterior. Está constituido principalmente por estratos arbustivos, subarbustivos y herbáceos con especies típicas de ambientes xerófilos mesomediterráneos. Las especies más destacadas son: coscoja (*Quercus coccifera*), romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*), aliaga (*Ulex parviflorus*), brezo (*Erica multiflora*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), jaras (*Cistus spp.*), espinos (*Rhamnus spp.*), con presencia en las zonas más umbrófilas y descarboxatadas de madroño (*Arbutus unedo*)

- Zonas improductivas: Se caracterizan por ser zonas marginales e incapaces de desarrollar por sí mismas una vegetación natural acorde a sus posibilidades potenciales. Varias pueden ser las causas que conducen a una zona a esta situación, entre las que cabe destacar el sobrepastoreo, su función como cortafuegos, su estado edáfico o su situación geomorfológica. Son comunes en estas regiones las gramíneas y otras herbáceas anuales, colonizadoras e indicadoras de un estado máximo de degradación. La mayor parte de las veces se trata de pastos terofíticos, representados fundamentalmente por comunidades de *Lygeo-Stipetea*.

- Zonas especiales: Se corresponden con regiones donde, dada su naturaleza atípica se desarrollan comunidades puntuales y no representativas de las condiciones bioclimáticas del entorno. Pertenecen a este grupo las comunidades de ribera o las rupícolas. Su valor es importante desde el punto de vista del mantenimiento de biodiversidad, a la vez que consiguen una heterogeneidad visual que enriquece paisajísticamente el entorno. De entre las especies propias de estos hábitats, cabe destacar el fresno (*Fraxinus angustifolia*), el chopo (*Populus alba*), el sauce (*Salix alba*) o la adelfa (*Nerium oleander*).

En cuanto a la agricultura en la cuenca; los cultivos de cítricos se sitúan más cerca de la desembocadura, siendo la mayoría de regadío. El resto de cultivos leñosos son de secano, constituyendo un área importante de la cuenca, estos cultivos son almendros, olivos y algarrobos. Los viñedos, como se observa en la tabla inferior no ocupan una superficie elevada.

Los cultivos herbáceos, están formados, en gran parte, por cultivos hortícolas de regadío. Tienen su mayor desarrollo en las parcelas cercanas a la desembocadura y la zona central de la cuenca, donde también se observan campos de secano de cereales.

La distribución por usos en la cuenca San Miguel, reclasificando lo consultado en el SIOSE es la siguiente:

Superficie (km ²)	Porcentaje (%)	Cobertura
20,00	3,98	Bosque
167,50	33,37	Matorral
137,75	27,45	Pastizal
14,25	2,84	Cultivos herbáceos
88,85	17,71	Cultivos leñosos
48,35	9,63	Olivar
0,10	0,02	Viñedo de secano
0,02	0,01	Viñedo de regadío
25,00	4,98	Improductivo

Tabla 7. Distribución de usos del suelo de la cuenca San Miguel

2.2.7. Características socioeconómicas

Datos geográficos

La cuenca de San Miguel alberga de forma parcial tres comarcas: L'Alt Maestrat, El Baix Maestrat y La Plana Alta. Ésta última es la que mayor superficie representa. Los municipios más relevantes dentro de la cuenca se presentan a continuación:

Municipio	Comarca	Superficie (ha)	Superficie dentro de la cuenca San Miguel (ha)	Altitud (m)	Distancia a la capital de provincia (Km.)
Catí	L'Alt Maestrat	10240	3252	661	81
Sant Mateu	El Baix Maestrat	6460	691	325	65
Tirig	L'Alt Maestrat	4224	4224	464	61
Salzadella	El Baix Maestrat	4990	4977	339	60
Albocásser	L'Alt Maestrat	8230	6620	538	55
Coves de Vinromà	La Plana Alta	13676	13676	202	46
Alcalá de Xivert	El Baix Maestrat	16760	5815	155	50
Sarratella	La Plana Alta	1880	1723	781	52
Sierra Engarcerán	La Plana Alta	8200	889	748	43
Vilanova d'Alcolea	La Plana Alta	6840	6429	344	36
Torre Endomenech	La Plana Alta	334	334	306	40
Benlloch	La Plana Alta	4350	1133	315	32
Torreblanca	La Plana Alta	2980	112	31	36
Cabanes	La Plana Alta	13160	301	290	26

Tabla 8. Municipios situados en la cuenca San Miguel. Fuente: IVE (2012)

Demografía y análisis de la población

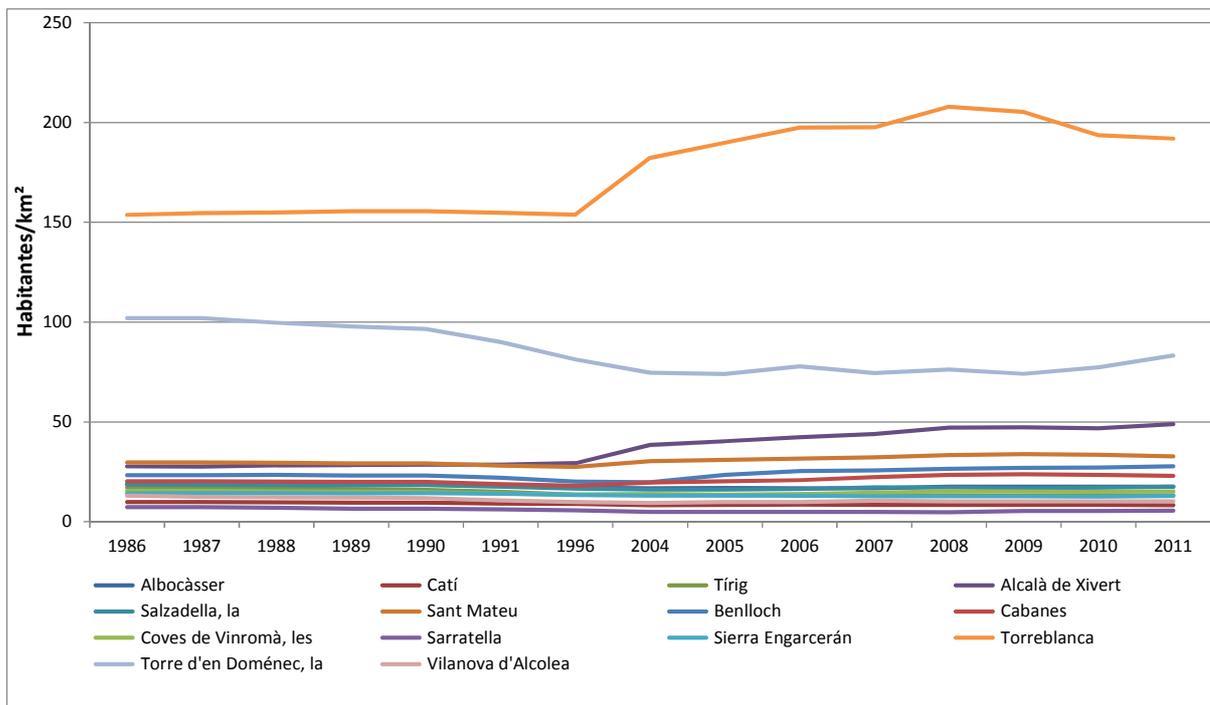


Figura 6. Evolución de la población por municipios. Fuente: IVE (2012)

La densidad de población de los municipios que están más cercanos a la costa y a la desembocadura (Torreblanca 131 hab/Km² y Alcalá de Xivert 49 hab/Km²) es mayor que la de los municipios situados en el interior (Catí 8 hab/Km²). Se observa también, que Torre d'en Domènec tiene una elevada densidad de población, ello es debido a que su término municipal consta de menos superficie que el resto de municipios.

Observando la evolución de la población en los municipios de la cuenca San Miguel desde 1986; se observa que en la mayoría de ellos ha descendido ligeramente o se ha mantenido la densidad de población. Alcalá de Xivert y Torreblanca (los situados en la desembocadura) son los únicos municipios donde la densidad de población ha aumentado.

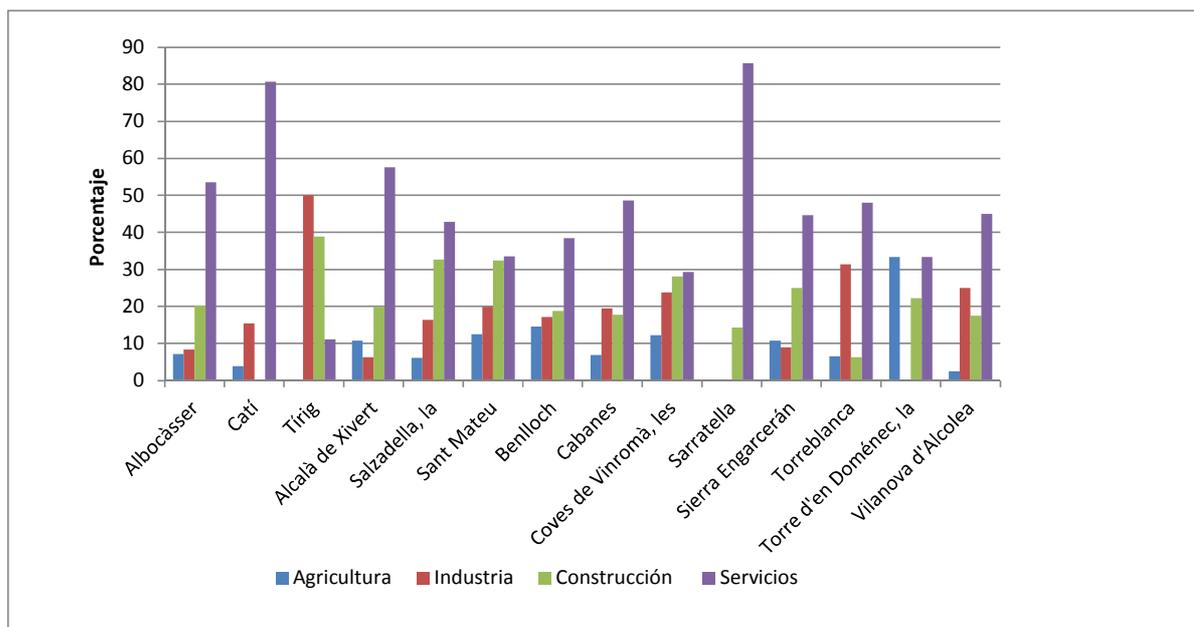


Figura 7. Trabajadores por sector de actividad, expresados en porcentaje. Fuente: IVE (2012)

El mercado laboral de los principales municipios de la cuenca se basa fundamentalmente en el sector servicios, aunque también existen ciertos municipios donde la construcción y la industria tienen altos porcentajes.

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

2.3. HIDROLOGÍA FORESTAL

2.3.1. Reseña hidrográfica

El Río San Miguel nace en el Pico de la Nevera, a 1286 m.s.n.m., en el término municipal de Catí. El área comprende unos 502 km². Su cauce es de 82,9 km y su pendiente media de 21,8%.

A diferencia de otros ríos típicamente mediterráneos presenta un ligero caudal en estío, procedente del drenaje de la Sierra de Valdancha a la altura de las Cuevas de Vinromá, éste se infiltra en las formaciones miocenas del borde de la Plana de Oropesa-Torreblanca, por lo que solo en grandes avenidas desagua al mar.

El río propiamente dicho comienza a llevar corriente cuando desaguan en él diversos barrancos de la zona, alimentados también por varias fuentes de la zona; entre ellos el Barranc de bunyol, la rambla morellana, Barranc d'en Cabrera, Barranc del mort de set, Barranc de Benet, la fuente del jarro, fuente del lavadero etc. Por lo que existen zonas donde no hay presencia de agua a lo largo de todo el

año, son caudales intermitentes. En la zona Norte de la cuenca los cauces poseen abundante vegetación.



Figura 8. Barranco de la Valltorta

Su cauce transcurre sobre arcillas triásicas o sobre aluviones del mismo río. Los acarreo que transportan son de pequeño tamaño y no muy numerosos, en su cauce medio, estando bastante colonizado por la vegetación espontánea.

En la zona de aluviones las aguas desaparecen para reaparecer cuando el cauce se hace impermeable. Los cuatro últimos kilómetros del río transcurren sobre los materiales detríticos. En este último tramo, el río lleva agua tan sólo en la época lluviosa. Desemboca en el término municipal de Alcalá de Xivert.



Figura 9. Balsa en Albocasser

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.

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 = 129,71 Km.

A = Superficie de la cuenca = 501,98 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 de San Miguel es de 129,71 Km. y su superficie de 501,98 Km² el coeficiente de Gravelius obtenido es de **$C_g = 1,62$** . De acuerdo con este valor, la forma de la cuenca de San Miguel 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.

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 (STRAHLER A.N., 1952), 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.

Cota	Km ²	Superficie relativa	%Acumulado	%Relativo
0	502	0	100	0
100	494,64	7,36	98,5338645	1,46613546
200	452,58	42,06	90,1553785	8,37848606
300	349,8	102,78	69,6812749	20,4741036
400	243,06	106,74	48,4183267	21,2629482
500	165,07	77,99	32,8824701	15,5358566
600	98,5	66,57	19,6215139	13,2609562
700	55,25	43,25	11,0059761	8,61553785
800	22,23	33,02	4,42828685	6,57768924
900	8,73	13,5	1,73904382	2,68924303
1000	3,94	4,79	0,78486056	0,95418327
1100	1,11	2,83	0,22111554	0,56374502
1200	0,17	0,94	0,03386454	0,187251
1281	0	0,17	0	0,03386454

Tabla 9. Superficies por encima de cada cota, superficie relativa, superficie acumulada en % y superficie relativa en % en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la siguiente figura se representa la curva hipsométrica obtenida para la cuenca San Miguel:

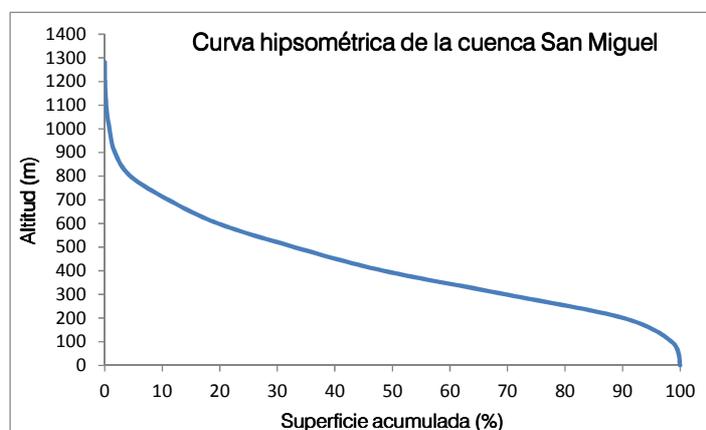


Figura 10. Curva hipsométrica de la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia

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 km³, 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 km²

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 (km³)

a_i = Superficie relativa comprendida entre cada intervalo de cotas (km²)

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

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

Intervalo de cotas	Superficie relativa ai (km ²)	Cota media ci (km)	ai x ci (km ³)
1200-1281	0,17	1,2405	0,210885
1100-1200	0,94	1,15	1,081
1000-1100	2,83	1,05	2,9715
900-1000	4,79	0,95	4,5505
800-900	13,5	0,85	11,475
700-800	33,02	0,75	24,765
600-700	43,25	0,65	28,1125
500-600	66,57	0,55	36,6135
400-500	77,99	0,45	35,0955
300-400	106,74	0,35	37,359
200-300	102,78	0,25	25,695
100-200	42,06	0,15	6,309
0-100	7,36	0,05	0,368

Tabla 10. Superficie relativa entre cotas, cotas medias para cada intervalo y valor del producto resultante.

Fuente: elaboración propia.

El volumen de la cuenca, expresado en km³, viene dado por el sumatorio del producto a_i x c_i de cada intervalo, y es igual a 214,61 km³. Conociendo el área, que son 502 km², la altura media h de la cuenca de San Miguel, será igual a:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{214,61}{502} = 0,43 \text{ km}$$

Por tanto la altura media **h** es 430 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 San Miguel es de 1 m sobre el nivel del mar, y que la altura media h es 430 m, la altitud media H es 429 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 (km²)

Teniendo en cuenta que la equidistancia entre curvas de nivel es de 10 m y el sumatorio de todas sus longitudes es 10946,04 km, la pendiente media J obtenida para la cuenca San Miguel es:

$$J = 100 \times \frac{0,01 \times 10946,04}{502} = 21,80\%$$

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:

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

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 km²

Sabiendo que la suma de las longitudes de todos los cauces que integran la cuenca es de 982,04 km, y la superficie de la cuenca es 502 km², la densidad de drenaje será igual a:

$$D = \frac{\sum l_i}{A} = \frac{982.04}{502} = 1.96 \text{ km}^{-1}$$

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_{máx} = Cota máxima del cauce, en metros

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

L = Longitud del cauce principal, en metros

Sabiendo que H_{máx} = 1286 m, H_{mín} = 1,13 m, y L = 82865,11 m, la pendiente media del cauce principal de la cuenca San Miguel es j = 1,55 %.

2.3.3. Erosión en la zona de estudio

De acuerdo con la cartografía temática de erosión actual proporcionada por el C.O.P.U.T., en el 35% de la superficie de la cuenca de San Miguel se cuantifica una erosión moderada, con pérdidas de suelo entre 15 y 40 toneladas/ha/año, también se aprecia un 25% con una erosión alta, de entre 40 y 100 toneladas/ha/año y un 25% con erosión muy baja (menos de 7 toneladas/ha/año). El 15% restante se reparte en 3% en zonas no cuantificables, 7% en erosión baja (7 a 15 toneladas/ha/año) y 5% en erosión muy alta (más de 100 toneladas/ha/año). Observando el mapa de erosión y comparándolo con el de pendientes se observa que la erosión mayor corresponde con las máximas pendientes y con las zonas de capacidad del suelo bajas.

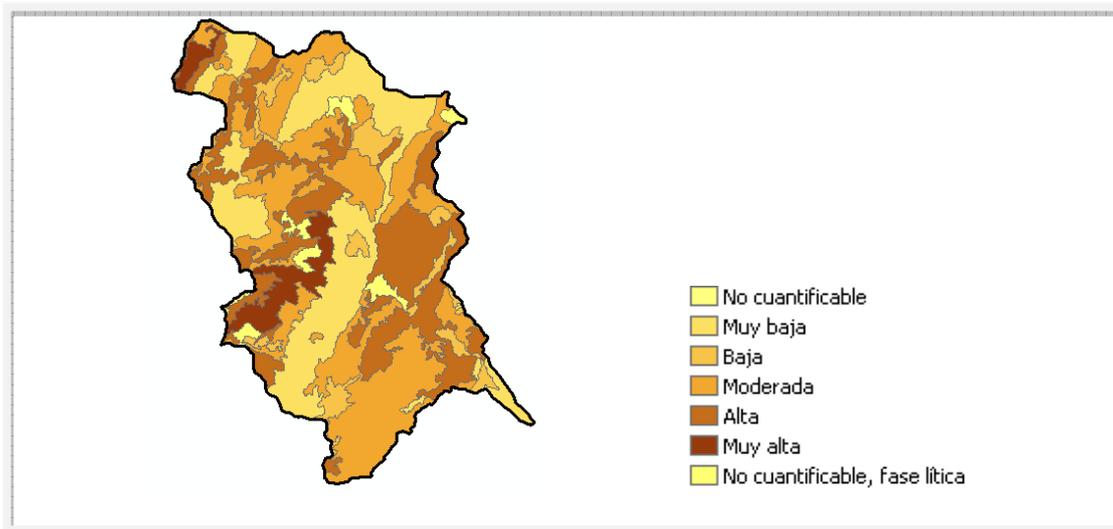


Figura 11. Erosión actual en la cuenca San Miguel.

Por otra parte, basándose en la cartografía de erosión potencial de la misma fuente, concluye que en la mayor parte de la superficie de la cuenca, un 61% se clasifica en estado erosivo muy alto (más de 100 toneladas/ha/año), un 10% se clasifica como alta, un 5% moderada, un 20% baja y sólo un 1% muy baja. Así pues, se puede observar el aumento de la erosión, y el incremento de la superficie considerada como muy alta.

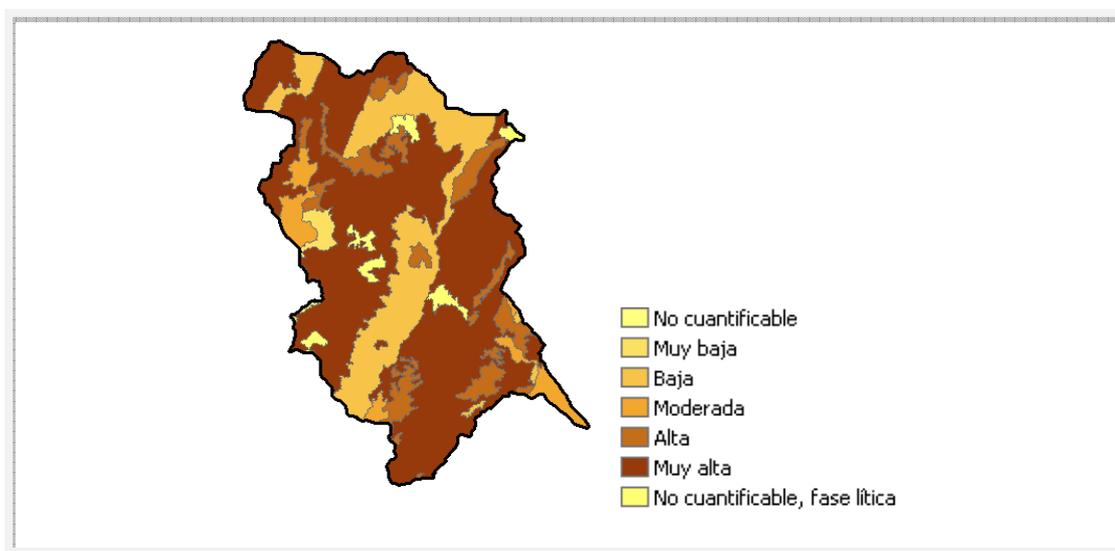


Figura 12. Erosión potencial en la cuenca San Miguel

2.4. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.

Para determinar los efectos y aspectos de la degradación del suelo se obtienen una serie de factores, definidos a continuación por el modelo RUSLE (USLE revisada). Dicho modelo se basa en la USLE, **Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo**, y parten de los siguientes parámetros: agresividad climática (factor R), erosionabilidad (factor K), relieve (factor LS), prácticas de conservación de suelos (P) y la cubierta vegetal (C).

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

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 $\text{h} \cdot \text{cm} / \text{m}^2 \cdot \text{hora}$

K = Factor erosionabilidad del suelo, expresado en $\text{t} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h} / \text{ha} \cdot \text{Hj} \cdot \text{cm}$

L = Factor longitud de la ladera, expresado en metros

S = Factor pendiente de la ladera, expresado en %

C = Factor cultivo, adimensional

P = Factor de prácticas de conservación del suelo, adimensional

Se describe por tanto, la situación actual en la cuenca San Miguel con los diferentes factores físicos del territorio que determinan e influyen en los procesos erosivos.

2.4.1. Cálculo de los factores USLE

Factor agresividad climática, R

Representa la potencia del aguacero para erosionar superficialmente el suelo, por ello, es un índice de torrencialidad, y se define como el producto de la energía cinética de un aguacero por su máxima intensidad en 30 minutos.

Dada, la complejidad que conlleva el cálculo de este factor, se hacen simplificaciones como las que usan el ICONA y otras investigadas más recientes y para el tipo de clima específico (ROLDÁN,

2006,2009). En estas últimas investigaciones, se han desarrollado nuevas ecuaciones, en relación al tipo de clima. Así pues, se generó una para el clima Mediterráneo y que sólo necesita el valor de la precipitación anual para el cálculo de R, obtenido este valor con el Atlas climático de la Comunidad Valenciana 1951-2008 (2012), donde:

$$R_{\text{anual}} = 0.007 * P_{\text{anual}}^{1.577}$$

Los valores de R obtenidos para la cuenca de San Miguel en la mayoría de la superficie varían entre 150 y 200 $\text{h} \cdot \text{cm} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$, excepto en la zona situada al Sur, más cerca de la desembocadura donde los valores varían entre 100 y 150 $\text{h} \cdot \text{cm} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$.

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 francolimosos, varía de 0,60 a 1,12 t/ha.

Se trata de un factor adimensional, complejo de obtener con mucha precisión, ya que se deberían realizar muchos perfiles del suelo para obtener correcto. Por lo que se recurre a investigaciones que relacionen el valor de K con otras variables como la litología (GARCÍA FAYOS et al., 1989), que es con la que más se le asocia, ya que expresa el grado de disociación de los suelos, y con esto, su disposición a ser erosionado. Por ello, se recurre a información litológica, que es sencilla de conseguir. (ZARAGOZÍ et al, 2007).

Factor K	Descripción litología
0.2	"SC 1 Conglomerados"
0.2	"SC 1-2 Conglomerados y areniscas"
0.2	"SC 1-2-4 Conglomerados, areniscas y arcillas"
0.2	"SC 1-4 Conglomerados y arcillas"
0.2	"SC 1-10 Conglomerados y margas"
0.3	"SC 2 Areniscas"
0.3	"SC 2-4 Areniscas y arcillas"
0.3	"SC 2-10 Areniscas y margas"

0.4	"SC 4 Arcillas"
0.4	"SC 4-2 Arcillas y areniscas"
0.4	"SC 4-10 Arcillas y margas"
0.3	"SC 5 Calcáreas"
0.3	"SC 5-2 Calcáreas y areniscas"
0.3	"SC 5-6 Calcáreas y calcarenitas"
0.3	"SC 5-7 Calcáreas y calcáreas margosas"
0.3	"SC 5-9 Calcáreas y dolomías"
0.3	"SC 5-10 Calcáreas y margas"
0.3	"SC 6 Calcarenitas"
0.3	"SC 6-10 Calcarenitas y margas"
0.3	"SC 7 Calcáreas margosas"
0.3	"SC 7-10 Calcáreas margosas y margas"
0.3	"SC 8 Calcáreas tovacias"
0.3	"SC 9 Dolomías"
0.3	"SC 9-5 Dolomías y calcáreas"
0.3	"SC 9-10 Dolomías y margas"
0.5	"SC 10 Margas"
0.5	"SC 10-2 Margas y areniscas"
0.6	"SC 12 Arcillas, margas y yesos"
0.2	"SI 2 Cantos y gravas"
0.2	"SI 2-3 Cantos, gravas y arenas"
0.2	"SI 2-3-4 Cantos, gravas, arenas y limos"
0.2	"SI 2-3-5 Cantos, gravas, arenas y arcillas"
0.2	"SI 2-4 cantos, gravas y limos"
0.2	"SI 2-5 Cantos, gravas y arcillas"
0.2	"SI 3 Arenas"
0.2	"SI 3-2 Arenas, gravas y cantos"
0.2	"SI 3-4 Arenas y limos"
0.2	"SI 3-5 Arenas y arcillas"
0.5	"SI 4 Limos"
0.5	"SI 4-2 Limos, gravas y cantos"
0.5	"SI 4-3 Limos y arenas"
0.5	"SI 4-5 Limos y arcillas"
0.4	"SI 5 Arcillas"
0.4	"M-1 Pizarras y cuarzitas"
0.4	"M-2 Rocas carbonatadas y filitas"
0.4	"M-3 Metabasitas"
0.2	"V-1 Basaltos"
0.2	"V-2 Ofitas"
0.2	"V-3 Brechas y tovas volcánicas"

Tabla 11. Relación del factor K con la litología. Fuente: Gisbert J.M. e Ibáñez S.

Basándose en los valores de K y en el mapa de litología de la cuenca San Miguel, se obtiene los valores de este factor para cada grupo litológico presente en la misma.

Factor topográfico, 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 obtener los valores de LS es necesario utilizar modelos digitales del terreno (MDT), ya que su medida se complica cuando el relieve es más complejo.

Para obtener este factor topográfico en la cuenca San Miguel, se han considerado los valores proporcionados en la siguiente tabla, donde se indica, para cada pendiente, su longitud de declive λ y el valor final del 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						

Tabla 12. Factor topográfico LS. Fuente: Mintegui et al (1993)

De acuerdo con los intervalos de pendientes considerados para la cuenca San Miguel, los factores LS se muestran a continuación:

Código	Valor LS	Superficie de la cuenca (km ²)
1	<10	322,76
2	10-20	116,52
3	20-30	37,45
4	30-100	24,01
5	>100	1,20

Tabla 13: Valores de LS en la cuenca San Miguel

En la siguiente figura se muestra el plano de pendientes de la cuenca, las zonas más oscuras corresponden con las zonas de mayor pendiente.

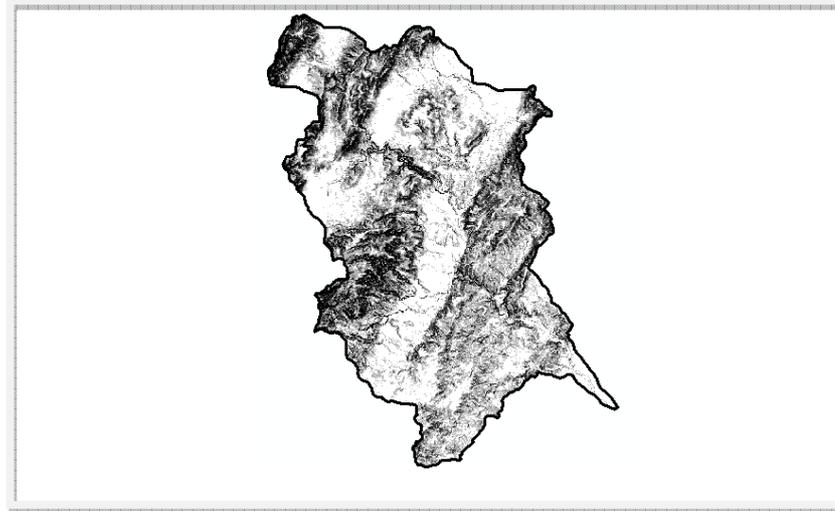


Figura 13. Pendientes de la cuenca San Miguel.

Factor de prácticas de conservación de suelos, P

Cuando un terreno se cultiva las pérdidas de suelo se reducen ya que el cultivo protege frente a la erosión. Como prácticas de conservación de suelo se incluyen el cultivo a nivel, el cultivo en fajas y las terrazas.

Este factor puede definirse como la relación existente entre el valor medio de las pérdidas de suelo producidas en un campo donde se realizan las prácticas de conservación de suelo referidas anteriormente, y las que se originan en el mismo campo si se hicieran las labores en la dirección de máxima pendiente, a igualdad de los restantes factores de lluvia, suelo, topografía y vegetación en ambas situaciones. (GARCÍA NÁJERA, 1954).

Atendiendo al valor de pendiente y el tipo de práctica el Soil Conservation Service obtiene experimentalmente valores para el factor P. Dado que la máxima pendiente considerada es del 25%, se considera que a partir de esa pendiente el factor P adquiere valores máximos de 1, siendo menos efectivo el terreno frente a la erosión.

Para identificar el tipo de prácticas de conservación de suelos se ha partido de la información del SIOSE y del mapa de pendientes, asignando los valores de P según la pendiente y tipo de prácticas.

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

Tabla 14. Asignación de los valores del factor P en función del grado de la pendiente y el tipo de prácticas de conservación de suelos. Fuente: Wilschmeier y Smith (1978)

Factor cubierta vegetal, C

Se define como la relación entre el valor medio de las pérdidas de suelo en un campo cultivado o con vegetación y las que se pierden en una parcela sometida a barbecho continuo, en idénticas condiciones de topografía, lluvia y suelo para ambas situaciones.

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 variar 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. En la siguiente tabla se muestran los valores otorgados al factor C según el tipo de cobertura; para otorgar estos valores se ha consultado la bibliografía de MINTEGUI Y LÓPEZ, 1990 y MOREIRA, 1991.

Factor C	Cobertura
0,02	Bosque
0,02	Matorral
0,25	Pastizal
0,25	Cultivos herbáceos
0,25	Cultivos leñosos
0,35	Olivar
0,25	Viñedo de secano
0,25	Viñedo de regadío
0	Improductivo

Tabla 15. Valores asignados del Factor C según la cobertura de ocupación del suelo. Fuente: elaboración propia

2.4.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión

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/m³, 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 12) para evaluar el grado de erosión de los suelos, según las pérdidas de suelo.

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

Tabla 16. Clasificación para la evaluación de la degradación de los suelos. 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 SIOSE: definidor de C y P

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

- 1) $0 < A < 10$ tn/ha año
- 2) $10 < A < 50$ tn/ha año
- 3) $50 < A < 200$ tn/ha año
- 4) $A > 200$ tn/ha año

Para observar las pérdidas de erosión en la cuenca San Miguel, se ha empleado la clasificación que se ha explicado anteriormente, en la siguiente tabla se muestra la superficie que ocupa cada nivel de erosión.

Nivel de erosión (t/ha año)	Superficie (km ²)
0 (improductivo)	6,52
1 (ligera)	106,74
2 (moderada)	225,42
3 (alta)	148,88
4 (muy alta)	14,39

Tabla 17. Distribución superficial de erosión en la cuenca San Miguel

A continuación se observa en la siguiente imagen las pérdidas de suelo para toda la cuenca objeto de estudio, las mayores pérdidas ocurren en las zonas de elevada pendiente:

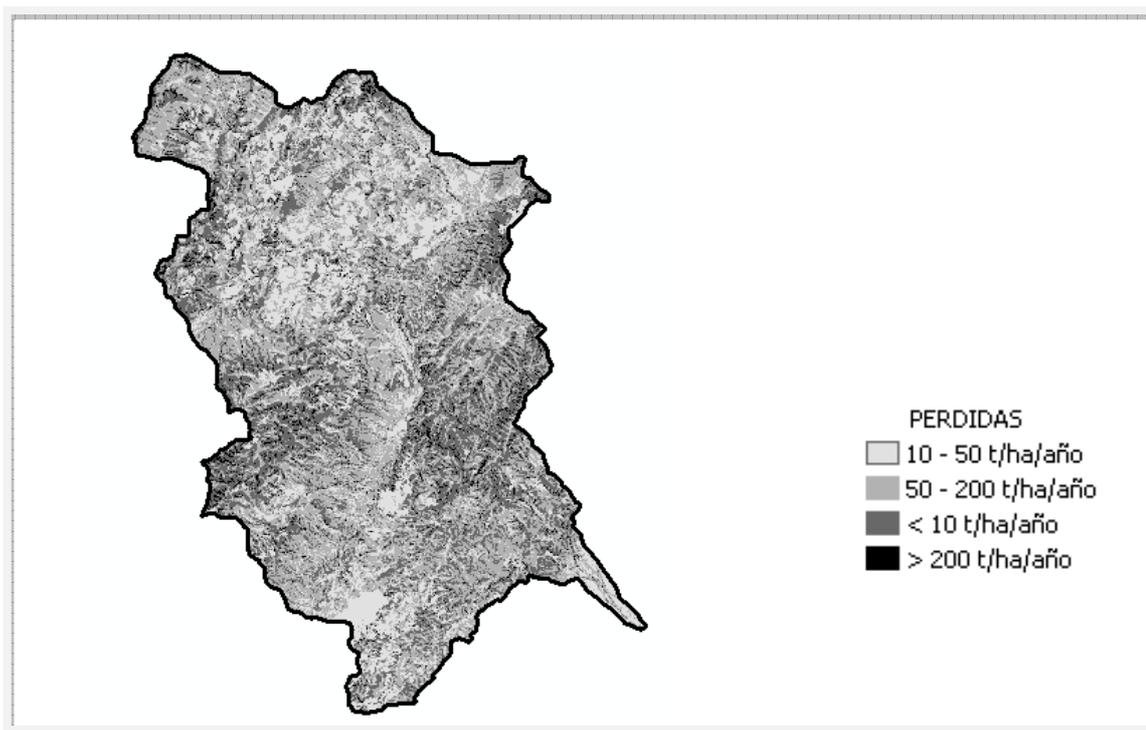


Figura 14. Pérdidas de suelo de la cuenca San Miguel.

Además se ha calculado las pérdidas de suelo por cada estrato de vegetación de la cuenca, cuyos resultados se muestran a continuación.

Cobertura	Pérdidas de suelo	
	Total (tn/año)	Media (tn/ha/año)
Bosque	41540	20,77
Matorral	523437,5	31,25
Pastizal	994279,5	72,18
Cultivos herbáceos	52625,25	36,93
Cultivos leñosos	409953,9	46,14
Olivar	252677,1	52,26
Viñedo de secoano	453,5	45,35
Viñedo de regadío	14,7	7,35

Tabla 18. Pérdidas de suelo por estrato de vegetación en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla anterior que la mayoría de zonas tienen una erosión moderada, mientras que en el Olivar y pastizal la media es de erosión alta.

Los estratos de vegetación con menores pérdidas de suelo son los viñedos de secoano, por estar situados en terreno llanos y el bosque por su mayor cobertura (factor C)

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 15. 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 At, 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.

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

Tabla 19. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE. Fuente: Mintegui Aguirre et al (1993)

Según la tabla anterior no se especifica suficientemente los estratos de vegetación existentes, por lo que el estudio de los usos futuros de la cuenca San Miguel se ha establecido en base al mapa de usos del suelo (SIOSE) 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:

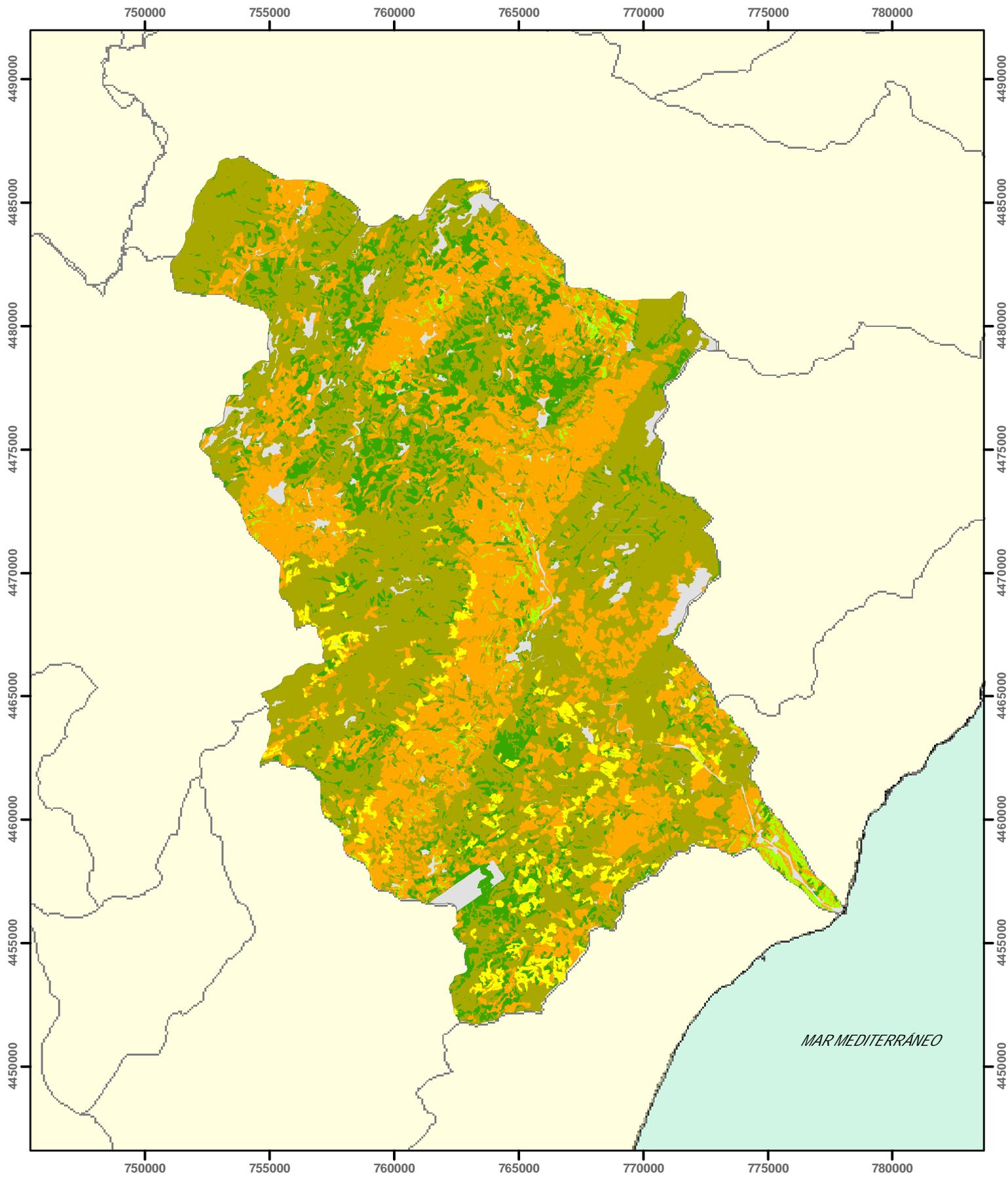
- a) Mantener el uso agrícola
- b) Mantener el uso forestal
- c) Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas
- d) Repoblación en terreno forestal
- e) Cambio de uso en suelos agrícolas, transformándolo a uso forestal

Las superficies de actuación de las propuestas anteriores se indican en la Tabla siguiente:

Uso futuro	Superficie (km ²)
0 (improductivo)	6,52
Mantener uso agrícola	20,27
Mantener uso forestal	82,10
Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	120,62
Repoblación en terreno forestal	242,85
Cambio de uso agrícola a uso forestal	10,59

Tabla 20. Usos futuros de actuación según modelo USLE en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia

ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|---|---|--------------|
|  | Mantener uso forestal |  | Prácticas de conservación en suelo agrícola |  | Improductivo |
|  | Mantener uso agrícola |  | Repoblación en terreno forestal | | |
|  | Mantener uso agrícola |  | Cambio de uso (agrícola a forestal) | | |

ESCALA 1:200.000

ORDENACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO SEGÚN MODELO USLE

indicar on ingeniería
histórica y medio ambiente
mihma



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 (1993) establece unos criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca vertiente que se indican en la tabla

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.
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 Ocasional mente 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	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	Agrícola Ocasionalment 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

Tabla 21. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora. Fuente: Mintegui, 1993

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, la cual fue revisada y estudiada más profundamente en 1994 y 2008 se han superpuesto los siguientes mapas temáticos:

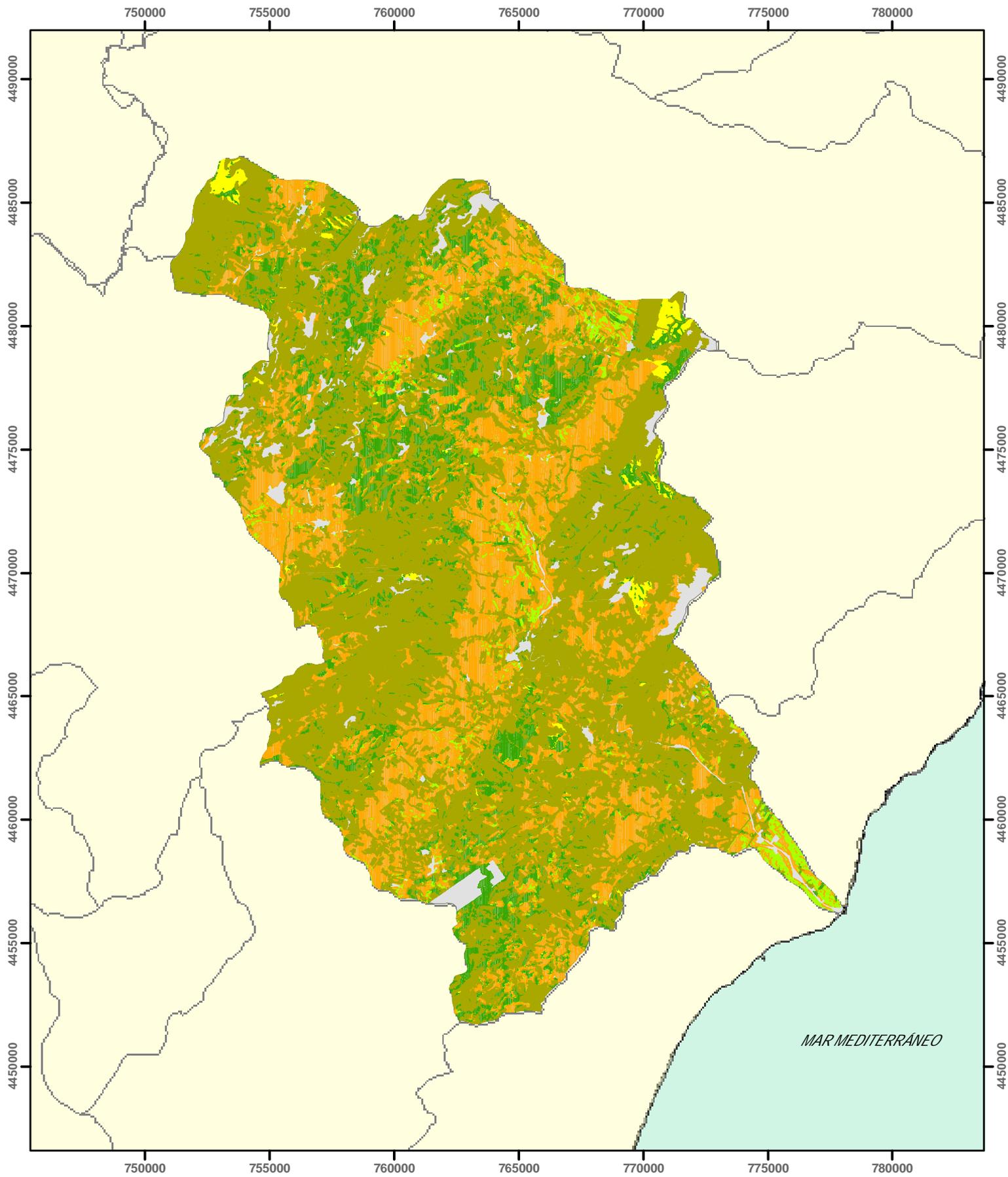
- Mapa de pendientes
- Mapa de pérdidas de suelo según el modelo USLE
- Mapa de usos de suelo
- Mapa de erosionabilidad

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.

Uso futuro según criterios Mintegui	Superficie (km²)
0 (improductivo)	6,52
Completar espesura con pinares y quercineas	8,4
Repoblación forestal	228,46
Conservar cubierta actual	80,65
Conservar cultivos actuales	20,23
Prácticas de conservación	130,16

Tabla 22. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca San Miguel.

ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|---|---|---|
|  | Conservar cubierta actual |  | Prácticas de conservación en suelo agrícola |  | Improductivo |
|  | Conservar cultivos actuales |  | Repoblación en terreno forestal |  | Completar espesura con pinares y quercíneas |

ESCALA 1:200.000

ORDENACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO SEGÚN MODELO MINTEGUI

indicar on ingeniería
biológica y medio ambiente
mihma



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

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

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

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

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 San Miguel 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.

Objetivos	Actividades
a) De carácter hidrológico-forestal	
Proteger el suelo	1.Repoblación forestal protectora
Evitar y/o controlar erosión en cauces	2.Completar espesura en masas con deficiencia de espesura
	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

Tabla 23. Objetivos y actividades para la ordenación de la cuenca San Miguel según criterios de sostenibilidad. 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 realizado mediante la reclasificación de los usos actuales del SIOSE, disponible en la WEB.

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

Excluyente: $-\infty$

Negativo: -1

Indiferente: 0

Positivo: 1

Muy positivo: 2

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 siguiente se presenta la matriz de capacidad de acogida de las actividades.

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-12,5%	0	0	0	0	2	0	2
	12,5-25%	2	0	1	0	2	0	-∞
	25-35%	2	0	1	0	-1	0	-∞
	35-50%	2	0	2	0	-∞	0	-∞
	>50%	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	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	Bosque	2	2	-∞	-∞	2	1	-∞
	Matorral	2	-∞	-∞	-∞	1	0	-∞
	Pastizal	2	-∞	-∞	-∞	1	0	2
	Cultivos herbáceos	-∞	-∞	-∞	-∞	1	0	2
	Cultivos leñosos	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Olivar	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Viñedo de secano	2	1	-∞	-∞	2	1	2
Viñedo de regadío	2	1	-∞	-∞	2	1	2	
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 Protegida	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	-∞
	Defectuosa 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	Ralo <40%	2	2	0	0	2	0	0

Tabla 24. Matriz de capacidad de acogida de actividades según criterios de sostenibilidad. 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 -∞ 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%.

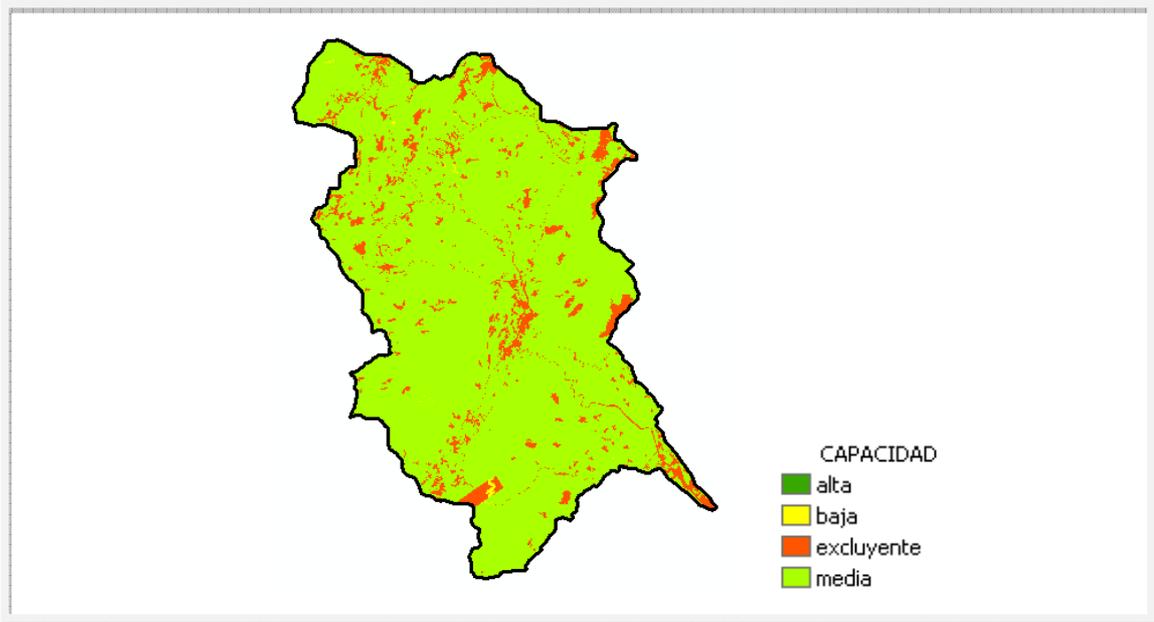


Figura 15. Capacidad para actividad 1: Repoblación forestal protectora

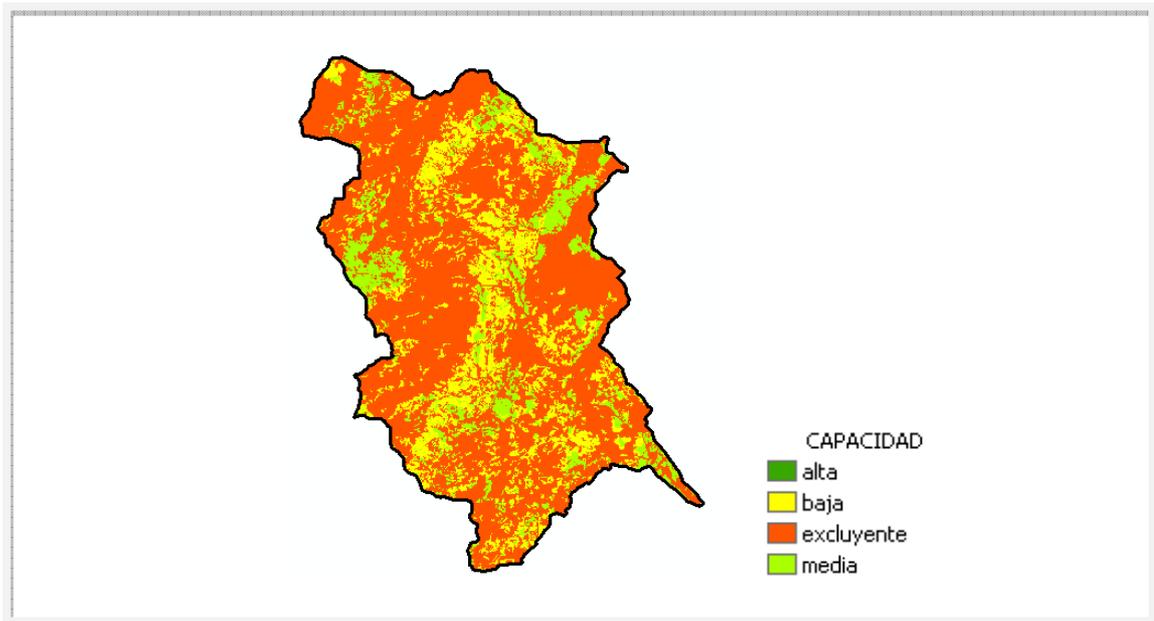


Figura 16. Capacidad para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia

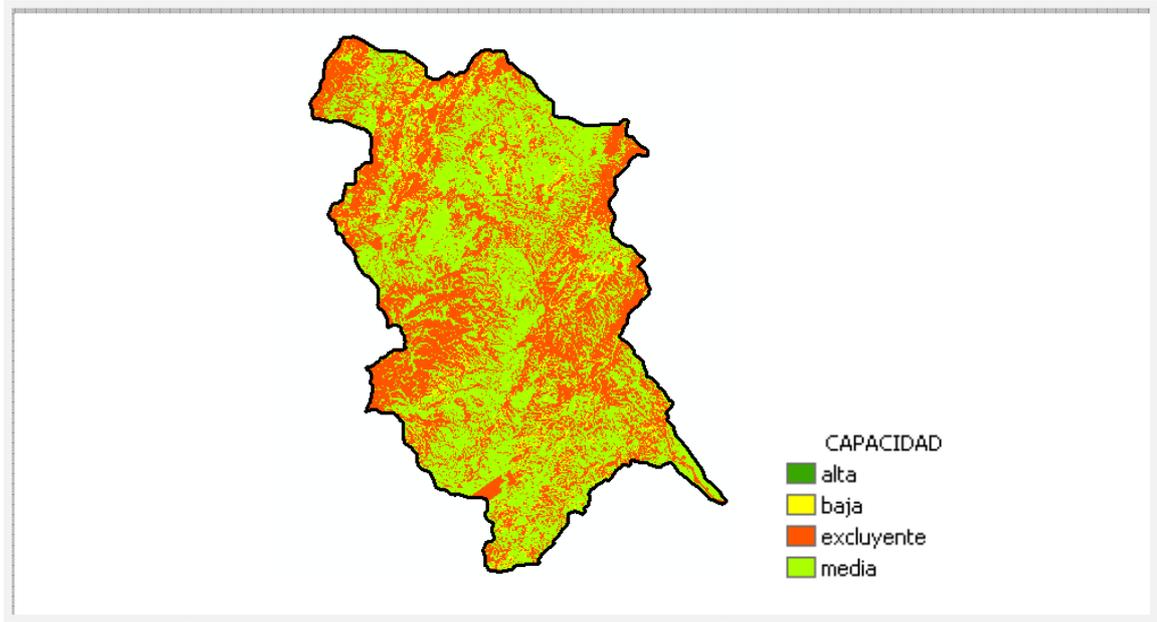


Figura 17. Capacidad para actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad

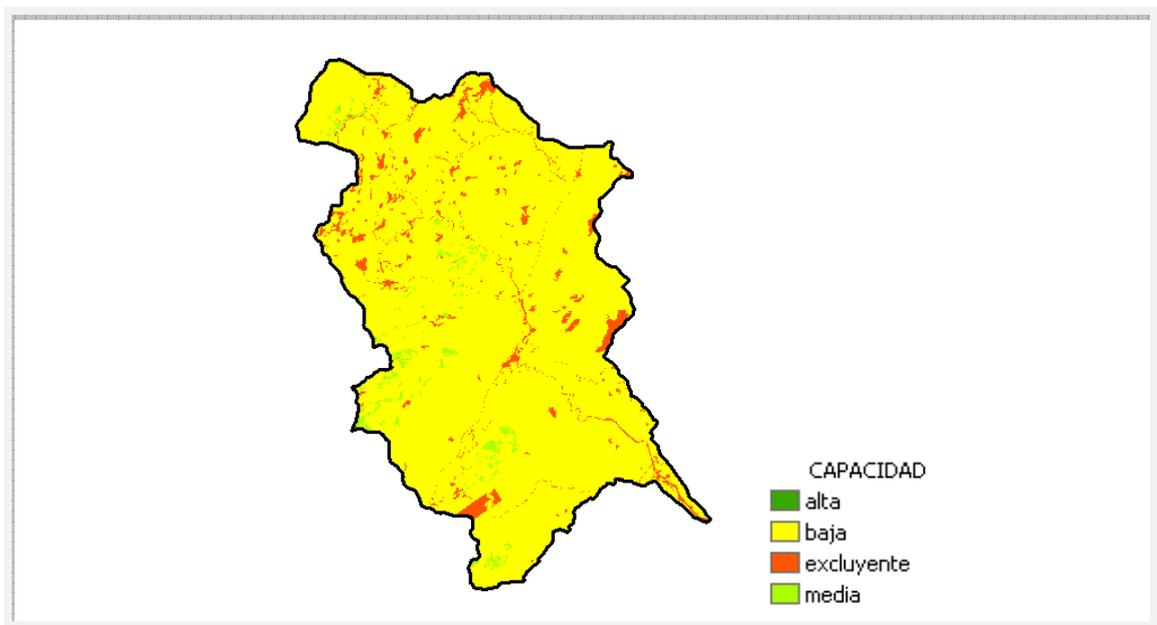


Figura 18. Capacidad para actividad 6: Conservación de áreas de interés

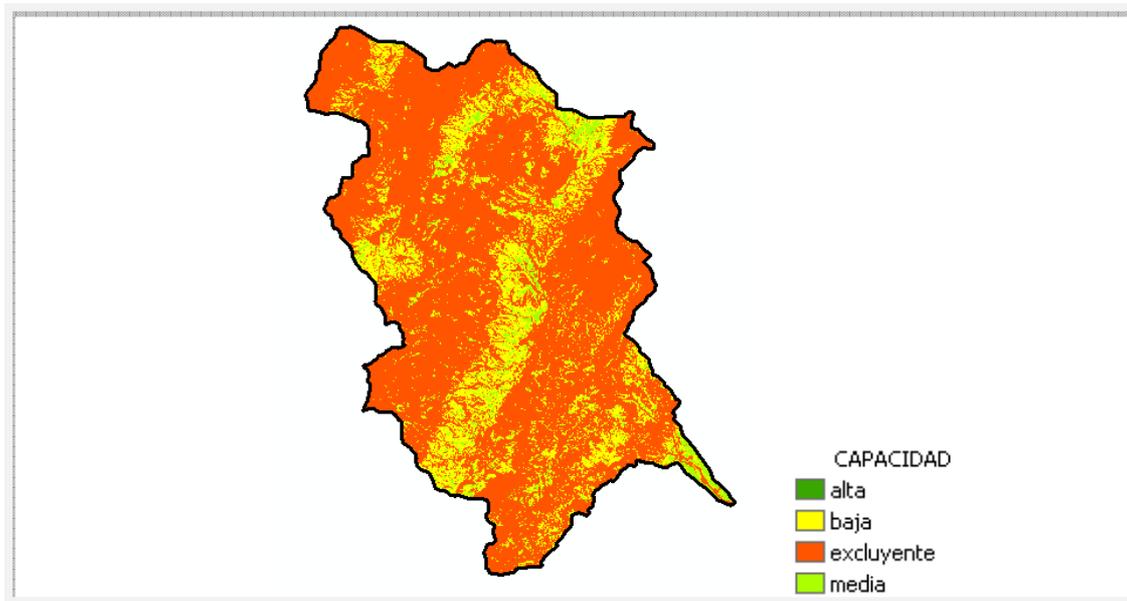


Figura 19. Capacidad para actividad 7: Conservación del uso agrícola

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_{ij} (valor del grado de conveniencia asignado al tipo "h" del elemento "j" ante la actividad "i")

2 Actividad muy conveniente

1 Actividad conveniente

0 Actividad indiferente

-1 Actividad poco conveniente

-2 Actividad muy poco conveniente

$-\infty$ Actividad no conveniente

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

La relación entre los elementos del medio y actividades 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 $m \times n$ donde $m = 7$ actividades y $n = 8$ elementos:

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-12,5%	0	0	0	1	2	0	2
	12,5-25%	1	1	1	1	1	0	
	25-35%	2	1	1	2	1	0	
	35-50%	2	2	2	2		0	
	>50%	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							
	Bosque	0	1		0	0	0	
	Matorral	2			0	1	0	
	Pastizal	2			0	1	0	2
	Cultivos herbáceos	0			0	1	0	2
	Cultivos leñosos	2	1		0	1	1	1
	Olivar	-1	1		0	1	1	1
	Viñedo de secano	2	1	$-\infty$	$-\infty$	2	1	2
Viñedo de regadío	2	1	$-\infty$	$-\infty$	2	1	2	
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	
	Defectuosa 40-80%	1	2		0	0	0	0
	Ralo <40%	2	2		0	0	0	0

Tabla 25. Matriz de conveniencia del medio para realizar actividades. 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:

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

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

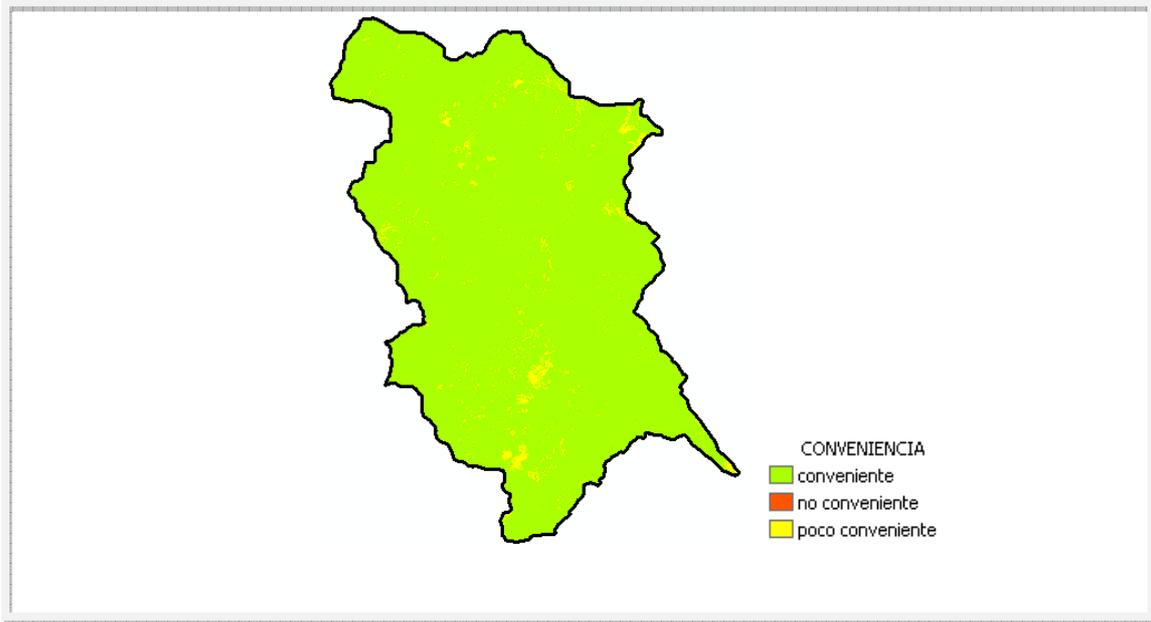


Figura 20. Conveniencia para actividad 1: Repoblación forestal protectora

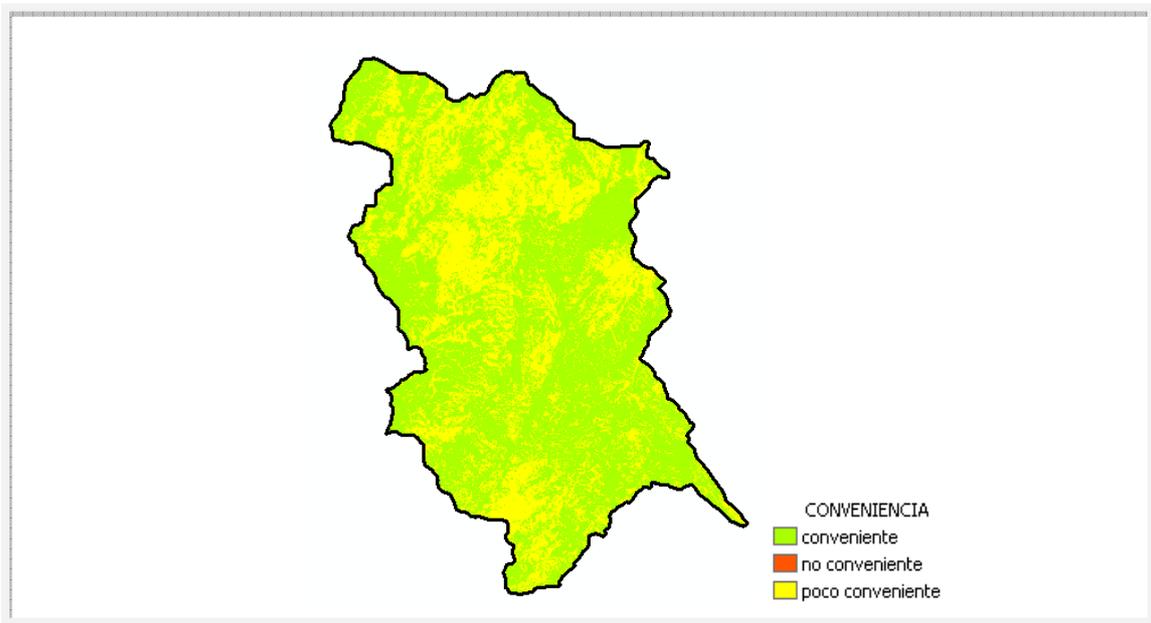


Figura 21. Conveniencia para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia.

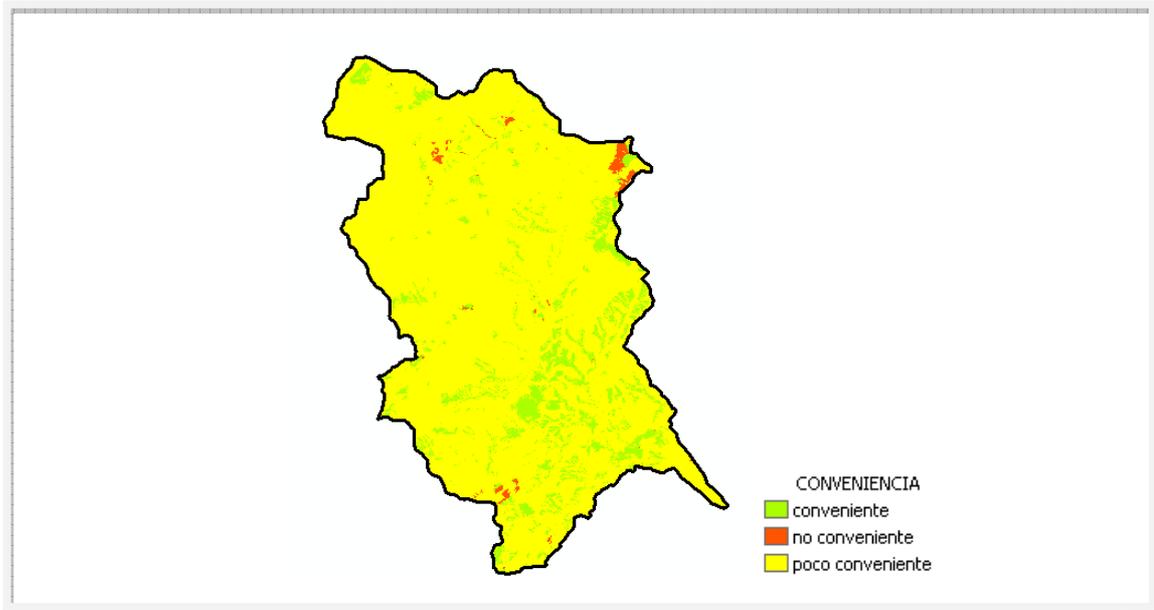


Figura 22. Conveniencia para actividad 3: hidrotécnicas de corrección en cauces

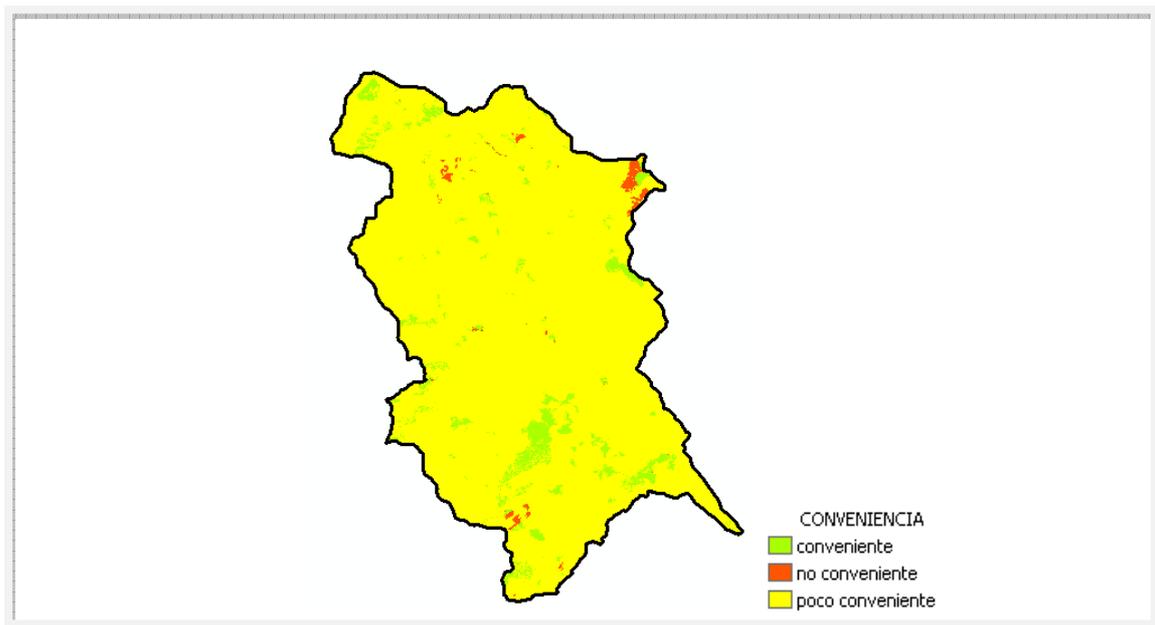


Figura 23. Conveniencia para actividad 5: Repoblación para aumentar biodiversidad

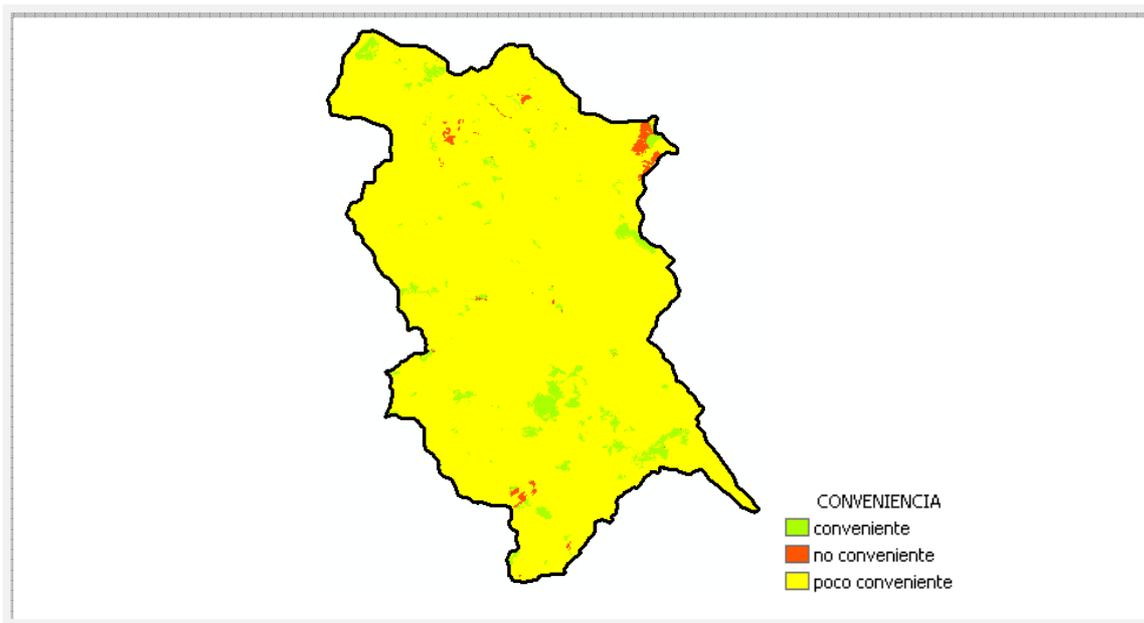


Figura 24. Conveniencia para actividad 6: Conservación de áreas de interés

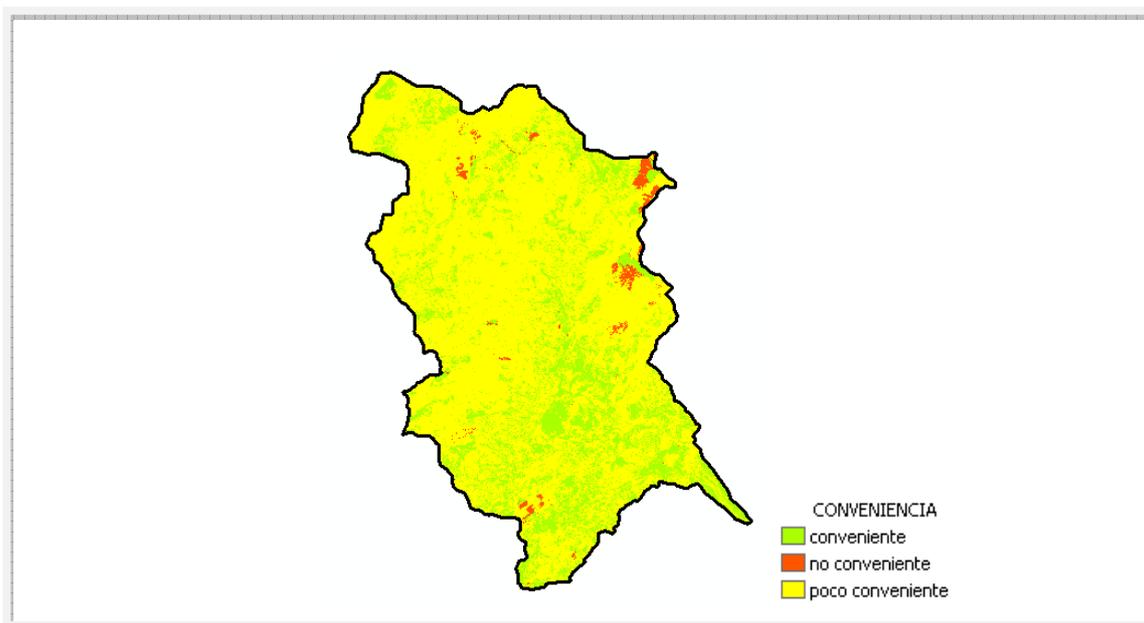


Figura 25. Conveniencia para actividad 7: Conservación del uso agrícola

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.

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

Tabla 26. Matriz de adecuación del medio para la realización de actividades. 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 San Miguel, 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 siguiente, y los resultados gráficos del grado de adecuación de cada actividad se muestran en las Figuras.

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

Tabla 27. Clases de adecuación. Fuente: elaboración propia

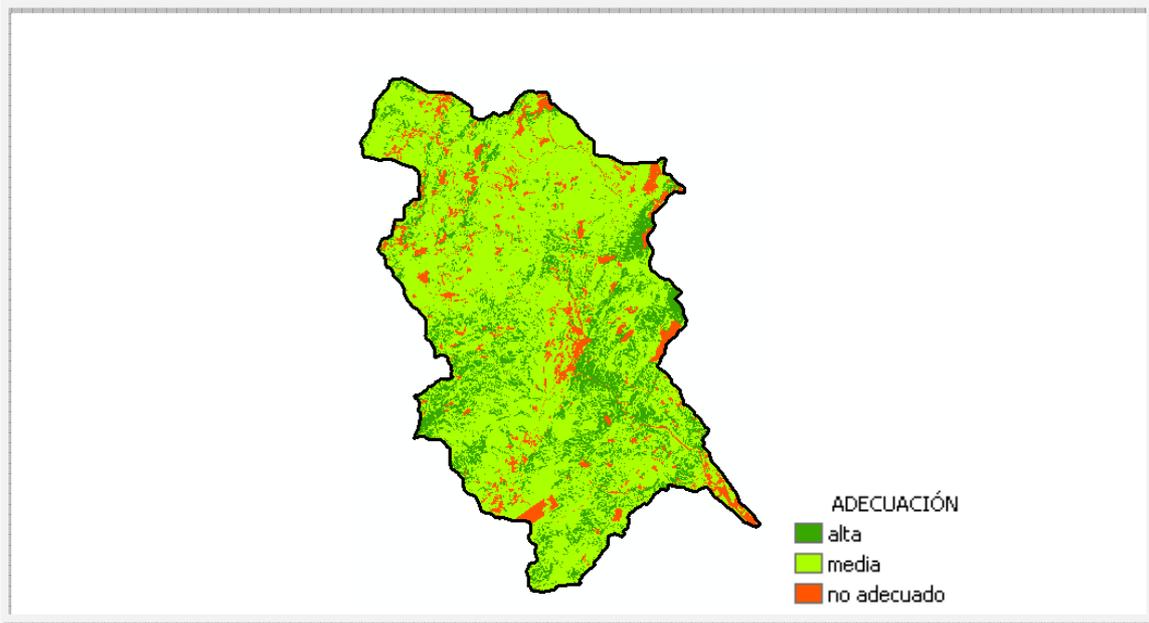


Figura 26. Adecuación para actividad 1: Repoblación forestal protectora

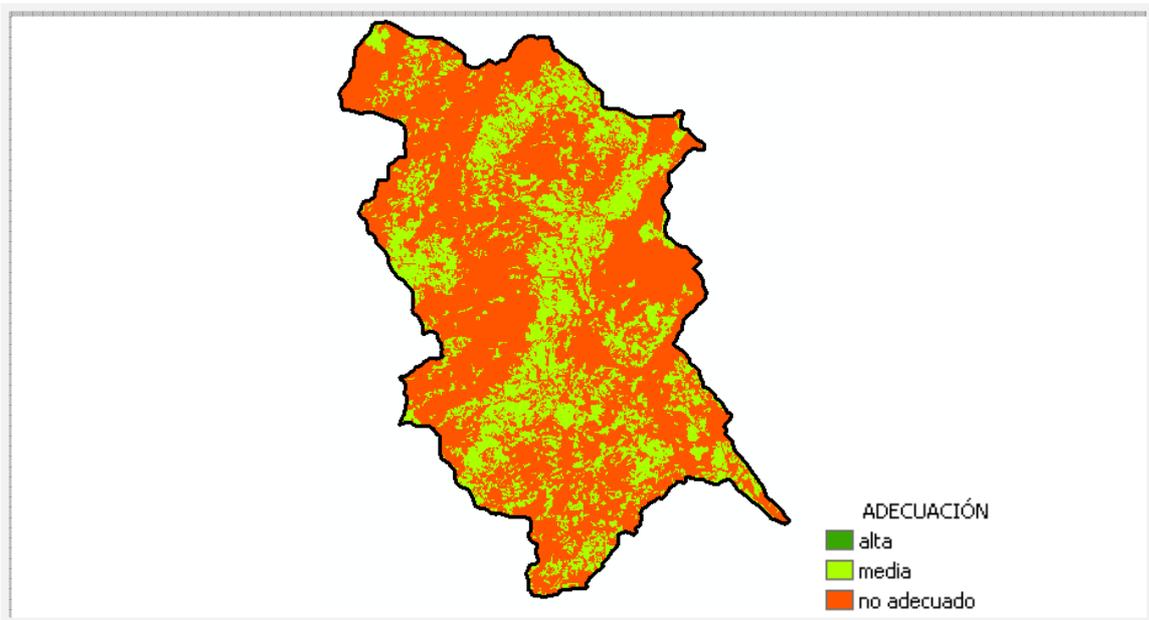


Figura 27. Adecuación para actividad 2: Completar espesura en masas con deficiencia

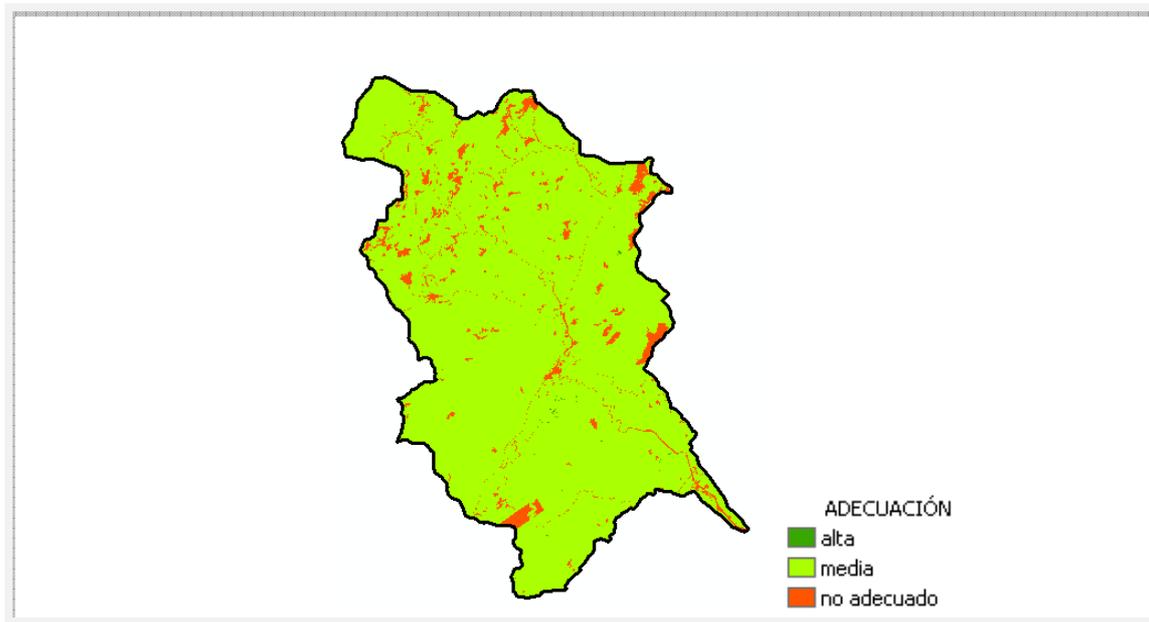


Figura 28. Adecuación para actividad 6: Conservación de áreas de interés

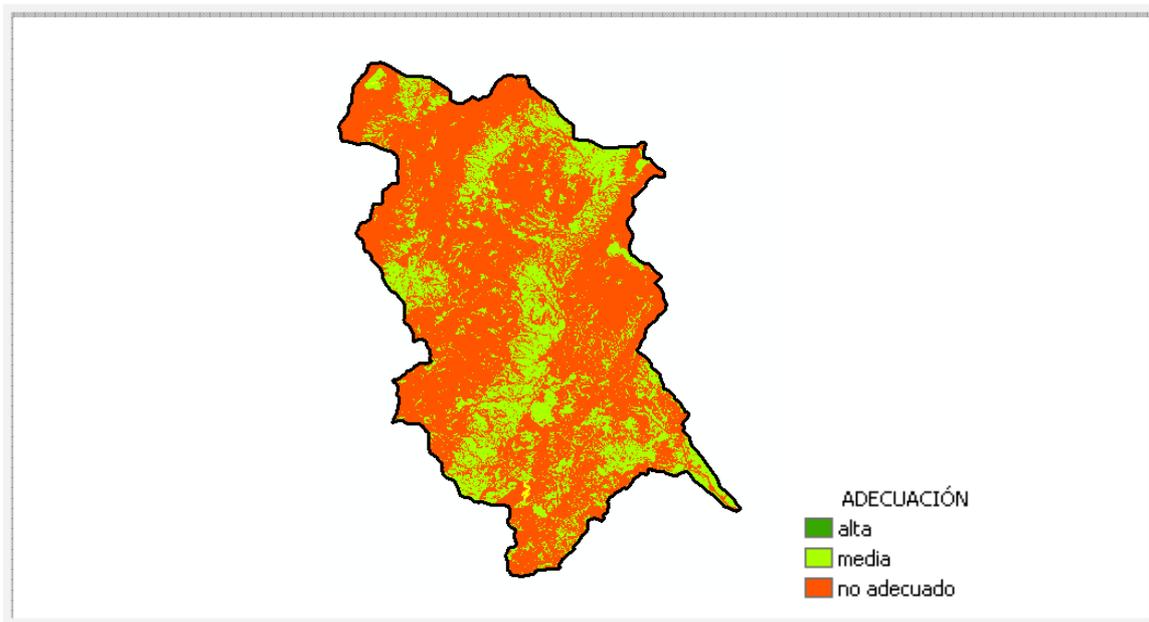


Figura 29. Adecuación para actividad 7: Conservación del uso agrícola

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 siguiente) 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.

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	-

Tabla 28. Compatibilidad entre actividades. 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

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.

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.

Actividades propuestas

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

Actividades	Adecuación	Superficie (km²)
1. Repoblación forestal protectora	Alta y Media	458,6
2. Completa espesura en masas con deficiencia	Alta y Media	429,1
3. Hidrotecnias de corrección de cauces	Alta y Media	0
4. Restauración de riberas	Alta y Media	0
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta y Media	0
6. Conservación de áreas de interés	Alta y Media	453,5
7. Conservación del uso agrícola	Alta y Media	118,8

Tabla 29. Superficies de adecuación para las actividades propuestas en la cuenca San Miguel. Fuente: elaboración propia

Como se deduce de la tabla anterior, la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección de cauces), la actividad 4 (Restauración de riberas) y la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) 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; siendo muy reducido el espacio en el cual su adecuación era media o alta (<1 ha).

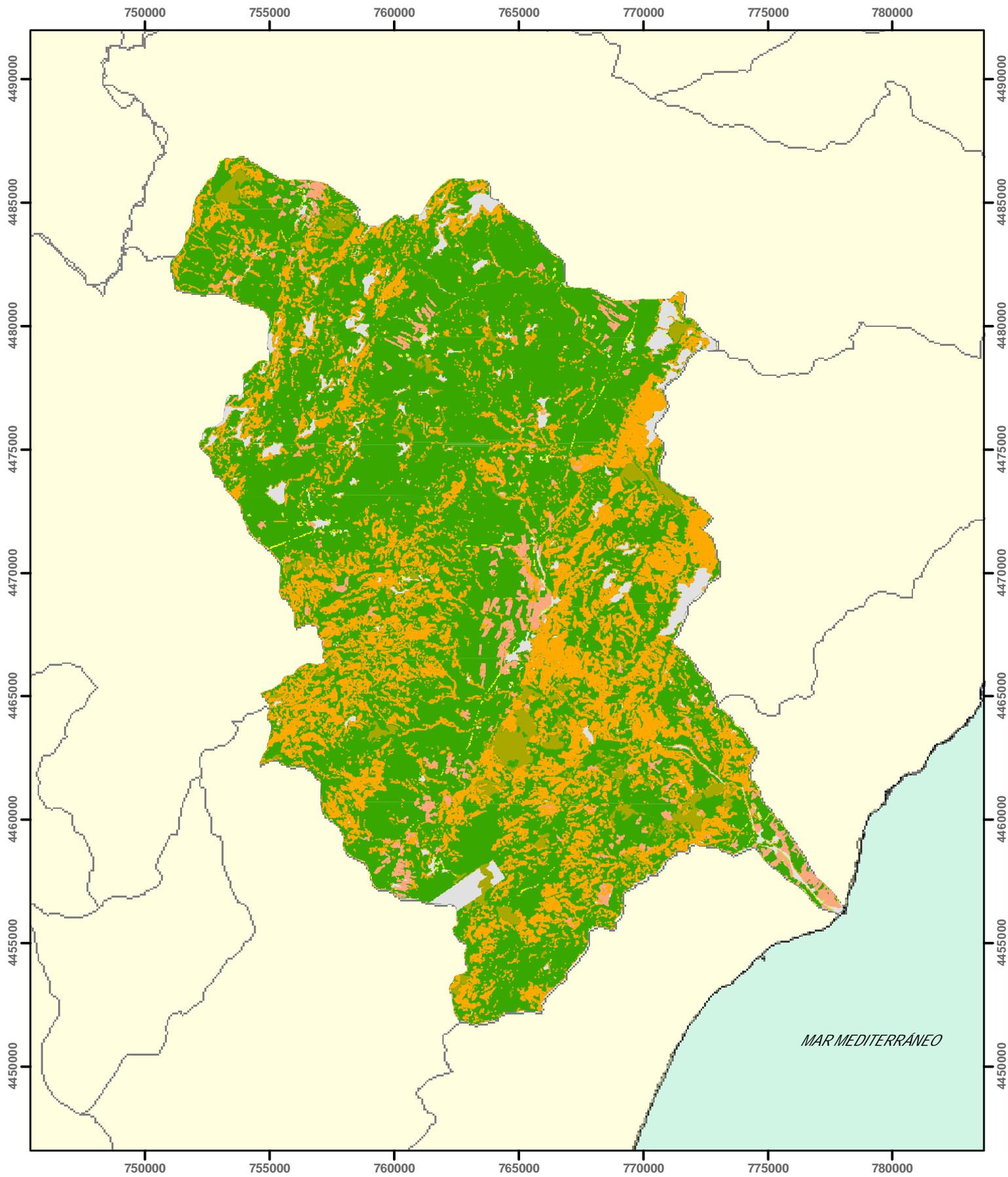
Las actividades que son compatibles y coinciden en el mismo polígono, se desarrollarán simultáneamente. El criterio adoptado para llevar a cabo la propuesta final ha consistido en la elección de la clase de adecuación más elevada para la realización de cada actividad en la cuenca. Para ello, se ha utilizado 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 a continuación:

Actividades compatibles	Superficie (km²)
Sin actividad	26,79
Actividad 1. Repoblación forestal protectora	20,48
Actividad 1 y 6	356,31
Actividad 2. Completa espesura en masas con deficiencia	0,22
Actividad 2 y 6	0,03
Actividad 6. Conservación de áreas de interés	87,36
Actividad 6 y 7	9,76
Actividad 7. Conservación del uso agrícola	0,03

Tabla 30. Combinaciones de actividades compatibles con elevada adecuación en la cuenca San Miguel.

Fuente: elaboración propia

ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | |
|---|---|---|
|  Act.1 (Repl. for. protectora) |  Act. 6 (Conserv. áreas interés) |  Actividades 6 y 7 |
|  Act. 2 (Completar espesura) |  Act. 7 (Conserv. uso agrícola) |  Improductivo |
| |  Actividades 1 y 6 | |
| |  Actividades 2 y 6 | |

ESCALA 1:200.000

ORDENACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO SEGÚN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

mihma iniciador en ingeniería hidroviaria y medio ambiente



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se aportan los resultados obtenidos durante la elaboración de este trabajo de investigación, 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 San Miguel.

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.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada metodología empleada:

Uso futuro	Superficie (km ²)
0 (improductivo)	6,52
Mantener uso agrícola	20,27
Mantener uso forestal	82,10
Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	120,62
Repoblación en terreno forestal	242,85
Cambio de uso agrícola a uso forestal	10,59

Tabla 31. Usos futuros de actuación según modelo USLE en la cuenca San Miguel. Fuente: Elaboración propia

Uso futuro según criterios Mintegui	Superficie (km ²)
0 (improductivo)	6,52
Completar espesura con pinares y quercineas	8,4
Repoblación forestal	228,46
Conservar cubierta actual	80,65
Conservar cultivos actuales	20,23
Prácticas de conservación	130,16

Tabla 32. Usos futuros según criterios de ordenación de Mintegui y superficies correspondientes en la cuenca San Miguel.

Actividades compatibles	Superficie (km ²)
Sin actividad	26,79
Actividad 1 (Repoblación forestal protectora)	20,48
Actividad 1 y 6	356,31
Actividad 2 (Completar espesura en masas con deficiencia)	0,22
Actividad 2 y 6	0,03
Actividad 6 (Conservación de áreas de interés)	87,36
Actividad 6 y 7	9,76
Actividad 7 (Conservación del uso agrícola)	0,03

Tabla 33. Combinaciones de actividades compatibles con elevada adecuación en la cuenca San Miguel.

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 que no tuvieron un peso muy alto en la representación cartográfica.

3.2.1. Comparación modelo USLE y MOCS

Las superficies resultantes, en ha, de la superposición de ambos modelos se presentan en la tabla siguiente.

USLE MOCS	Mantener uso agrícola	Mantener uso forestal	Realizar prácticas de conservación de suelo	Repoblación en terreno forestal	Cambio de uso
1	16,45	873,45	63,8	1029,48	10,96
1_6	1663,33	7004,66	10820,42	14985,06	973,17
Act1. Repoblación forestal protectora	1679,78	7878,11	10884,22	16014,54	984,13
2	5,38	0,67	6,58	0,61	0,12
2_6	0,12	0,12	1,62	0,18	0,03
Act2. Completar espesura en masas con deficiencia	5,50	0,79	8,20	0,79	0,15
6	9,60	102,76	505,70	7991,34	48,73
6_7	303,3	10,58	602,21	20,97	23,03

Act6. Conservación de áreas de interés	312,9	113,34	1107,91	8012,31	71,76
Act.7 Conservación del uso agrícola	0,20	0,09	0,81	0,16	0,05
Sin actividad	18,33	202,07	48,76	230,71	1,52

Tabla 34. Superficies coincidentes de metodología USLE y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en ha.

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 terreno forestal: 160,14 km²
- 2) Completar espesura en masas con deficiencia (MOCS). Existen superficies de varias clases de la USLE, aunque la mayor superficie solapada es la realización de prácticas de conservación, con 8,2 ha seguida de las 5,5 ha de mantener uso agrícola. Apenas hay superficie de coincidencia
- 3) Conservación de áreas de interés (MOCS), esta actividad coincide en gran parte de su superficie (8012 ha) con repoblación del terreno forestal según la ordenación USLE.
- 4) Conservación del uso agrícola (MOCS). La mayoría de la superficie solapada de la USLE corresponde con realizar prácticas de conservación (0,81 ha) y mantener el uso agrícola (0,2 ha). La superficie de coincidencia es muy pequeña.
- 5) Sin actividad. Las superficies clasificadas como sin actividad en MOCS se solapan con superficies de repoblación forestal y mantener uso forestal en la ordenación USLE.

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

De forma análoga al apartado anterior, se presenta en la Tabla siguiente 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).

Mintegui MOCS	Completar espesura	Repoblación forestal	Conservar cubierta actual	Conservar cultivos actuales	Prácticas de conservación
1	314,96	666,07	840,09	15,97	71,75
1 6	379,48	14071,54	6784,41	1654,48	11599,66
Act1. Repoblación forestal protectora	694,44	14737,61	7624,5	1670,45	11671,41
2	0,52	0,09	0,66	5,38	6,67
2 6	0,14	0,04	0,12	0,12	1,64
Act2. Completar espesura en masas con deficiencia	0,66	0,13	0,78	5,5	8,31
6	15,27	7577,2	96,95	9,23	534,6
6 7	0,46	20,16	10,35	305,81	621,78
Act6. Conservación de áreas de interés	15,73	7597,36	107,3	315,04	1156,38
Act.7 Conservación del uso agrícola	0,03	0,12	0,09	0,20	0,84
Sin actividad	113,02	108,61	196,10	18,15	48,90

Tabla 35. Superficies coincidentes de metodología según criterios de Mintegui y metodología según criterios de sostenibilidad (MOCS), en ha.

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

- 1) Repoblación forestal protectora (MOCS). La superficie solapada en km² de mayor relevancia con una clase de ordenación Mintegui es:
 - Repoblación forestal: 147,38 km²
- 2) Completar espesura en masas con deficiencia (MOCS) coincide en gran parte de su superficie (8,31 ha) con prácticas de conservación y otra parte de su superficie con la clase conservar cultivos actuales (5,5 ha) según la ordenación con criterios Mintegui.

- 3) Conservación de áreas de interés (MOCS), la mayoría de la superficie solapada coincide con repoblación forestal (76 km²) según la ordenación basada en Mintegui.
- 4) Conservación del uso agrícola (MOCS) coincide en gran parte de su superficie (0,84 ha) con prácticas de conservación según la ordenación con los criterios de Mintegui.
- 5) Sin actividad (MOCS), en este último caso las superficies mayores según la ordenación de Mintegui se corresponden con Conservar la cubierta actual (196,1 ha) y con Completar espesura (113 ha).
- 6) Completar espesura y conservar uso agrícola coinciden en muy pocas ha. Reseñarlo al igual que pasaba anteriormente con USLE y MOCS

Mintegui	USLE	Mantener uso agrícola	Mantener uso forestal	Realizar prácticas de conservación de suelo	Repoblación en terreno forestal	Cambio de uso
Completar espesura		0	0,21	0	824,76	0
Repoblación forestal		0	0		22468,76	0
Conservar cubierta actual		0	7944,13	0	0	0
Conservar cultivos actuales		2016,56	0	0,52	0	0
Prácticas de conservación		0,87	0	11863,21	0	1035,22

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

En la Tabla siguiente 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.

Tabla 36. Superficies de superposición de metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui, en ha.

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) coincide en casi su totalidad con la Conservación de cultivos actuales(2016,56 ha) según la ordenación con los criterios Mintegui.
- 2) Mantener uso forestal (USLE) se corresponde en 7944,13 ha con la conservación de la cubierta actual de Mintegui.
- 3) Realizar prácticas de conservación de suelo (USLE) coincide en la mayoría de su superficie (118,63 km²) con las prácticas de conservación según los criterios de Mintegui

- 4) Repoblación en terreno forestal (USLE), ocupa 224,69 km² de la repoblación forestal y 8,25 km² de completar espesura según la ordenación de Mintegui
- 5) Cambio de uso (USLE); en este último caso, la totalidad de la superficie (1035,22 ha) coincide con realizar prácticas de conservación según la ordenación de Mintegui.

3.3. ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA COINCIDENCIA DE LAS METODOLOGÍAS: ÍNDICE DE KAPPA

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.

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 siguiente:

Bloques	Sostenibilidad	USLE	Mintegui
Repoblaciones	Act 1, (Repoblación forestal protectora)	Repoblaciones en terreno forestal y cambio de uso agrícola a uso forestal	Repoblación forestal
Mantener/mejorar uso	Act. 2 y 5 (Completar espesura en masas con deficiencia y Repoblaciones para aumentar la biodiversidad)	Mantener uso forestal y realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	Completar espesura con pinares y quercíneas, Conservar cubierta actual y Prácticas de conservación
Conservar uso agrícola	Act.7 (Conservación del uso agrícola)	Mantener uso agrícola	Conservar cultivos actuales
Conservar áreas de interés	Act.6 (Conservación de áreas de interés)		

Tabla 37. Bloques de correspondencia entre actividades de las metodologías de ordenación estudiadas.

Después de haber clasificado las actividades de las tres metodologías analizadas en bloques comparativos, se ha construido gráficos donde se representan las superficies coincidentes.

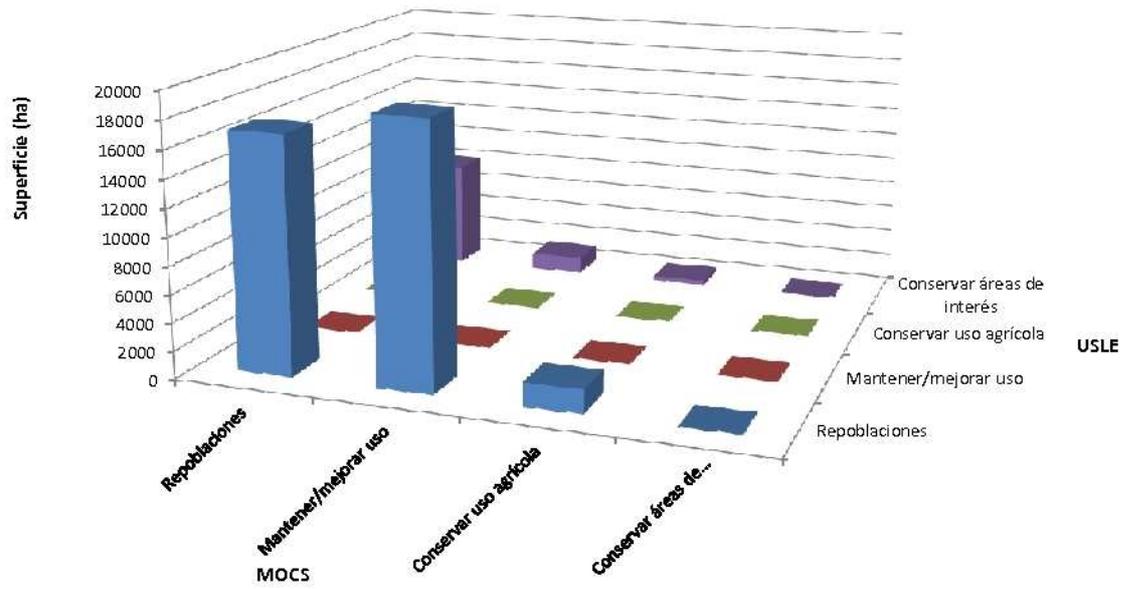


Figura 30. Comparación gráfica entre MOCS y metodología USLE

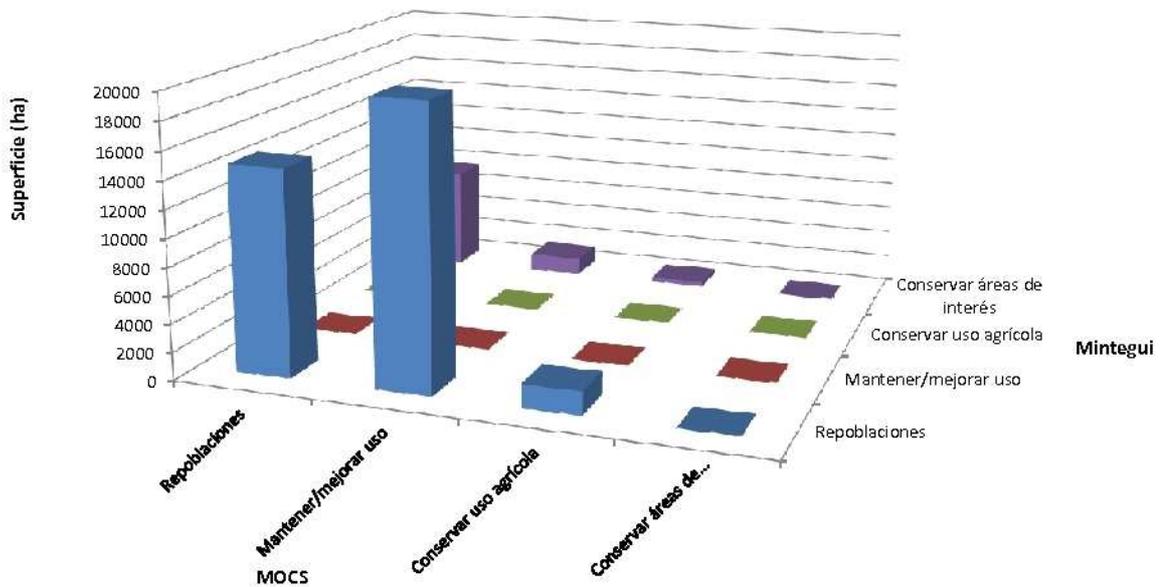


Figura 31. Comparación gráfica entre metodología según criterios de Mintegui y MOCS

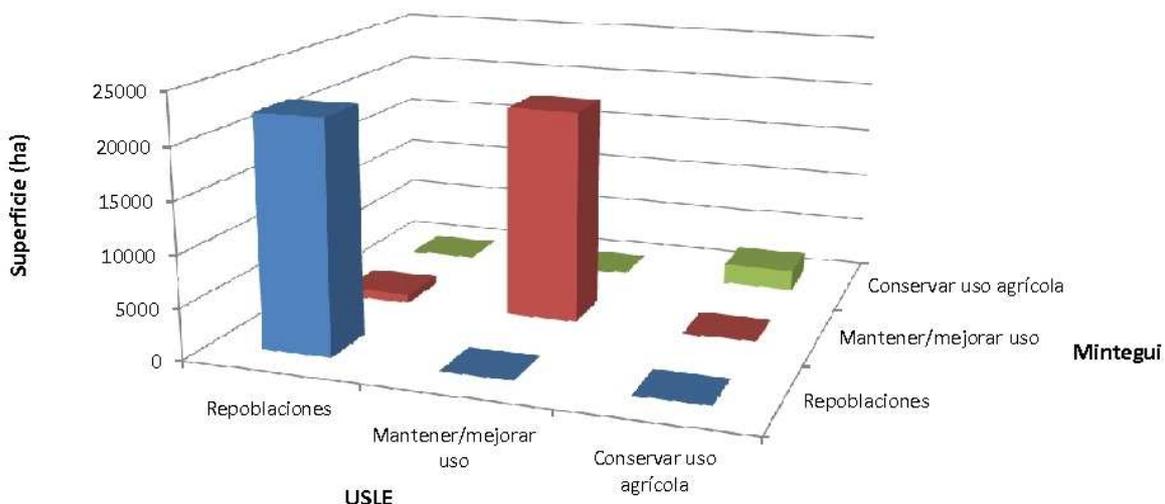


Figura 32. Comparación gráfica entre metodología USLE y metodología según criterios de Mintegui

Analizando las figuras anteriores se observa que los valores remarcados que aparecen en la diagonal, expresan la superficie solapada de actividades homólogas de las metodologías comparadas. Así pues, en la comparación entre USLE y Mintegui se observa una gran coincidencia de las metodologías y difieren en mucho menor grado que las superficies de las otras comparaciones.

En contraposición, las superficies solapadas entre la metodología MOCS y USLE difieren de forma muy significativa, observándose muchas diferencias en las superficies destinadas a cada actividad, ya que la USLE propone repoblaciones donde MOCS propone mantener el uso y más discrepancias que pueden observarse en la figura.

De forma análoga, las superficies solapadas entre la metodología MOCS y Mintegui difieren de forma muy significativa. Como en el caso anterior, las superficies totales coincidentes de cada actividad, propuestas por cada metodología, divergen de forma clara.

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:

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

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 a continuación:

Metodologías comparadas	Valores del índice kappa
MOCS-USLE	-0,11
MOCS-Mintegui	-0.13
USLE-Mintegui	0.97

Tabla 38. Valores del índice Kappa para cada comparación entre metodologías.

Para interpretar orientativamente el significado de los valores del índice Kappa obtenidos, se va a utilizar la clasificación propuesta por Altman (1991), ya que se trata de una de las clasificaciones más actuales:

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

Tabla 39. Interpretaciones del índice kappa de Altman. Fuente: Altman 1991

En base a la interpretación anterior, 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 siguiente:

Metodologías comparadas	Valores del índice kappa	Altman (1991)
MOCS-USLE	-0,11	Pobre
MOCS-Mintegui	-0.13	Pobre
USLE-Mintegui	0.97	Excelente

Tabla 40. Grado de concordancia del índice Kappa, según los valores obtenidos en las comparaciones de las tres metodologías de ordenación

Como se puede observar en la tabla anterior la única relación que obtiene un buen índice de kappa es la USLE-Mintegui. Esto puede ser debido a que la metodología según criterios de Mintegui se fundamenta en los criterios empleados por el modelo USLE, así se explica el mayor grado de concordancia existente entre ambas metodologías.

En cambio, en las otras dos comparaciones realizadas donde se incluye la metodología MOCS, la concordancia es mínima; ello es debido a que en esta metodología no existe ninguna actividad relacionada con la **mejora agrícola**, la cual ocupa una superficie muy elevada en las otras dos metodologías.

3.4. DISCUSIÓN

3.4.1. Propuesta de mejora en la ordenación de la cuenca de San Miguel

3.4.1.1 Clasificación común de actividades y adaptación de las 3 metodologías a la clasificación común

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

A continuación se muestra la equivalencia entre los usos o actividades de cada metodología y los nuevos usos adoptados en la clasificación común.

USLE	MINTEGUI	SOSTENIBILIDAD (MOCS)	CLASIFICACIÓN COMÚN
Mantener uso forestal	Conservar cubierta actual	Conservación de áreas de interés	Mantener uso forestal
Repoblación en terreno forestal	Completar espesura con pinares y quercineas y Repoblación forestal	Repoblación forestal protectora.	Mejorar uso forestal
		Repoblación forestal protectora + Conservación de áreas de interés	
		Completar espesura en masas con deficiencia	
		Completar espesura en masas con deficiencia + Conservación de áreas de interés	
Mantener uso agrícola	Conservar cultivos actuales	Conservación de áreas de interés	Mantener 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		Zonas agrícolas donde indica la ordenación MOCS que se debe realizar una actividad de repoblación o completar espesura en masas con deficiencia	Cambio de uso
Improductivo	Improductivo	Sin actividad	Improductivo

Tabla 41. Equivalencias entre los usos de las tres metodologías de ordenación estudiadas y los usos de la clasificación común propuesta. 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. La presencia de estas zonas de protección legal del territorio 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.

3.4.1.2 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.

Actividad propuesta	USLE adaptada (Superficie)		Mintegui adaptada (Superficie)		MOCS adaptada (Superficie)	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Mantener uso forestal	82,10	16,39	79,44	15,86	87,36	17,44
Mejorar uso forestal	242,85	48,47	232,94	45,5	260,24	51,94
Mantener uso agrícola	20,27	4,06	20,17	4,03	9,79	1,96
Mejorar uso agrícola	120,62	24,08	128,98	25,74	0	0
Cambio de uso	10,59	2,10	0	0	116,80	23,31
Improductivo	24,57	4,90	24,47	4,87	26,79	5,35

Tabla 42. Superficies representadas por los usos de la nueva clasificación propuesta expresadas en km² y en % para cada metodología adaptada.

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:

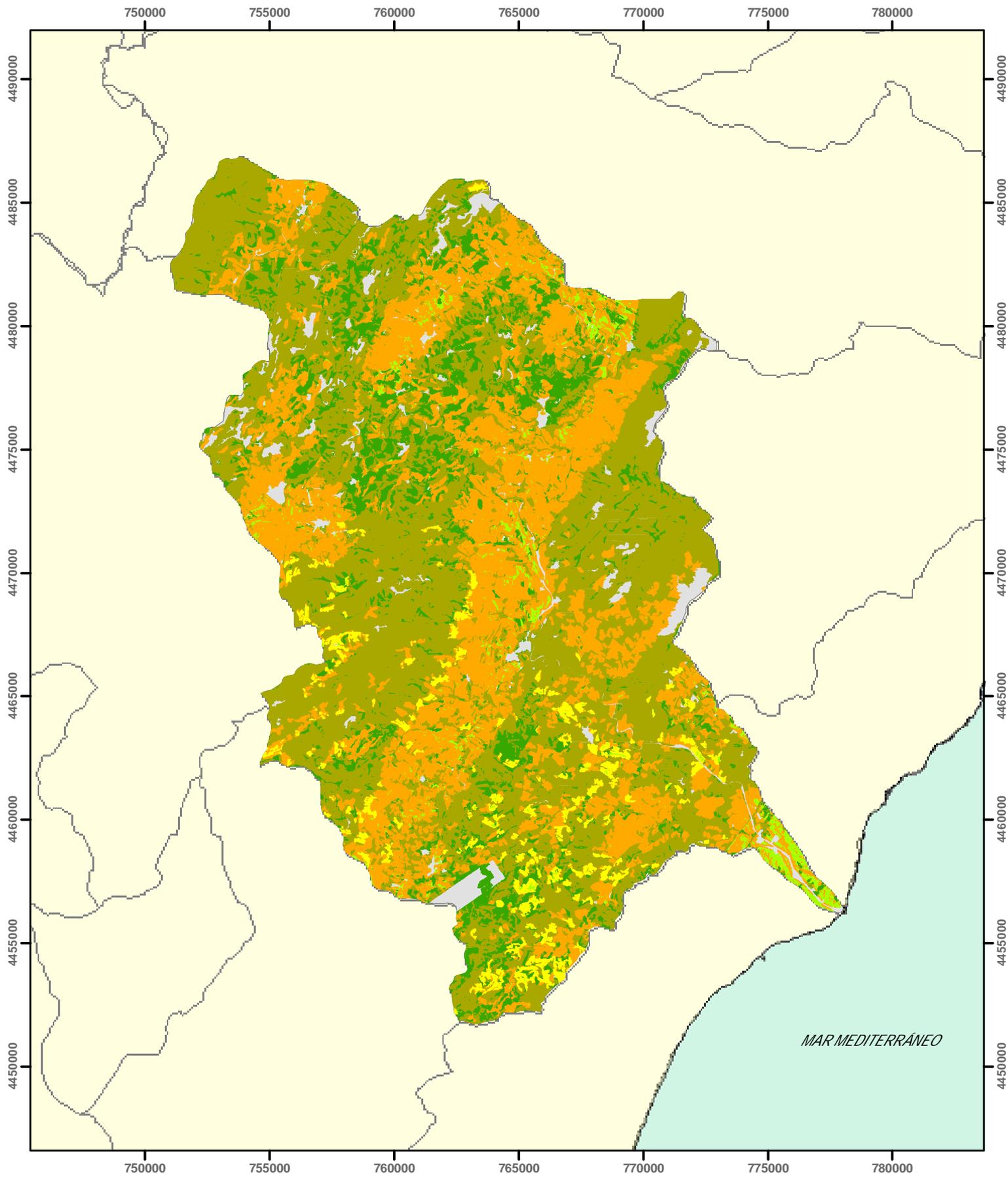
Actividad propuesta	USLE-Mintegui (% Superficie de la cuenca)	USLE-MOCS (% Superficie de la cuenca)	Mintegui-MOCS (% Superficie de la cuenca)
Mantener uso forestal	15,86	0,21	0,19
Mejorar uso forestal	46,50	31,97	30,81
Mantener uso agrícola	4,03	0,61	0,61
Mejorar uso agrícola	23,68	0	0
Cambio de uso	0	1,92	0
Improductivo	4,90	4,85	4,85
Total	94,97	39,56	36,46

Tabla 43. Coincidencia total de cada uso, expresada en % de superficie de la cuenca, entre metodologías adaptadas interpoladas dos a dos.

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 94,97% del área de la cuenca, siendo el uso con mayor coincidencia el de "Mejorar uso forestal", con un 46,50%.

Las otras dos interpolaciones (USLE-MOCS, Mintegui-MOCS) presentan resultados más deficientes, coinciden en menos superficie ya que los usos coinciden sólo sobre el 38% de la superficie de la cuenca.

ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-------------------------------------|---|--------------|
|  | Mantener uso forestal |  | Mejorar uso agrícola |  | Improductivo |
|  | Mantener uso agrícola |  | Mejorar uso forestal | | |
|  | |  | Cambio de uso (agrícola a forestal) | | |

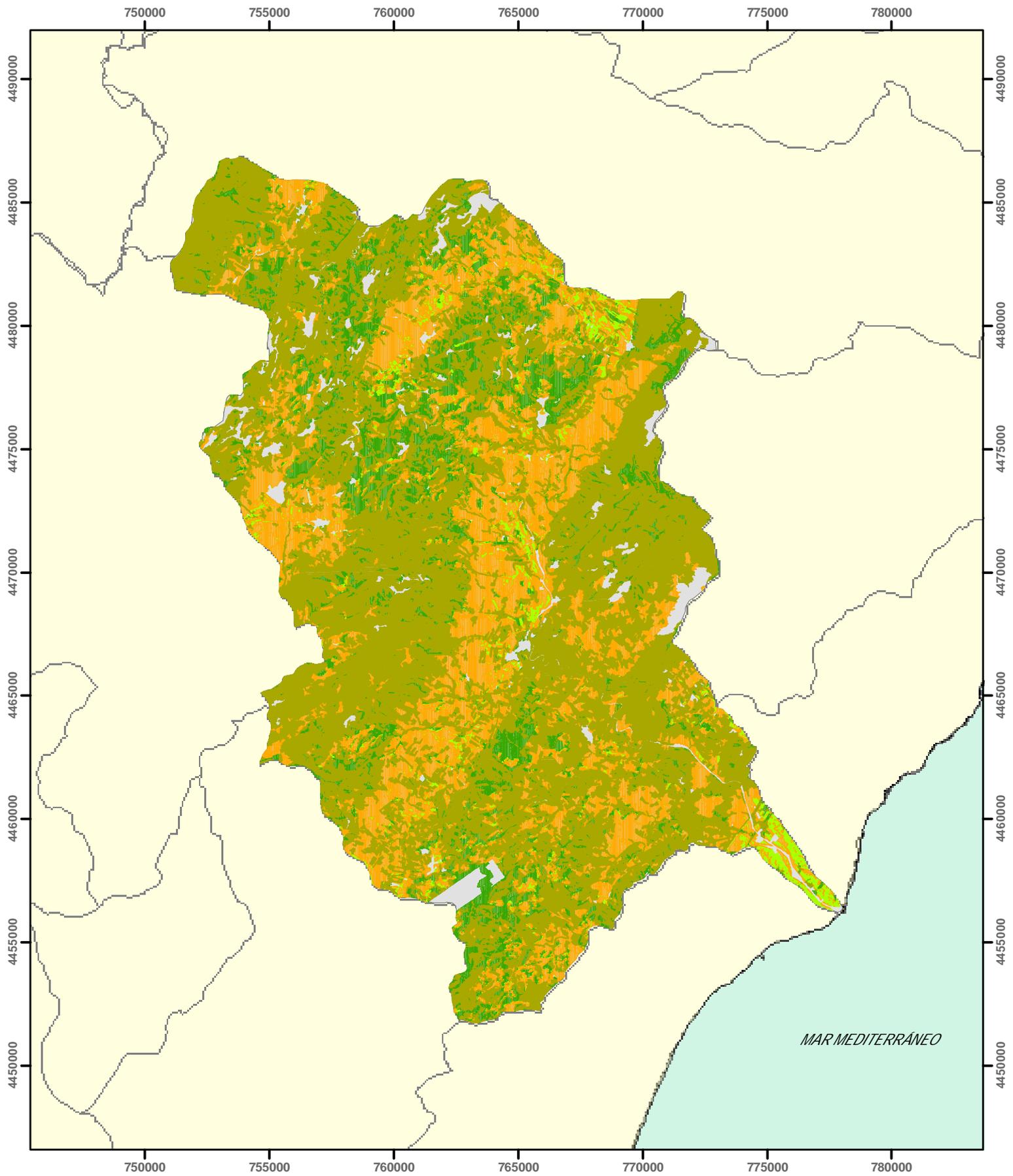
ESCALA 1:200.000

CLASIFICACIÓN SEGÚN CRITERIOS USLE ADAPTADA

indicador de ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma



ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|----------------------|---|--------------|
|  | Mantener uso forestal |  | Mejorar uso agrícola |  | Improductivo |
|  | Mantener uso agrícola |  | Mejorar uso forestal | | |
|  | Cambio de uso (agrícola a forestal) | | | | |

ESCALA 1:200.000

CLASIFICACIÓN SEGÚN CRITERIOS MINTEGUI ADAPTADA

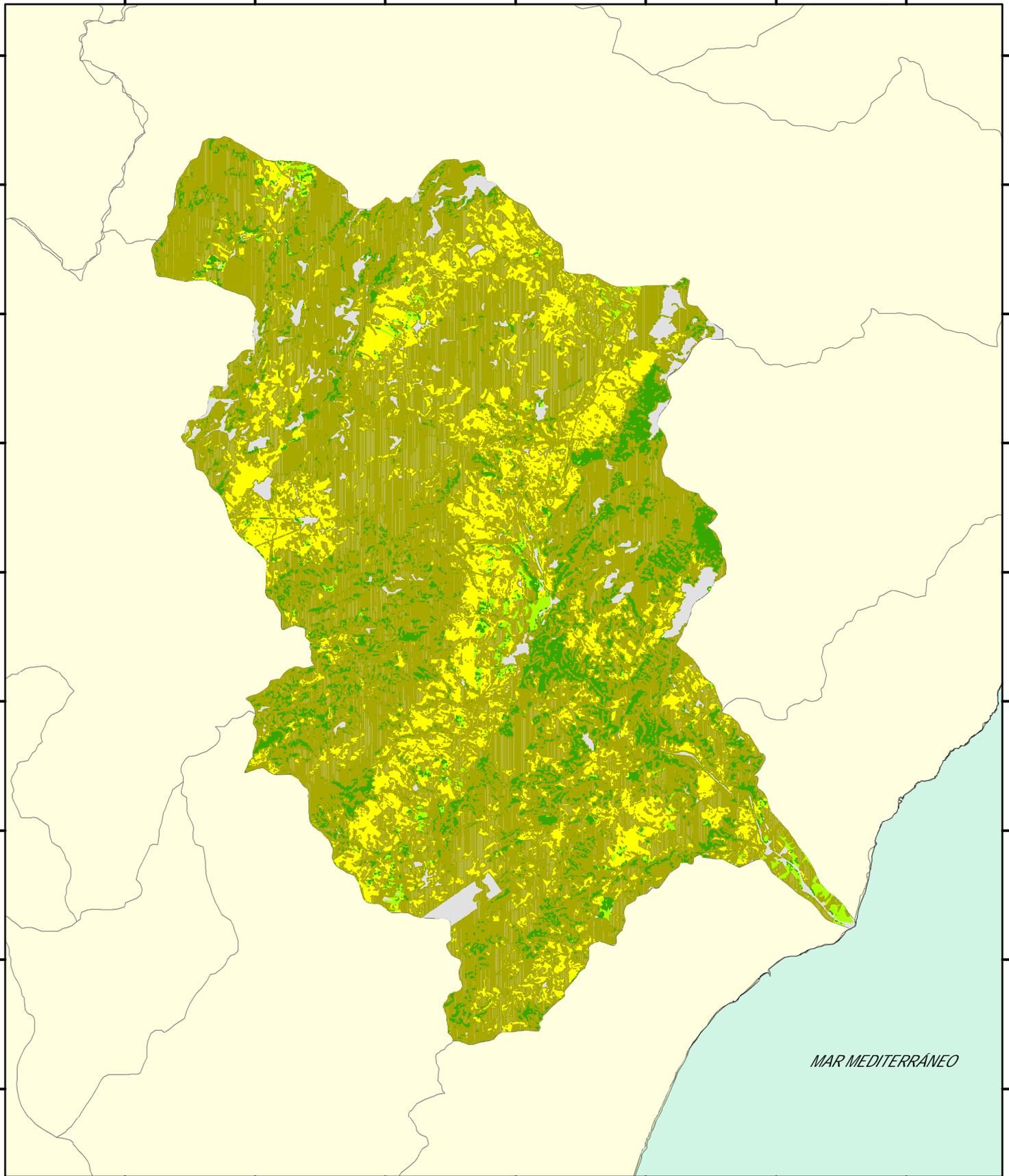
indicador de ingeniería
histórica y medio ambiente
mihma

ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL

750000 755000 760000 765000 770000 775000 780000

4490000
4485000
4480000
4475000
4470000
4465000
4460000
4455000
4450000

4490000
4485000
4480000
4475000
4470000
4465000
4460000
4455000
4450000



MAR MEDITERRÁNEO

750000 755000 760000 765000 770000 775000 780000

LEYENDA

 Mantener uso forestal

 Mantener uso agrícola

 Mejorar uso agrícola

 Mejorar uso forestal

 Cambio de uso (agrícola a forestal)

 Improductivo

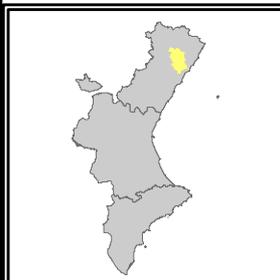
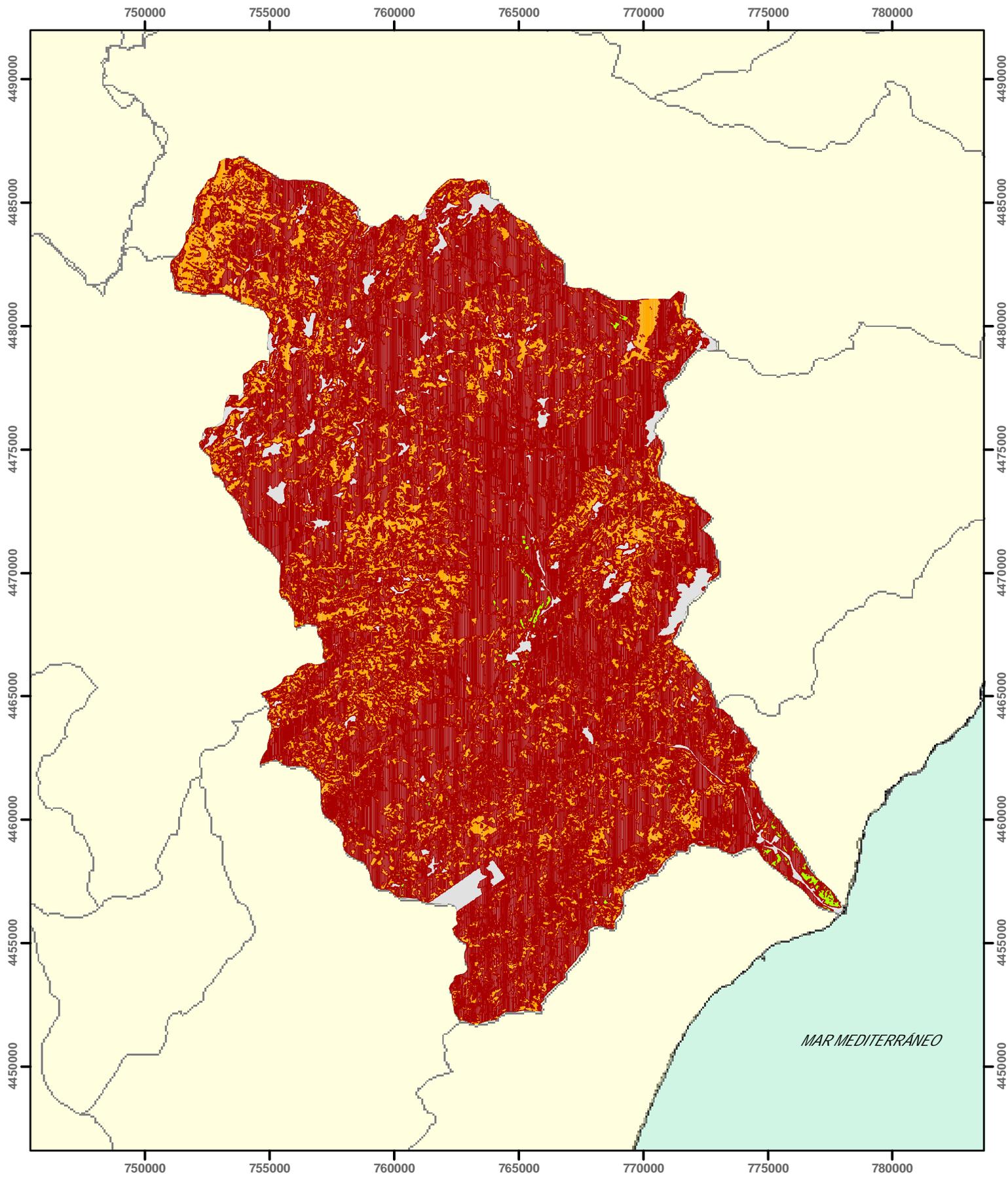
ESCALA 1:200.000

CLASIFICACIÓN SEGÚN CRITERIOS MOCS ADAPTADA

máster en ingeniería
histórica y gestión ambiental
mihma



ORDENACIÓN DE LA CUENCA SAN MIGUEL



LEYENDA

- | | | |
|---|---|---|
|  Mantener uso forestal |  Mejorar uso agrícola |  Improductivo |
|  Mantener uso agrícola |  Mejorar uso forestal |  No coincidencia |
| |  Cambio de uso (agrícola a forestal) | |

ESCALA 1:200.000

COINCIDENCIA TOTAL ENTRE LAS TRES METODOLOGÍAS



3.4.1.3 Propuesta de la nueva ordenación de la cuenca. Datos LIDAR y su procesamiento

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, se combinan los mapas correspondientes a las tres metodologías adaptadas dando como resultado el mapa de coincidencia, donde se observa gráficamente la coincidencia total de las tres metodologías para cada uso.

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 asignar el uso que se le va a dar a esos polígonos y los criterios a tener en cuenta para la toma de decisiones sobre los usos en esas áreas. En la tabla siguiente se indica la superficie, en km² y en %, donde las tres metodologías coinciden plenamente en la asignación de cada actividad.

Actividad propuesta	Superficie coincidente de las tres metodologías	
	Km ²	%
Mantener uso forestal	0,97	0,19
Mejorar uso forestal	154,33	30,79
Mantener uso agrícola	3,06	0,61
Mejorar uso agrícola	0	0
Cambio de uso	0	0
Improductivo	21,93	4,38
Total	180,29	35,99

Tabla 44. Superficies coincidentes de las tres metodologías, expresadas en km² y en %, en cada actividad.

Fuente: elaboración propia

De lo expuesto anteriormente se concluye que cerca del 36% de la cuenca de San Miguel presenta una coincidencia total de las tres metodologías adaptadas en la asignación de actividades. Además, las actividades más convenientes para establecer una futura ordenación de la cuenca, por ser aquellas en que coinciden plenamente las tres metodologías, son “Mejorar uso forestal” e “Improductivo”. Por otra parte, el 64% de la cuenca presenta asignaciones contradictorias entre las tres

metodologías empleadas, por lo que, para completar la asignación de actividades de esta superficie de la cuenca, deberá aplicarse otras consideraciones.

En el porcentaje de superficie de no coincidencia (sobre el 64%), se ha observado que en zonas abancaladas las pérdidas de suelo eran muy elevadas, ello se debe a un error del cálculo en factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo que se extrapola a toda la cuenca. Las pérdidas han sido sobrestimadas debido a que se pueden tener en cuenta las prácticas de conservación del suelo de zonas abancaladas en su cálculo, ya que es un dato con el que no se cuenta normalmente en la cartografía tradicional, ni reflejan los modelos MDT disponibles.

Para resolver este exceso de cálculo de las pérdidas de suelo y por lo tanto su ordenación, se propone recalcular ciertos factores de la ecuación de pérdidas de suelo mediante la tecnología LIDAR, con la cual se consigue una mayor calidad de los datos y más precisión de la zona. Así pues, mediante esta herramienta se obtienen unos resultados más adecuados para cada superficie analizada y una ordenación más correcta.

El término LIDAR, acrónimo en inglés de Light Detection and Ranging, hace referencia a un sistema láser de medición de distancia empleado para la toma de medidas precisas de manera masiva, y cuenta con múltiples aplicaciones tras el post-procesado de la información que genera su uso.

El sensor mediante el cual se realizan las mediciones LIDAR normalmente se instala en un avión. Que efectúa durante el vuelo un movimiento de barrido sobre el terreno, emitiendo pulsos láser y midiendo el tiempo que tardan dichos pulsos en llegar a la superficie. La dirección en la que es emitido cada pulso y el tiempo que tardan estos en llegar a la superficie y volver al sensor quedan registrados. Al mismo tiempo, un GPS diferencial establece la posición del sensor y el Sistema Inercial de Navegación (IMU), estableciendo para cada momento la orientación del sistema de medición.

El modo de implementar la información que ofrece la tecnología LIDAR a la ordenación de cuencas es mediante la obtención de la fracción de cabida cubierta (fcc) y las pendientes para poder recalcular las pérdidas de suelo (A), todo ello a una escala con mayor detalle que en el resto de metodologías.

Los datos LIDAR para cada punto son unas coordenadas planimétricas y su altitud, además de datos como la intensidad, el número de retorno y la clasificación. Esta información compone una matriz de valores sobre la superficie del terreno de la zona de estudio, que da lugar a un fichero raster donde queda reflejada y disponible para su análisis.

Los datos LIDAR que se han empleado para el proyecto pertenecen al Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) para el año 2009. Y el responsable de procesarlos y suministrarlos corresponde al Instituto Cartográfico Valenciano (ICV).

La densidad media de puntos del vuelo LIDAR del PNOA es de 0,5 puntos por metro cuadrado.

La clasificación de los datos LIDAR y su posterior revisión ha sido realizada por lo técnicos del ICV. En este proceso se asigna un valor a cada punto en función de que dicho punto pertenezca al suelo, vegetación baja, media o alta, edificio, etc. Se realiza mediante algoritmos automáticos o semiautomáticos de clasificación. Si bien, es necesario realizar una comprobación manual mediante visualización estereoscópica para corregir errores en el mayor número de puntos posibles.

A partir de los datos LIDAR clasificados se han calculado los modelos digitales, con una resolución equivalente a la densidad de puntos del vuelo LIDAR, en este caso 0,5 metros.

- ✓ Modelo Digital del Terreno (MDT): Representa la superficie topográfica del terreno. Se obtiene interpolando los puntos del último retorno que pertenecen al terreno.
- ✓ Modelo Digital de Superficie (MDS): Representa la superficie topográfica del terreno que incluye edificios, vegetación, carreteras y elementos naturales del terreno. Se obtiene interpolando los puntos del primer retorno pertenecientes al suelo y a la vegetación baja, media y alta.
- ✓ Modelo digital de la Vegetación (MDV): Representa la altura de la vegetación. En zonas forestales se obtiene mediante la diferencia de los modelos anteriores ($MDV = MDS - MDT$).

A continuación se muestra una pequeña zona de la cuenca (800 m. x 180 m.) donde se ha utilizado la tecnología LIDAR y se recalculan las pérdidas de suelo:



Figura 33. Zona de aplicación de tecnología LIDAR

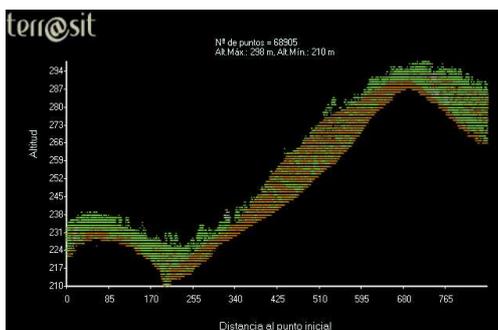


Figura 34. Perfil topográfico de la zona a aplicar LIDAR

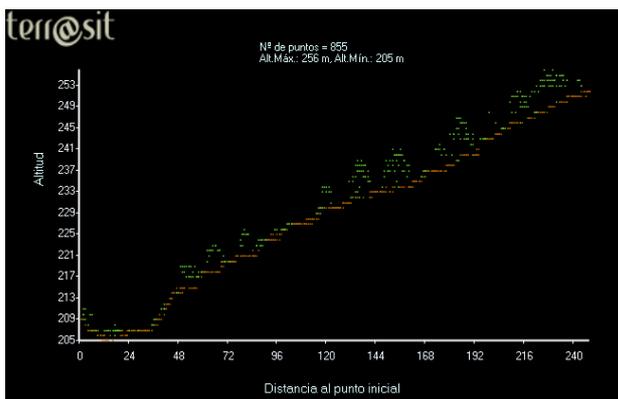


Figura 35. Detalle del perfil topográfico de una zona abancalada de la superficie a aplicar la tecnología LIDAR

A partir del MDV, se ha hallado la fracción cabida cubierta, calculada como la cobertura de la vegetación con una altura superior a 2 metros.

Una vez obtenida la fcc y con las pendientes obtenidas del MDT se puede recalcular dos factores de la ecuación de pérdidas de suelo, los factores LS y C.

A continuación se muestran las imágenes del MDT y MDS:



Figura 36.MDT de la zona LIDAR.



Figura 37. MDS de la zona LIDAR.

En la superficie a estudiar se recalcula las pérdidas de suelo (A). Como se puede comprobar en la siguiente imagen las pérdidas de suelo son menores donde se ha utilizado la tecnología LIDAR.

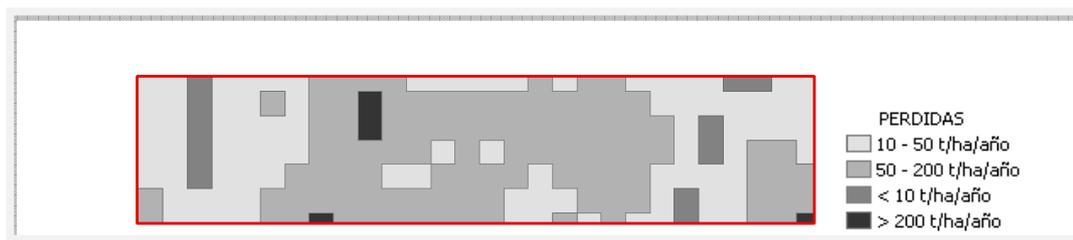


Figura 38. Pérdidas de suelo sin el empleo de la tecnología LIDAR

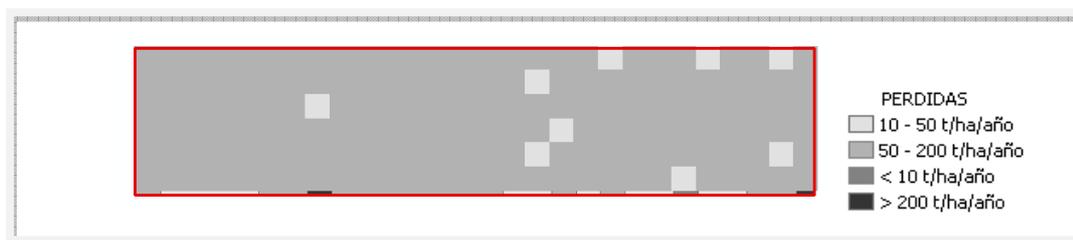


Figura 39. Pérdidas de suelo con la utilización de la tecnología LIDAR

Como se puede observar tras la utilización del LIDAR las pérdidas son menores, ya que se trata de una zona abancalada en la mayoría y calculando de nuevo las pendientes de forma tan detallada observamos que la ordenación hubiese cambiado. Concretamente en esta zona las pérdidas de suelo están sobredimensionadas.



Figura 40. Zona abancalada en Albocasser

Sería conveniente aplicar la tecnología a toda la cuenca para poder subsanar los errores causados por la cartografía poco detallada y así poder realizar una ordenación más correcta y detallada. Debido a su precio y que su completo estudio llevaría un período de tiempo elevado se decide aportar la tecnología LIDAR a futuras líneas de investigación.

Volviendo a las zonas de no coincidencia entre las tres metodologías, los criterios que se proponen para una futura ordenación completa de la cuenca son los siguientes:

a) Cuando coincidan los usos “Mejorar uso agrícola” de la metodología USLE y Mintegui pero la de MOCS sea otro uso, se otorgará el uso de “Mejorar uso agrícola”; ya que esta última metodología no contempla esta alternativa y por ello propone otras soluciones como el cambio de uso. No contempla las mejoras agrícolas, directamente pasa el terreno agrícola a forestal. Tratándose de una zona mediterránea en la que son numerosas las zonas abancaladas se cree necesario el uso de las prácticas de conservación que se contemplan en “Mejorar uso agrícola”.

b) Criterios económicos.

El criterio económico iría asociado a los costes de transformación del uso actual respecto a cada uno de los usos donde las metodologías hayan resultado no coincidentes. Para cada situación particular, debería analizarse el uso actual en función del tipo de cultivo o terreno forestal y los costes asociados a la transformación hacia el uso potencial. Como criterio general, se propone la siguiente escala de costes, que puede servir de orientación genérica:



Figura 41. Pirámide de costes genéricos. Elaboración propia

Una forma de tener en cuenta estos costes de transformación, incluyendo un criterio asociado al valor del suelo sería la determinación de la **renta potencial del terreno**, que incluiría por un lado los

costes de transformación hacia el uso potencial y por otro, la renta del terreno de referencia una vez alcanzado el ciclo productivo característico (agrícola o forestal). Esta valoración debería realizarse en base al *Real Decreto 1492/2011, de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Valoraciones de la Ley de Suelo*. Así, el resultado final en caso de no coincidencia sería el que generase una **mayor renta potencial** para el propietario del terreno.

En las siguientes páginas se incluye un ejemplo de una parcela de uso actual agrícola en una zona con potencialidad para cultivo forestal de trufa en una situación de no coincidencia. En el primer caso se analiza el valor del suelo agrícola en la situación de "*mantener uso agrícola actual*", y se determina la renta y el valor del suelo para ese caso. A continuación se analiza la renta potencial que generaría dicha parcela en caso de transformación a cultivo forestal en situación de "*cambio de uso*". Tal y como puede apreciarse, el valor del suelo es mayor para el caso de transformación a cultivo forestal, aún incluyendo los costes derivados de dicha transformación, por lo que en este caso se optaría por proponer un cambio de uso de terreno agrícola a forestal.

Esta nueva aproximación cobra especial interés en terrenos de **titularidad privada**, donde es posible compatibilizar la ordenación de la cuenca con una situación de optimización de rentas por parte del propietario del terreno, y pierde importancia en terrenos de **titularidad pública**, donde la solución abarcaría únicamente la alternativa de menor coste de transformación. A pesar de que luego se tendrían en cuenta otros beneficios indirectos como la recarga de acuíferos, la reducción de la erosión y resto de externalidades del monte.

VALORACIÓN DE SUELO RURAL SEGÚN R.D.L. 2/2008 Y R.D. 1492/2011

IDENTIFICACIÓN PARCELARIA

	Partida	Parc. Cuenca S.Miguel	
Identif.	Ref. Catastral	Parc. Cuenca S.Miguel	
	Id. Catastral	Parc. Cuenca S.Miguel	
	Valor catastral	200,00 €	
Usos del Suelo	Labor seco	1,000 ha	
	Almendro seco	0,000 ha	
	Improductivo	0,000 ha	
	Pastos	0,000 ha	
	Matorral	0,000 ha	
	Monte bajo	0,000 ha	1,00 ha
Otros elementos suscept.	Edificaciones	0 m2	
	Construcciones	0 m2	
	Instalaciones	0 m2	
	Valoración Otros	0 m2	

REFERENCIAS GRÁFICAS



DISTRIB. POTENCIAL USOS A EFECTOS DE VALORACIÓN

Labor seco	1,000 ha	USOS POTENCIALES:
Almendro seco	0,000 ha	Cebada seco 0,000 ha
Improductivo	0,000 ha	Trufa 0,000 ha
Pastos	0,000 ha	
Matorral	0,000 ha	TOT. MODIF. 0,000 ha
Monte Bajo	0,000 ha	% NUEVO USO 0%

CAPITALIZACIÓN DE RENTAS POR HECTÁREA

Descripción actividad	Labor de seco
Tipo de Renta	Constante e indefinida
Determ. según R.D.1492/2011	Art.13. Pto a.
Periodicidad Ingresos / Gastos	Anual
Tipo de capitalización	1,97 %
Renta anual estimada	61,71 €/ha
Renta teórica por imposible exp.	20,57 €/ha
Valor de capitalización	3.132,00 €/ha
Valor de capitalización sin exp.	512,00 €/ha

DETERMINACIÓN DE LA RENTA POTENCIAL POR HECTÁREA

Costes (R.D.1492/2011 Art.9 Pto 4)		Ingresos (Art.9 Pto 3)		
Costes Directos	Semillas	36,22 €	Productos	387,81 €
	Fertilizantes	96,22 €	Servicios*	0,00 €
	Fitosanitarios	11,86 €	Alquileres	0,00 €
	Otros suministros	11,11 €	Subvenciones	131,36 €
Maquinaria	Trabajos contrat.	21,05 €	* Se incluye la parte proporcional de la renta cinegética.	
	Carb. y lubric.	38,91 €		
	Rep. y repuestos	29,31 €		
M. Obra	Asalariada	3,47 €		
	Familiar	48,57 €		
Otros conceptos	Costes Indirectos	47,09 €		
	Amortizaciones	51,45 €		
	Otros C.I.	40,18 €		
	Act. Precios IPC	22,02 €		

FACTOR DE CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN

Factor de corrección u1.....	1,02
Factor de corrección u2.....	1,59
Factor de corrección u3.....	1,00
Factor global de localización.....	1,62

VALORACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Valor medio ponderado de reposición.....	0 €/m2
Valor de reposición bruto.....	0 €
Valor instalación al final de su vida útil.....	0 €
Coef. Corrector antigüedad y conserv. (β).....	1
Valor de la instalación.....	0,00 €

RESUMEN DE VALOR DE LA PARCELA

Valor total superficies cultivables.....	0,00 €
Valor total superficies sin explotación.....	829,00 €
Valor final del suelo.....	829,00 €
Valor total instalaciones.....	0,00 €

VALOR TOTAL PARCELA 829,00 €

TOTAL 457,46 € TOTAL 519,17 €

RESUMEN DE FLUJOS DE CAJA POR HECTÁREA

Costes Directos	155,41 €
Maquinaria	89,27 €
Mano de Obra	52,04 €
Costes Indirectos	47,09 €
Otros conceptos	160,74 €

Venta de productos.....	387,81 €
Prestación de los servicios de la explotación.....	0,00 €
Subvenciones con carácter estable (P.A.C.).....	131,36 €

RENTA ESTIMADA 61,71 €

Ascende el valor total de la parcela a la cantidad de...

OCHOCIENTOS VEINTINUEVE EUROS

VALORACIÓN DE SUELO RURAL SEGÚN R.D.L. 2/2008 Y R.D. 1492/2011

IDENTIFICACIÓN PARCELARIA

Identif.	Partida	Parc. Cuenca S.Miguel	
	Ref. Catastral	Parc. Cuenca S.Miguel	
	Id. Catastral	Parc. Cuenca S.Miguel	
	Valor catastral	200,00 €	
Usos del Suelo	Labor seco	1,000 ha	1,00 ha
	Almendro seco	0,000 ha	
	Improductivo	0,000 ha	
	Pastos	0,000 ha	
	Matorral	0,000 ha	
	Monte bajo	0,000 ha	
Otros elementos	Edificaciones	0 m2	0 m2
	Construcciones	0 m2	
	Instalaciones	0 m2	
Valoración	Otros	0 m2	

REFERENCIAS GRÁFICAS



DISTRIB. POTENCIAL USOS A EFECTOS DE VALORACIÓN

Labor seco	1,000 ha	USOS POTENCIALES:	
Almendro seco	0,000 ha	Trufa 1,000 ha	
Improductivo	0,000 ha	Cebada seco	0,000 ha
Pastos	0,000 ha	TOT. MODIF.	1,000 ha
Matorral	0,000 ha	% NUEVO USO	100%
Monte Bajo	0,000 ha		

CAPITALIZACIÓN DE RENTAS POR HECTÁREA

Descripción actividad	Cultivo regadío
Tipo de Renta	Variable y periódica
Determ. según R.D.1492/2011	Art.13. Pto e.
Duración rentas variables (I)	36 años
Duración ciclo productivo (K)	36 años
Periodicidad Ingresos / Gastos	Anual
Tipo de capitalización	3,14 %
Valor de capitalización	4.072,70 €/ha
Renta teórica por imposible exp.	20,57 €/ha
Valor de capitalización sin exp.	512,00 €/ha

DETERMINACIÓN DE LA RENTA POTENCIAL POR HECTÁREA

Costes (R.D.1492/2011 Art.9 Pto 4)	Ingresos (Art.9 Pto 3)
COSTES AGRUPADOS	INGRESOS VENTA PRODUCTOS
Año 0 7.462,00 €	Años 0 a 9..... 0 €/año
Año 1..... 3.556,00 €	Años 10 a 15 (trufa)... 5.250 €/año
Año 2..... 3.454,00 €	Años 10 a 35 (trufa)... 8.750 €/año
Años 3,4 y 5..... 6.438,00 €	Año 35 (subproductos)... 11.704 €/año
Año 6..... 43.983,00 €	CUADRO PRECIOS (€/HA-AÑO)
Años 7,8 y 9..... 3.983,00 €	Trat. Vegetación (1),(1).... 894,55 €
Año 10..... 4.683,00 €	Prep. Del terreno (2)..... 966,51 €
Año 11..... 1.699,00 €	Plantación (3)..... 2.320,46 €
Año 12..... 4.683,00 €	Reposición marras (4).... 101,69 €
Año 13..... 1.699,00 €	Laboreos,escardas (5).... 174,32 €
Año 14..... 4.683,00 €	Podas (6)..... 2.983,95 €
Año 15..... 1.699,00 €	Riego con cuba (7)..... 3.180,00 €
Año 16..... 4.683,00 €	Instalación riego (8)..... 40.000,00 €
Año 17..... 1.699,00 €	Riego aspersión (9)..... 725,00 €
Año 18..... 4.683,00 €	Detección (10)..... 200,00 €
Año 19..... 1.699,00 €	Recolección (11)..... 500,00 €
Año 20..... 4.683,00 €	Corta final (12)..... 2.786,99 €
Años 21 a 23..... 1.699,00 €	Otros (IBI, int. Cap.) (13).. 100,00 €
Año 24..... 4.683,00 €	PRODUCCIONES Y PRECIOS
Año 25 a 27..... 1.699,00 €	Prod. Trufa 10-15 años 15,00 kg/ ha
Año 28..... 4.683,00 €	Prod. Trufa 15-35 años 25,00 kg/ ha
Año 29 a 31..... 1.699,00 €	Volumen madera 39,57 m3/ha
Año 32..... 4.683,00 €	Volumen leñas 58,88 ton/ha
Año 33 y 34..... 1.699,00 €	Precio trufa 350,00 €/ kg
Año 35..... 4.486,00 €	Precio madera 30,00 €/ ton
	Precio leña 30,00 €/ ton

FACTOR DE CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN

Factor de corrección u1.....	1,02
Factor de corrección u2.....	1,55
Factor de corrección u3.....	1,00
Factor global de localización.....	1,58

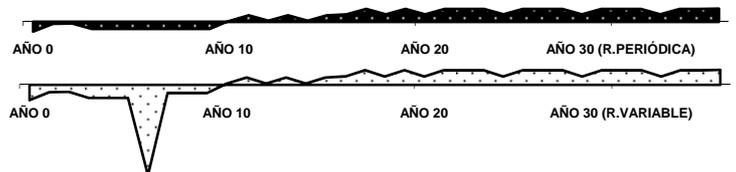
VALORACIÓN DE INSTALACIONES

Valor unitario de reposición.....	0 €/m2
Valor de reposición bruto.....	0,00 €
Valor instalación al final de su vida útil.....	0,00 €
Coef. Corrector antigüedad y conserv. (β).....	1
Valor de la instalación.....	0,00 €

RESUMEN DE VALOR DE LA PARCELA

Valor total superficies cultivables.....	6.426,00 €
Valor total superficies sin explotación.....	0,00 €
Valor final del suelo.....	6.426,00 €
Valor total instalaciones.....	0,00 €

VALOR TOTAL PARCELA 6.426,00 €



SEIS MIL CUATROCIENTOS VEINTISEIS EUROS

FLUJOS DE CAJA CARACTERÍSTICOS DEL CICLO PRODUCTIVO

SUPUESTO	AÑO	ÍNDICE	GASTOS	INGRESOS	RENTA	$Ri+1/(1+r)^{i+1}$	$Ri/(1+r)^i$	OBERVACIONES
RENTAS POTENCIALES VARIABLES (DURACIÓN I=36 AÑOS)	0	1	7.462 €	0 €	-7.462 €	-	-7.235 €	(1)+(2)+(3)+(7)+(13)
	1	2	3.556 €	0 €	-3.556 €	-	-3.343 €	(4)+(5)+(7)+(13)
	2	3	3.454 €	0 €	-3.454 €	-	-3.149 €	(5)+(7)+(13)
	3	4	6.438 €	0 €	-6.438 €	-	-5.690 €	(5)+(6)+(7)+(13)
	4	5	6.438 €	0 €	-6.438 €	-	-5.517 €	(5)+(6)+(7)+(13)
	5	6	6.438 €	0 €	-6.438 €	-	-5.349 €	(5)+(6)+(7)+(13)
	6	7	43.983 €	0 €	-43.983 €	-	-35.433 €	(5)+(6)+(8)+(9)+(13)
	7	8	3.983 €	0 €	-3.983 €	-	-3.111 €	(5)+(6)+(9)+(13)
	8	9	3.983 €	0 €	-3.983 €	-	-3.017 €	(5)+(6)+(9)+(13)
	9	10	3.983 €	0 €	-3.983 €	-	-2.925 €	(5)+(6)+(9)+(13)
	10	11	4.683 €	5.250 €	567 €	-	404 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	11	12	1.699 €	5.250 €	3.551 €	-	2.451 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	12	13	4.683 €	5.250 €	567 €	-	379 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	13	14	1.699 €	5.250 €	3.551 €	-	2.304 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	14	15	4.683 €	5.250 €	567 €	-	357 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	15	16	1.699 €	5.250 €	3.551 €	-	2.166 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	16	17	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	2.406 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	17	18	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	4.044 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	18	19	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	2.262 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	19	20	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.802 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	20	21	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	2.126 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	21	22	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.574 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	22	23	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.465 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	23	24	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.360 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	24	25	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	1.879 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	25	26	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.159 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	26	27	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	3.063 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	27	28	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.970 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	28	29	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	1.661 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	29	30	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.792 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	30	31	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.707 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	31	32	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.625 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	32	33	4.683 €	8.750 €	4.067 €	-	1.468 €	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	33	34	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.467 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	34	35	1.699 €	8.750 €	7.051 €	-	2.392 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
35	36	4.486 €	11.704 €	7.217 €	-	2.374 €	(5)+(9)+(10)+(11)+(12)+(13)	
RENTAS PERIÓDICAS (CICLO PRODUCTIVO K=36 AÑOS)	36	36+1	5.355 €	0 €	-5.355 €	-1.708 €	-	(1')+(2)+(3)+(9)+(13)
	37	36+2	1.101 €	0 €	-1.101 €	-341 €	-	(4)+(5)+(9)+(13)
	38	36+3	999 €	0 €	-999 €	-300 €	-	(5)+(9)+(13)
	39	36+4	3.983 €	0 €	-3.983 €	-1.158 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	40	36+5	3.983 €	0 €	-3.983 €	-1.123 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	41	36+6	3.983 €	0 €	-3.983 €	-1.089 €	-	(5)+(6)+(8')+(9)+(13)
	42	36+7	3.983 €	0 €	-3.983 €	-1.056 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	43	36+8	3.983 €	0 €	-3.983 €	-1.024 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	44	36+9	3.983 €	0 €	-3.983 €	-992 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	45	36+10	3.983 €	0 €	-3.983 €	-962 €	-	(5)+(6)+(9)+(13)
	46	36+11	4.683 €	5.250 €	567 €	133 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	47	36+12	1.699 €	5.250 €	3.551 €	806 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	48	36+13	4.683 €	5.250 €	567 €	125 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	49	36+14	1.699 €	5.250 €	3.551 €	758 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	50	36+15	4.683 €	5.250 €	567 €	117 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	51	36+16	1.699 €	5.250 €	3.551 €	713 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	52	36+17	4.683 €	8.750 €	4.067 €	791 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	53	36+18	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.330 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	54	36+19	4.683 €	8.750 €	4.067 €	744 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	55	36+20	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.251 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	56	36+21	4.683 €	8.750 €	4.067 €	699 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	57	36+22	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.176 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	58	36+23	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.140 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	59	36+24	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.105 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	60	36+25	4.683 €	8.750 €	4.067 €	618 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	61	36+26	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.039 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	62	36+27	1.699 €	8.750 €	7.051 €	1.008 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	63	36+28	1.699 €	8.750 €	7.051 €	977 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	64	36+29	4.683 €	8.750 €	4.067 €	546 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	65	36+30	1.699 €	8.750 €	7.051 €	918 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	66	36+31	1.699 €	8.750 €	7.051 €	891 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	67	36+32	1.699 €	8.750 €	7.051 €	863 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	68	36+33	4.683 €	8.750 €	4.067 €	483 €	-	(5)+(6)+(9)+(10)+(11)+(13)
	69	36+34	1.699 €	8.750 €	7.051 €	812 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	70	36+35	1.699 €	8.750 €	7.051 €	787 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(13)
	71	36+36	4.486 €	11.704 €	7.217 €	781 €	-	(5)+(9)+(10)+(11)+(12)+(13)

Factor $(1+r)^k / ((1+r)^{(k-1)})$

1,49

c)Criterios paisajísticos. Se tendrán en cuenta los paisajes característicos de la zona, para ello mediante herramientas GIS deben realizarse los modelos de calidad y fragilidad.

La visibilidad o cuenca visual es la porción de paisaje visualmente autocontenida, que abarca toda el área de visualización que un observador tiene del paisaje. La fragilidad de un paisaje es la “susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso o actuación sobre él”. Se le puede considerar como una cualidad de carácter genérico y por ello intrínseca al territorio (AGUILÓ *et al.*, 1995). Por calidad paisajística o calidad visual de un paisaje se entiende “el grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra manera, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve” (BLANCO, 1979). Estas tres cualidades visuales tienen su interés porque, combinadas entre sí, permiten una ordenación de preferencia en virtud del valor territorial para la conservación del paisaje, con el fin del establecimiento de Categorías de Ordenación del Paisaje. El paisaje puede ser analizado y clasificado a través de términos cualitativos basados principalmente en observaciones subjetivas, donde la percepción es un fenómeno activo y, tanto las experiencias previas, como el medio cultural ayudan a elaborar una imagen individual de éste. Pero también puede ser objeto de un estudio cuantificado, por medio de la sistematización de la información recabada, organizando tablas y matrices que permitan una valoración ponderada de la información.

El método que se propone para tener en cuenta los criterios paisajísticos se explica a continuación:

1. Realización del **informe de calidad (crear el plano de calidad):**

Elección de variables (cartografía que necesito para conseguir el modelo).

En primer lugar hay que decidir qué tipo de cartografía se utiliza para la evaluación del modelo. Estas capas darán una idea de las características del terreno en cuanto a muchos aspectos posibles, y así, se podrá valorar su calidad paisajística como resultado de la suma de todas las valoraciones de cada mapa. La cartografía que se propone utilizar es la siguiente:

Fisiografía: da una idea de las características morfológicas del terreno.

Formaciones singulares: esta capa hace referencia a paisajes muy valorados por la población del entorno.

Histórico-cultural: cualquier edificio de carácter histórico-cultural aporta posibles reclamos en cuanto a calidad visual. Son aspectos muy visibles (visitados) por la población y es por ello que hay que intentar conservar su entorno inmediato y destacarlos.

Comunicaciones: esta capa hace referencia a la presencia de vías de comunicación de primer orden (autovía) y a la red secundaria. Consideramos un impacto negativo al terreno si aparecen con asiduidad.

Hidrología puntual: ofrece información sobre los puntos de agua de toda la superficie del terreno a estudiar. Se debe valorar positivamente cualquier presencia de agua en el ambiente.

Hidrografía: Hace referencia a la presencia de agua en el territorio. Representa la cuenca fluvial e hidrográfica. Es una capa a destacar por aportar valores positivos en cuanto a calidad.

Láminas: hace referencia a las láminas de agua presentes en la cuenca. Es un aspecto a valorar positivamente en cuanto a calidad, pues dan valor tanto paisajístico como en cuanto a biodiversidad y variedad cromática se refiere.

Usos: es una de las capas más importantes a utilizar, pues refleja los usos del suelo de toda la superficie a estudiar. Este aspecto es importantísimo, y tiene un gran peso a la hora de valorar en conjunto. Existen determinados usos como el de cantera o suelo urbano que influyen negativamente, ya que provocan un impacto visual de gran importancia, devaluando el terreno. Mientras, aspectos como bosque arbolado, vegetación de ribera etc. influirán en positivo, ya que mejoran la calidad aportando poli-cromatismo, calidad visual...

Preparación de los datos (convertir a raster, seleccionar elementos...)

Se debe convertir a raster todas aquellas capas que sean vectoriales.

El motivo de dicha transformación es poder trabajar con mallas y combinar las distintas capas en futuros procesos. Convertir las capas a mallas de píxeles permite sumar el valor de cada uno en las distintas capas.

Reclasificación

Consiste en asignar valores numéricos a cada uno de los atributos de las capas que se utilicen, se considera la máxima calidad con un 5, la mínima con un 1, y aquello que no se desee que influya o que tenga un valor medio con un 3 (el 4 y 2 quedarían entre medias). Así pues, por ejemplo se pueden otorgar valores tales como los siguientes: un bosque denso tendrá un valor 5, la fisiografía llana un 3 etc.

Combinación de capas

Se debe asignar un peso específico a cada aspecto (fisiografía, láminas de agua y el resto de capas) a valorar. La suma de todos hará obtener el modelo de calidad.

2. Realización del **informe de fragilidad (crear el plano de fragilidad):**

Elección de variables (cartografía que necesito para conseguir el modelo).

En primer lugar hay que decidir qué tipo de cartografía se utiliza para la evaluación del modelo. Estas capas darán una idea de las características del terreno en cuanto a muchos aspectos posibles, y así, se podrá valorar su fragilidad como resultado de la suma de todas las valoraciones de cada mapa

Formaciones singulares: debe ser usada tanto como elemento frágil en sí, como para el cálculo de accesibilidad visual desde ella; ya que se trata de un sitio estratégico.

Pendiente: aporta los mismos datos que la capa fisiografía, pero es mucho más nítida. Será utilizada para el cálculo de la complejidad del terreno como aspecto a destacar en la fragilidad.

Histórico cultural: utilizada para dos cálculos, la accesibilidad visual desde ellos y la fragilidad que conlleva en sí cada elemento.

Comunicaciones: utilizada para el cálculo de accesibilidad visual

Visibilidad: hace una idea de la intervisibilidad entre puntos. Con ello se conocen los puntos más susceptibles a ser vistos, y por tanto más frágiles.

Vía verde: da el trazado de la vía verde. Esta capa será utilizada para comprobar la accesibilidad visual desde la vía.

Punto núcleos urbanos: esta capa la es utilizada para el cálculo de accesibilidad visual desde ellos. La razón es que son lugares desde los cuales existen puntos frágiles alrededor, muy susceptibles a ser vistos por la población. Debido a que hay más población serán más frágiles.

Punto montaña: de igual manera que en el caso anterior, sirve para calcular la accesibilidad visual de los puntos más altos de los montes del terreno a estudiar. Se trata de enclaves estratégicos en cuanto a fragilidad, pues es donde más acceso visual existe a los diferentes lugares del término municipal, y más situados en el entorno natural.

Preparación de los datos (convertir a ráster, cálculo de las cuencas visuales, seleccionar elementos...)

Se debe convertir a raster todas aquellas capas que sean vectoriales.

Una vez realizado lo anterior se debe proceder al cálculo de accesibilidad visual o cuencas visuales. Esto consiste en calcular el grado de visibilidad (herramienta GIS) que se tiene desde ciertos puntos estratégicos ya sea por su singularidad, por su asiduidad de visitas o estar siempre poblado, o por su gran amplitud de vistas.

Reclasificación

Consiste en asignar valores numéricos a cada uno de los atributos de las capas que se utilicen, se considera la máxima fragilidad con un 5, la mínima con un 1, y aquello que no se desee que influya o que tenga un valor medio con un 3 (el 4 y 2 quedarían entre medias). Así pues, por ejemplo se pueden otorgar valores tales como los siguientes: un afloramiento rocoso tendrá un valor 5, la pendiente baja un 1, etc.

Combinación de capas

Se debe asignar un peso específico a cada aspecto (visibilidad, comunicaciones y el resto de capas) a valorar. La suma de todos hará obtener el modelo de calidad.

3. Combinación de los planos de calidad y fragilidad: Es importante destacar que aquellas áreas que presenten las combinaciones de alta calidad y alta fragilidad visual serán áreas de gran importancia para su protección; las de alta calidad y baja fragilidad serán zonas adecuadas a la promoción de actividades en las cuales el paisaje constituya un factor de atracción; las zonas de baja calidad y baja

fragilidad serán áreas que puedan ser utilizadas para actividades que puedan causar impactos visuales muy fuertes.

Entonces, tanto la calidad como la fragilidad visual del paisaje incorporan la posibilidad de la presencia de las actividades urbanísticas y condicionan ámbitos selectivos sometidos a restricciones. Es por ello que estas variables del paisaje son aspectos a considerar en la planificación de usos y actividades a implantar en un territorio determinado.

ZONA	ALTA CALIDAD Y ALTA FRAGILIDAD	BAJA CALIDAD Y BAJA FRAGILIDAD	ALTERNATIVAS DISTINTAS A LAS ANTERIORES
Forestal	Mantener uso forestal	Mejorar uso forestal	No tener en cuenta los criterios paisajísticos
Agrícola	Mantener uso agrícola	Mejorar uso agrícola o Cambio de uso*	

Tabla 45. Ordenación de la cuenca según criterios paisajísticos. Fuente: elaboración propia.

*En las zonas con baja calidad y fragilidad situadas en superficie agrícola se realizará una mejora agrícola o un cambio de uso dependiendo del paisaje del cual esté rodeado, se intentará crear un mosaico agroforestal, se elegirá la actividad que genere un impacto visual más positivo.



Figura 42. Zona abancalada en Sarratella

4. CONCLUSIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se han identificado, descrito y analizado tres metodologías de ordenación de cuencas tradicionales como son la del Modelo USLE, la metodología con criterios de Mintegui y, la de criterios de sostenibilidad, aplicándose cada una de ellas para el caso concreto de la cuenca del río San Miguel, provincia de Castellón y obti resultados distintos con cada una de ellas.
- ✓ A través de los SIG, fue posible identificar zonas estratégicas de la cuenca de estudio en donde se deben implementar medidas de ordenación agro-hidrológica, conservación y restauración. El empleo de herramientas SIG en trabajos de esta naturaleza es imprescindible para obtener buenos resultados y realizar los cálculos necesarios. Esta herramienta ha sido válida para este trabajo.
- ✓ Se han comparado las tres metodologías de ordenación mediante el análisis de 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. La divergencia de asignación de usos en un mismo territorio, señala la necesidad de determinar nuevos criterios para resolver la diferente asignación de usos según la metodología que se emplee.
- ✓ De dicha comparación se concluye que la actividad más coincidente entre metodologías es la repoblación forestal, se presentan algunas diferencias en las superficies de asignación de actividades en la cuenca respecto a las tres metodologías, las cuáles pueden observarse claramente en los mapas resultantes de la ordenación de la cuenca.
- ✓ La metodología Mintegui y USLE poseen una coincidencia (índice kappa) muy alta en cambio la MOCS con las dos anteriores discrepan en una gran parte de la superficie.
- ✓ La aplicación del modelo USLE es el método más extendido en la determinación de evaluaciones del riesgo de erosión del suelo, a pesar de que tiene limitaciones, ya que sólo tiene en cuenta las pérdidas de suelo y no los índices de protección del suelo por vegetación u otros factores, sirve de base para los otros dos modelos estudiados en este Trabajo y a partir de sus resultados se pueden establecer una serie de medidas iniciales para la conservación de los suelos.

- ✓ La metodología de Mintegui, se basa además en la clasificación de los índices de protección del suelo por la vegetación, y a diferencia de USLE, que solo toma en cuenta el fenómeno erosivo de manera física, analiza los usos del suelo actuales, los estratos de vegetación, el tipo de suelo y la vocación del territorio, para finalmente proponer alternativas de actuaciones en el territorio. A pesar de tener en cuenta más factores que la metodología USLE los resultados obtenidos de la ordenación son bastantes similares; al contrario que pasa al comparar la ordenación de Mintegui con la MOCS.
- ✓ La metodología de criterios de sostenibilidad determina objetivos que son propios de la sostenibilidad (protección de ecosistemas, aumento de la riqueza en biodiversidad, etc.). Esta metodología puede proponer una mayor cantidad de actividades diferentes para la ordenación y conservación de recursos naturales en la cuenca. En el caso de esta cuenca, esta metodología no se ha ajustado correctamente, ya que no contempla la mejora agrícola y las otras dos metodologías han dado gran superficie con esa actividad, por lo que ha discrepado con el resto de metodologías en una superficie elevada.
- ✓ Se ha empleado la tecnología LIDAR para obtener una ordenación más detallada, un MDT con mayor precisión. Se concluye que esta herramienta es eficaz, conveniente y necesaria en la ordenación de cuencas. Su aplicación a toda la cuenca permitirá obtener una ordenación de mayor calidad y efectividad. Los inconvenientes del uso de esta tecnología son el coste de los vuelos LIDAR que puede ser elevado y que el tratamiento de toda la cuenca que puede requerir un tiempo elevado para analizar todos los datos del LIDAR.
- ✓ Con una metodología que tiene en cuenta los criterios paisajísticos se obtendría el impacto visual. Los criterios que se han propuesto son para las zonas de alta calidad y fragilidad mantener las zonas forestales y agrícolas y para las zonas de baja calidad y fragilidad mejorar el uso agrícola y forestal o cambiar el uso (dependiendo del impacto visual que genere), para el resto de zonas se propone no tener en cuenta los criterios paisajísticos.
- ✓ Las metodologías tradicionales analizadas no contemplan el coste de las medidas a tomar en sus ordenaciones, pudiendo ser irrealizables por motivos económicos. Se plantea en este trabajo la necesidad de la incorporación de criterios económicos en la toma de decisiones, que haga realizable la ordenación propuesta.

4.2. APORTES DEL TRABAJO

- ✓ Por medio de la metodología según criterios de Sostenibilidad se ha evaluado las capacidades del medio en la cuenca de San Miguel (Castellón) para acoger actividades. Asimismo, se han elaborado mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación, para cada una de las actividades propuestas.
- ✓ Se han realizado planos y mapas para la caracterización y ordenación de la cuenca del San Miguel.
- ✓ Se plantea la necesidad de desarrollar una nueva metodología que permita adaptar las tres metodologías utilizadas y proponga nuevos criterios para ordenar.
- ✓ Se propone la tecnología LIDAR para evitar errores en zonas abancaladas y en el resto de la cuenca y poder realizar así una ordenación más adecuada a la realidad física de la cuenca.
- ✓ Se ha incluido los criterios paisajísticos con una propuesta para calcular la calidad y fragilidad de la cuenca e incluirla para asignar una actividad u otra.
- ✓ Se incluye los criterios económicos, siendo muy importantes para la toma de decisiones para ordenar la cuenca. Deben estudiarse en profundidad para futuros trabajos.
- ✓ 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 demuestra que es necesario implementar con nuevos factores y consideraciones, los elementos a tener en cuenta en la ordenación de cuencas y se han identificado los criterios más adecuados de las metodologías clásicas a tener en cuenta en la ordenación de cuencas.

4.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ Investigar y validar la aplicación de estas metodologías, en otros ámbitos biogeográficos.
- ✓ Considerar e incorporar la influencia en las aguas subterráneas dentro de los criterios a tener en cuenta para la ordenación de cuencas, 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. Se intentaría solventar problemas tales como la salinización de acuíferos.
- ✓ Concretar en la propuesta de mejora de ordenación en el caso de la "Mejora forestal" el tipo de repoblación más adecuada en función principalmente de la pendiente de la zona.
- ✓ Ampliar las opciones y alternativas de cambio de uso del suelo, incorporando nuevas posibilidades de transformación que otorguen una mayor flexibilidad a la metodología como el cambio de uso forestal a agrícola, de suelo improductivo a forestal, de agrícola a improductivo, etc.
- ✓ Estudiar la adaptación de la nueva tecnología LIDAR a la ordenación de cuencas, especialmente en aquellos aspectos donde puede aportar una mayor precisión en la toma y evaluación de datos, y desarrollar una respuesta metodológica acorde a la nueva escala de trabajo. Uno de los casos más frecuentes es la perfecta caracterización de abanalamientos y taludes que con las herramientas y técnicas de uso común hasta el momento pasaban desapercibidos y eran gestionados como zonas con pendiente uniforme.
- ✓ Con el aporte de la herramienta LIDAR se consigue un estudio de los estratos de la vegetación más pormenorizados que llevan a la toma de decisiones más fundamentada.
- ✓ Incorporar criterios económicos a las actuales metodologías de ordenación de cuencas, que permitan evaluar desde un punto de vista más realista las verdaderas opciones de actuación, y adaptar los mismos a los distintos tipos de propiedad y niveles de gobernanza forestal.
- ✓ Línea de investigación para determinar materiales y métodos para integrar los criterios paisajísticos e incorporarlos a la Ordenación de Cuencas.

- ✓ Incluir modelos hidrológicos a las metodologías de ordenación de cuencas para lograr una visión más realista y objetiva de la ordenación.
- ✓ Estudiar la posible alteración que los incendios pueden ocasionar en el territorio y plantear la ordenación de forma que se tengan en cuenta, dado que los procesos erosivos iniciados por incendios forestales, provocan serios problemas, especialmente en el área mediterránea europea (DÍAZ-FIERROS *et al.* ,1994)
- ✓ Estudio pormenorizado de la afección de los espacios naturales a la ordenación de cuencas, ya que su existencia puede limitar la asignación de los usos más convenientes para la gestión integral de las cuencas
- ✓ Estudiar escenarios de la incidencia del cambio climático sobre los usos del suelo en una cuenca hidrográfica, y estudiar los posibles riesgos para el territorio y cuáles serían las futuras actividades de ordenación ante estos cambios. Para ello se puede comenzar por estudios ya realizados en la Comunidad Valenciana y adaptarlos a la cuenca. (GONZÁLEZ HIDALGO *et al*,2001 y 2005)

5. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILO M., ARAMBURU, M. P., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CARRASCO, R. M., CASTILLA, G., CASTILLO, V., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., DÍAZ, M., DIAZ, A., ESCRIBANO, R., ESCRIBANO, M. M., FRUTOS, M., GALIANA, F., GARCIA, A., GLARIA, G., GONZALEZ, S., GONZALEZ, C., IGLESIAS, E., MARTIN, A., MARTINEZ, E., MILARA, R., MONZÓN, A., ORTEGA, C., OTERO, I., PEDRAZA, J., PINEDO, A., PUIG, J., RAMOS, A., RODRIGUEZ, I., SANZ, M. A., TEVAR, G., TORRECILLA, I., YOLDI, I., Y RHEA, S. A. ,1993. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y Medio Ambiente Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid: 809 pp.
- AEFA, 2007. *Mapa de series, geoseris 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.
- ALTMAN, D.G., 1991. *Practical statistics for medical research*. New York. Chapman and Hall.
- AMORE, E., MODICA, C., NEARING, M., SANTORO, V., 2004. *Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins*. Journal of Hydrology 293, 100–114.
- BLANCO, A. A. (1979). *La definición de unidades de paisaje y su clasificación en la provincia de Santander*. Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Montes. Univ. Politécnica de Madrid.
- CERDÁ, A., FLANAGAN, D.C., LE BISSONNAIS, Y., BOARDMAN, J., 2009. *Soil erosion and agriculture*. Soil and Tillage Research 107–108.
- CLAVER I. ET AL., 1982. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. CEOTMA. MOPU. Madrid.
- DÍAZ-FIERROS, F., BENITO, E. Y SOTO, B. (1994): *Action of forest fires on vegetation cover and soil erodibility*. In: Sala, M. & Rubio, J. L. (Ed.): Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires, 163-176
- FAO-PNUMA-UNESCO, 1981. *Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. FAO, PNUMA y UNESCO. Roma
- GALIANA, L.; VINUESA, J. (COORDS.) (2010): *Teoría y práctica para una ordenación racional del territorio*, Madrid, Síntesis.

- GARCIA-FAYOS,P., HERNÁNDEZ,J.L., AND RUBIO,J.L., 1989. *Relaciones entre parámetros ambientales y erosionabilidad*. Options Méditerranéennes, série A: séminaires Méditerranéens, 3: 327-330.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUE CAMACHO, C.; 2000. FITOCLIMOAL'2000, *un programa para la diagnosis, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas*. Montes 67: 9-18.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2003. *Aplicación de la teoría de la envolvente convexa a la mejora del sistema fitoclimático Allué-Andrade*. Ecología 17: 329-343.
- GARCÍA NÁJERA J. M. 1954. *Pendientes máximas admisibles en las tierras de cultivo y cálculo de las terrazas intermitentes con desagüe para la conservación del suelo (banquetas de infiltración)*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 29 pp.
- GARCIA-RUIZ, J.M., 2010. *The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review*. Catena 81, 1–11.
- GISBERT, J.M. E IBÁÑEZ, S. 2003. *Procesos erosivos en la provincia de Alicante*. Generalitat Valenciana, Consellería de Medio Ambiente, 400 pp + 120 mapas
- GÓMEZ OREA, D. 1994. *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. Ed. Instituto Tecnológico GeoMinero de España-Ed. Agrícola Española, S.A. 238 p.
- GÓMEZ OREA, D. 2002. *Ordenación territorial*. Editorial Agrícola Española: Mundi Prensa. Madrid, España. 704 pp.
- GÓNZALEZ-HIDALGO, J.C., DE LUÍS, M. Y RAVENTÓS, J. (2001): *The spatial and temporal structure of rainfall trends in the Valencia Region (eastern of Spain) over the second half of the 20th century*. En *Detecting and modeling Regional climate change and Associated impacts* (M. Bruned y A.D. López, eds.), Springer Verlag. Berlin, 175-189.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., DE LUÍS, M. Y PEÑA MONJE.L. (2005) *Los eventos extremos de precipitación, la variabilidad del clima y la erosión del suelo. Reflexiones ante el cambio del clima en los sistemas mediterráneos*. Rev. C. & C., 19 (1-2), 49-62.
- GONZALEZ REBOLLAR J.L., 1974 - *Diagramas Bioclimáticos I* .C.O.N.A. Madrid..
- I.C.O.N.A., 1982. *Paisajes erosivos en el Sur Este Español: ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. ICONAMAPA. Monografía 26. 67 pp.
- ICONA (1987-93) "*Mapas de Estados Erosivos*" (*adaptados a las superficies asignadas a cada una de las Confederaciones Hidrográficas de España*). Publicaciones del M.A.P.A.

- 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", 187 págs., I.F.I.E. Madrid.
- *Mapa Forestal de España a escala 1:200.000*. Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza. 1997.
- *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 2010.
- 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., 1994. *Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos*. *Ingeniería del Agua*. Volumen 1, Nº 2, 69-82.
- 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 Y LÓPEZ, 1990. *La ordenación agroecológica en la Planificación*. Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria.
- MONTERO DE BURGOS J.L., 1976 - *Las relaciones clima-vegetación*. Rev. Montes, nº 1 86, Madrid
- MONTERO, J. L. & QUERAL, I. 1989. *Estudio ambiental para la repoblación del Desierto de las Palmas. Premio de Ciencias y Técnica*. Publicaciones del Excelentísimo Ayuntamiento de Castellón de la Plana.
- MOPT, 1992. *Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico*. Contenido y Metodología. MOPT. Madrid.

- MARM, 2008. *Programa de acción nacional contra la desertificación*. Convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación. 208 pp.
- MOREIRA, 1991. *Capacidad de uso y erosión de suelos*. Agencia de medio ambiente. Junta de Andalucía. 446 pp.
- OVALLES Y., MÉNDEZ VERGARA E., RAMIREZ G., 2008. *Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión*. Revista forestal venezolana 52(2), 241-252.
- RAMOS A., 1987. *Diccionario de la Naturaleza: Hombre, ecología y paisaje*. Espasa-Calpe. Madrid
- RIVAS MARTÍNEZ, 1987. *Memoria Del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA, España. 268 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.
- RUIZ SINOGA, J.D., MARTINEZ MURILLO, J.F., 2009. *Hydrological response of abandoned agricultural soils along a climatological gradient on metamorphic parent material in southern Spain*. Earth Surface Process and Landforms 34, 2047–2056.
- SHENG T.C., 1992. *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. FAO. ROMA, Italia. 185 pp.
- SERRADA, RAFAEL, 2011. *Restauración hidrológica forestal*. Curso de verano. Santander
- STRAHLER A.N., 1952. *Hypsometric area-altitude analysis of erosional topography*. Bulletin of the Geological Society of America 63: 1117-1142.
- TEJERA, B., 2001. *Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- 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.
- ZARAGOZÍ ZARAGOZÍ 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://sig.magrama.es/geoportal/> [Octubre,2012]

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datosnaturaleza/> informacion-disponible/red_natura_2000.aspx [Octubre, 2012]

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datosnaturaleza/> informacion-disponible/ifn2.aspx [Octubre,2012]

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datosnaturaleza/> informacion-disponible/mfe200.aspx [Octubre, 2012]

<http://www.ive.es/> [Octubre, 2012]

http://cartoweb.cma.gva.es/metadatos/coput_riesgo_de_erosion_actual_1992.xml [Octubre, 2012]

<http://www.cuevascastellon.uji.es/ES6D01.php?id=1711> [Noviembre, 2012]

<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=1022&idioma=C> [Noviembre, 2012]

<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf> [Octubre, 2012]

<http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/chapter1.html> [Noviembre, 2012]