

Ordenación de la Cuenca del Barranco de la Garganta con Criterios de Sostenibilidad

Tesina de Máster



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Autor:

Alicia Santacreu Pascual

Directores:

Leticia López Sardá

José Andrés Torrent Bravo

VALENCIA, 2009

Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1.1.	Introducción.....	5
1.2.	Objetivos.....	9

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1.	ELECCIÓN CUENCA DE ESTUDIO.....	10
2.2.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	10
2.2.1.	Situación.....	10
2.2.1.1.	Localización geográfica.....	10
2.2.1.2.	Caracterización general del barranco de la garganta y de su cuenca.....	12
2.2.2.	Geología.....	16
2.2.2.1.	Geología general de la zona de estudio.....	16
2.2.2.2.	Litología.....	16
2.2.2.3.	Neotectónica.....	19
2.2.2.4.	Estratigrafía.....	19
2.2.2.5.	Geomorfología.....	22
2.2.2.6.	Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.....	22
2.2.2.7.	Descripción de suelos.....	23
2.2.3.	Clima.....	25
2.2.3.1.	Elección de observatorios meteorológicos.....	25
2.2.3.2.	Pluviometría.....	26
2.2.3.3.	Termometría.....	28
2.2.3.4.	Balances hídricos.....	30
2.2.3.5.	Índices climáticos.....	35
2.2.4.	Vegetación y cultivos.....	38
2.2.4.1.	Vegetación potencial.....	38
2.2.4.2.	Vegetación actual y distribución de usos del suelo en la zona de estudio.....	39
2.2.5.	Montes a cargo de la administración.....	41
2.2.6.	Características socioeconómicas.....	41
2.2.6.1.	Datos geográficos.....	41
2.2.6.2.	Demografía y análisis de la población.....	42
2.2.6.3.	El mercado de trabajo.....	45

2.2.6.4.	Análisis de cada uno de los sectores económicos.....	46
2.2.6.4.1.	Sector primario.....	46
2.2.6.4.2.	Sector secundario.....	48
2.2.6.4.3.	Sector terciario.....	49
2.3.	HIDROLOGÍA FORESTAL.....	50
2.3.1.	Reseña hidrográfica.....	50
2.3.1.1.	El sistema de drenaje.....	50
2.3.1.2.	El Barranco de la Garganta.....	50
2.3.2.	Características morfológicas.....	51
2.3.2.1.	Parámetros de forma.....	51
2.3.2.1.1.	Coeficiente de Gravelius.....	51
2.3.2.2.	Parámetros de relieve.....	52
2.3.2.2.1.	Curva hipsométrica.....	52
2.3.2.2.2.	Altura media.....	53
2.3.2.2.3.	Altitud media.....	53
2.3.2.2.4.	Pendiente media.....	53
2.3.2.3.	Parámetros relativos a la red hidrográfica.....	54
2.3.2.3.1.	Densidad de drenaje.....	54
2.3.2.3.2.	Pendiente media del cauce principal.....	55
2.3.3.	Cálculo de caudales.....	55
2.3.3.1.	Aplicación de la fórmula empírica de García Nájera.....	55
2.3.3.2.	Aplicación del método de la dirección general de carreteras del M.O.P.U.....	56
2.4.	EROSIÓN EN LA CUENCA DE ESTUDIO.....	61
2.4.1.	Índices de protección del suelo por la vegetación.....	62
2.5.	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	65
2.5.1.	Estudio de la problemática de la cuenca.....	65
2.5.2.	Establecimiento de los objetivos.....	66
2.5.3.	Definición de actividades para lograr los objetivos.....	67
2.5.4.	Inventario y análisis del medio: cartografía temática	68
2.5.5.	Estudio de la capacidad de acogida de las actividades.....	71
2.5.6.	Estudio del Grado de Conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz del grado de conveniencia.....	82
2.5.7.	Adecuación de actividades: Capacidad x Conveniencia.....	93
2.5.8.	Propuesta de actividades para optimizar los objetivos.....	94
2.5.8.1.	Asignación de actividades.....	95
2.5.8.2.	Actividades propuestas.....	96

2.6. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.....	98
2.6.1. USLE: procedimientos de cálculo.....	99
2.6.1.1. El factor erosividad de la lluvia (R):.....	99
2.6.1.2. El factor erosionabilidad (K).....	100
2.6.1.3. El factor longitud-inclinación LS.....	101
2.6.1.4. El factor cubierta vegetal o factor C.....	103
2.6.1.5. El factor de prácticas de conservación.....	105
2.6.1.6. La tasa de pérdidas de suelo:.....	106
2.6.2. La pérdida de suelo tolerable.....	106
2.6.3. La aplicación del Modelo USLE para la Ordenación de una cuenca.....	109
2.7. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI(1990).....	111
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	113
3.1. Introducción.....	113
3.2. Presentación de resultados.	114
3.3. Estudio comparativo de las superficies de actuación.....	115
3.4. Estudio cuantitativo de las coincidencias de los métodos: Cálculo del Índice de Kappa.....	122
3.4.1. Cálculo del Índice de Kappa.....	125
CAPITULO 4. CONCLUSIONES.....	127
CAPITULO 5. BIBLIOGRAFÍA.....	129
ÍNDICE DE FIGURAS.....	132
ÍNDICE DE FOTOS.....	133
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	133
ÍNDICE DE TABLAS.....	134
ANEXOS:	
ANEXO I: FOTOGRÁFICO.....	139
ANEXO II: PLANOS.....	155

CAPITULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1.1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

Las precipitaciones en la cuenca constituyen la base del recurso hídrico y abastecimiento de agua (riegos, abastecimiento urbano, etc.). La repetición de las precipitaciones entre escorrentías superficiales e infiltraciones profundas de recarga

de acuíferos enmarca una problemática general de cada cuenca en los que pueden existir situaciones de predominio de escorrentías superficiales, que generan erosión de suelos, avenidas, inundaciones y dañan a infraestructuras o pueden predominar situaciones de infiltración, transformando escorrentías en dotaciones hídricas del suelo y subsuelo.

La palabra erosión proviene del latín “*erodere*”, y en sentido amplio significa: *desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continúa y violenta de otros*. Pero en Hidrología, erosión se puede definir como: *el desgaste de la superficie terrestre por agentes externos como el agua o el viento*. Los dos agentes erosivos naturales más importantes son el viento y el agua.

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

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

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

En España, el reto ecológico más importante a nivel cuenca es la conservación del agua y del suelo, que son dos recursos naturales básicos.

La Restauración Hidrológico Forestal (en adelante RHF) es la herramienta técnica con la que la ingeniería forestal española viene acometiendo el objetivo de conservar ambos recursos.

La RHF se concreta en el conjunto de actuaciones de restauración de la vegetación, prácticas de conservación de suelos e hidrotecnias de corrección en la red de drenaje, conducentes a mitigar las consecuencias negativas de la dinámica torrencial y de sus manifestaciones (erosión, transporte y sedimentación).

El origen de la RHF es centroeuropeo, donde se comienza a aplicar a mediados del siglo XX bajo la denominación de “Restauración de Montañas”, pero ha sido en España donde ha encontrado un mayor campo de aplicación y desarrollo debido a la gravedad de su problemática erosiva.

Los restauradores españoles de principios de siglo, para dar coherencia al conjunto de actuaciones, identificaban los proyectos de RHF tras la elaboración de una “Memoria de Reconocimiento de la Cuenca”, que desembocaba en la identificación de las subcuencas prioritarias de actuación. Los proyectos de restauración estaban sometidos a un proceso de revisiones periódicas que permitía evaluar la eficacia de las actuaciones ejecutadas y proponer otras nuevas. Desgraciadamente, las fases de planificación y revisión de los proyectos cayeron en desuso a finales de los años veinte, dejando incompleto un esquema de trabajo en fases, muy avanzado para su época.

En la segunda mitad del siglo XX, la visión de conjunto de la cuenca hidrográfica, toma fuerza definitivamente, no sólo como escenario de integración de las actuaciones de RHF, sino como carácter global al incluir también las actividades naturales, productivas, culturales y vitales de los hombres en ella. A partir de los trabajos de Colman (1953) se genera el concepto de “manejo de cuencas” (*watershed management*), enfoque que aporta una visión sistémica de la cuenca como espacio físico y escenario de las actividades que en ella concurren y de sus interrelaciones (Hufschmidt, 1986).

Posteriormente, surge la “ordenación de cuencas hidrográficas” como expresión europea del concepto americano “Manejo de Cuencas”. Europa, al igual que América, ha ejercido gran influencia en materia de gestión integral de cuencas. España primero y después Francia contribuyeron a crear escuela en este campo. El contenido se

amplia y se concreta en la formulación y ejecución de un sistema de actuaciones, incluyendo el manejo de los recursos de la cuenca, para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente a los recursos suelo y agua, contando con los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro de ella y en su entorno (FAO, 1992).

Como corolario, la cuenca hidrográfica se constituye en referente y unidad territorial de actuación (López Cadenas de Llano, 1994) de planificación (FAO, 1992) y de gestión (López Cadenas de Llano, 1995), especialmente, para el aprovechamiento de los recursos que ofrecen los sistemas fluviales (González del Tánago *et al.*, 1998).

En los últimos años ha surgido el nuevo paradigma de sostenibilidad que necesariamente debe expresarse en todas las manifestaciones humanas, singularmente, en la ingeniería por su gran capacidad de transformación del medio físico. En la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) se consagró la necesidad de garantizar el uso de los recursos en el tiempo y en el espacio o, lo que es lo mismo, un desarrollo sostenible que garantice el mantenimiento de un entorno natural digno para el hombre de hoy y para el de mañana, en lugar de planteamientos actualmente más generalizados del crecimiento “insostenible”.

En consecuencia, la ordenación de las cuencas hidrográficas, en el contexto actual, debe dar respuesta de forma global, sistémica y sostenible a las diferentes categorías de objetivos que ha ido incorporando progresivamente.

Se trata, pues, de abordar un proceso de planificación con base territorial, con una complejidad conceptual añadida a los enfoques que vienen empleándose para la ordenación de las cuencas. Propuesta que, para ser realizada, implica poder disponer de modelos y métodos adecuados, cuya aplicación asegure la satisfacción de los requerimientos establecidos.

Las metodologías diseñadas para la planificación física disponen de una considerable potencia en su aplicación a la ordenación de los usos del territorio, en función de sus capacidades. Modelos basados en la planificación física han sido aplicados al desarrollo socioeconómico de áreas rurales (Ayuso, 1975), a la ordenación de recursos hídricos en zonas áridas (Tejera, 1988), a la planificación de espacios naturales protegidos (Escribano *et al.*, 1995) y a la ordenación de montes (Grande, 1996)

La metodología aplicada en este estudio (ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad), se basa en la adaptación de metodologías de planificación física que cumplan los siguientes requisitos:

- Considerar los aspectos hidrológicos, tales como el control de la erosión y la conservación de los recursos suelo y agua.
- Considerar el aprovechamiento socioeconómico sostenible de los recursos naturales de la cuenca.
- Incorporar la sostenibilidad en el proceso de toma de decisiones técnicas, incluyendo la protección del medio, de sus recursos y de la biodiversidad.
- Proponer actividades compatibles a realizar, según su adecuación y potencialidades del medio.

1.2. OBJETIVOS

La cuenca del barranco de la Garganta, se sitúa en los términos municipales de Benissa, Senija, Gata de Gorgos, Denia y Teulada, dentro de la provincia de Alicante. Presenta unas características comunes a los cursos de la Comunidad Valenciana, con regímenes intermitentes, pendientes acusadas, cubierta vegetal escasa y, como consecuencia de esto, actividad torrencial con fenómenos erosivos, que van degradando la cuenca.

El objetivo general del estudio es comparar distintas metodologías de ordenación de cuencas aplicadas a la cuenca del barranco de la Garganta y evaluar la optimización de las mismas y su aplicación.

Se realiza un estudio comparativo de ordenación según la USLE, ordenación basada en los criterios de ordenación de Mintegui (1990) y la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad (MOCS).

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ELECCIÓN CUENCA DE ESTUDIO

Para realizar este estudio, se ha seleccionado una cuenca con problemas de erosión para poder realizar un análisis en profundidad sobre su situación actual y poder aplicar los diversos métodos de ordenación con la finalidad de optimizar la metodología a aplicar en dicha cuenca.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

2.2.1. Situación

2.2.1.1. Localización geográfica

La zona de estudio se sitúa en la parte sur-oriental de España y en el norte de la provincia de Alicante, en la comarca de la Marina Alta, concretamente en los términos municipales de Benissa, Senija y de Gata de Gorgos, y en una pequeña parte los municipios de Lliber, Teulada y Denia.

La cuenca del barranco de La Garganta, forma parte de la cuenca del río Xaló o Gorgos, siendo una unidad hidrológica del río Xaló, vertiente directa por la derecha.

Esta cuenca se encuentra rodeada por las formaciones montañosas de la Solana en el noroeste, por los Lloms de l'Agre en el Oeste, por la Solana de Canor en el Este, por río Xaló en el norte y con el núcleo urbano de Benissa en el sureste.

La superficie de la cuenca es de 14,29 Km².

A continuación, se representa un plano de la situación de la zona de estudio y los límites administrativos (términos municipales) que integran la cuenca:

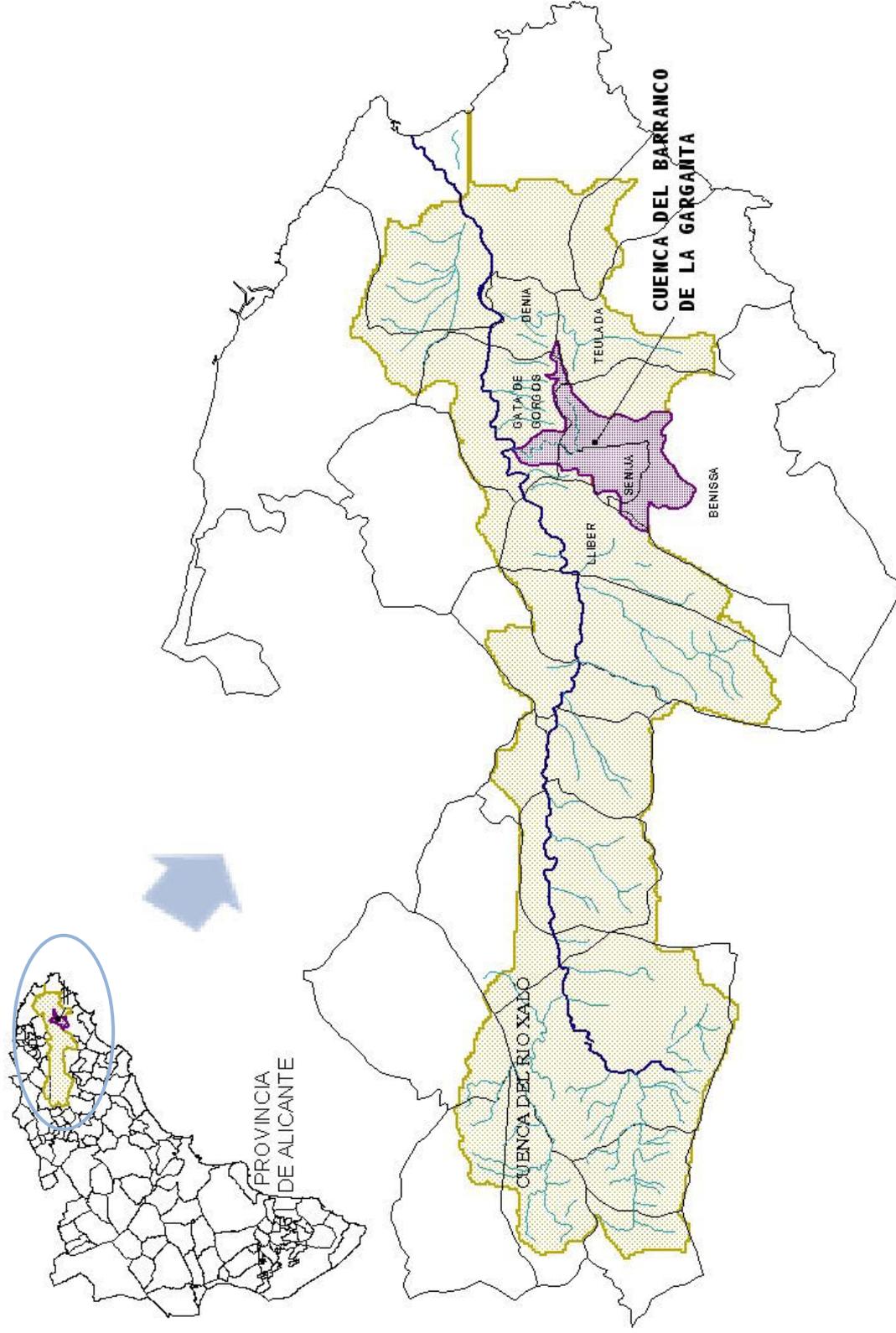


Figura nº 1: Situación de la Cuenca del Barranco de la Garganta dentro de la cuenca del Río Xaló

2.2.1.2. Caracterización general de la cuenca del barranco de la Garganta.

El barranco de la Garganta presenta un afluente, en su parte sud-oeste, denominado como el barranco de l'Aigüera o coloquialmente como la Sequia:

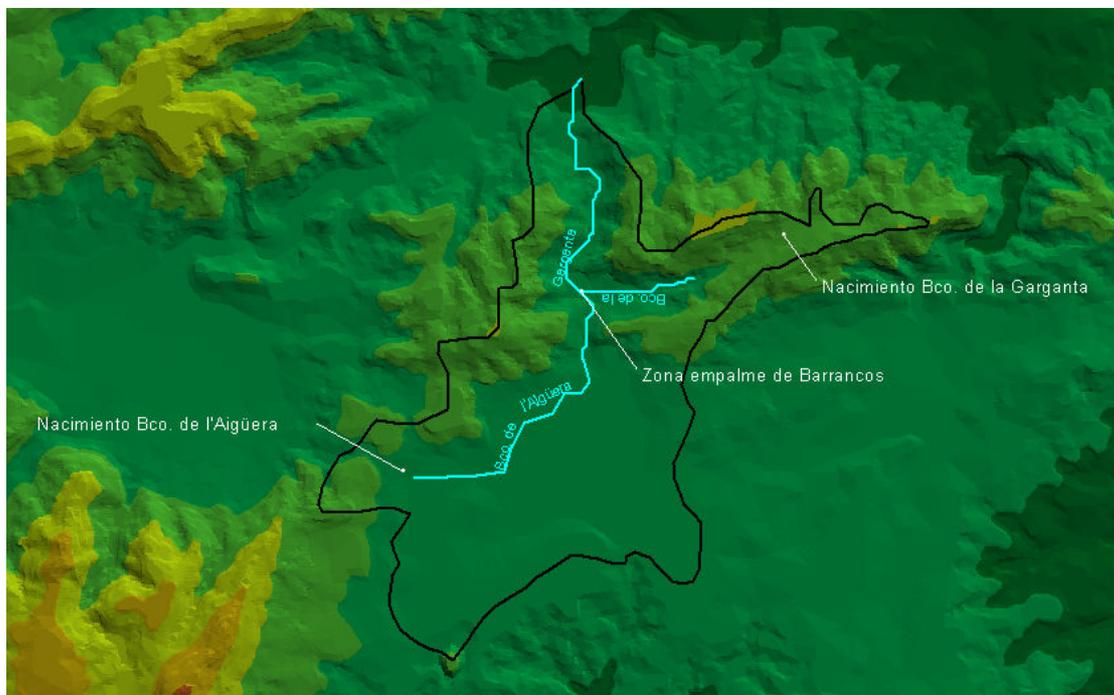


Figura nº 2: Localización del Barranco de l'Aigüera y del Barranco de la Garganta.

Este afluente recoge las aguas de escorrentía de las montañas de la parte NE de la Solana y de la parte SE de las Lomas de Agre, además de parte de las aguas procedentes de los núcleos de Benissa y Senija.

En su nacimiento el cauce es estrecho y hay muy poca presencia de vegetación, donde encontramos las siguientes especies distribuidas: hinojo (*Foeniculum vulgare Miller subsp. Piperitum* (Ucria) Coutinho), zarzal (*Rubus ulmifolius* Schott.) y fenazo (*Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv.).

Parte de su curso fluvial está modificado por diversos factores, pero principalmente por la acción antrópica, como pueden ser canalizaciones, puentes o caminos que cruzan por el lecho del barranco, etc.

Es de destacar que en el tramo final hay una presencia de canalizaciones por tubos de plástico, no integradas en la morfología de la cuenca, procedentes de la Estación Depuradora de Aguas Residuales del municipio de Senija, utilizando dicho barranco como sistema de evacuación de la EDAR.

El barranco de la Garganta nace entre la Malla Verda (en el Norte) y la montaña de Serrellars, del Tosal del Moro, en la parte Sud.

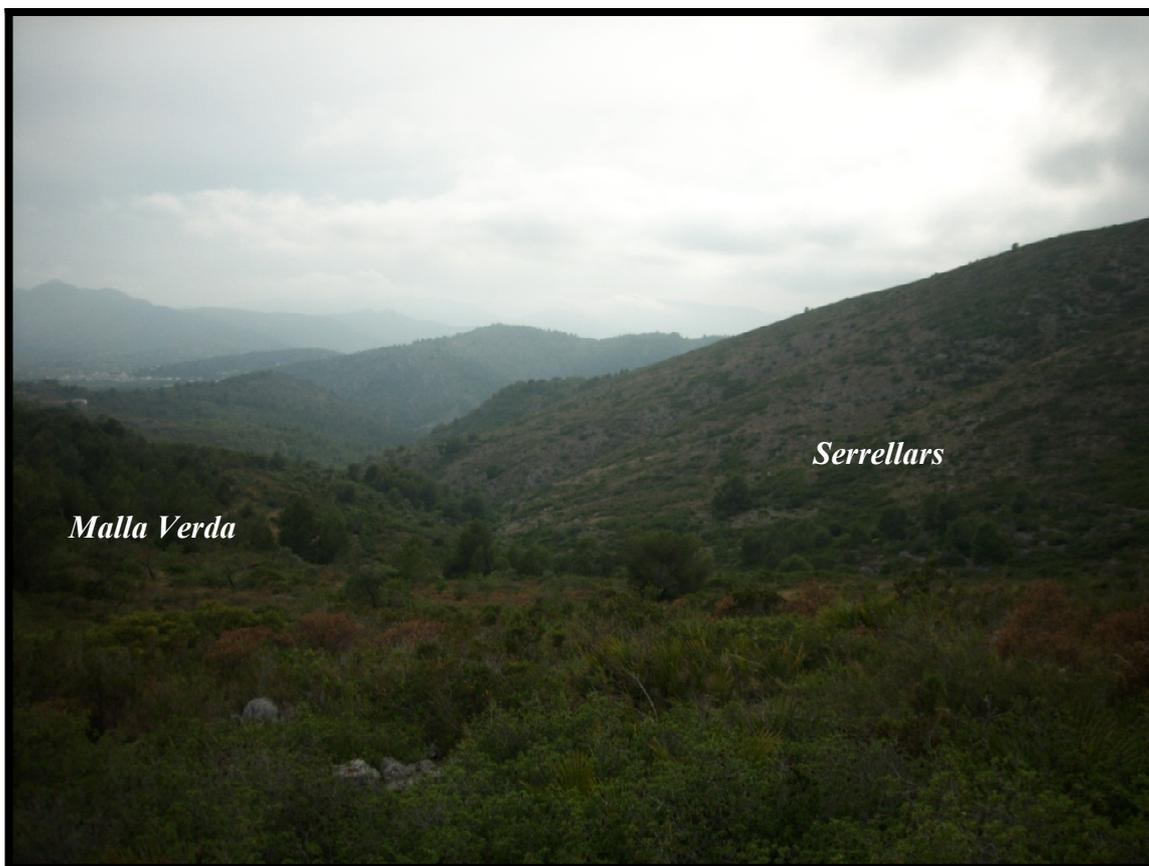


Foto nº 1: Nacimiento del Barranco de la Garganta.

En el inicio del tramo, la umbría (Malla Verda) se encuentra abancalada, ya que anteriormente se encontraba cultivada con árboles de producción agrícola, lo que ha favorecido que la vegetación actual sea más densa, debido a que el abancalamiento disminuye la erosión, es decir, las pérdidas de suelo. En esta parte se puede distinguir una vegetación arbórea de *Pinus halepensis* M. con restos de arboles de antiguos cultivos, como es el caso de olivos (*Olea europeae* L.) y de algarrobos (*Ceratonia Siliqua* L.). Además también destaca el matorral por ser alto y denso.

El resto de la Malla Verda, no consta de una vegetación tan densa como la descrita en el inicio, esto se debe a que no hay suelo abancalado.

La zona de umbría por tanto se caracteriza en general, por encontrarse en algunos lugares repoblada, con presencia de vegetación de matorral donde domina la presencia de *Brachipodium retusum* (Pers.) Beauv, junto con otras herbáceas. También encontramos *Chamaerops humilis* L., *Erica multiflora* L., enebros (*Juniperus*

comunis L.), *Rosmarinus officinalis* L., *Timus vulgaris* L., *Quercus coccifera* L, Cistaceas, y grandes agrupaciones de *Pistacea lentiscus* L. Además podemos encontrar algún árbol solitario.

La zona de solana (Serrellars), muestra un aspecto más escarpado con una vegetación agrupada predominante de matorral bajo y denso. Se caracteriza por el inexistente abancalamiento y por los afloramientos de roca caliza.

En general, la zona de solana presenta una gran pendiente, y se caracteriza por tener una vegetación baja, agrupada y escasa. Además en esta parte se distinguen diversas vaguadas, como las mostradas a continuación:



Foto nº 2: Vaguadas en la Sierra de Serrellars.

Desde el nacimiento, mirando el curso del barranco aguas abajo, se puede ver el municipio de Senija, también se observa toda la Solana y la Serra de Bèrnia. En la parte norte se ve el municipio de Benissa, el Tossal de Cabrera y el resto de sierras que siguen en esta dirección.

En el inicio y en las zonas no erosionadas del curso del barranco, predomina la vegetación arbórea, en concreto el *Pinus halepensis* M.

La zona de desembocadura de la Acequia o Barranco de l'Aigüera con el Barranco de la Garganta se localiza entre el Tossal del Moro y el Tossal del Cosi.

Desde la zona de empalme hasta la desembocadura en el río Gorgos, el cauce del barranco de la Garganta se encuentra erosionado. Su cauce se sitúa al lado del Camí Vell de Valencia, cruzándolo éste en varias ocasiones y también cruzándolo la autopista a través de túneles en tres ocasiones, como se puede ver en las fotos del anexo fotográfico.

El barranco de la Garganta desemboca por el margen izquierdo del río Gorgos, en su tramo medio, como observamos en la siguiente imagen:



Foto nº 3: Desembocadura del Barranco de la Garganta al Río Gorgos.

2.2.2. GEOLOGÍA

2.2.2.1. Geología general de la zona de estudio

La estratigrafía de la Marina Alta, es muy variada y compleja. Su analogía litológica de sedimentos pertenecientes a distintas épocas geológicas, las variaciones de facies y potencias que presentan estos mismos tramos y la violencia tectónica a que ha estado sometida la zona, complican extraordinariamente su estudio.

La zona de estudio se sitúa en la hoja geológica nº822 del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del Instituto Geológico minero de España, en el que se encuentran las siguientes formaciones y características geológicas que caracterizan la litología de la zona.

2.2.2.2. Litología

El prebético oriental

El relieve y la naturaleza de las rocas tienen una gran importancia sobre el funcionamiento de los sistemas naturales, porque son la base que condiciona microclimáticamente y químicamente el desarrollo de la vegetación. En las áreas con clima mediterráneo, esta importancia es más significativa a medida que las condiciones de sequedad estacional se hacen más acusadas, hasta el punto en que las principales diferencias entre los sistemas naturales que se establecen se deben a estos factores.

La zona de estudio pertenece al Prebético. Estas sierras prebéticas muestran una personalidad diferenciada respecto a los relieves que las envuelven, a la vez que mantienen vinculaciones con la sierra ibérica por la vergencia que se observa hacia la directriz WSWENE, de manera que se configura una zona de transición entre los plegamientos Béticos y los Ibéricos.

El bético valenciano es un relieve estructural dominado por la tectónica, cosa que indica que las formaciones topográficas se corresponden con alineaciones determinadas por los pliegos y por las fallas existentes a menudo sobre los materiales visibles. Estos plegamientos béticos son más jóvenes y escarpados que aquellos que se encuentran en el sistema Ibérico. Los picos son menos planos, porque los anticlinales o los relieves positivos suelen aparecer fallados en su culminación formando cantiles que enmarcan un paisaje áspero e imponente, lleno de contrastes

geomorfológicos, con frescas ombrías que crean diversidad dentro de un país caracterizado por la sequía, especialmente en la época estival.

Caracteres propios de los relieves Prebéticos nororientales que se ponen de manifiesto en la zona de estudio son:

- Las variaciones de las facies y potencias en cortos espacios de terreno, que provocan la diversidad espacial desde el punto de vista litológico.
- El parecido litológico entre materiales de diferentes edades geológicas, como por ejemplo las calcáreas, el origen de las cuales puede corresponder a diversos períodos.
- La fuerte y compleja tectónica da lugar a una estructura en algunos lugares caótica. La deformación hasta el Holoceno, conocida como neotectónica, ha marcado rotundamente la fisiografía de la región: plegamientos de materiales sedimentarios, variación de cursos de agua y replanteamiento repetido de la línea de costa.
- La resedimentación desde el terciario inferior hasta el Mioceno medio sobre un relieve estructural hundido (el sinclinal o valle de Benissa) durante el Mesozoico.
- El diapirismo, que a escala comarcal juega un importante papel, favoreciendo el despegamiento de los materiales y complicando su plegamiento, no se observa en la zona de estudio. Este fenómeno provoca el afloramiento de arcillas expansivas del Keuper que suelen coincidir con yesares explotados con métodos tradicionales en otros puntos de la comarca.

La cuenca de estudio, situada dentro del sinclinal de Benissa, consta de dos unidades claramente diferenciadas lítica y morfológicamente, pero que intervienen de modo conjunto en el desarrollo del proceso hidrológico:

- 1) El retablo montañoso, que comprende un arco, prácticamente continuo, de alineaciones montañosos como la Sierra de Bernia al W, el Tosal de Navarro, la Solana de Canor, el Tosal Gros al NW, etc. Esta continuidad semicircular configura una unidad estructural edificada sobre calizas.
- 2) La cuenca miocena, formada por las margas burdigalienses, y que abarca las cubetas de Benissa y Teulada, con una orientación SW-NE, y que es cortada por el mar en el WSE.

El retablo montañoso.- Los fenómenos de mantos eocenos deslizados son corrientes tanto en el flanco N como en el S de Bernia, e incluso se da la presencia del Cretáceo superior sobre el Mioceno, dándonos una idea de las tensiones tectónicas y las presiones que han sufrido los distintos paquetes estratigráficos.

El anticlinal de la Solana, constituye un monoclinal que es un espolón de la Sierra de Bernia y que arranca del flanco N perpendicularmente a ella. Las capas del anticlinal con dirección SE-NE se curvan desparramándose en abanico para adaptarse por el sur a la dirección de la Sierra de Bernia que es ESE, hecho éste de gran trascendencia por la violencia del encuentro en las direcciones opuestas. El largo anticlinal se continúa desde Bernia hacia el E en un cierre periclinal hasta el Tosal Gros y se halla formado por los sedimentos oligocenos que en la zona NE se apoyan sobre diversos estratos cretácicos de forma discordante, ello nos indica la preexistencia de una estructura plegada cretácica anterior al Oligoceno y que es la causante de los posteriores desgarres de esta alineación que son atravesados por los barrancos de Teulada y de la Garganta. Entre este eje anticlinal y la Sierra de Benitachell se extiende una mancha de materiales miocenos que abren al NE la cuenca miocena de Benissa hacia el sinclinal de Jávea.

El sinclinal mioceno.- Abarca esta estructura una cuenca miocena extendida entre Benissa y Teulada. Se halla articulada entre los anticlinales anteriormente descritos, y rellena de materiales miocenos de facies "Tap" discordantes con el Oligoceno, e involucrados en el constreñimiento de las estructuras.

Este amplio sinclinal, de eje SW-NE, presenta cerca de 10 Km de anchura en su punto más amplio y unos 15 o más Km de longitud y en él se acumulan grandes espesores de depósitos burdigalienses que, en su máxima potencia, sobrepasan los 1500 m.

El eje sinclinal se extiende bajo la Sierra de Oltá (testigo eoceno deslizado sobre las margas) y ya en la zona de Benissa el sinclinal alcanza la mayor profundidad, concretamente, a 3 Km al W de dicho pueblo, señalándose en superficie por un desorden de las capas miocenas, ya que al plegarse el sinclinal, en sus capas más profundas por el efecto subsidente, lo hacen de forma concéntrica y por ello, los estratos más altos sufren compresiones y pequeñas dislocaciones que dan un plegamiento disarmónico del eje sinclinal de esta zona. El sinclinal se extiende en sentido NE hasta llegar a la Sierra de Benitachell.

2.2.2.3. Neotectónica

La neotectónica, es el fenómeno que se desarrollo desde los acaballamientos de la época Miocena Superior hasta la actualidad; esto es en los últimos 11 a 12 millones de años.

Este período es uno de los más importantes de la historia geológica de la zona y diferencia de nuevo claramente el relieve Bético frente al Ibérico. Comprende un espacio de tiempo con una continua alternancia entre los periodos distensivos y los comprensivos, acompañados por una gran actividad tectosedimentaria.

Las fallas provocadas por esta actividad son paralelas a la costa, y ocasionan un basculamiento y hundimiento desigual de los bloques, que produce el relieve de gradería. Junto con la erosión marina durante el Holoceno (época más reciente del Cuaternario, que abarca los últimos 10.000 años), este fenómeno ha producido la perdida de vastos espacios continentales, y la red fluvial que confluía al mediterráneo antes de estas deformaciones no es la actual. Los depósitos cuaternarios están afectados por fallas, inflexiones y basculamientos, de manera que aparecen formaciones relictas como es el caso de las zonas conglomeráticas superficiales existentes en algunas zonas.

El final de esta etapa se caracteriza por la aparición cíclica de una sedimentación de ambientes someros, representada por las secuencias de margas, calcarenitas y calcarías micríticas rellenas con fósiles provenientes de los escollos de coral que se instalaron en estos ambientes cambiando hacia la continentalidad.

2.2.2.4. Estratigrafía

Los materiales presentes en la zona de estudio varían desde el Cuaternario hasta el Cretácico actual.

Era Cenozoica. Periodo terciario.

Durante el Mioceno inferior se produjo una sedimentación en litologías de tipo calítico y margoso, y una resedimentación de materiales del Eoceno superior y el Oligoceno dentro de estos depósitos.

El tránsito entre el Mioceno inferior y el mediano ocasiona las facies Flysch, compuestas por calcarenitas, margas y margocalizas, en una alternancia bien característica, hundida entre relieves erectos donde el afloramiento de los estratos calcáreos queda patente. Se corresponde con sedimentos depositados en frentes deltaicos dentro de una plataforma externa somera.

Entre el Mioceno medio y el superior se depositan materiales margosos en Facies Tap con un piso burdigaliense, que rellenan las profundas cubetas estructuradas previamente. Estos depósitos recogen una gran potencia y caracterizan la zona.

Eón	Era	Periodo	Época	Edad (m. a.)*	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,01	
			Pleistoceno	1,5 – 2	
		Terciario	Plioceno	5,3	
			Mioceno	23,7	
			Oligoceno	36,6	
			Eoceno	57,8	
			Paleoceno	66,4	
	Mesozoico	Cretácico			144
		Jurásico		"Edad de los reptiles"	208
		Triásico			245
	Paleozoico	Pérmico		"Edad de los anfibios"	286
		Carbonífero	Pensilvaniense		320
			Misisipiense		360
		Devónico		"Edad de los peces"	408
		Silúrico			438
Ordovícico		"Edad de los invertebrados"	505		
Cámbrico			570		
Precambico	Proterozoico	Superior		900	
		Medio		1600	
		Inferior		2500	

Tabla nº 1. Estratigrafía y tiempo geológico. Fuente: Fundamentos de Geología.

*m.a.: millones de años.

Respecto a los materiales que se presentan en los distintos períodos y eras son fundamentalmente los siguientes:

ERA O PERÍODO CUATERNARIO:

- 1) Depósitos aluviales: elementos detríticos y tierras arcillo-sabulosas.

Se encuentra situado en la zona de desembocadura del barranco de la Garganta con el río Jalón.

ERA O PERÍODO TERCIARIO:

- 1) Calizas: se encuentran muy representadas en una serie de manchas de tamaño variable en el centro de la cuenca.
- 2) Calcarenitas, margas esquistosas y calizas arcillosas (Facies Flysch): las manchas más representativas se dan en la banda que bordea Senija al este de la Sierra de Ferrer.
- 3) Margas, calizas arenosas y arcillas (Facies tap): se localiza alrededor del núcleo poblacional de Benissa.

ERA O PERÍODO CRETÁCICO:

- 1) Calizas, calizas margosas y margas. Se localizan alrededor de la parte central del barranco de la Garganta.
- 2) Calizas. En la parte central, al este de la cuenca.
- 3) Margas y arcillas. Se encuentran muy representadas en la zona de nacimiento del barranco en estudio.

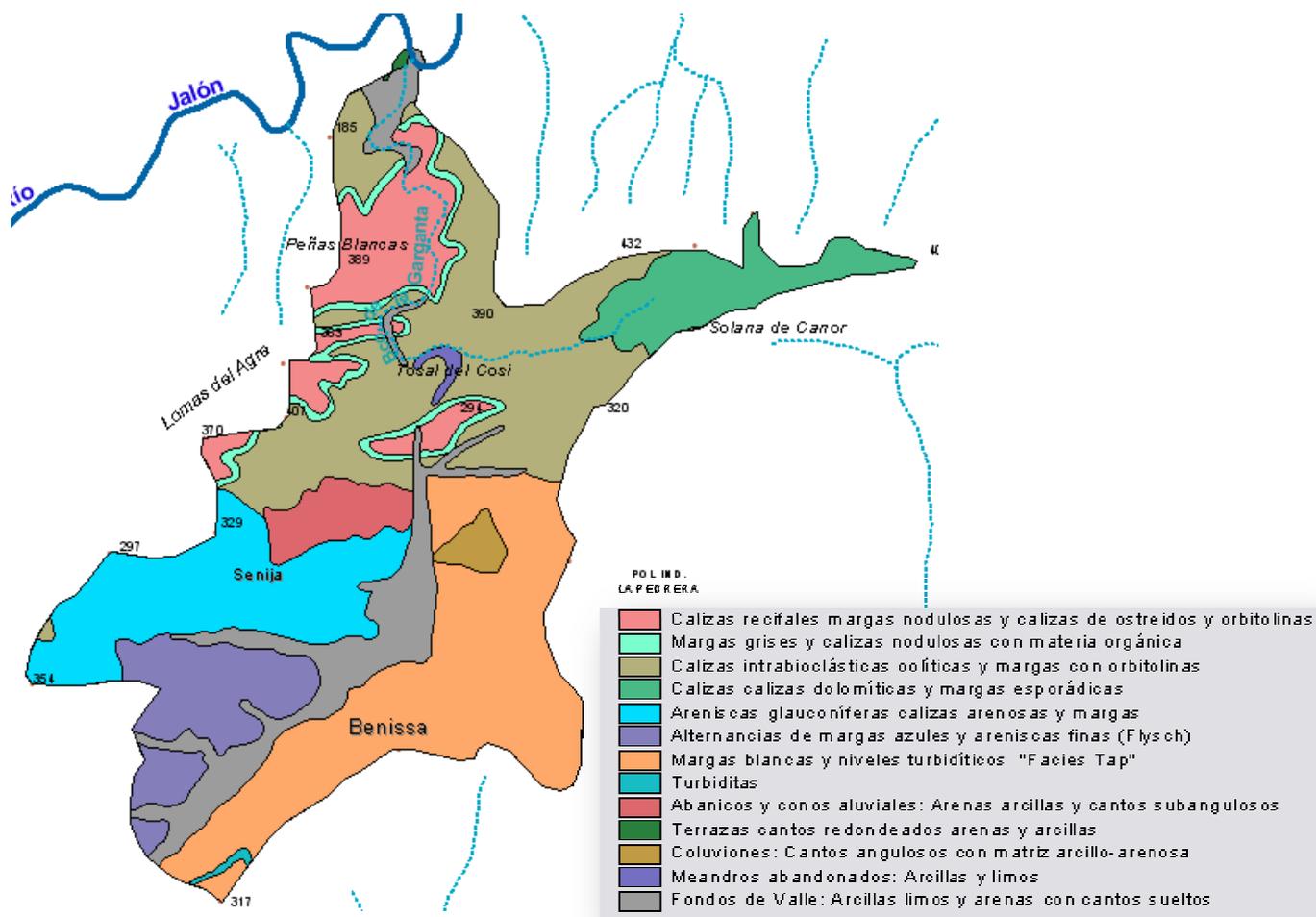


Figura nº 3. Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: Cartografía Geológica Magna en Formato Digital.

2.2.2.5. Geomorfología

En una visión general, una gran parte de la Marina Alta, presenta una orografía variada y llena de contrastes. Las áreas deprimidas junto con grandes y acinglados relieves, frente a las suaves morfologías margosas plegadas por la acción tectónica, confieren el aspecto característico de estas tierras.

El modelado está determinado por la interacción entre el substrato geológico y los procesos externos, fluviales y gravitacionales que retocan definitivamente la configuración fisiográfica de un espacio que cuenta con unidades geomorfológicas de un elevado interés paisajístico y didáctico, revalorizado por sus usos tradicionales hechos desde épocas anteriores.

2.2.2.6. Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.

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

- a- Suelos muy erosionables
 - ab- Suelos entre muy erosionables y erosionables
 - b- Suelos erosionables
 - bc- Suelos entre erosionables y poco erosionables
-
- a- Suelos muy erosionables: Elementos detríticos y tierras arcillo-sabulares; Rañas y pie de montes; Fanglomerados groseros travertinos; Derrubios de ladera; cordón litoral y playa fósil; Ramblas actuales; Mioceno indiferenciado; arcillas abigarradas y yesos del Triásico.
 - ab- Suelos entre muy erosionables y erosionables: depósitos aluviales; calizas biodetríticas, conglomerados y margas; biomicritas y margas con lepidociclinidos; margas ocre amarillentas; calizas facies tap y flysh del Terciario; margas; margas y arcillas.
 - b- Suelos erosionables: Calcarenitas, margas esquistas amarillentas, arcillas rojas, calizas arcillosas y parerrecifales, facies flysch del Terciario;

Biomicitas, calcarenitas y biomicitas con lacacinas; micritas y calizas terciario; calizas margosas, margas, areniscas del Cretácico.

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

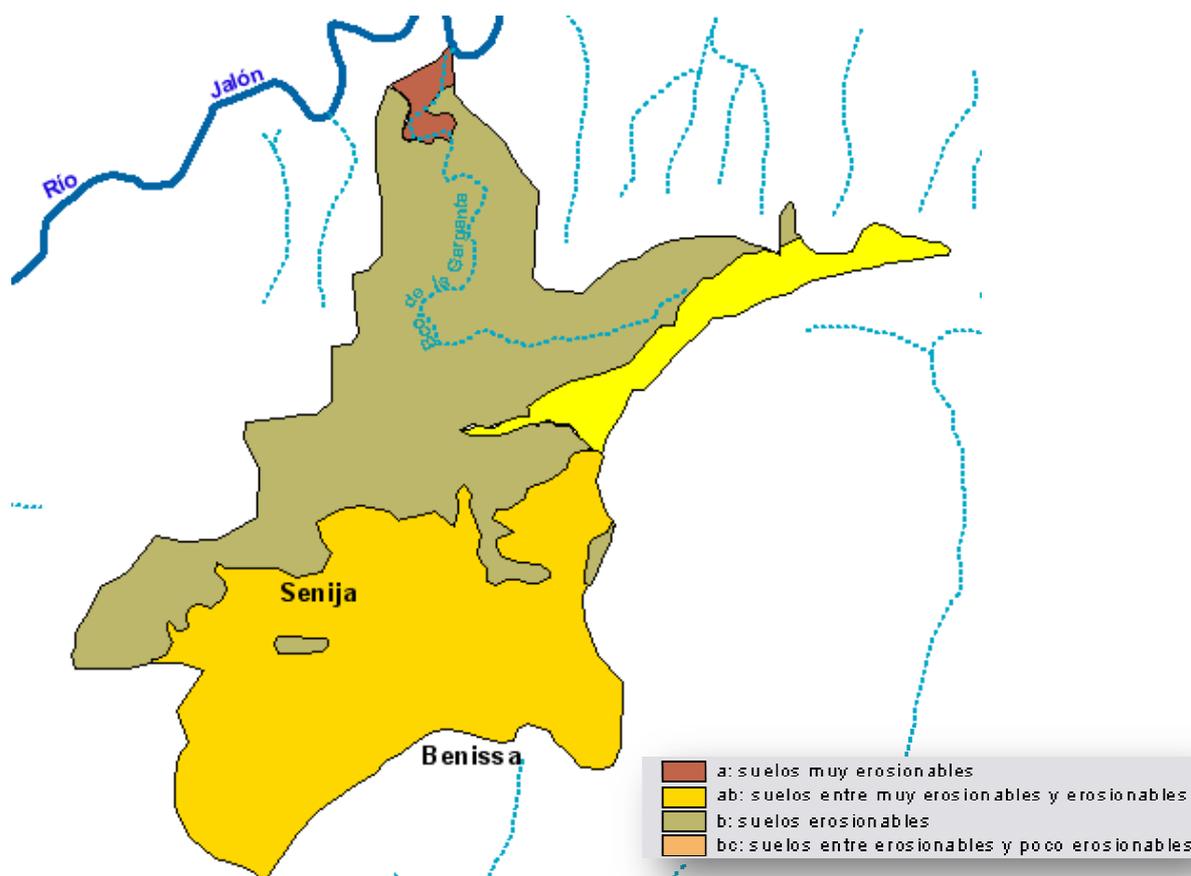


Figura nº 4: Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.

2.2.2.7. Descripción de los suelos

Según el Mapa de Suelos de España (C.S.I.C. 1966) en la cuenca en estudio nos encontramos con los siguientes tipos de suelos:

- 1- Suelos aluviales, coluviales y transformados por el riego: Se encuentran en las proximidades de Gata de Gorgos.
- 2- Suelos pardo calizo sobre material consolidado. Con horizonte de humus muy poco desarrollado sobre materiales calizos, Terra rossa:
La mayor parte de la cuenca pertenece a este tipo de suelo.

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

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO
Entisoles	Psamments	Xeropsamments
	Orthents	Xerorthents
		Torriorthents
Inceptisoles	Ochrepts	Xerochrepts
Mollisoles	Xerolls	Haploxerolls
Ardisoles	Orthids	Paleorthids

Tabla nº 2. Clasificación de los suelos de la cuenca.

Xerochrepts: son suelos profundos de perfil A, Bca, C. En el horizonte B se ha producido una ligera acumulación de carbonatos en forma de pseudomicelios o concreciones duras.

Ocupan un área muy pequeña a los dos lados del río Jalón.

Paleorthids: Son suelos de perfil A, Caa. En la parte superior del horizonte se ha producido una gran acumulación de carbonatos que engloba y cementa las partículas del suelo. Se encuentra en la penillanura de Benissa y Teulada, así como en una ancha franja que va desde Gata de Gorgos a Jalón.

Por otra parte, se recogieron muestras de suelo en la cuenca, analizándose en ella la granulometría de los elementos con diámetros inferiores a 2 mm., así como su contenido en materia orgánica y pH.

Los análisis granulométricos y de materia orgánica obtenidos son los siguientes:

pH = 8,58

Contenido en Materia orgánica = 2,28%

Composición granulométrica:

- Tamaño entre 2 y 0,1 mm. = 30,25%
- Tamaño entre 0,1 y 0,002 mm. = 51,83%
- Tamaño menor que 0,002 mm. = 17,92%

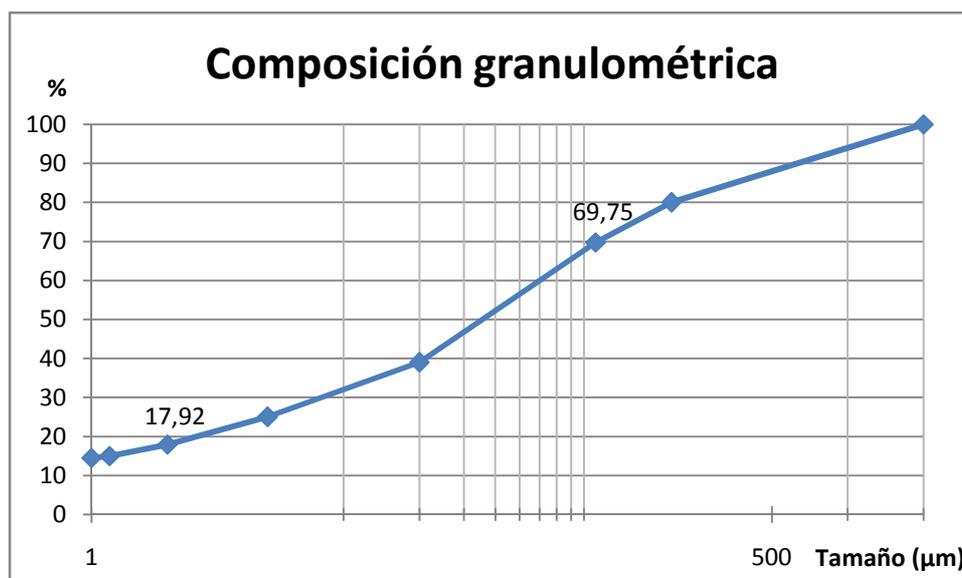


Gráfico nº 1. Composición granulométrica de una muestra de suelo de la cuenca.

A partir del análisis granulométrico se establece la clasificación textural. En este caso se ha empleado la Clasificación USDA, obteniendo una propiedad del suelo para dicha muestra de textura franco-limosa.

2.2.3. CLIMA

2.2.3.1. Elección de observatorios meteorológicos

Por la proximidad a la cuenca de estudio se han seleccionado diferentes observatorios meteorológicos para la obtención de los datos pluviométricos y termométricos.

A continuación, se adjuntan los datos pluviométricos y termométricos disponibles de las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca y próxima a ella.

Los datos pluviométricos corresponden a las estaciones siguientes:

Nombre de la estación	Altitud (m.)
Benissa convento	254
Xaló	189

Tabla nº 3. Proveniencia de los datos pluviométricos.

Los datos termométricos corresponden a las estaciones siguientes:

Nombre de la estación	Altitud (m.)
Benissa convento	254
Gata de Gorgos	50

Tabla nº 4. Proveniencia de los datos termométricos.

Tanto los datos pluviométricos como los termométricos han sido obtenidos del Atlas Climático de la Comunidad Valenciana.

Las tablas de datos contienen los principales parámetros de precipitación del observatorio elegido, calculados a partir de los datos disponibles del periodo 1961-1990.

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

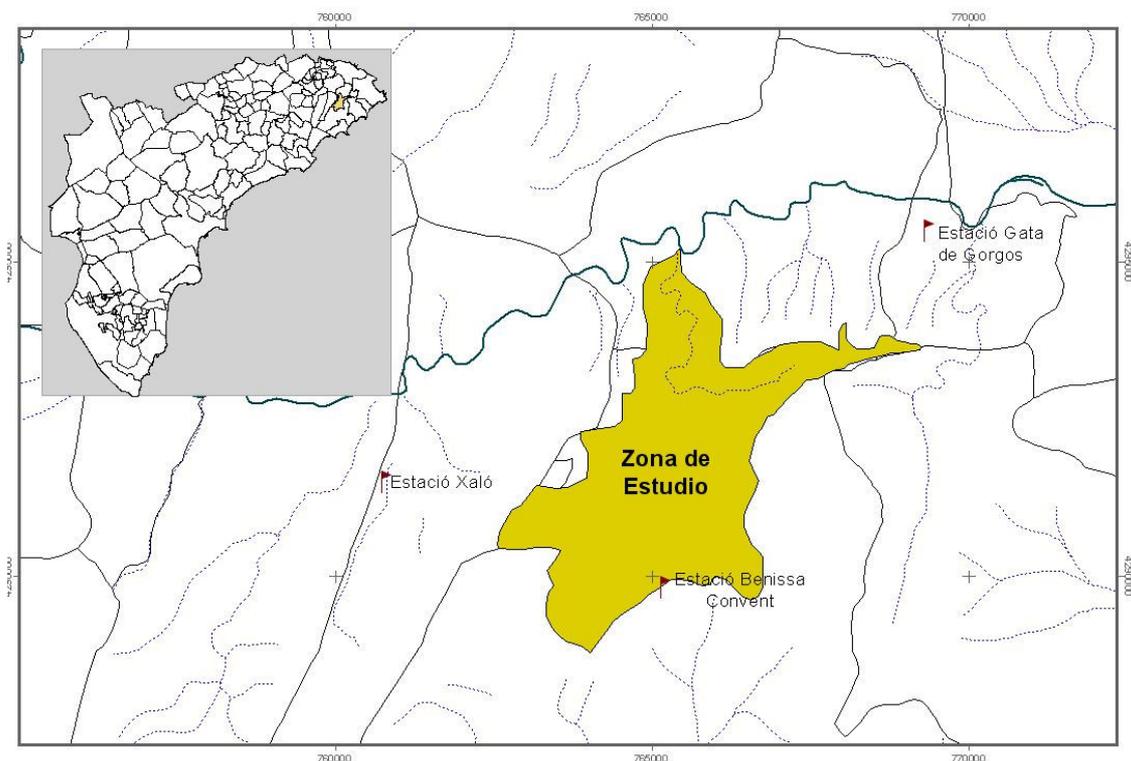


Figura nº 5. Localización de las estaciones meteorológicas.

2.2.3.2. Pluviometría

- Valores medias de precipitación (anuales y mensuales):

Observatorio	Media anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Benissa, Convent	592,2	46,9	47,9	49,1	50,1	48,5	19,1	7,5	21,2	69,8	94,4	67,9	70
Gata de Gorgos	724,3	56,6	46,3	73,9	58,5	49,3	15,9	6	32,6	83,8	98	107,8	95,4
Xaló	832,1	74,4	62,4	66,2	75,8	56,8	23,4	6	39,4	84,5	131,5	101,2	110,6

Tabla nº 5. Valores medias de precipitación (anuales y mensuales).

Las precipitaciones medias mensuales y anual están “reducidas” al período 1961-1990, mediante el procedimiento habitual de comparación de los datos con los

observatorios cercanos que tengan series completas en ese periodo. La media anual se ha calculado a partir de la suma de las doce medias mensuales “reducidas”.

- Valores de precipitación media y días de precipitación estacionales:

OBSERVATORIO	*PP. Pri.	PP. Ver.	PP. Oto	PP. Inv.	*DPP. Pri.	DPP. Ver.	DPP. Oto.	Dpp. Inv.
Benissa Convent	147,7	47,8	232,1	164,8	17,3	7,3	15,9	16,2
Gata de Gorgos	181,7	54,5	289,6	198,3	15,2	5,6	13,3	14,4
Xaló	198,8	68,8	317,2	247,4	14,1	5,2	12	13,9

*PP.: precipitación media en mm.

*DPP.: número medio de días de precipitación.

Tabla nº 6. Valores de precipitación media y días de precipitación estacionales.

Los días medios de precipitación están calculados a partir de los meses con datos válidos de cada uno de los observatorios, dentro del periodo 1961-1990.

- Valores de medianas mensuales y anuales de precipitación:

OBSERVATORIO	Mediana anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa Convent	598,8	31,5	32,6	36,1	52	44,9	11,1	1,7	8,3	40,6	71,5	64,5	63,2
Gata de Gorgos	627,9	40,7	38,8	17,1	64	50,5	7,9	0	14,6	35,5	52,9	67,8	33,4
Xaló	754,9	39,9	39,1	48,8	53,6	35,3	18,2	0	22	30,1	117,8	82,2	81,2

Tabla nº 7. Valores de medianas mensuales y anuales de precipitación.

Las medianas mensuales están calculadas a partir de los meses considerados válidos, teniendo en cuenta cada mes de una manera individual. La mediana anual, al igual que los deciles anuales de precipitación, se calculan a partir de las precipitaciones anuales registradas en los años con datos completos. Tanto las medianas mensuales como la mediana y los deciles anuales sólo se han calculado en los observatorios con más de 15 años con datos completos dentro del mismo período.

- Cuantías anuales de precipitación:

OBSERVATORIO	MEDIANA	Q1	Q3	D1	D2	D3	D4	D6	D7	D8	D9
Benissa, Convent	598,8	411,6	757,2	303,7	388,9	435,3	537,5	664,5	748,6	783,5	934,5
Gata de Gorgos	627,9	431,2	816	305,5	421	431,8	535,7	681,4	776,8	971,7	1203,8
Xaló	754,9	595,5	1019,4	444,4	505,2	641,3	674,5	868,5	971,7	1037,4	1186,4

Tabla nº 8. Cuantías anuales de precipitación

- Máximos de precipitación en 24 horas, según periodos de recurrencia:

OBSERVATORIO	2	5	10	20	30	50	100
Benissa, Convent	85,4	143,4	181,8	218,7	239,9	266,4	302,1
Xaló	119,9	175,9	213	248,6	269	294,6	329,1

Tabla nº 9. Máximos de precipitación en 24 horas en función del periodo de recurrencia.

Se muestran también los máximos de precipitación en 24 horas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 y 100 años calculados según la metodología de Gumbel de recurrencias de episodios extremos. Sólo se ha efectuado el cálculo en aquellos observatorios con más de 20 años de datos completos dentro del periodo 1950-1990.

- Número medio anual de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales:

OBSERVATORIO	NEVADAS	GRANIZO	TORMENTAS	TORM. VERANO
Benissa, Convent	0,4	1	12,9	3,6
Gata de Gorgos	0,1	0,1	8,3	1,9
Xaló	0,2	0,5	7,1	2,3

Tabla nº 10. Número medio anual de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales.

El número de días del año con tormentas, granizadas o nevadas ha sido calculado a partir de los años con datos completos dentro del periodo 1961-1990, en todos los observatorios.

- Fecha media y desviación típica (en días) de la primera y última nevadas, y duración del periodo con nevadas:

OBSERVATORIO	N	D	Fecha 1º Nev.	Fecha últ. Nev.	Var. 1º	Var. Últ.
Benissa, Convent	0,4	2,6	24 Diciembre	1 Enero	24,8	22,5
Gata de Gorgos	0,1	0,1	12 Febrero	12 Febrero	0	0
Xaló	0,2	0,2	17 Enero	18 Enero	20,1	19,9

Tabla nº 11. Fecha media y desviación típica (en días) de la primera y última nevadas, y duración del periodo con nevadas.

Las fechas medias de primera y última nevada se ha calculado en los observatorios con más de 15 años de datos completos.

2.2.3.3. Termometría

Temperaturas medias:

OBSERVATORIO	Media anual	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JUL	AG	SE	OC	NO	DI
Benissa, Convent	16,31	10,3	10,8	12,3	13,8	17	20,7	23,8	23,8	20,8	17,8	13,7	11

Tabla nº 12. Temperaturas medias.

Amplitudes térmicas diarias medias anuales y mensuales:

OBSERVATORIO	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa, Convent	7,1	6,3	6,9	7,3	7,4	7,5	7,6	7,3	7,4	7,3	7,1	6,8	6,4

Tabla nº 13. Amplitudes térmicas diarias medias anuales y mensuales.

Temperaturas máximas medias:

OBSERVATORIO	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa, Convent	19,86	13,5	14,3	15,9	17,5	20,7	24,5	27,4	27,5	24,4	21,4	17,1	14,2

Tabla nº 14. Temperaturas máximas medias.

Temperaturas mínimas medias:

OBSERVATORIO	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa, Convent	12,76	7,2	7,4	8,6	10,1	13,2	16,9	20,1	20,1	17,1	14,3	10,3	7,8

Tabla nº 15. Temperaturas mínimas medias.

La temperatura media y las medias de las mínimas y de las máximas están “reducidas” al periodo 1961-1990, mediante la comparación de los datos con los de observatorios cercanos que tengan series completas en ese periodo. La media anual se ha calculado a partir del promedio de las doce medias mensuales “reducidas”.

Máximas absolutas de temperatura:

OBSERVATORIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa, Convent	25,5	25	28	29	31	34	40,5	38,5	34	29,6	28	23

Tabla nº 16. Máximas absolutas de temperatura.

Mínimas absolutas de temperatura:

OBSERVATORIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Benissa, Convent	-5	-4	-1	-1	5,6	9,5	14	12,5	9	4,6	-0,4	3

Tabla nº 17. Mínimas absolutas de temperatura.

Las máximas y mínimas absolutas están extraídas del conjunto de meses con datos válidos de cada uno de los observatorios, dentro del periodo 1961-1990.

Número medio anual de días de helada*, fecha media de la primera y última heladas, y duración de la temporada de heladas:

OBSERVATORIO	N. Hel.	Primera Hel.	Última Hel.	N. días temp. Hel.
Benissa, Convent	2	3 Enero	22 Enero	11

Tabla nº 18. Número medio anual de días de helada.

- Helada: temperatura mínima de 0°C o inferior.

Número medio anual de días con helada, con mínimas por encima de 20°C y con máximas por encima de 25°C:

OBSERVATORIO	Mín≤20°C	Mín≥20°C	Máx≥25°C
Benissa, Convent	2	52,8	98,4

Tabla nº 19. Número medio anual de días con helada.

Los datos de número anual de días con temperaturas mínimas mayores o iguales a 20°C se calculan a partir de los años con datos completos dentro del periodo 1961-1990.

Los cálculos de fechas medias (primera y última helada, primer día por encima o igual a 30°C), se realizan sólo en aquellos observatorios que cuentan con series de más de 10 años completos.

2.2.3.4. Balances hídricos

Para el cálculo de los balances hídricos se precisan tanto datos pluviométricos como termométricos (temperaturas medias mensuales). De estos últimos sólo se va a disponer de información de las estaciones de Benissa convento (254 m.) y Gata de Gorgos (50 m.).

Según los datos de las estaciones de Benissa Convento, Cabo de San Antonio (163m.), Callosa d'Ensarria (247m.) y Gata de Gorgos (50m.), desde 1955 a 1987, se ha establecido un gradiente altitudinal de temperaturas mes a mes dando los siguientes resultados:

MES	°C/100 m.
Enero	0,20
Febrero	0,32
Marzo	0,24
Abril	0,24
Mayo	0,14
Junio	0,46
Julio	0,05
Agosto	0,15
Septiembre	0,20
Octubre	0,18
Noviembre	0,11
Diciembre	0,16

Tabla nº 20. Gradiente altitudinal de temperaturas de la cuenca de estudio.

De este modo se ha procedido a realizar los balances hídricos de las estaciones de Benissa convento y Gata de Gorgos.

Los elementos que intervienen en el balance y que es preciso determinar son:

- Capacidad de almacenamiento de agua en la zona susceptible a la evapotranspiración, que dependería de la profundidad del sistema radical y de la textura del suelo.
- Temperaturas medias mensuales (T): obtenidas a partir de las mediciones directas en las zonas consideradas.
- Evapotranspiración potencial (ETP): determinada a por el método de Blaney-Criddle.
- Pluviometría media mensual (P) obtenida a partir de registros en la zona.
- Pérdidas o adiciones potenciales de la humedad del suelo (P-ETP): los valores positivos corresponden a adiciones potenciales y los negativos a pérdidas potenciales, ambos relativos al contenido de humedad en el suelo.

Los meses con valores positivos constituyen el período húmedo y aquellos con valores negativos el período seco:

- pérdida potencial acumulada (p.p.a.): para cada mes se obtiene como suma de las pérdidas potenciales existentes en dicho mes y los anteriores.
- Agua almacenada en el suelo (ST): es la cantidad de agua capilar contenida por el suelo, que depende de la capacidad de campo y de las pérdidas potenciales acumuladas.
- Cambios de la humedad acumulada en el suelo (ΔST): se obtiene, para cada mes, por la diferencia entre la humedad que contiene al final del mismo y la de su inmediato anterior.
- Evapotranspiración real (ERT): para los meses en que las precipitaciones superan a la evapotranspiración potencial, su valor es igual al de ésta. Para los meses en que la evapotranspiración potencial supera a las precipitaciones su valor es igual al de éstas más las pérdidas de agua almacenadas en el suelo.
- Déficit de humedad (D): es igual a la diferencia entre la evapotranspiración real y la potencial.
- Exceso de humedad (S): su valor es la diferencia $P - (ETP + \Delta ST)$ sólo tiene existencia en los meses en que $P - ETP$ sea positivo y además el suelo alcance su capacidad de campo, pues en caso contrario la diferencia pasa a engrosar el contenido en humedad del suelo.

- Escorrentía total (R): se considera que la escorrentía de cada mes es igual al 50% de la suma de la aportación mensual más lo que queda de los meses anteriores.
- Detención de humedad (DT): comprende la totalidad del agua existente en el suelo.

A partir de los datos meteorológicos disponibles y de acuerdo con el proceso de cálculo establecido por Thornthwaite y Matter, se han obtenido los resultados que se muestran a continuación:

Datos del balance hídrico de la estación meteorológica de Benissa:

	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	TOTALES
T (°C)	10,3	10,8	12,3	13,8	17	20,7	23,8	23,8	20,8	17,8	13,7	11	
ETP (mm)	25	45	67	86	123	140	169	153	88	56	31	22	1005
P (mm)	46,9	47,9	49,1	50,1	48,5	19,1	7,5	21,2	69,8	94,4	67,9	70	592,4
P-ETP	21,9	2,9	-17,9	-35,9	-74,5	-120,9	-161,5	-131,8	-18,2	38,4	36,9	48	-412,6
ppa (mm)		20	-39	71	142	264	427	565	620				
ST (mm)	176	181	164	140	97	52	22	11	9	44	81	146	
Δ ST (mm)	30	5	-17	-24	-43	-45	-30	-11	-2	35	37	65	
ETR (mm)	25	45	65	78	95	63	36	26	35	56	31	22	577
D (mm)	0	0	-2	-8	-28	-77	-133	-127	-53	0	0	0	-428
S (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DT (mm)	176	181	164	140	97	52	22	11	9	44	81	146	

Tabla nº 21. Balance hídrico de los datos de la estación meteorológica de Benissa.

La estación de Benissa convento, se sitúa a una altitud de 254 m y tiene una capacidad de campo de 200 mm., a continuación se muestra la representación gráfica de su correspondiente balance hídrico:

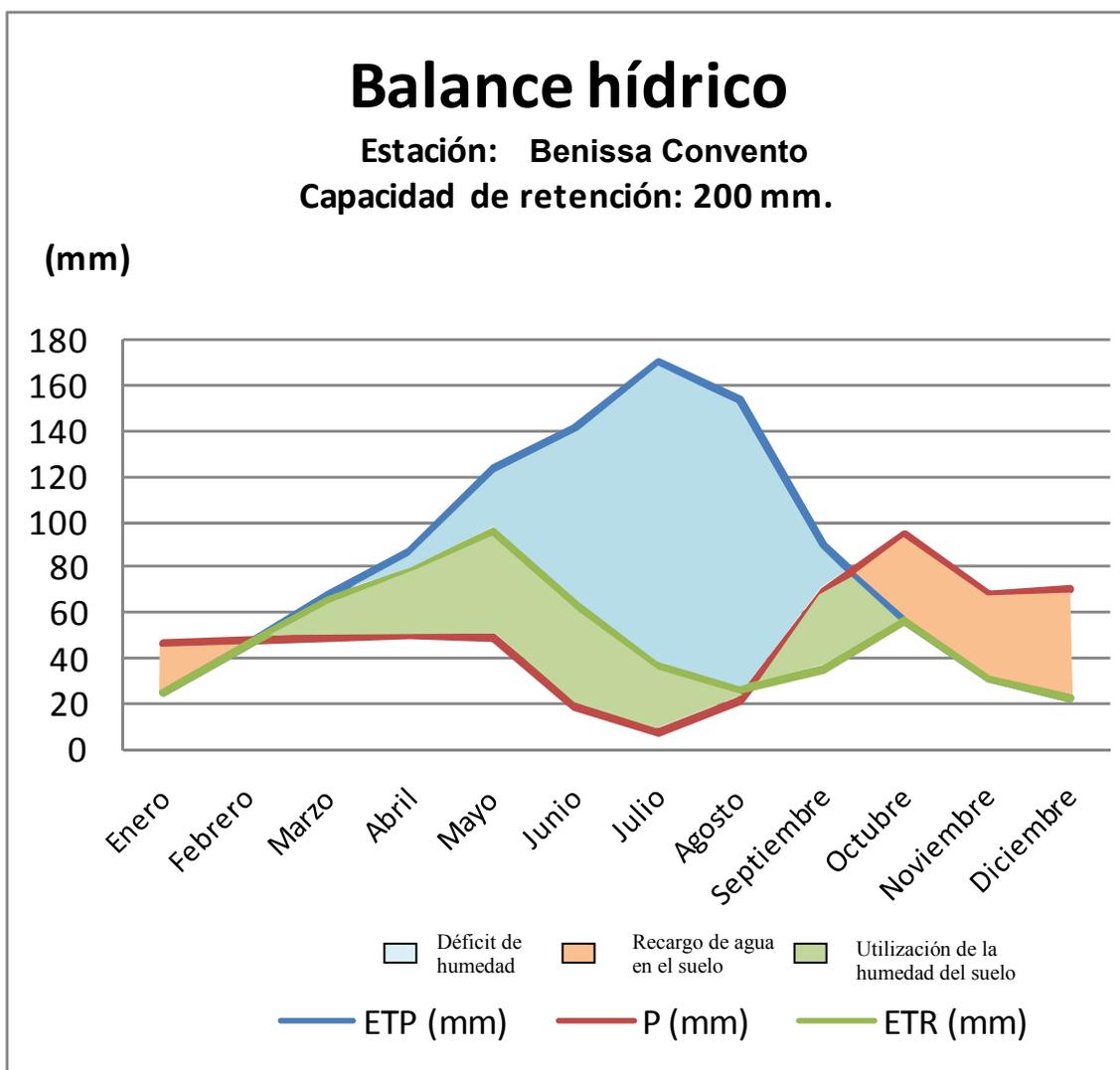


Gráfico nº 2. Balance hídrico de la estación meteorológica de Benissa Convento.

En la estación de Benissa, se observó que el suelo nunca alcanza la capacidad de campo, por lo que no existe escurrimiento superficial ni subterráneo. La época en que la evapotranspiración potencial supera a las precipitaciones se extiende desde primeros de Marzo hasta mediados de Septiembre, a partir de aquí el suelo se va a ir recargando de agua pero sin alcanzar la capacidad de campo.

Datos del balance hídrico de la estación meteorología de Gata de Gorgos:

	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>TOTALES</i>
T (°C)	10,5	11,2	12,6	14,1	17,2	21,6	23,9	24,1	22,3	18,1	13,8	11,6	
ETP (mm)	25	46	69	87	124	143	170	154	89	57	31	22	
P (mm)	78	46	29	66	54	18	3	10	22	60	59	78	523
P-ETP	53	0	-40	-21	-70	-125	-167	-144	-67	3	28	56	-494
ppa (mm)		62	102	123	193	318	485	629	696				
ST (mm)	146	146	119	107	75	40	17	8	6	9	37	93	
ΔST (mm)	53	0	-27	-12	-32	-35	-23	-9	-2	3	28	56	
ETR (mm)	25	46	56	78	86	53	26	19	24	57	31	22	523
D (mm)	0	0	-13	-9	-38	-90	-144	-135	-65	0	0	0	-494
S (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DT (mm)	146	146	119	107	75	40	17	8	6	9	37	93	

Tabla nº 22. Balance hídrico de la estación meteorológica de Gata de Gorgos. Datos extraídos del proyecto de restauración hidrológico forestal del río Xaló.

La estación de Gata de Gorgos se sitúa a una altitud de 50 m y tiene una capacidad de campo de 200 mm.

El balance hídrico de dicha estación quedaría representado como se muestra a continuación:

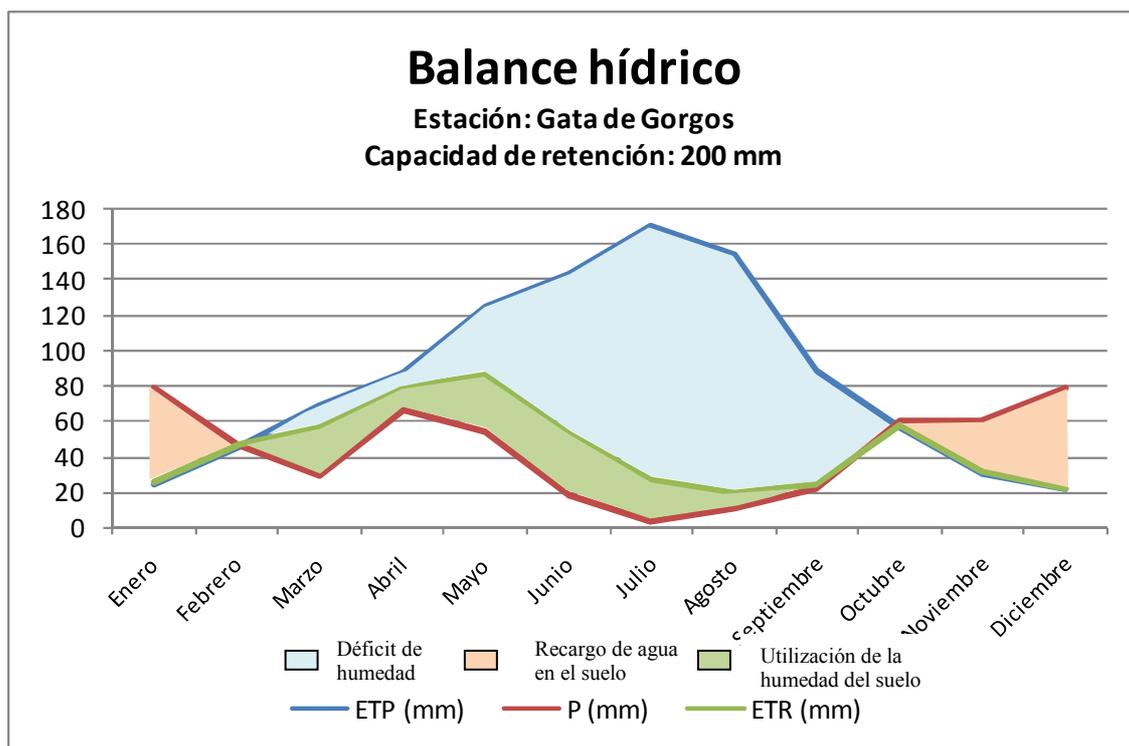


Gráfico nº 3. Balance hídrico de la estación meteorológica de Gata de Gorgos.

En la estación de Gata de Gorgos, tampoco se consigue alcanzar la capacidad de retención del suelo. Desde principio de Marzo hasta principios de Noviembre, la evapotranspiración potencial supera las precipitaciones. El resto del año al superar éstas a la evapotranspiración va a existir recargo de agua en el suelo pero sin alcanzar la capacidad de retención por lo tanto no va a existir escorrentía superficial ni subterránea.

2.2.3.5. Índices climáticos

Índice de Thornthwaite:

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

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

OBSERVAT ORIO	EVT. POT.	EVT. REAL	ÍND. HUMEDAD	ÍND. ARIDEZ	IND. GLOBAL	TIPO CLIMÁTICO	CÓDIGO
Benissa, Convent	82,1	53,1	7,3	35,3	-13,9	Subhúmedo seco, mesotérmico, poco o nada de superávit en invierno	C1 B'2 d a'

Tabla nº 23. Tipo climático según el índice de Thorntwaite.

Índices climáticos de continentalidad y aridez:

OBSERVATORIO	MARTONNE	EMBERGER	GAUSSEN	CONRAD	GORCZYNS KI
Benissa, Convent	22.5	84.7	11.4	16.6	16.3

Tabla nº 24. Índices climáticos de continentalidad y aridez.

Índice de aridez de Martonne:

Este índice se obtiene de la siguiente manera:

$$I_a = P / [t_m + 10]$$

, donde,

P: Precipitación media anual en mm

t_m: Temperatura media anual en °C

Según el valor logrado obtendremos una zona climática determinada:

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

Tabla nº 25. Interpretación del índice de aridez de Martonne.

Por tanto, según el índice de De Martonne, nos encontramos en una zona climática subhúmeda.

Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico:

El índice de Emberger se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = \frac{100 \cdot P}{2 \cdot (T_{12} + t_1)/2 \cdot (T_{12} - t_1)}, \text{ donde,}$$

P: Precipitación media anual

T₁₂: Temperatura media de las máximas del mes más cálido

T₁: Temperatura media de las mínimas del mes más frío

La clasificación del clima mediterráneo según el índice de Emberger (Q) y T₁, es el que se muestra a continuación:

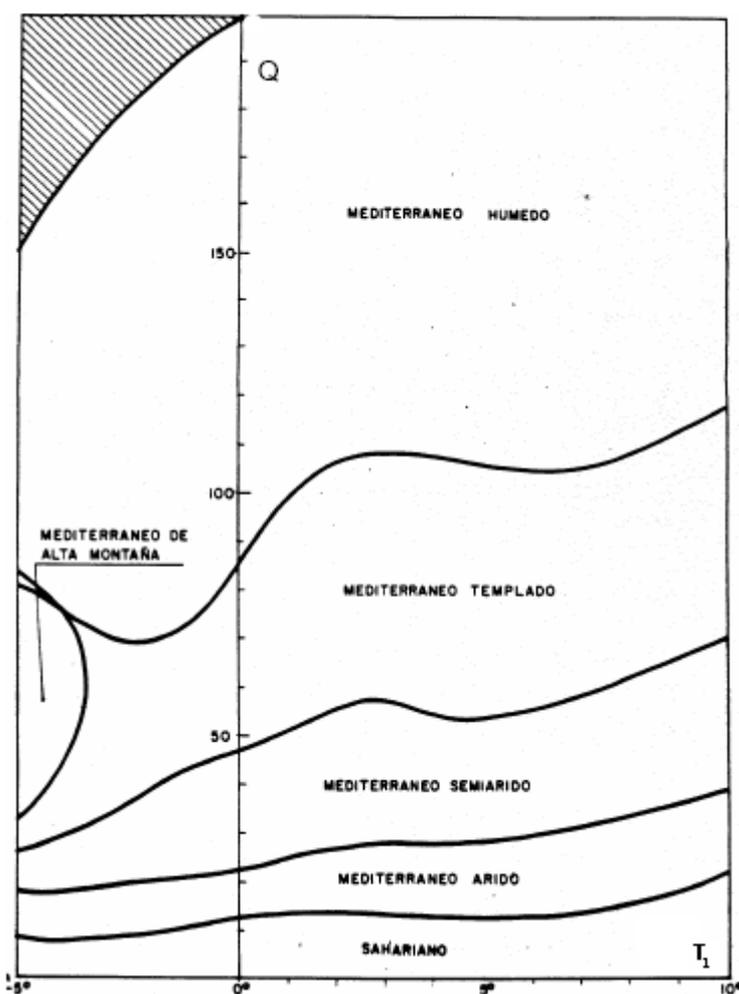


Figura nº 6. Clasificación del clima mediterráneo según el índice de Emberger.

Para este caso, nos situaríamos en el mediterráneo templado.

Índice de continentalidad de Conrad:

El índice de continentalidad de Conrad se calcula de la siguiente manera:

$$IC = 1.7 * (Mi - mi) / \sin(Lat + 10) - 14$$

IC	CLIMA
(-20 , 20)	Hiperoceánicos
(20 , 40)	Oceánicos
(40 , 60)	Subcontinentales
(60 , 80)	Continental
(80 , 120)	Hipercontinentales

Tabla nº 26. Interpretación del índice de continentalidad de Conrad.

Puesto que hemos obtenido un valor de 16,6 para este índice, según el índice de continentalidad de Conrad, tendríamos un clima Hiperoceánico.

2.2.4. VEGETACIÓN Y CULTIVOS

2.2.4.1. Vegetación potencial

La vegetación típica, natural de la cuenca pertenece a la formación durilignosa, bosques y bosquetes esclerófilos perennifolios presididos por *Quercus ilex*, clase *Querceta ilicis*, orden *Quercetalia ilicis*.

Nos encontramos dentro de este orden con tres alianzas: *Oleoceration*, *Quercion valentinae* y *Teucrium buxifolii*.

La alianza *Oleoceration* se encuentra más próxima al litoral mediterráneo con las siguientes especies características: *Chamaerops humilis*, *Rhamnus lycioides*, *Olea europaea*, *Ceratonia silicua*, *Asparagus stipularis*.

Atendiendo al Mapa de las Series de Vegetación de España de S. Rivas Martínez, el encuadramiento biogeográfico de la cuenca de estudio es el siguiente:

- Reino Holártico
- Región Mediterránea,
- Subregión mediterránea occidental,
- Superprovincia Mediterránea-iberolevantina,
- Provincia Catalano-Valenciano-Provenzal-Balear,
- Sector Setabense,
- Subsector Alcoyano-Diánico.

Por tanto, la cuenca se sitúa en la Región Mediterránea y dentro de ésta en los Pisos Mesomediterráneo y Termomediterráneo.

2.2.4.2. Vegetación actual y distribución de usos del suelo

La cobertura vegetal de la cuenca en estudio, se encuentra, en general, profundamente alterada por la actividad humana. Actualmente, las extensiones cubiertas con vegetación natural muestran una idiosincrasia bastante heterogénea, como de hecho corresponde al complejo mosaico de interacciones existentes en el territorio entre los condicionantes naturales y los artificiales. La agricultura y la actividad turística son los principales agentes transformadores de la vegetación de la zona.

La superficie de la cuenca en estudio se encuentra dividida en una zona forestal y una zona agrícola, con más abundancia de ésta última. La zona forestal se puede entender como la superficie arbolada cubierta mayoritariamente por matorral.

La vegetación actual es la típica vegetación mediterránea donde el paisaje está dominado por las plantas aromáticas y los arbustos de diferente porte.

Las áreas montañosas que envuelven el barranco de la Garganta, escarpadas y de difícil acceso, están cubiertas mayoritariamente por monte bajo, recubierto de matorral con especies de coscojos dominados por el coscojo (*Quercus coccifera* L.) y el lentisco (*Pistacia Lentiscus* L.) y plantas aromáticas como el tomillo (*Thymbra capitata* (L.) Cav.), y el romero (*Rosmarinus officinalis* L.). La superficie forestal arbolada es de pino carrasco (*Pinus halepensis* Miller.), además existe una gran proporción de matorral en algunos casos mezclado con algunos pies de encina o de pino.

Las otras zonas restantes más cercanas a los asentamientos urbanos (más llanas o con pendientes más suaves), están revestidas por cultivos de secano, como es el caso del olivo, el viñedo y el almendro. No obstante esto, destacar que los almendros (árboles frutales), presentan una extensión de cultivo mayor a los anteriormente citados. Los almendros se encuentran rodeando a los cultivos de viñedo por la parte sur de la cuenca.

La descripción anterior se ha hecho utilizando el “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado” escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, hoja 822. Asimismo se ha confeccionado el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del Suelo (Anexo nº II: Planos) y a partir de este mapa, y de otras fuentes comparativas (trabajo de campo y fotos aéreas) se han agrupado los usos del suelo en los siguientes estratos:

0. Improductivo → se incluye dentro de este estrato las zonas urbanas, industriales, ríos y otras superficies sin aprovechamiento agrario.
1. Arbolado de secano y viñedo → los cultivos arbóreos de secano están constituidos fundamentalmente por almendros, también olivares, algarrobos, manzanos y otros.
2. Leñosas → Se trata de cultivos leñosos.
3. Matorral → Se han incluido aquí las superficies invadidas de matorral cuando éste supone más del 90% de la cobertura.
4. Pastizal-Matorral → Se incluyen en este estrato los pastizales con o sin arbolado o matorral siempre que los primeros estén en mayor proporción.

La distribución superficial de los usos del suelo con arreglo a la agrupación en estratos descritos anteriormente se refleja en el cuadro siguiente:

Estrato	Superficie	
	Ha	%
Improductivo	146,03	10,22
Arbolado de secano y viñedo	551,23	38,569
Leñosas	7,64	0,52
Matorral	270,662	18,94
Pastizal	51,22	3,57
Matorral-Pastizal	402,39	28,15

Tabla nº 27. Distribución superficial de los usos del suelo.

2.2.5. MONTES A CARGO DE LA ADMINISTRACIÓN

En la cuenca de estudio hay dos montes de Utilidad Pública (UP), parcialmente incluidos en la cuenca.

A continuación mostramos un cuadro que hace referencia a su situación administrativa, a la superficie incluida en la cuenca, el paraje y el estado forestal en el que se encuentran:

MONTE DE UTILIDAD PÚBLICA				
Número	Ha. dentro de la cuenca	Paraje	Estado forestal	Pertenencia
66	80,68	La Malla Verda	Matorral	Ayuntamiento
74	11,178	La Solana	Matorral en extremo SW Arbolado de seco	Comunidad de vecinos

Tabla nº 28. Montes de Utilidad Pública parcialmente incluidos en la cuenca.

En el mapa nº 6 correspondiente (Anexo nº II: Planos) aparece la localización de los montes.

2.2.6. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

En el estudio de las características socioeconómicas, nos vamos a centrar concretamente en los municipios que integran la cuenca de estudio, puesto que el objetivo es incentivar el crecimiento y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona.

En este apartado se estudiarán los diferentes sectores económicos, profundizando el máximo posible en los términos que mayoritariamente ocupan la cuenca del barranco de la Garganta, así como su población, evolución a lo largo de los años y la actividad socioeconómica.

2.2.6.1. Datos geográficos

Se estudian datos de las poblaciones que integran la cuenca, o que mayoritariamente ocupan una mayor zona de ella, y son: Benissa, Senija, Gata de Gorgos, y en menor parte: Lliber, Teulada y Denia.

TÉRMINO	SUPERFICIE (Km²)	ALTITUD (m)	DISTANCIA A LA CAPITAL DE PROVINCIA (Km)
BENISSA	69,7	254	71
GATA DE GORGOS	20,3	78	83
SENIJA	4,8	234	75

Tabla nº 29. Municipios incluidos en más del 75% de la cuenca.

TÉRMINO	SUPERFICIE (Km²)	ALTITUD (m)	DISTANCIA A LA CAPITAL DE PROVINCIA (Km)
Denia	66,2	-	100
Lliber	21,9	274	75
Teulada	32,2	185	75

Tabla nº 30. Municipios incluidos en menos del 25% de la cuenca.

2.2.6.2. Demografía y análisis de la población

La Comarca de la Marina Alta, actualmente presenta una tendencia de crecimiento anual, esta trayectoria demográfica se mantiene desde mediados de los años setenta del siglo pasado, impulsado por un cambio en el modelo económico tradicional, basado en la agricultura de secano y en la ganadería, el cual ha sido substituido progresivamente por un sector turístico que hace aparecer una población estacional y residente cada vez más numerosa. El crecimiento poblacional se ha producido fundamentalmente por la inmigración.

A continuación se muestra una tabla de la evolución de la población y su correspondiente gráfico:

	1996	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Benissa	9154	9368	9687	10078	10556	11051	12098	11405	11935	12424	12690
Gata de Gorgos	5070	5008	5003	5032	4971	5106	5120	5212	5375	5551	5969
Senija	474	479	472	509	520	537	542	566	619	649	658

Tabla nº 31. Evolución de la población en habitantes(1996-2007). Fuente: Instituto Valenciano de Estadística (IVE).

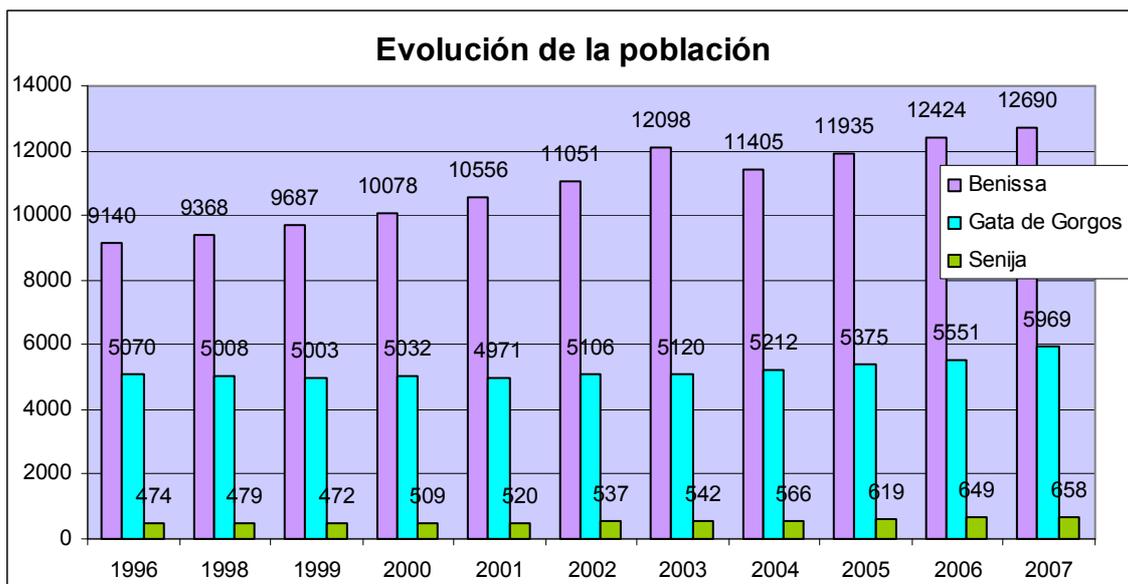


Gráfico nº 4. Evolución de la población (1996-2007). Fuente: IVE.

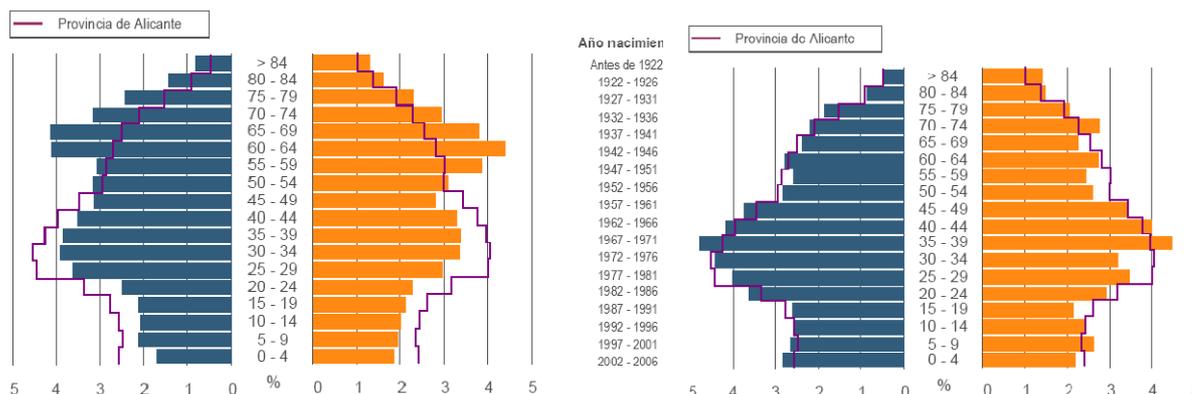


Figura nº 7. Estructura de la población con fecha del 1/01/2007 de Benissa y de Gata de Gorgos. Fuente: IVE.

Estas poblaciones presentan una estructura poblacional con unas características muy peculiares, donde se observa que la población en términos demográficos es envejecida. Esto se debe al fenómeno iniciado hace algunas décadas, que se ha acelerado desde la integración en la Unión Europea y supone la instalación de importantes contingentes de población de origen principalmente europeo que, una vez jubilados, optan por establecerse en la zona durante periodos prolongados y cada vez más de forma permanente. El asentamiento masivo de población extranjera se ha visto favorecida por una serie de factores principales. Además del clima, cabe destacar la calidad paisajística y el menor precio de los bienes de consumo, principalmente de la vivienda (hace unos 50 años) respecto a los países de origen de los extranjeros. El modelo turístico se construye en torno a una población jubilada con un alto poder adquisitivo y disponibilidad de tiempo libre, pero con escasas posibilidades de

adaptación frente a cambios futuros. Destacar que el crecimiento vegetativo en los términos con mayor terreno dentro de la cuenca de estudio, es negativo, como vemos en la siguiente tabla:

	Nacimientos	Defunciones	Crec. Veget.
Benissa	104	105	-1
Gata de Gorgos	44	58	-14
Senija	2	7	-5

Tabla nº 32. Movimiento natural de la población (Año 2006). Fuente: IVE.

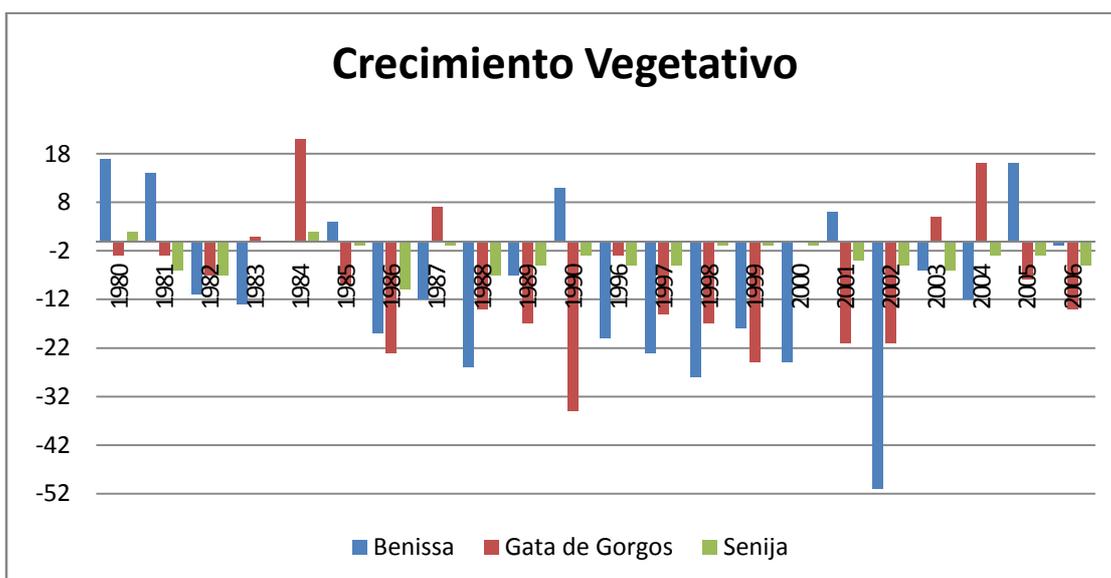


Gráfico nº 5. Crecimiento vegetativo de la población desde el 1980 hasta el 2006. Fuente: IVE.

El gráfico mostrado a continuación se ha obtenido a partir de los datos del IVE, está muestra el nivel de migraciones de las diferentes poblaciones. Lo más destacable es el hecho de que las emigraciones se producen principalmente a municipios tanto de la propia Comunidad Valenciana como a otras Comunidades Autónomas. Sin embargo los principales inmigrantes son en su mayoría extranjeros.

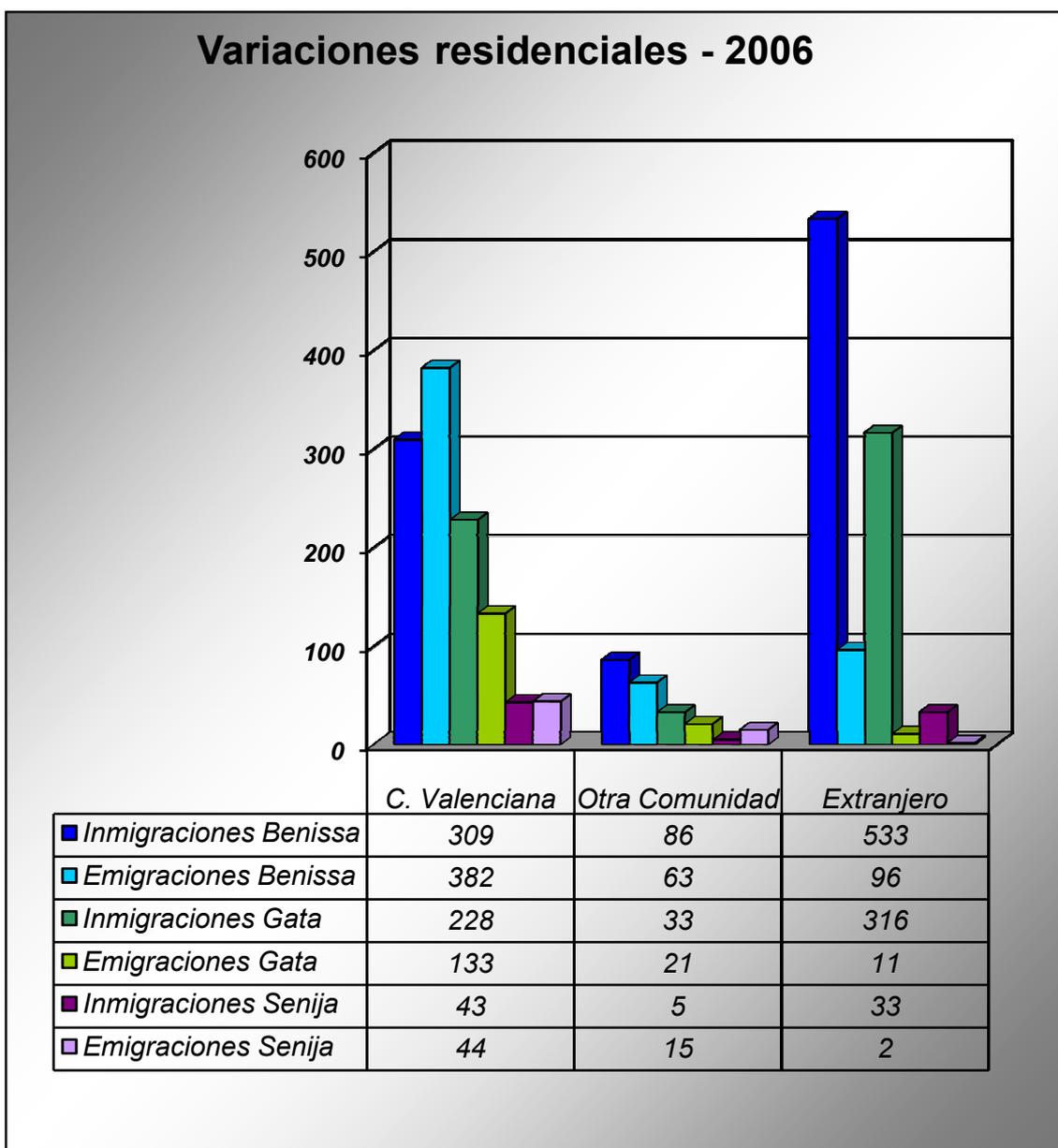


Gráfico nº 6. Saldo migratorio del año 2006. Fuente: IVE.

2.2.6.3. El mercado de trabajo

A continuación, en las siguientes tablas y figuras se refleja la evolución experimentada en las poblaciones objeto de estudio en cuanto al mercado de trabajo, según ocupación, desocupación, afiliaciones, etc.

<i>Municipio</i>	<i>POR SEXO</i>			<i>POR SECTORES</i>				
	Mujeres	Hombres	Total	Agricultura	Industria	Construcción	Servicios	Sin ocupación anterior
Benissa	179	174	353	7	15	77	238	16
Gata de Gorgos	133	126	259	8	37	59	137	18
Senija	11	16	27	1	3	7	16	0

Tabla nº 33. Desocupación de la población (Año 2008). Fuente IVE.

2.2.6.4. Análisis de cada uno de los sectores económicos

2.2.6.4.1. Sector primario

En este apartado se van a abordar las cuestiones referentes al marco estructural del sector agrario y ganadero.

Anteriormente, el análisis de la estructura agraria adquiriría un especial interés por el peso que ostentaba dicho sector en la Marina Alta. La capacidad agrícola medida en un índice tan elemental como el porcentaje que representa las tierras labradas sobre el total de la superficie era del 40 % frente a unos niveles medios de la provincia de Alicante del 50%, y en la Comunidad del 43%, en los años ochenta.

En los últimos 20 años, la economía ha experimentado un desplazamiento rápido hacia los sectores secundario y terciario. La construcción y el sector de los servicios son los pilares básicos, a pesar de que anteriormente el principal sector era el primario.

En la parte más próxima al río Gorgos, el reparto de las tierras labradas no se da por igual, puesto que al ser más montañosa, los cultivos apenas circundan los piedemontes en un intento de utilizar al máximo la capacidad productiva del suelo.

El sector agrícola se ha basado en la agricultura de secano, principalmente viña, almendros, olivos y algarrobos. En esta zona se ha visto dificultada la mecanización por tener una abrupta orografía y una elevada parcelación. Los cultivos de regadío son muy escasos, sólo se encuentran en lugares donde se ha podido hacer recepciones de agua que permiten el riego. En los últimos años, el cultivo dominante ha sido la viña y los frutales.

A continuación se muestra la tabla de aprovechamiento de los suelos labrados en hectáreas:

Aprovechamiento de los suelos labrados (ha)					
	Frutales	Herbáceas	Olivos	Viñas	Otros
Benissa	667	74	167	403	115
Gata de Gorgos	233	23	46	16	101
Senija	43	2	18	10	33

Tabla nº 34. Aprovechamiento de los suelos labrados (ha) del año 1999.

	Especies arbóreas forestales	Otras tierras no forestales	Tierras labradas	Tierras para pastos permanentes	Total
Benissa	540	777	1426	23	2766
Dénia	40	1641	1474	1	3156
Gata de Gorgos	107	381	420	0	908
Llíber	9	295	334	1	640
Senija	2	166	107	0	274
Teulada	28	572	688	125	1413

Tabla nº 35. Superficie de las explotaciones por tipo. (Año 1999).

El tipo de agricultura que predomina son los cultivos de secano en un 95%, frente a otros tipos de cultivos minoritarios.

De toda el área dedicada a la agricultura, un 95% se cultiva a tiempo parcial y aproximadamente un 5%, se cultiva de forma exhaustiva.

Superficie de las explotaciones (ha).					
	Suelo labrado	Suelo para pastos permanentes	Especies arbóreas forestales	Otro suelo no forestal	Total
Benissa	1426	23	540	777	2766
Gata de Gorgos	420	0	107	381	908
Senija	107	0	2	166	274

Tabla nº 36. Datos de superficies del año 1999, de las explotaciones en las poblaciones con mayor terreno en la cuenca.

Una pequeña parte de la economía de este sector, es obtenida a través de la ganadería, contando con un volumen de cabezas a considerar:

Ganadería en unidades ganaderas								
	Aves	Bovino	Cabrano	Cerdos	Conejas madres	Equinos	Ovino	Unidades ganaderas
Benissa	50	172	11	0	4	24	122	382
Gata de Gorgos	1	1	3	0	1	7	28	42
Dénia	44	21	4	3	2	42	8	124
Llíber	1	136	0	0	8	4	0	149
Senija	0	0	0	0	0	0	0	0
Teulada	142	56	0	0	0	3	2	204

Tabla nº 37. Ganadería en unidades ganaderas. Fuente: IVE 1999

De esta práctica se obtiene estiércol en cantidades que rondan las 50-80 toneladas, en la localidad de Benissa, y estos estiércoles son destinados a terrenos particulares.

2.2.6.4.2. Sector secundario

En la Marina Alta, la industria desde los años 80 se ha ido desarrollando entre el interior y el litoral, y dentro de éste último dos lugares distintos de desarrollo, uno el de Javea, y otra que podríamos denominar el eje del corredor de la N-332, con los núcleos de Gata de Gorgos, Teulada, Benissa y Senija. Este grupo de municipios presentaba una industria manufacturera con características propiamente artesanales de limitado efecto arrastre, pero de difundida incidencia espacial.

Los principales subsectores que más peso ostentaban en la estructura productiva manufacturera eran: la madera y los muebles, los transformados metálicos, y la alimentación y las bebidas.

En madera y muebles, aparte de los talleres carpinteros bastante diseminados por toda la comarca y que suelen desempeñar un papel de actividad auxiliar de la construcción, existe un importante núcleo dedicado a la fabricación de muebles de mimbre en Gata de Gorgos.

En los últimos años, ha sido la industria de la construcción el que ha adquirido un papel más importante en la economía de este sector. Este desarrollo de la construcción, básicamente en el litoral, se ha debido a los estímulos de la expansión turística. La incidencia de este fenómeno se manifiesta claramente en la localización de la actividad turística. Al responder esta última básicamente a la construcción de chalets o bungalows, y en menor medida a apartamentos ubicados en su mayor parte en el litoral, los municipios más cercanos a éste canalizan un importe contingente de mano de obra hacia esta actividad. Al respecto es de resaltar la notoria dependencia del sector en algunos municipios como Teulada, y Benissa.

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

2.2.6.4.3. Sector terciario

	Agricultura	Construcción	Industria	Servicios
Benissa	3	56	17	107
Gata de Gorgos	0	21	9	19

Tabla nº 38. Contrataciones por sector, año 2007. Fuente: IVE.

El turismo junto a la construcción son los dos sectores predominantes en la zona. Pero el sector terciario consta de un mayor número de contrataciones que el sector de la construcción, por dicha razón actualmente este sector es el pilar de la economía en los términos municipales estudiados.

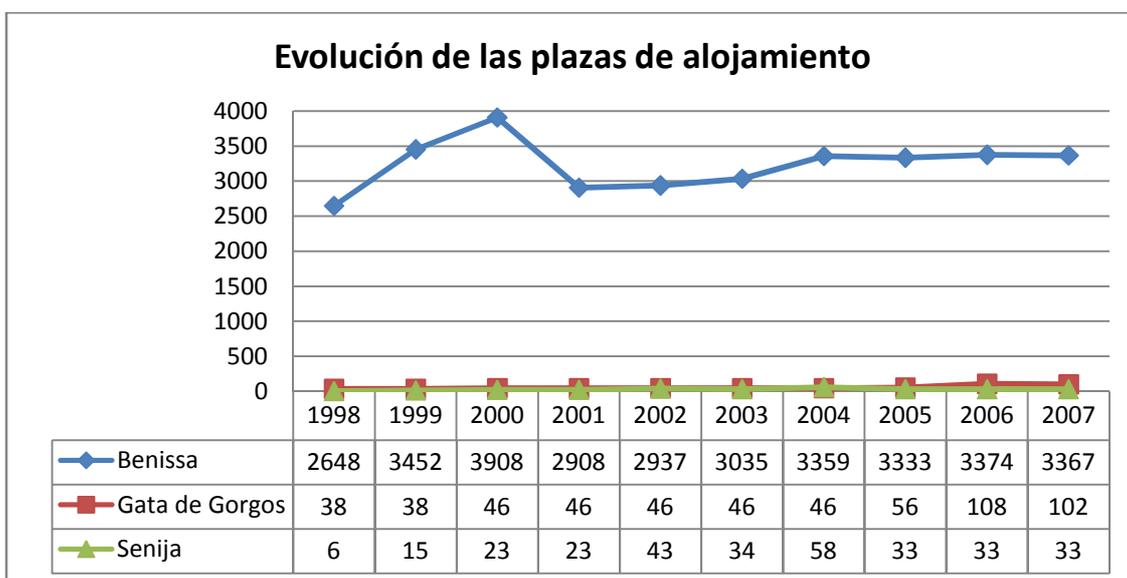


Gráfico nº 7. Evolución de las plazas de alojamiento. Series del año 1998 al año 2007. Fuente: IVE.

Este sector en cada una de las poblaciones crecía con una determinada tendencia, pero como se puede observar en el gráfico, en el año 2007, se detectó una ligera decrecida en la mayoría de las poblaciones.

2.3. HIDROLOGÍA FORESTAL

2.3.1. Reseña hidrográfica

2.3.1.1. El sistema de drenaje.

En la zona de estudio, no existen caudales continuos, caracterizándose por ser cursos fluviales mediterráneos de régimen intermitente y con peligro de avenidas y avalanchas súbitas y violentas.

Distinguimos un dominio de morfología fluvial, con una dependencia marcadamente estructural. La red de drenaje muestra un tipo de curso fluvial en el que la litología, la estructura, la geotectónica, y la climatología están en una estrecha interdependencia, y han formado sendas morfologías. En este caso diferenciamos un torrente que tiene su origen en el retablo montañoso, de un conjunto de cauces o barrancos que nacen en el sinclinal margoso de Benissa-Teulada a la altura del altiplano, hablando en el caso del Barranco de la Garganta, de una red primitiva por su fase cronológica.

La red primitiva alude a los torrentes que atraviesan el retablo montañoso y que aparecen, en líneas generales, decididos por las estructuras anticlinales que presentaban unas líneas de fracturas (subyacentes en los materiales cretácicos y reactivadas por la eclosión diapírica en los materiales terciarios oligocenos), que son fallas de distensión normales y post-orogénicas debidas al reajuste de finales del Mioceno y que poseen una dirección generalmente NW-SE. Los torrentes aprovechan en la mayoría de los casos estas fracturas.

2.3.1.2. El Barranco de la Garganta:

En la trayectoria hacia el norte de Benissa encontramos el Bco. de la Garganta, que entre el Pico de Serrella y la Sierra de Castellar se desarrolla en un primer tramo de E a W para luego girar y discurrir de S a N hacia el río Jalón, en la depresión de la Solaneta. Posee una rama más joven, el Barranco de l'Aigüera, que con dirección S. a N. atraviesa en su cabecera entre el Tosal del Cosi y las Peñas Blancas una falla estructural, para configurar en la vertiente sur una depresión estructural denominada "la Foya" (da lugar a un altiplano). Esta rama queda colgada en una depresión a los 260 m al NE de Benissa.

Podríamos decir, que es un paleocanal que presenta un cauce de fondo llano, muy evolucionado, y que drena hipogeamente el llano de Benissa, al cual configura. El motivo de esta forma que hoy se nos muestra está en los fenómenos de la tectónica post-pliocena que afectaron la forma de estos torrentes que aflúan al río Jalón hacia el NE, y modificaron el nivel de base y por lo tanto el drenaje de las vertientes. Pudo asimismo favorecer una obstrucción relativa al drenaje, la barra estructural de la Sierra Castellar (al N) que con las pulsaciones post-pliocenas pudo entorpecer al desagüe de estos barrancos.

2.3.2. Características morfológicas

Se define la morfología de la cuenca a partir de la obtención de parámetros de forma, relieve y los relativos a la red hidrográfica.

2.3.2.1. Parámetros de forma

2.3.2.1.1. Coeficiente de Gravelius

La forma se define a través del “Coeficiente de Gravelius”, que representa la influencia del contorno de la cuenca (su forma y superficie) en la marcha de los hidrogramas. Para ello, se relaciona el perímetro de la cuenca con el de otra teórica circular y de la misma superficie. Su valor es siempre mayor que uno y crece con la irregularidad de la cuenca.

Es un coeficiente adimensional cuya expresión es:

$$Cg = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde,

Cg = Coeficiente de Gravelius

P = Perímetro de la cuenca = 25,412 Km.

A = Superficie de la cuenca = 14,29 Km²

El resultado que se obtiene es de Cg = 1,89, que corresponde a una cuenca rectangular-oblonga, según la clasificación de cuencas en función del valor del coeficiente de Gavelius.

2.3.2.2. Parámetros de relieve

2.3.2.2.1. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica se dibuja mediante un sistema de ejes de coordenadas:

* Eje de abscisas → Altitudes que poseen los diferentes tramos del barranco de La Garganta.

* Eje de ordenadas → Porcentajes de la superficie que ocupa el barranco, desde el 0% al 100%.

En la siguiente tabla, se relaciona la superficie del barranco que ocupa cada altura. Evidentemente, la cota más baja a la que se encuentre el barranco, el porcentaje de superficie de la cuenca por encima de dicha altura será del 100%:

Cota (m)	Superficie por encima de la cota correspondiente en Km2	% Relativo	% Acumulado
432	0	0	0
400	0,06	0,50	0,50
300	2,41	16,92	17,44
200	10,60	74,18	91,63
120	1,18	8,23	99,87
100	0,02	0,12	100

Tabla nº 39. Relación entre altitudes y superficies de la cuenca objeto de estudio.

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

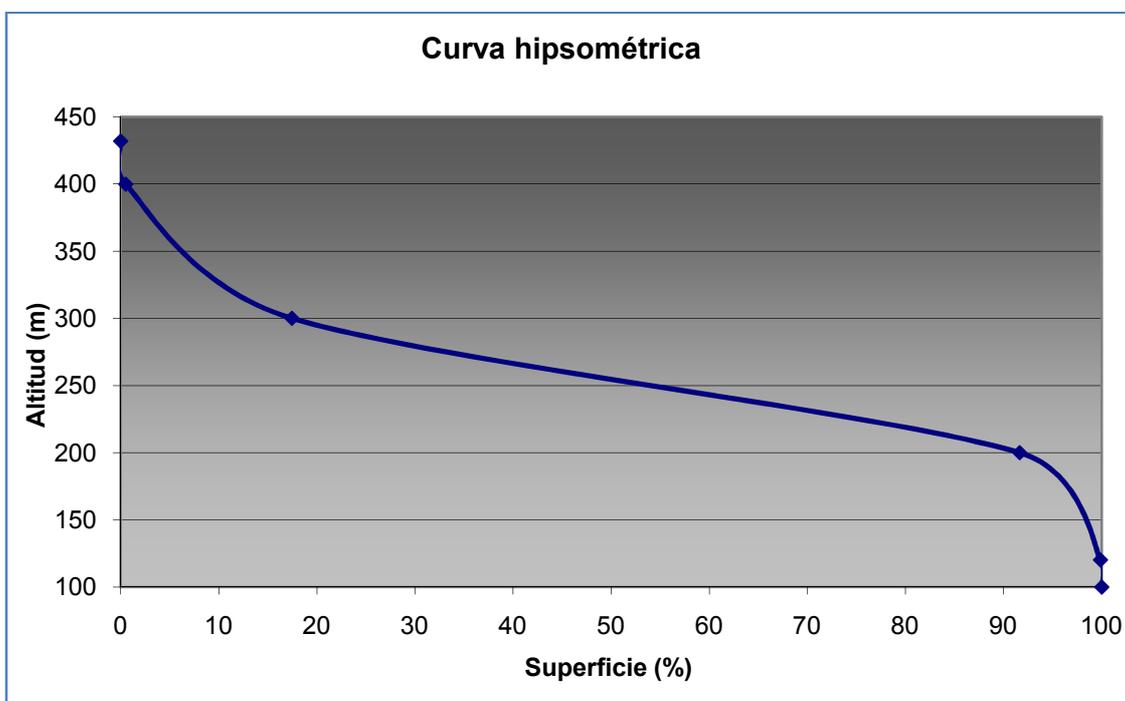


Gráfico nº 8. Curva hipsométrica.

2.3.2.2.2. Altura media

Se calcula como el cociente entre el volumen de la cuenca (superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes coordenados) y su superficie. Por tanto:

$$\bar{h} = \frac{V}{A}$$

donde,

\bar{h} = altura media (m)

V = Volumen de la cuenca (m³)

A = Superficie de la cuenca (m²)

La altura media de la cuenca del barranco de la Garganta resulta ser por tanto 211,25 m.

2.3.2.2.3. Altitud media

Se obtiene sumando la altura media y la cota más baja a la que pertenece el barranco de la Garganta, es decir:

$$H = h + \text{cota mínima}$$

Donde,

H = altitud media (m)

h = altura media (m)

La altitud media será: 120 + 211,25 = 331,25 m.

2.3.2.2.4. Pendiente media

Se calcula mediante la expresión:

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

Donde,

S: pendiente media en tanto por ciento.

$\sum li$: suma de las longitudes de las curvas de nivel (Km.)

E: equidistancia entre las curvas de nivel (Km.)

A: Superficie de la cuenca (Km²)

$$S=100 \cdot \frac{29,79 \text{ Km} \cdot 0,1 \text{ Km}}{14,29 \text{ Km}^2} = 14,54\%$$

Siendo la equidistancia entre las curvas de nivel consideradas 100 m. y la suma de sus longitudes de 29,79 Km. La pendiente media de la cuenca del barranco de la Garganta resulta ser de 14,54%.

Por otra parte se ha realizado el mapa de pendientes de la cuenca a escala 1:30.000. (Anexo nºII: Planos, Plano nº 3)

2.3.2.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica

2.3.2.3.1. Densidad de drenaje

Se define mediante la expresión propuesta por Horton:

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

donde,

D: densidad de drenaje (Km.⁻¹)

$\sum li$: suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (Km.)

A: superficie de la cuenca (Km²)

$$D = \frac{5,58 \text{ Km}}{14,29 \text{ Km}^2} = 0,39 \text{ Km}^{-1}$$

El resultado obtenido en el barranco de la Garganta es de 0,39 Km⁻¹.

2.3.2.3.2. Pendiente media del cauce principal

Se calcula mediante la expresión:

$$j = \frac{H \text{ máx} - H \text{ mín}}{L} \cdot 100$$

donde,

j: pendiente media del cauce (%)

H máx.: altitud máxima del cauce (m)

H mín.: altitud mínima del cauce (m)

L: longitud del cauce (m)

$$j = \frac{300m - 120m}{5.580,53m} \cdot 100 = 3,22\%$$

La pendiente media del cauce principal es de 3,22 %.

2.3.3. CÁLCULO DE CAUDALES

2.3.3.1. Aplicación de la fórmula empírica de García Nájera

La fórmula empírica de García Nájera, son fórmulas que se utilizan en cuencas forestales.

Las fórmulas propuestas en este método no dan los caudales de la máxima avenida, sino el valor intermedio entre las pequeñas y las extraordinarias, que es la que debe tenerse en consideración para calcular las obras de corrección. La fórmula que se ha de aplicar en este caso, por ser la superficie de la cuenca mayor de 2,5 Km² es:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{a \cdot p \cdot (42 + 0,525F) \cdot F^2}{(1 + F) \cdot (1 + 0,025F) \cdot (0,5 + \sqrt{F})}$$

donde,

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo estimado en m³/seg.

F = Superficie de la cuenca en Km².

a , p = Coeficientes indicadores del estado forestal y accidentalidad de la cuenca.

Designando por Fc la superficie en Km² de cubierta de vegetación en buen estado:

$$a = 1 - \frac{3 \cdot Fc}{4 \cdot F}$$

$$a = 1 - \frac{3 \cdot 0,1 \text{ Km}^2}{4 \cdot 14,29 \text{ Km}^2} = 0,98$$

En cuanto a p:

- Cuencas poco accidentadas → p = 0,75
- Cuencas medianamente accidentadas → p = 1,00
- Cuencas muy accidentadas → p = 1,25

Según si menos de un tercio, más de un tercio o más de dos tercios de la cuenca tengan pendientes superiores al 30%.

En la siguiente tabla podemos ver los resultados obtenidos:

Unidad hidrológica	Fc (Km ²)	F (Km ²)	p	a	Q _{máx}
Barranco de la Garganta	0,1	14,29	0,75	0,98	416,10

Tabla nº 40. Cálculo del caudal según García Nájera.

2.3.3.2. Aplicación del método de la dirección general de carreteras del M.O.P.U.

La fórmula propuesta es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

donde,

Q = Caudal (m³/seg)

I = Intensidad en mm/h.

A = Superficie en Km².

C = Coeficiente de escorrentía.

K = Coeficiente de uniformidad

Cálculo de la Intensidad:

Para el cálculo de la Intensidad precisamos en primer lugar de la obtención de otros parámetros.

El valor de I/I_d se obtiene a partir del mapa de Isolíneas publicado por la D.G.C.N. (Figura nº 8), y es aproximadamente 11,4.



Figura nº 8. Mapa de Isolíneas. Fuente: Orden de 14 de Mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial". (BOE núm.123, de 23 de mayo de 1990).

A continuación calculamos el tiempo de concentración mediante la siguiente expresión:

$$D = Tc = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

donde,

L es la longitud del curso principal en Km (L=5,53Km);

J es la pendiente de éste (en tanto por uno), (J=0,0322);

Tc es el tiempo de concentración (en horas).

Del resultado de esta operación obtenemos D = 2,114 horas.

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_l}{I_d} \right)^{(28^{0,1-D}) - (28^{0,1-1})}$$

Por tanto:

$$I/Id = 7,065$$

Según los datos del Atlas Climatológico de la Comunidad Valenciana, calculados por el método de Gumbel, tenemos las precipitaciones máximas en 24 horas (Pd), para períodos de retorno de dos, cinco, diez, veinte, treinta, cincuenta y cien años para la estación de Benissa Convent, con los siguientes resultados:

$$P_{24}^2 = 85,4 \text{ mm}$$

$$P_{24}^{30} = 239,9 \text{ mm}$$

$$P_{24}^5 = 143,4 \text{ mm}$$

$$P_{24}^{50} = 266,4 \text{ mm}$$

$$P_{24}^{10} = 181,1 \text{ mm}$$

$$P_{24}^{100} = 302,1 \text{ mm}$$

$$P_{24}^{20} = 218,7 \text{ mm}$$

la fórmula utilizada para estos cálculos es:

$$P_{24}^T = \overline{P_{24}} + \frac{Y_T - \overline{Y_N}}{S_N}$$

donde,

$\overline{P_{24}}$ = media de las precipitaciones máximas en 24 horas anuales.

Y_T = variable reducida para un período de retorno de T años.

$\overline{Y_N}$ y S_N = media y desviación típica, respectivamente, de la variable, para una serie de N años.

Finalmente, se deduce I para el periodo de retorno deseado multiplicando I/Id por Id = Pd/24, obteniendo los siguientes resultados:

I_2	I_5	I_{10}	I_{20}	I_{30}	I_{50}	I_{100}
25,14	42,21	53,49	64,38	70,62	78,42	88,93

Tabla nº 41. Valores de Intensidades para períodos de retorno de dos, cinco, diez, veinte, treinta, cincuenta y cien años.

Cálculo del coeficiente de uniformidad:

El coeficiente de uniformidad es proporcional al tiempo de concentración y se introduce para tener en cuenta el error introducido al suponer la uniformidad temporal de la precipitación:

$$K = 1 + \frac{tc^{1,25}}{tc^{1,25} + 14}$$

En este caso K = 1,15.

Cálculo del coeficiente de escorrentía:

$$C = \frac{(Pd - Po) \cdot (Pd - 23Po)}{(Pd + 11Po)^2}$$

Donde,

C= Coeficiente de escorrentía

Pd = Precipitación máxima diaria

Po = Umbral de escorrentía

Existe una tabla para, en función de los parámetros de suelo, vegetación, etc., de la cual se obtiene un valor medio de umbral de escorrentía (P₀).

En este caso, para el cálculo del umbral de escorrentía se ha utilizado el método del S.C.S. (Soil Conservation Service) modificado por el M.O.P.U.

Esta metodología está realizada por el Ministerio de Obras Públicas que realiza una adaptación de los valores del umbral de escorrentía para adaptarlos a nuestras condiciones, mediante el estudio de distintas cuencas.

Respecto a los usos del suelo que tenemos en la cuenca, la tabla quedaría resumida de la siguiente manera:

Uso de la tierra	Pendiente %	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Cultivos en hilera	≥ 3	N'	25	16	11	8
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Media	75	34	22	16
Praderas	≥ 3	Media	53	23	14	19
Rocas impermeables	≥ 3			2		

N': laboreo en línea de nivel.

En este caso se ha elegido el suelo del grupo B, porque este grupo se caracteriza por tener una capacidad de infiltración moderada y además la textura del suelo de la zona corresponde con la franco-limosa, comprendido dentro de este grupo.

La superficie que comprende cada uno de los usos del suelo es el siguiente:

USOS DEL SUELO	SUPERFICIE (Km ²)	%
Matorral	2,707	18,94
Patizal	0,512	3,58478011
Matorral-Patizal	4,024	28,1556441
Cultivos de almendro, en seco	0,126	39,01
Cultivos de vid, en seco	1,673	
Cultivos de frutales, en seco	3,713	
Leñosas	0,076	
Suelo impermeable (zona urbana)	1,46	10,22
TOTAL	14,29	

Tabla nº 42. Superficie de los usos actuales del suelo. Fuente: Mapa de usos actuales del suelo. (Cartografía Temática de la Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport.) y Mapa de Cultivos y Aprovechamientos actualizado. (Ministerio Medio Ambiente, Rural y Marino)

A continuación se muestra la tabla de los resultados:

T	Pd (mm)	Cmat	Ccult	Croca imp.	Cpastizal	C (media ponderada)	Id (mm/d)	I (mm/h)	Qmax (m ³ /s)
2	85,40	0,21	0,46	0,95	0,33	0,42	3,56	25,32	49,05
5	143,4	0,38	0,64	0,98	0,52	0,58	5,98	42,52	113,78
10	181,8	0,46	0,71	0,99	0,60	0,66	7,58	53,90	161,79
20	218,7	0,53	0,76	0,99	0,66	0,71	9,11	64,84	210,06
30	239,9	0,56	0,79	0,99	0,69	0,73	10,00	71,13	238,42
50	266,4	0,59	0,81	0,99	0,72	0,76	11,10	78,98	274,34
100	302,1	0,64	0,84	0,99	0,75	0,79	12,59	89,57	323,32

Tabla nº 43. Cálculos de caudales para distintos períodos de retorno.

2.4. EROSIÓN EN LA CUENCA DE ESTUDIO

La erosión es un proceso natural que forma parte del ciclo geológico externo en la corteza terrestre, donde se produce erosión, transporte y sedimentación de los materiales geológicos cuando se exponen a la acción de los distintos agentes ambientales que producen la meteorización.

Estos procesos que entran dentro de la evolución natural del modelado del relieve terrestre y de la dinámica del paisaje no constituyen un problema de degradación hasta el momento que el equilibrio formación-erosión del suelo no se desplaza hacia éste último.

A escala de tiempo humano, los procesos erosivos pueden llegar a tener graves consecuencias naturales, sociales y económicas: entre otras, aterramientos de embalses, agravamiento de las inundaciones e incremento de su frecuencia, deterioro de ecosistemas naturales... y, sobre todo pérdida de suelo y de su fertilidad.

En la zona de estudio, destaca el contraste climático estacional, de gran agresividad, la frecuencia de rocas impermeables, el relieve mayoritariamente abrupto y la falta de vegetación. Estos son los factores que usualmente condicionan las formaciones edáficas que, normalmente, se encuentran en frágil equilibrio con el ecosistema.

Según los datos de erosión (Plano de Pérdidas de suelo. nº 8. Anexo II: Planos), la cuenca del barranco de la Garganta, en general presenta una erosión entre moderada y alta dependiendo del lugar.

Alrededor del núcleo poblacional de Benissa, la erosión es Alta. En la zona central de la cuenca (SWE), esta erosión es moderada. Seguidamente, en las zonas montañosas del Tosal del Cosi, las Lomas del Agre y La Malla Verda, la erosión es en general alta.

Respecto a las zonas abancaladas, es de destacar que la mitad sur de la cuenca se encuentra abancalada. Las zonas alrededor del barranco de l'Aigüera se encuentran en su mayor parte colindando con bancales con márgenes de piedra seca. En el nacimiento del barranco de la Garganta, la parte sur (Malla Verda) si que presenta abancalamiento pero la parte norte no, siendo está la más degradada, en el tramo medio aparecen abancalamientos de manera discontinua y hay muestras de

degradación y finalmente en el último tramo, zona agrícola, volvemos a ver presente los característicos márgenes.

A continuación, se estudia el índice de protección del suelo por la vegetación, que es la relación suelo-vegetación y la importancia de ésta en la conservación del suelo. También se cuantifican las pérdidas de suelo, en el apartado 7, del barranco de la Garganta utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1965 y 1978).

2.4.1. Índices de protección del suelo por la vegetación

La vegetación tiene un papel muy importante en la protección, conservación y formación de suelo. Por ello, la evidente faceta protectora que realiza la vegetación sobre el suelo se mide mediante un índice que nos proporciona información básica acerca de las condiciones del medio. Éste varía de 0 a 1, teniéndose en cuenta:

- Tipo de cubierta vegetal (parte aérea y radical)
- Densidad y espesura de la misma
- Aprovechamientos a la que se somete
- Pendiente del terreno

A continuación se presenta las principales acciones de la vegetación y sus efectos sobre el suelo:

ACCIONES DIRECTAS	EFFECTOS SOBRE EL SUELO
Interviene en la meteorización	Acelera la meteorización física, química y biológica
Aporta materia orgánica	Cantidad, distribución y naturaleza de la materia orgánica (M.O.). del suelo: Horizonte O, A, H.
Cohesiona las partículas	Desarrollo de estructura por aporte de M.O. y acción de las raíces
Construye el sistema de poros	Favorece la circulación del agua y aire, el crecimiento de las raíces.

Tabla nº 44. Acciones directas de la vegetación sobre el suelo.

ACCIONES INDIRECTAS	EFFECTOS SOBRE EL SUELO
Actúa como filtro frente a:	
- Radiación solar	Regula la temperatura, evaporación y el régimen de humedad.
- Lluvia	Intercepta las gotas de lluvia, evita el impacto directo y disminuye la erosión por salpicadura.
- Escorrentía superficial	Disminuye la Escorrentía al aumentar la infiltración. Frena la velocidad del agua de escorrentía: disminuye la erosión por escorrentía superficial.
- Viento	Frena la erosión eólica e intercepta el material transportado por el viento.
Sobre la fertilidad del suelo:	
- Ciclo biogeoquímico	Inmovilización, liberalización y aporte de nutrientes.

Tabla nº 45. Acciones indirectas de la vegetación en el suelo.

El índice de protección de suelo por la vegetación es el siguiente:

Cubierta vegetal	Pendiente				
	< 5%	5-15%	15-30%	30-45%	> 45%
Arbolado denso	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Arbolado claro	1,0	0,9	0,6	0,5	0,4
Matorral	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2
Erial a Pastos	0,6	0,5	0,2	0,1	0,0
Cultivos	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0
Sin vegetación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla nº 46. Índice de protección de suelo por la vegetación.

Si realizamos una superposición de las capas de aprovechamientos y usos del suelo con la pendiente para nuestra cuenca, obtenemos los siguientes resultados:

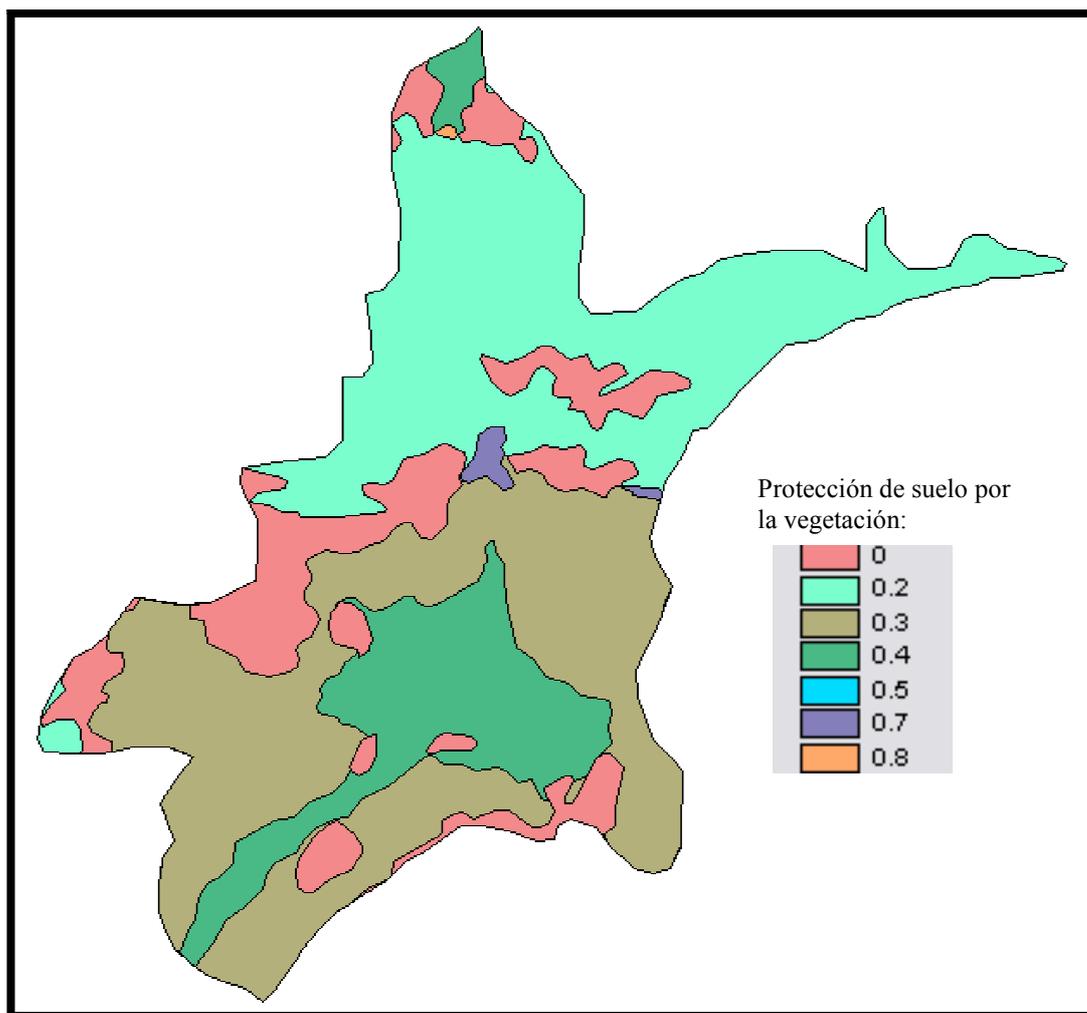


Figura nº 9. Valores de protección del suelo por la vegetación en la cuenca de estudio.

Al analizar el mapa (figura nº 9), se puede observar que hay una deficiencia de vegetación en la cuenca de estudio, ya que la mayor parte de la superficie, aproximadamente el 90%, presenta valores inferiores a 0,4, que en función del índice de protección de suelo por la vegetación se puede concluir que en la cuenca del barranco de la Garganta hay una falta de cubierta vegetal.

2.5. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD (MOCS)

En la metodología para la ordenación de la cuenca hidrográfica con criterios de sostenibilidad se van a realizar los siguientes pasos ó etapas:

- 1- Estudio de la problemática de la cuenca.
- 2- Establecimiento de los objetivos
- 3- Definición de actividades para lograr dichos objetivos
- 4- Inventario y análisis del medio: Cartografía temática
- 5- Estudio de la capacidad de acogida de dichas actividades: Matriz de capacidad
- 6- Estudio del grado de conveniencia en el medio para realizar dichas actividades: Matriz de grado de conveniencia
- 7- Adecuación de Actividades
- 8- Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

A continuación se considera cada uno de ellos:

2.5.1. Estudio de la problemática de la cuenca

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

En esta etapa, el recorrido de campo es un aspecto fundamental, junto con la recopilación de la información necesaria cartográfica y bibliográfica sobre la zona de estudio.

La cuenca del barranco de la Garganta como se ha podido ver en los apartados anteriores tiene los siguientes problemas: los caudales máximos provocan daños en las infraestructuras, en los cultivos, etc. Además de esto, la vegetación es en su mayor parte deficiente con lo que en las aguas provenientes del núcleo de Benissa y Senija va a predominar la escorrentía frente a la infiltración.

Por tanto, la cuenca del barranco de la Garganta, se encuentra en un estado importante de degradación, esto es debido fundamentalmente a las siguientes causas:

- El sustrato geológico es muy vulnerable a la erosión.
- La destrucción de la cubierta vegetal natural
- Los cultivos agrícolas, que en algunos lugares se encuentran en pendientes excesivas y sin las adecuadas prácticas de conservación del suelo.
- En determinados sitios, hay superficies de vegetación arbustiva, en terrenos con pendientes muy elevadas, aportando un elevado caudal sólido al cauce del barranco.

2.5.2. Establecimiento de los objetivos

Los objetivos fundamentales de la ordenación son en buena parte consecuencia de la etapa anterior en la que se han identificado las problemáticas de la cuenca. Se centrarán fundamentalmente en los aspectos siguientes:

- Objetivos de carácter hidrológico forestal
- Objetivos de sostenibilidad
- Objetivos complementarios de la ordenación, de mantenimiento de actividades de carácter socioeconómico de la cuenca, etc.

Es de objeto fundamental de carácter hidrológico forestal, la protección del suelo frente a la erosión laminar, en cárcavas y en regueros, por la gran erosionabilidad que presentan estos terrenos. Para evitar la erosión de los cauces (profusión de cárcavas, barranqueras y barrancos), será necesario la construcción de hidrotecnias transversales de corrección.

Toda cuenca funciona como un generador y un almacén de agua, en dicha cuenca se perseguirá regular los caudales líquidos de forma que se produzca un mejor aprovechamiento cuantitativo de este recurso al tiempo que se logrará mejorar la provisión hídrica.

Se plantea conservar y restaurar el medio físico, esta medida se realizará a través del aumento de la biodiversidad de manera sostenible.

Respecto a las medidas socioeconómicas, el objetivo general será mantener las actividades agrícolas y ganaderas todavía existentes en la zona.

La definición del nivel de detalle de la planificación se encuentra muy relacionada con los objetivos previstos. Es muy habitual en los estudios de planificación física manejar escalas gráficas entre 1:100.000 y 1:25.000, en función de las características de la zona, la superficie y los objetivos que se definan.

En este caso la escala gráfica que se maneja es de 1:30.000.

2.5.3. Definición de actividades para lograr los objetivos

Para la zona de estudio se establecen las actividades a localizar con el modelo, y que dependan de elementos del medio que se representen mediante mapas temáticos.

El conjunto de actividades seleccionadas deben incluir no solo aquellas que estén actualmente localizadas, sino otras que puedan potencialmente localizarse en el área.

La definición clara y exacta de las actividades es un requisito ineludible, ya que una incorrecta definición de éstas incidiría en el modelo, provocando restricciones erróneas que podrían falsear los resultados.

Siguiendo este proceso se confecciona una lista de actividades posibles a_i ($i= 1,2,\dots, m$) que serán analizadas, evaluadas y localizadas cartográficamente al desarrollar el modelo.

A continuación se muestra una tabla de las actividades a realizar sobre el terreno:

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
De carácter hidrológico forestal	
Protección del suelo	1- Repoblación forestal protectora 2- Completar espesura en masa con espesura defectiva
Lucha contra la erosión en cauces	3- Hidrotecnias de corrección en cauces
De conservación de ecosistemas y aumento de biodiversidad	
Aumento de biodiversidad Conservación y/o restauración de ecosistemas	4- Restauración de riberas 5- Repoblaciones para aumentar la biodiversidad
De carácter socioeconómico	
Ordenación ganadera	6- Mantenimiento y/o mejora de pastizales
Mantenimiento del uso agrícola	7- Mantenimiento del uso agrícola

Tabla nº 47. Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.

2.5.4. Inventario y análisis del medio: cartografía temática

Para definir y caracterizar el medio se seleccionan los elementos o caracteres del medio que son más significativos y que pueden influir 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. Deben cumplir las siguientes condiciones:

- Ser cartografiables
- Admitir una definición sencilla
- Ser deducibles directamente a partir de una información existente ó mediante técnicas como fotointerpretación o teledetección

Todos estos elementos serán cartografiados por separado en forma de recintos homogéneos, de manera que se obtienen así los mapas temáticos correspondientes. Cada elemento se divide en un número, k, de tipos o clases que no tiene por qué ser el mismo para cada uno de los elementos.

Por superposición cartográfica, mediante un Sistema de Información Geográfica, de los mapas temáticos correspondientes a los distintos elementos asociados, se obtienen las unidades territoriales homogéneas.

Los elementos del medio seleccionados son los siguientes:

- Fisiografía
- Influencia hídrica
- Usos del suelo
- Litología
- Pérdidas de suelo
- Propiedad
- Espesura de la cubierta arbórea

Estos elementos se consideran bastante representativos del espacio físico objeto de la investigación, a la vez que influyen en la capacidad de acogida de las actividades planificadas.

Para el estudio de cada uno de los elementos seleccionados se ha realizado el mapa temático correspondiente, a partir de la cartografía digital de la Comunidad Valenciana con fecha del 1998.

Las coberturas que se han generado son las siguientes:

- Fisiografía:

Las coberturas generadas para este elementos han sido las siguientes:

- Plano, pendiente < 2%
- Fuertemente ondulado, pendiente entre 8-15%
- Montañoso, pendiente > 30%

- Influencia hídrica:

Para la confección del mapa de influencia hídrica se ha generado un “buffer” (espacio de 100 metros de anchura a ambos lados de la red de drenaje). El “buffer” incluye todos los puntos de la zona que estén a menos de una distancia determinada de una serie de líneas, en este caso la red hidrográfica. De este modo se ha obtenido una cobertura con dos clases de recintos: los de “influencia hídrica” y los de “no influencia hídrica”.

- Usos del suelo:

Las clases de recintos considerados han sido las siguientes:

Residencial
Industrial
Equipamientos/mixto
Olivar
Viñedo
Frutales
Matorral

- Litología:

En este caso, se ha utilizado el mapa de agrupación de litofacies según su repercusión en los procesos erosivos, dando lugar a las siguientes clases de recintos agrupados:

a → suelos muy erosionables
ab → suelos entre muy erosionables y erosionables
b → suelos erosionables
bc → suelos entre erosionables y poco erosionables

- Pérdidas de suelo:

La confección de la cobertura de pérdidas de suelo, se ha generado mediante el programa ArcView Gis 3.2a, a partir del mapa de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo cuyo cálculo se explica en el apartado 2.6. Cada factor de la ecuación es una cobertura digital para superponer con ayuda del SIG.

La clasificación de Fao-Pneuma-Unesco (1981) en cuanto a pérdidas de suelo es la siguiente:

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

Tabla nº 48. Clasificación de Fao-Pneuma-Unesco (1981) en función de las pérdidas de suelo.

Sin embargo en la cobertura se han considerado los siguientes intervalos:

- 0-10 t/ha·año
- 10-50 t/ha·año
- 50-100 t/ha·año
- 100-200 t/ha·año
- >200 t/ha·año

- Propiedad

Esta cobertura, recoge los montes públicos, anteriormente descritos en el capítulo 1.

- Espesura de la cubierta arbórea

Se hará el estudio a partir de la cobertura obtenida del Mapa Forestal de España, proporcionado en formato digital. Se han distinguido los estratos siguientes:

- Espesura completa fcc>80%
- Espesura defectiva 40<fcc<80%
- Ralo fcc<40%

Todas estas coberturas se adjuntan en el Anexo de Planos a escala 1:30.000 por facilidad de manejo de la cartografía.

2.5.5. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades

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

Los elementos del medio o caracteres que lo definen, tienen un significado distinto en orden al desarrollo de las actividades: una precipitación es más apta para repoblar con una especie, cierto tipo de suelo es más apto para resistir una estructura, etc. Considerando todo el conjunto de elementos o caracteres se puede hablar de capacidad del medio para desarrollar en él una actividad.

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

La evaluación de la capacidad se realiza en dos fases:

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

a) Relación elementos del medio-actividades

Al llegar a esta etapa se han definido un conjunto de actividades a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) (tabla nº 47) y una serie de elementos del medio e_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) (apartado anterior), cada uno dividido en k tipos e_{jh} ($h = 1, 2, 3, \dots, k$). Es preciso establecer las relaciones $e_j R a_i$ entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado signifique la capacidad de acogida del territorio para sostener cada una de las actividades propuestas.

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

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

Excluyente	∞
Negativo	-1
Indiferente	0
Positivo	1
Muy positivo	2

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

b) Relación conjunto del medio-actividades

A cada recinto del territorio le corresponde un tipo de cada elemento, es decir un tipo de suelo, una precipitación, un tipo de litología, etc., por lo tanto un vector columna por cada actividad (vector que representa los valores que adoptan cada tipo de cada elemento ante la actividad). Se trata ahora de condensar los valores de ese vector en un escalar que defina la aptitud global del medio para acoger esa actividad.

Para ello se puede utilizar el procedimiento de la suma ponderada, para lo cual es necesario asignar un “peso”, w_j^i a cada elemento del medio “ j ” ante cada una de las actuaciones “ i ”. La ponderación de los elementos se puede realizar mediante ordenaciones efectuadas a partir de las opiniones de un grupo de expertos en las actividades propuestas y en los elementos ambientales seleccionados.

La capacidad del tipo “ j ” del elemento “ h ” ante la actividad “ i ” vendrá dada por el producto $w_j^i \times p_{jh}^i$ y la fórmula general para obtener la capacidad para una actividad en una unidad territorial homogénea será:

$$\sum_{j=1} w_j^i p_{jh}^i = C_i$$

C_i = valor de la capacidad para la actividad “ i ”.

Se obtiene así el primer producto del modelo: un listado en el que se le asignan a cada unidad territorial homogénea “ m ” valores indicativos de su capacidad para las “ m ” actividades propuestas.

A partir de aquí se hace necesario agrupar los valores de capacidad obtenidos en un número de clases manejable: capacidad alta, capacidad media, capacidad baja, capacidad nula o excluyente. Las clases así definidas permiten obtener recintos equivalentes en cuanto a la capacidad de acogida de la actividad considerada.

Estas superficies se cartografiaron obteniéndose como producto tantos mapas como actividades se han considerado en el análisis.

Dicha aptitud o capacidad se ha cuantificado para cada tipo o clase de cada elemento, según la siguiente escala de valores:

P_{jh}^i (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i)	
+ 2	Muy Positivo
+ 1	Positivo
0	Indiferente
-1	Negativo
$-\infty$	Excluyente

Tabla nº 49. Cuantificación de la aptitud.

Por tanto, la relación elementos del medio-actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión $m \times n$, donde m corresponde a las siete actividades propuestas en la tabla nº 47 y n a los siete elementos del medio, con sus respectivos tipos.

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

MATRIZ DE CAPACIDAD								
ELEMENTOS	CLASE	ACTIVIDADES*						
		1	2	3	4	5	6	7
FISIOGRAFÍA	< 2%	0	0	0	0	2	1	2
	8-18%	2	0	2	0	1	-∞	-∞
	>30%	2	0	2	0	-1	-∞	-∞
INFL. HÍDRICA	SÍ	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	-∞	-∞	0	0	0
USOS DE SUELO	RESIDENCIAL	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	INDUSTRIAL	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	EQUIPAMIENTOS /MIXTO	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	OLIVAR	1	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	2
	VIÑEDO	1	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	2
	FRUTALES	1	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	2
	MATORRAL	2	-∞	-∞	-∞	1	-∞	-∞
LITOLOGÍA	A	2	2	2	1	0	0	2
	Ab	2	2	2	1	0	0	2
	B	2	1	1	1	0	0	2
	Bc	1	1	0	0	0	0	0
PÉRDIDAS DE SUELO	Ninguna o ligera <10	0	2	0	0	2	2	2
	Moderada 10 – 50	1	1	1	0	1	-1	-1
	Alta 50 – 100	1	1	2	0	-∞	-∞	-∞
	Muy alta > 100	2	2	2	0	-∞	-∞	-∞
PROPIEDAD DEL SUELO	MONTE PÚBLICO	2	2	2	2	2	0	0
	PARTICULAR	0	0	0	0	0	0	0
ESPELURA DE LA CUBIERTA ARBÓREA	COMPLETA > 80%	-∞	-∞	0	0	-∞	-∞	-∞
	DEFECTIVA 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	RALO < 40%	2	1	0	0	2	0	0

Tabla nº 50. Matriz de Capacidad.

*Actividades: 1: Repoblación forestal protectora; 2: Completar espesura en masa defectiva; 3: Hidrotecnias de corrección; 4: Restauración de riberas; 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad; 6: Mantenimiento y/o mejora de pastizales; 7: Mantenimiento uso agrícola.

En este caso, los elementos del medio van a tener igual peso o importancia y, de este modo, para calcular el valor que representa la capacidad de un recinto del medio para acoger una actividad determinada el procedimiento informático ha sido el siguiente:

Cada cobertura de los elementos del medio genera siete variables, una para cada actividad. Para la cobertura "Pendientes", se crean las siguientes variables: pend-act1, perd-act2, pend-act3 ... pend-act7 y de igual modo para las demás coberturas.

Con el menú "Attribute selección"(del programa Arcview 3.2a), se ha seleccionado cada cobertura, con sus clases o tipos, y se ha asignado el valor correspondiente a las 7 variables. Por ejemplo, en el caso de la cobertura de "Pendientes", se seleccionan los polígonos con clase o tipo de pendiente <2%, y se le da el valor 0 a Pend-act 1, el

valor 0 a Pend-act2, el valor 0 a Pend-act3,... y así sucesivamente, siguiendo la primera fila de la matriz de capacidad, con el comando Start editing, en las tabla. A continuación se seleccionan los polígonos con pendiente 8-18%, y se les asignan los correspondientes valores a las 7 variables (segunda fila de la matriz de capacidad). Finalmente se seleccionan los polígonos con pendiente >30%, y se efectúa la misma operación con los valores de la tercera fila. A las capacidades excluyentes ($-\infty$), se les asigna el valor -999.

Se siguen las mismas operaciones con las demás coberturas de la matriz de capacidad: influencia hídrica, usos de suelo, litología, pérdidas de suelo, propiedad del suelo, protección y espesura de las masas.

Una vez se han realizado las operaciones anteriores, se superponen las ocho coberturas correspondientes a los siete elementos del medio. La superposición se realiza dos a dos con la herramienta Union two themes del comando Geoprocessing.

A continuación se crean siete variables, correspondientes a las siete actividades. Los valores que toman cada una de dichas variables serán la suma de todos los valores de cada polígono. Los valores de estas variables pueden ser: actividad1, actividad2, actividad3,...

Se seleccionan todos los polígonos y se suman todos los valores en cada polígono, para cada actividad, con las siguientes expresiones en la línea de comando Start editing y la herramienta Calculate:

Calculate actividad1 = pend-act1 + hídrica-act1 + usos-act1 + lito-act1 + pérdidas-act1 + propiedad-act1 + espesra-act1

Calculate actividad2 = pend-act2 + hídrica-act2 + usos-act2 + lito-act2 + pérdidas-act2 + propiedad-act2 + espesra-act2

Calculate actividad3 = pend-act3 + hídrica-act3 + usos-act3 + lito-act3 + pérdidas-act3 + propiedad-act3 + espesra-act3

Así sucesivamente, con las siete actividades.

Seguidamente se descompone la cobertura resultante (Mapa-ppal.) en siete coberturas, una para cada actividad. Esto se realiza con la siguiente instrucción, en la línea de comandos de Arcview 3.2ª: “Dissolvemapal-ppal”.

Se aplica “Dissolve” de la misma manera para lograr las seis coberturas restantes.

De este modo se tendrá una cobertura para cada actividad, en la que la única variable que hay es la que representa el valor de la capacidad de los polígonos para cada actividad.

Al llegar a este punto disponemos de una serie de valores representativos de la capacidad de acogida del territorio para cada actividad. Para poder hacer manejables estos resultados se procede a una estratificación de dichos valores en clases.

Por ejemplo la variable “actividad1”, que representa la capacidad del territorio para la actividad 1 (Repoblación forestal protectora), se clasifica de la siguiente manera:

CAPACIDAD	Excluyente
CAPACIDAD	Baja
CAPACIDAD	Media
CAPACIDAD	Alta

Para esto, se ha decidido que la clase que contenga los valores de capacidad baja sea aquella que reúna los valores comprendidos hasta el percentil 25%, la capacidad media los valores entre el 25 y el 75% y la capacidad alta la de valores mayores del percentil 75%.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Nº polígonos	C1	Acumulación	Percentil	CLASE
847	-999			EXCLUYENTE
8	2	8	0,25	MEDIA
273	3	281	8,95	MEDIA
293	4	574	18,28	MEDIA
617	5	1191	37,94	MEDIA
854	6	2045	65,14	ALTA
256	7	2301	73,30	ALTA
21	8	2322	73,97	ALTA

Tabla nº 51: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 1 (Replantación Forestal Protectora) en función del Percentil.

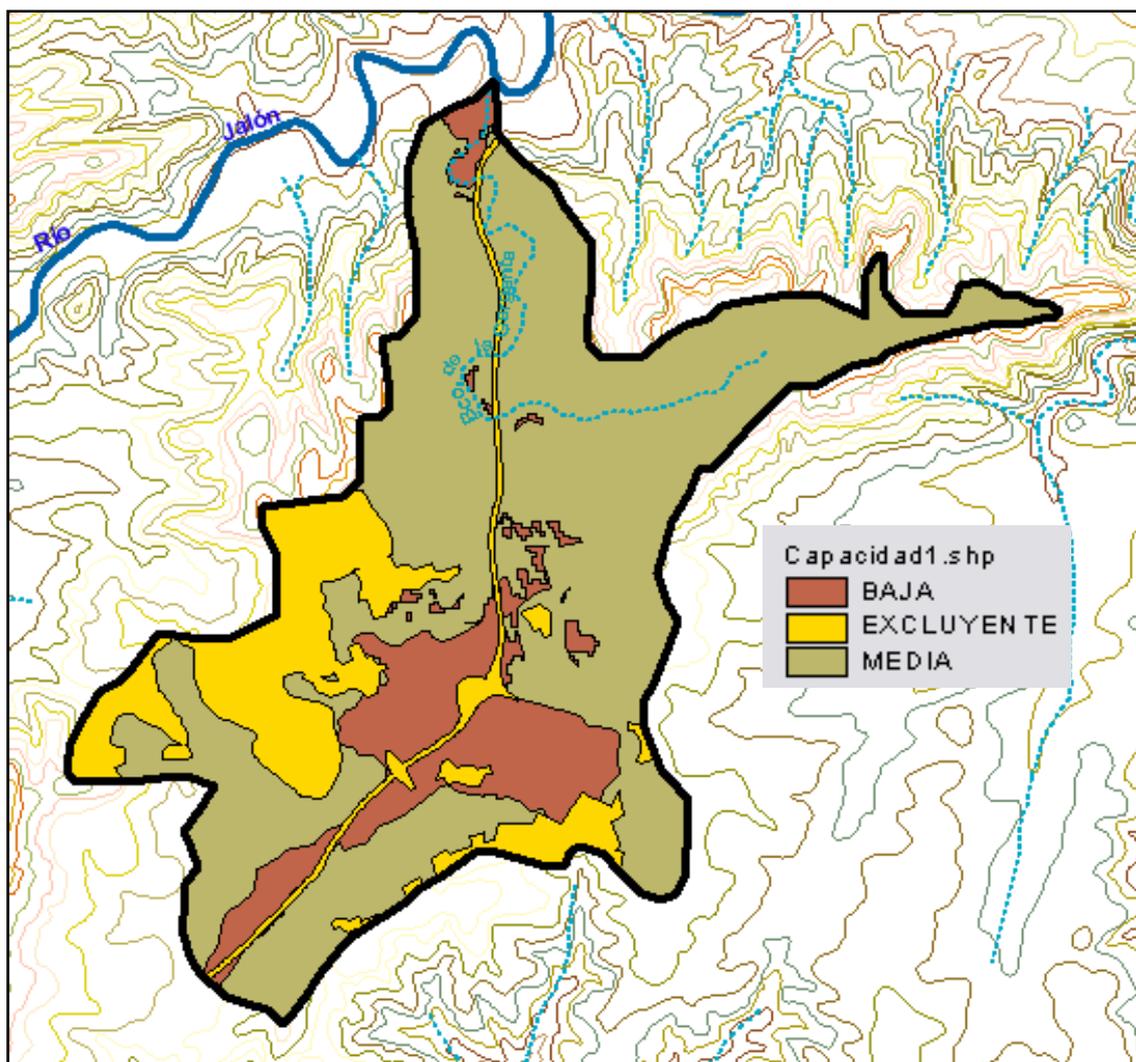


Figura nº 10 : Clasificación de la capacidad de la actividad 1 (Replantación Forestal Protectora) en clases.

Nº polígonos	C2	Acumulación	Percentil	CLASE
3167	-999			EXCLUYENTE
2	3	2	100	ALTA

Tabla nº 52: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en función del Percentil.

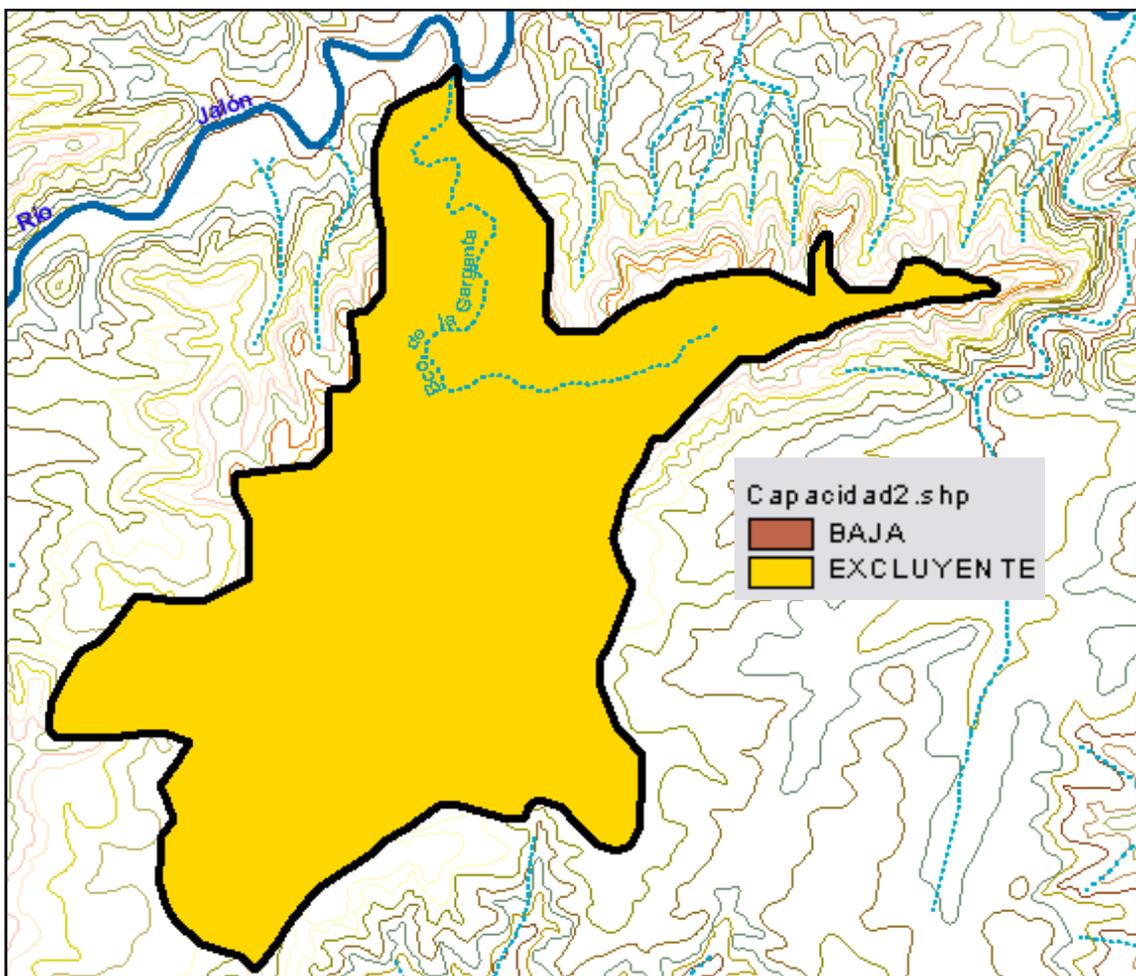


Figura nº 11: Clasificación de la capacidad de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en clases.

Nº polígonos	C3	Acumulación	Percentil	CLASE
3167	-999			EXCLUYENTE
2	2	2	100	ALTA

Tabla nº 53: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en función del Percentil.

Nº polígonos	C4	Acumulación	Percentil	CLASE
3167	-999			EXCLUYENTE
2	2	2	100	ALTA

Tabla nº 54: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 4 (Restauración de riberas) en función del Percentil.

El mapa resultado para la capacidad de la actividad 3 y 4, solamente reflejan la clase excluyente, por lo que no se muestran.

Nº polígonos	C5	Acumulación	Percentil	CLASE
2387	-999			EXCLUYENTE
107	1	107	13,68	BAJA
194	2	301	38,49	MEDIA
213	3	514	65,72	MEDIA
97	4	611	78,13	ALTA
100	5	711	90,92	ALTA
53	6	764	97,69	ALTA
18	7	782	100	ALTA

Tabla nº 55: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en función del Percentil.

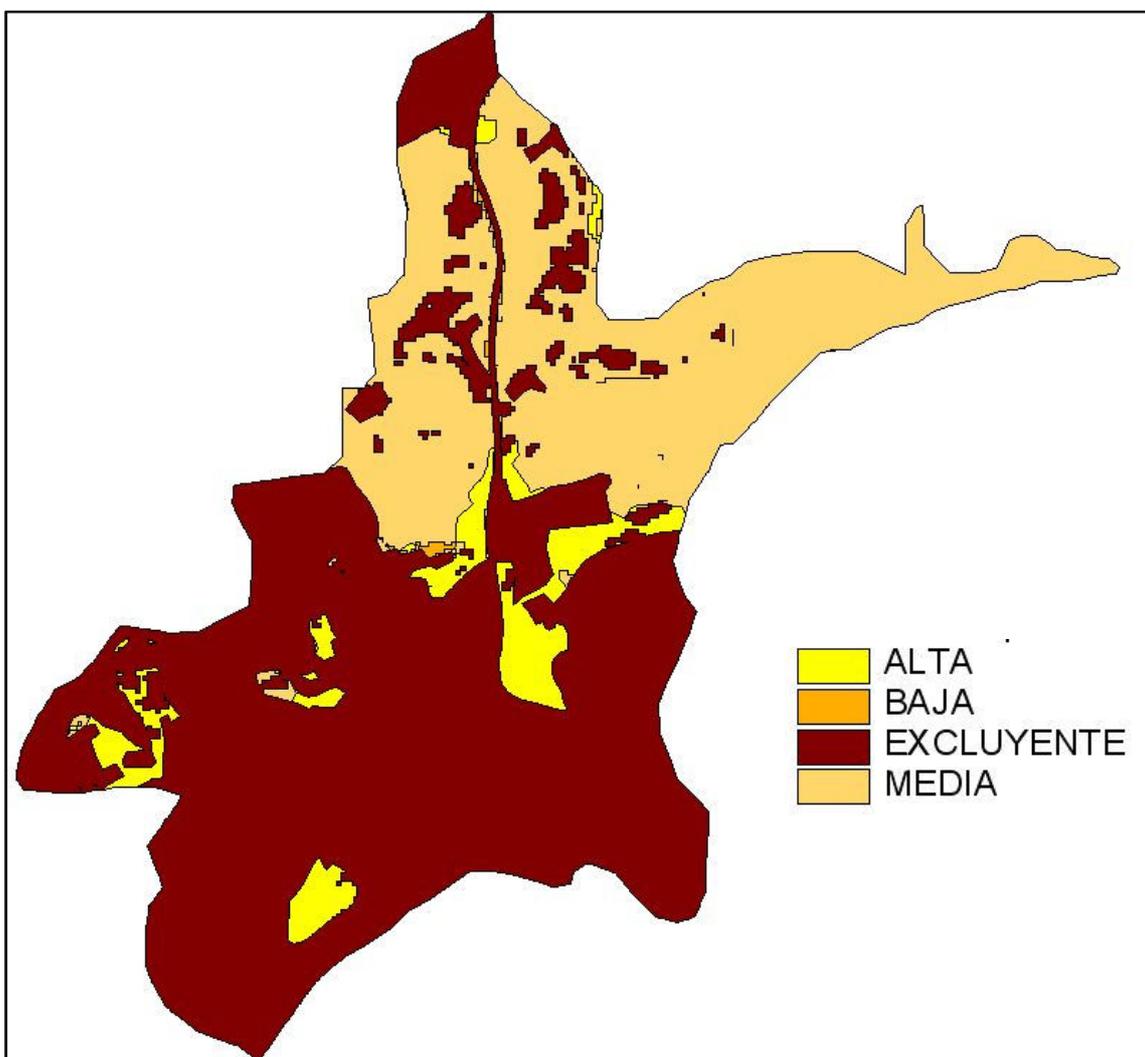


Figura nº 12: Clasificación de la capacidad de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en clases.

Nº polígonos	C6	Acumulación	%	CLASE
3167	-999			EXCLUYENTE
2	3	2	0,06371456	ALTA

Tabla nº 56: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en función del Percentil.

El mapa resultado para la capacidad de la actividad 6, solamente refleja la clase excluyente, por lo que no se muestra.

Nº polígonos	C7	Acumulación	%	CLASE
2738	-999			EXCLUYENTE
159	3	159	36,8909513	MEDIA
114	4	273	63,3410673	MEDIA
158	6	431	100	ALTA

Tabla nº 57: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en función del Percentil.

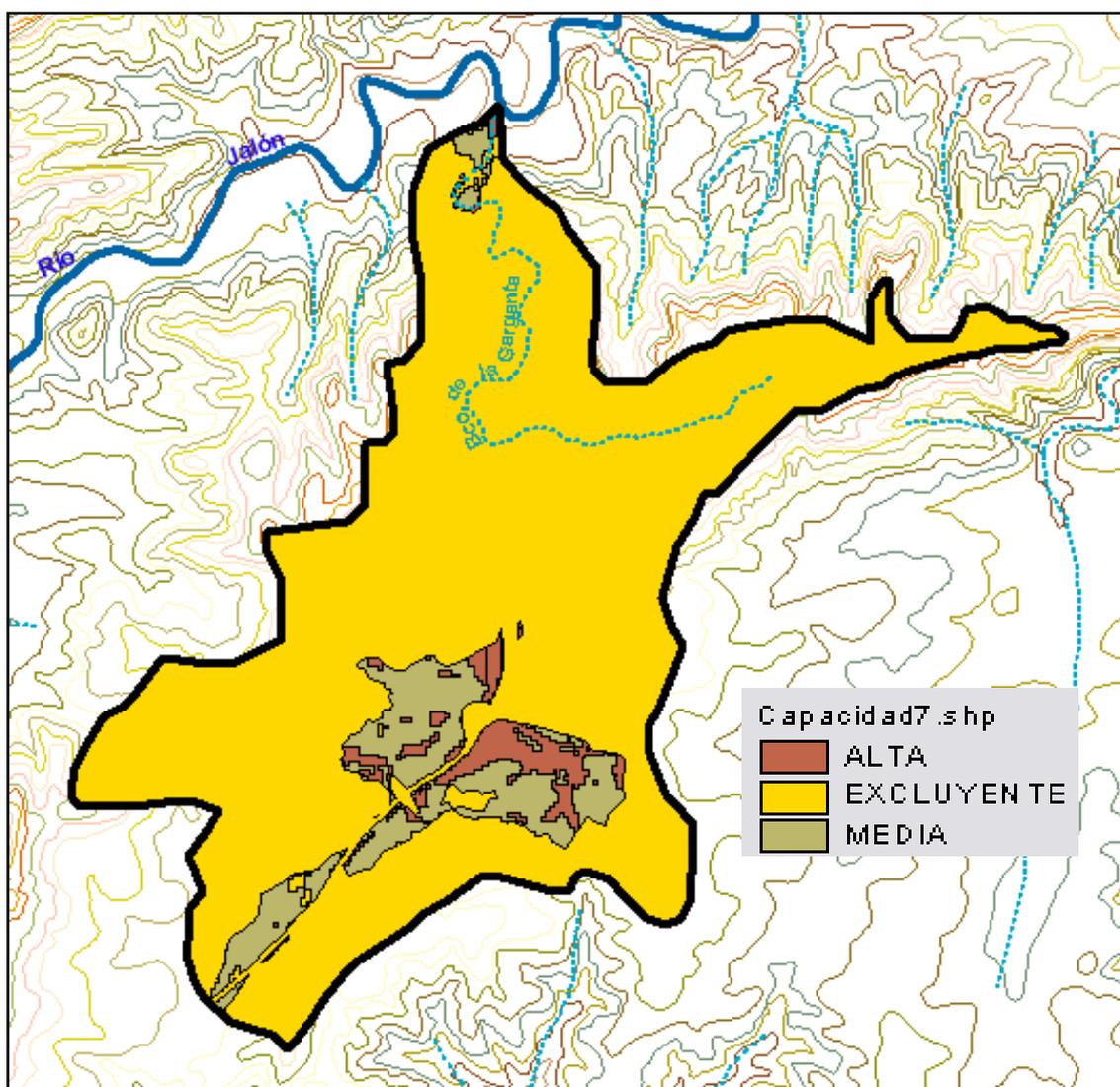


Figura nº 13: Clasificación de la capacidad de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en clases

2.5.6. Estudio del Grado de Conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz del grado de conveniencia

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

Si el efecto para los objetivos de la ordenación es muy positivo al realizar una actividad, se tiene un grado de conveniencia alto para la realización de dicha actividad. Existirá una gran conveniencia para realizar una actividad si se da cierta capacidad en el territorio para acoger la actividad propuesta y ésta es a su vez viable para el cumplimiento de los objetivos previstos. Por el contrario, no será conveniente la realización de una actividad si no contribuye al logro de los objetivos previstos en la ordenación.

En cualquier caso, el significado del grado de conveniencia debe conectarse con la sostenibilidad de la zona; es decir, con el hecho de promover y localizar actividades compatibles con un desarrollo sostenible. La evaluación del grado de conveniencia también se realiza en dos fases:

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

a) Relación elementos del medio-actividades

En esta fase se determina la conveniencia que cada actividad produce sobre el territorio en función de los distintos tipos en que se hayan dividido los elementos del medio seleccionados. Para ello se utiliza una escala cuantitativa como la siguiente:

R_{jh}^i (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i)	Significado
2	Actividad muy conveniente
1	Actividad conveniente
0	Actividad indiferente
-1	Actividad poco conveniente
-2	Actividad muy poco conveniente
$-\infty$	Actividad no conveniente

R_{jh}^i (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i)	Significado
--	El elemento j no influye en la conveniencia sobre el territorio de la actividad i, o el tipo h del elemento j tiene una capacidad nula para la actividad i, por lo que no es necesario estimar el grado de conveniencia

Así pues la relación elementos del medio-territorio se expresa mediante una matriz de dimensión $m \times n$, donde m es el número de actividades definidas y n el número total de tipos del total de los elementos considerados.

La relación entre los elementos del medio y actividades de cara a evaluar el beneficio que producen las mismas, se vuelve a expresar por medio de una matriz de dimensión $m \times n$ donde $m = 7$ actividades y $n = 7$ elementos.

MATRIZ DE CONVENIENCIA								
ELEMENTOS	CLASE	ACTIVIDADES*						
		1	2	3	4	5	6	7
FISIOGRAFÍA	< 2%	0	0	0	1	2	2	2
	8-18%	1	0	0	1	2	1	1
	>30%	2	2	2	2	-	-	-
INFL. HÍDRICA	SÍ	0	0	0	2	0	1	0
	NO	0	0	-	-	0	0	0
USOS DE SUELO	RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-
	INDUSTRIAL	-	-	-	-	-	-	-
	EQUIPAMIENTOS /MIXTO	-	-	-	-	-	-	-
	OLIVAR	-1	-	-	-	-	-	2
	VIÑEDO	-1	-	-	-	-	-	2
	FRUTALES	-1	-	-	-	-	-	2
	MATORRAL	2	-	-	-	2	-	-
LITOLOGÍA	A	2	2	0	2	2	0	2
	Ab	2	1	0	2	2	0	2
	B	1	1	0	0	0	0	0
	Bc	1	1	0	0	0	0	0
PÉRDIDAS DE SUELO	Ninguna o ligera <10	0	0	0	1	1	2	2
	Moderada 10 – 50	1	1	1	1	1	-1	-1
	Alta 50 – 100	2	2	2	2	-	-	-
	Muy alta > 100	2	2	2	2	-	-	-
PROPIEDAD DEL SUELO	MONTE PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0
	PARTICULAR	0	0	0	0	0	0	2
ESPELURA DE LA CUBIERTA ARBÓREA	COMPLETA > 80%	-	-	0	0	-	-	-
	DEFECTIVA 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	RALO < 40%	2	1	0	0	2	0	0

Tabla nº 58. Matriz de Conveniencia.

*Actividades: 1: Repoblación forestal protectora; 2: Completar espesura en masa defectiva; 3: Hidrotecnias de corrección; 4: Restauración de riberas; 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad; 6: Mantenimiento y/o mejora de pastizales; 7: Mantenimiento uso agrícola.

b) Relación conjunto del medio-actividades

Se trata de pasar en cada unidad territorial homogénea, del vector que representa la relación de cada elemento del medio con una actividad, a un escalar único que indique la relación del conjunto de todos ellos ante la actividad.

Para ello se propone también el procedimiento de la suma ponderada, por lo que se hace necesario asignar un peso k_j^i a cada uno de los elementos del medio j para cada una de las actuaciones i .

Igualmente la ponderación de los elementos se puede efectuar mediante ordenaciones a partir de la opinión de un grupo de expertos en las actividades propuestas y en los elementos ambientales seleccionados.

La fórmula general para obtener el grado de conveniencia en una unidad territorial homogénea será:

$$t_i = \sum_{j=1}^7 k_j^i r_{jh}^i$$

t_i = Valor del grado de conveniencia para la actividad i

El valor de la conveniencia de una actividad i en una unidad territorial homogénea, para este caso, vendrá dado por la siguiente suma:

$$\sum_{j=1}^7 r_{jh}^i$$

Si alguno de los valores parciales r , es $-\infty$ no es necesario realizar la suma ponderada ya que se considera directamente no conveniente la realización de la actividad sobre la unidad territorial considerada.

Al llegar a esta fase se obtiene un nuevo producto del modelo: para cada unidad territorial un listado de m valores indicativos de los m grados de conveniencia producidos por las actividades.

A continuación se hace necesario clasificar los valores de conveniencia obtenidos en un pequeño número de clases para facilitar la manejabilidad de los datos. La clasificación de dichos valores en las determinadas clases, es la siguiente:

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

Esta clasificación origina superficies homogéneas ante la actuación considerada.

Como resultado de la aplicación del SIG se obtienen tantos mapas de clases de conveniencia como actividades se han considerado en el análisis.

Los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

Nº Polígonos	C1	Acumulación	%	Clase
5	-1			EXCLUYENTE
11	0	11	0,32	BAJA
372	1	383	11,66	BAJA
586	2	969	29,52	MEDIA
557	3	1526	46,47	MEDIA
477	4	2003	61,01	MEDIA
612	5	2615	79,65	ALTA
479	6	3094	94,24	ALTA
177	7	3271	99,63	ALTA
12	8	3283	100	ALTA

Tabla nº 59: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 1 (Replantación Forestal Protectora) en función del Percentil.

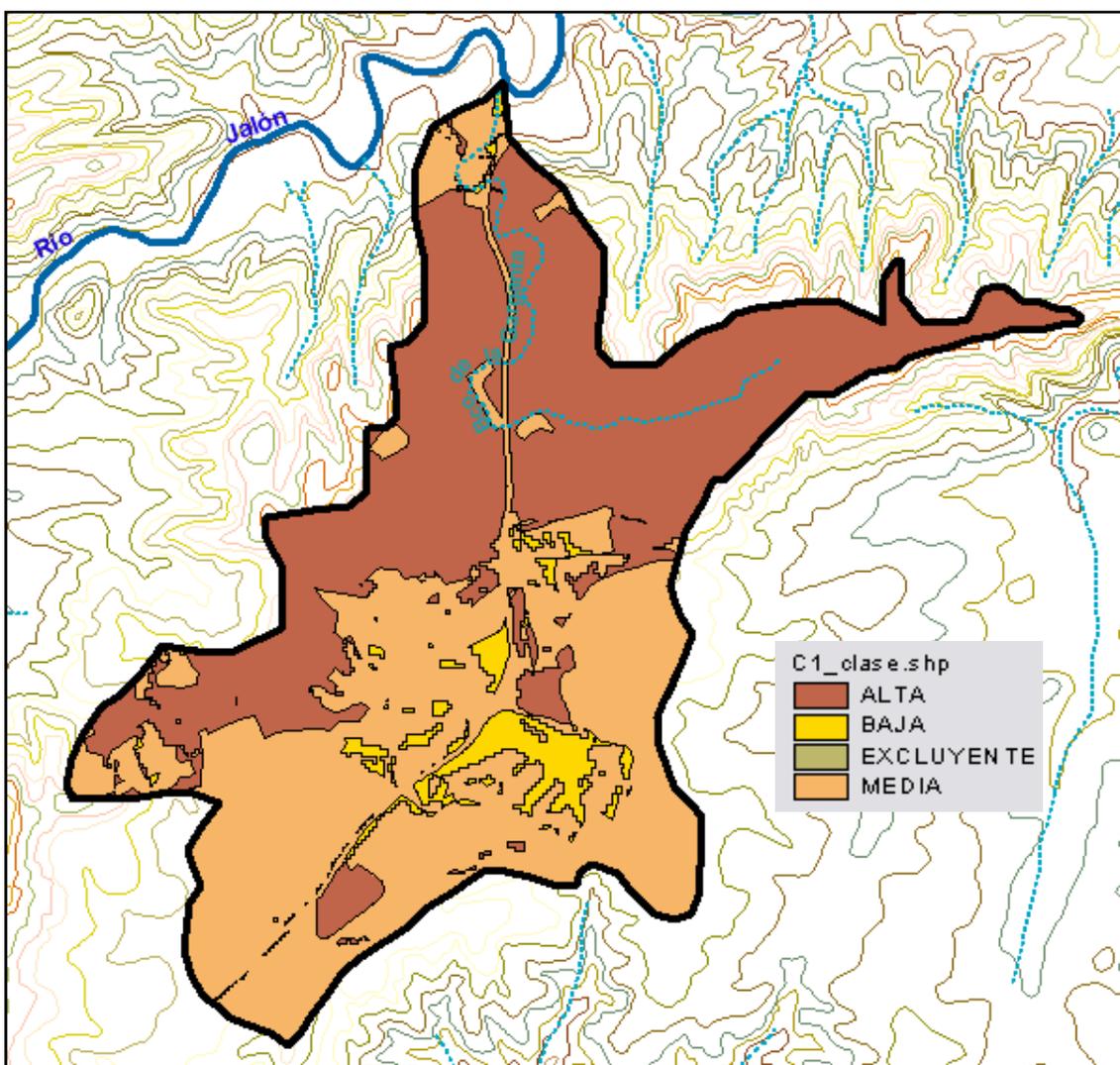


Figura nº 14: Clasificación de la conveniencia de la actividad 1 (Replantación forestal protectora) en clases.

Nº Polígonos	C2	Acumulación	%	Clase
28	0	28	0,85	BAJA
918	1	946	28,77	MEDIA
844	2	1790	54,44	MEDIA
741	3	2531	76,98	ALTA
517	4	3048	92,70	ALTA
206	5	3254	98,97	ALTA
34	6	3288	100,00	ALTA

Tabla nº 60: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en función del Percentil.

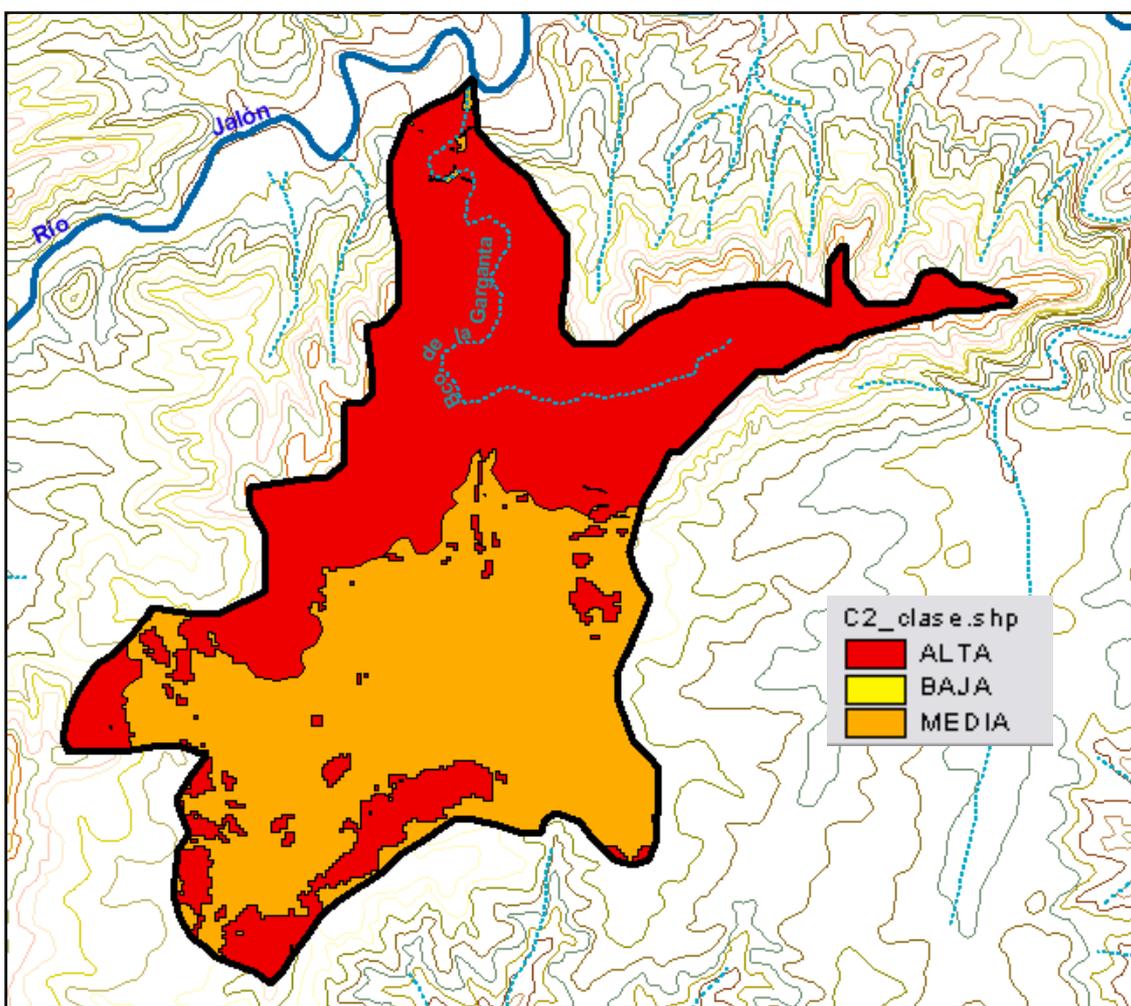


Figura nº 15: Clasificación de la conveniencia de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en clases.

Nº Polígonos	C3	Acumulación	%	Clase
934	0	934	28,41	MEDIA
775	1	1709	51,98	MEDIA
825	2	2534	77,07	ALTA
575	3	3109	94,56	ALTA
179	4	3288	100,00	ALTA

Tabla nº 61: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en función del Percentil.

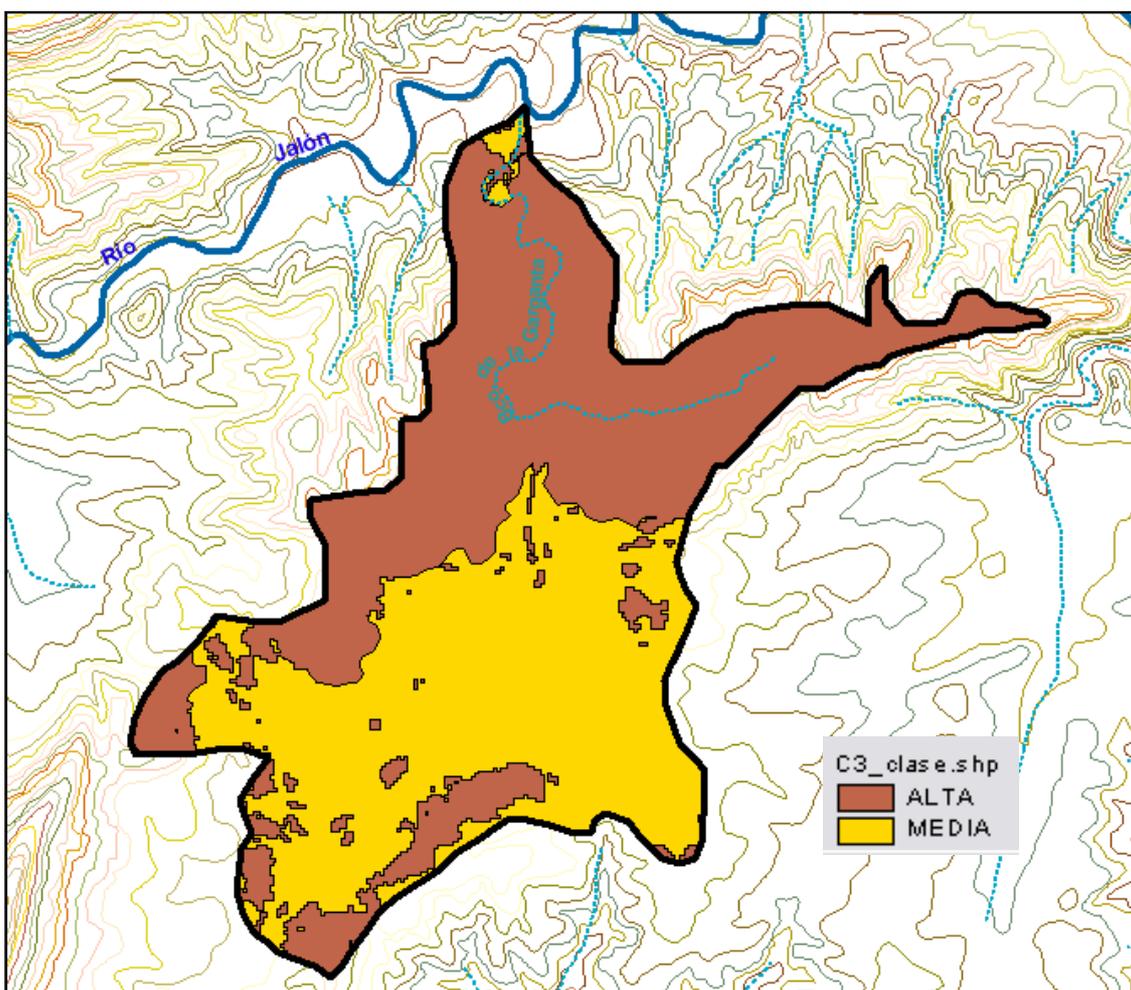


Figura nº 16: Clasificación de la conveniencia de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en clases.

Nº Polígonos	C4	Acumulación	%	Clase
42	0	42	1,28	BAJA
93	1	135	4,11	BAJA
543	2	678	20,62	BAJA
1023	3	1701	51,73	MEDIA
1010	4	2711	82,45	ALTA
446	5	3157	96,02	ALTA
93	6	3250	98,84	ALTA
33	7	3283	99,85	ALTA
5	8	3288	100,00	ALTA

Tabla nº 62: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 4 (Restauración de riberas) en función del Percentil.

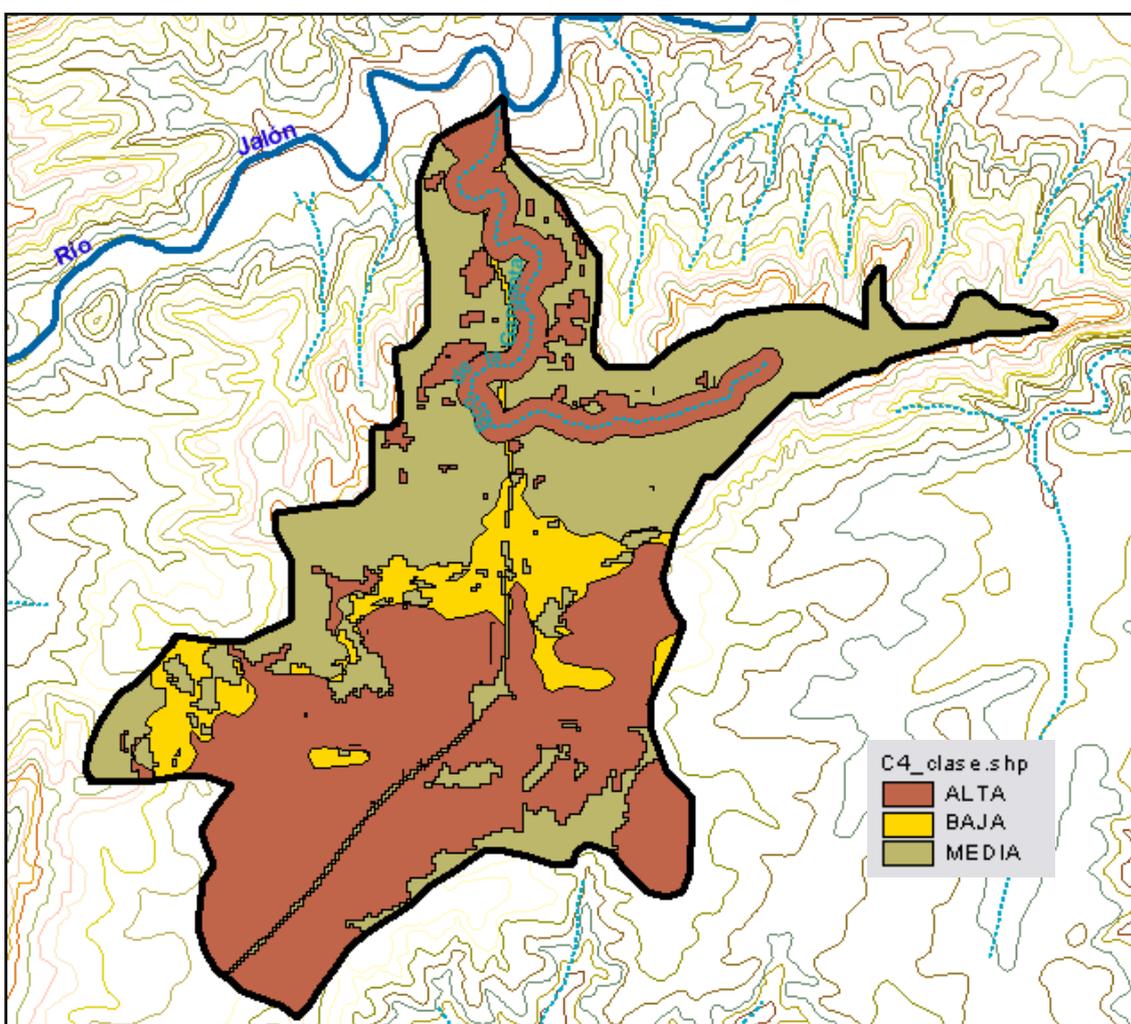


Figura nº 17: Clasificación de la conveniencia de la actividad 4 (Restauración de riberas) en clases.

Nº Polígonos	C5	Acumulación	%	Clase
134	0	134	4,08	BAJA
189	1	323	9,82	BAJA
387	2	710	21,59	BAJA
885	3	1595	48,51	MEDIA
541	4	2136	64,96	MEDIA
946	5	3082	93,73	ALTA
57	6	3139	95,47	ALTA
149	7	3288	100,00	ALTA

Tabla nº 63: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en función del Percentil.

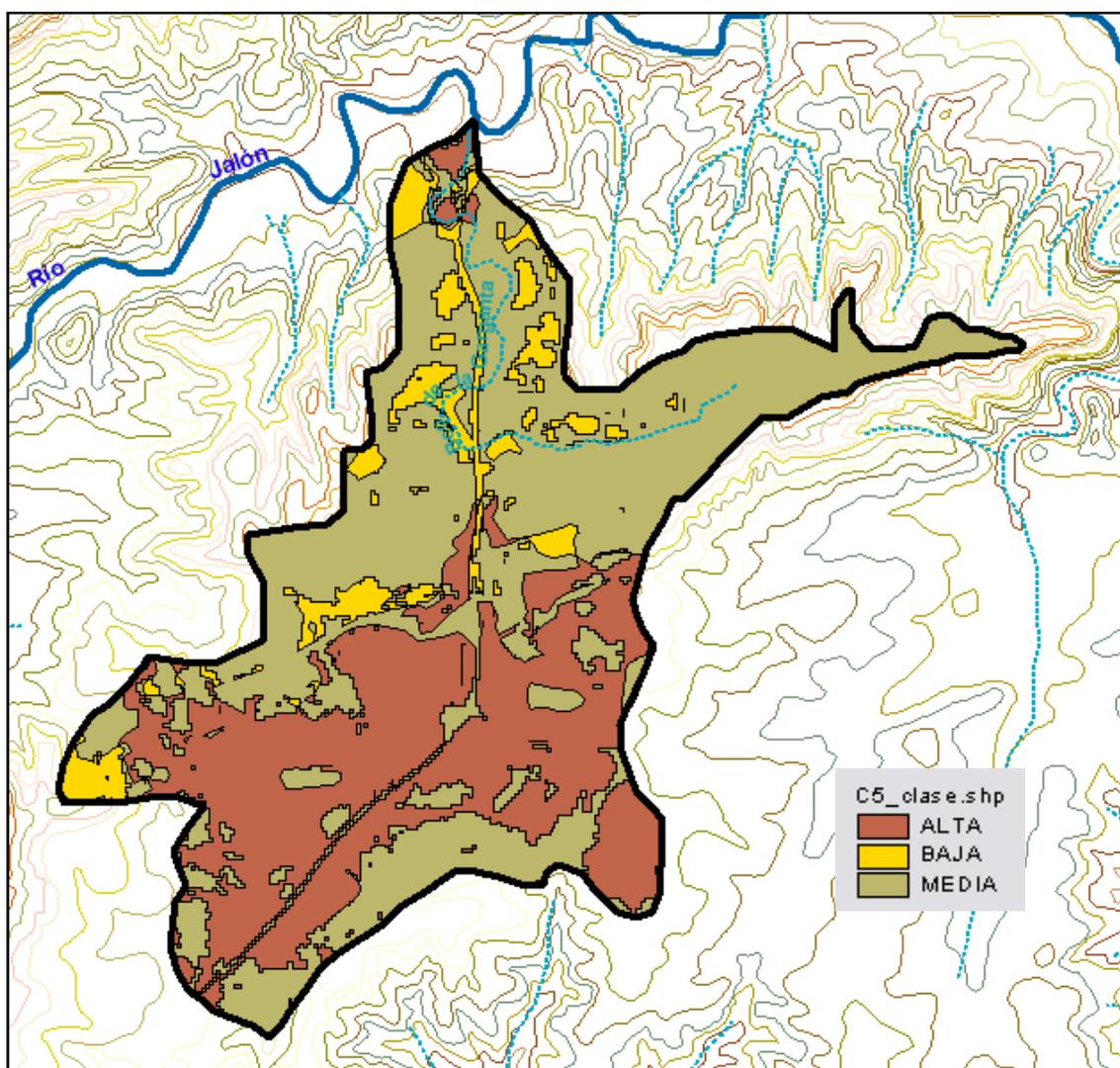


Figura nº 18: Clasificación de la conveniencia de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en clases.

Nº Polígonos	C6	Acumulación	%	Clase
418	-1			EXCLUYENTE
547	0	547	23,07	BAJA
738	1	1285	54,22	MEDIA
463	2	1748	73,75	MEDIA
441	3	2189	92,36	ALTA
162	4	2351	99,18	ALTA
19	5	2370	100	ALTA

Tabla nº 64: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en función del Percentil.

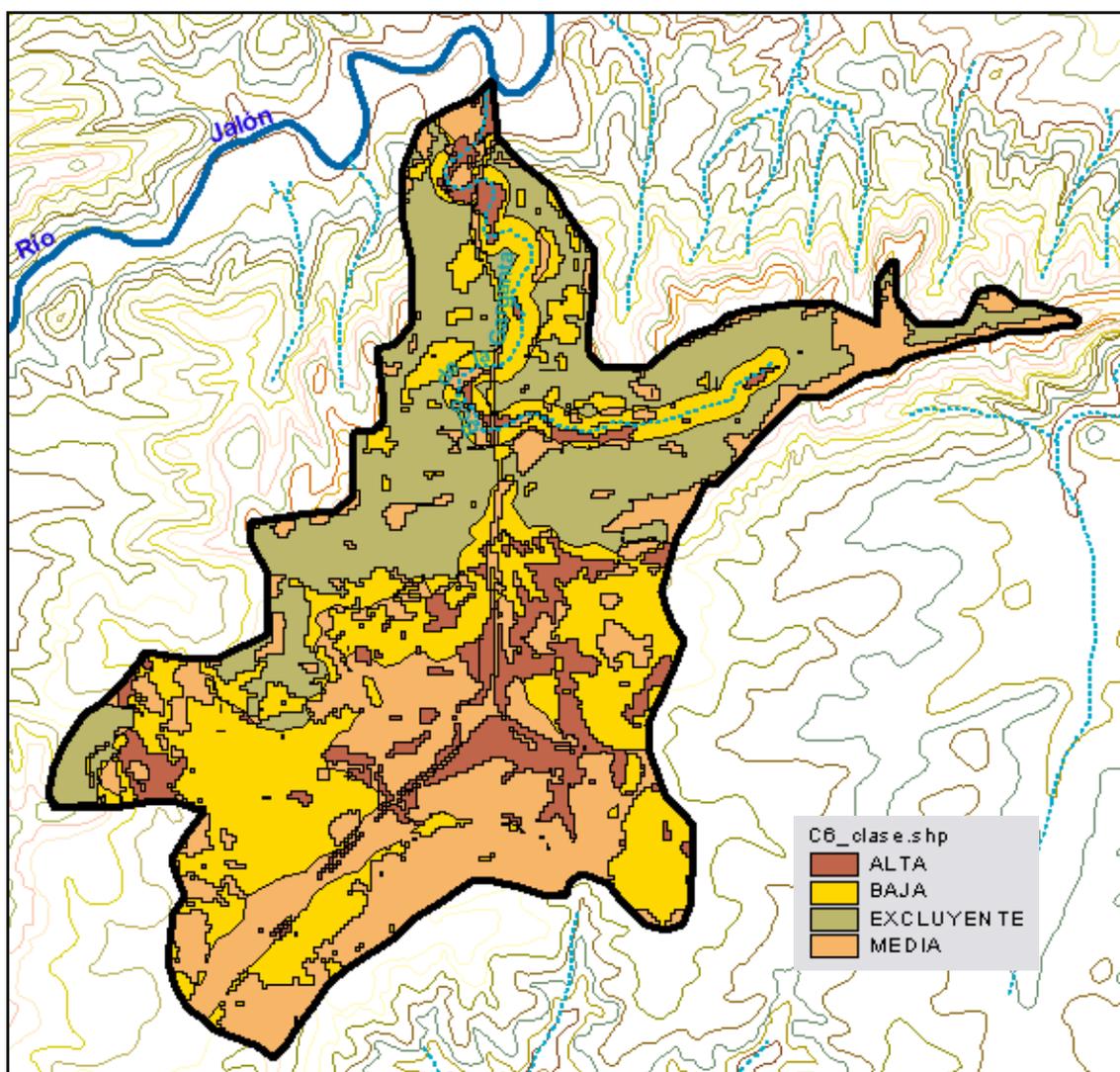


Figura nº 19: Clasificación de la conveniencia de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en clases.

Nº Polígonos	C7	Acumulación	%	Clase
104	-1			EXCLUYENTE
99	0	99	3,11	BAJA
371	1	470	14,76	BAJA
438	2	908	28,52	MEDIA
252	3	1160	36,43	MEDIA
547	4	1707	53,61	MEDIA
357	5	2064	64,82	MEDIA
352	6	2416	75,88	ALTA
399	7	2815	88,41	ALTA
176	8	2991	93,94	ALTA
74	9	3065	96,26	ALTA
119	10	3184	100	ALTA

Tabla nº 65: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en función del Percentil.

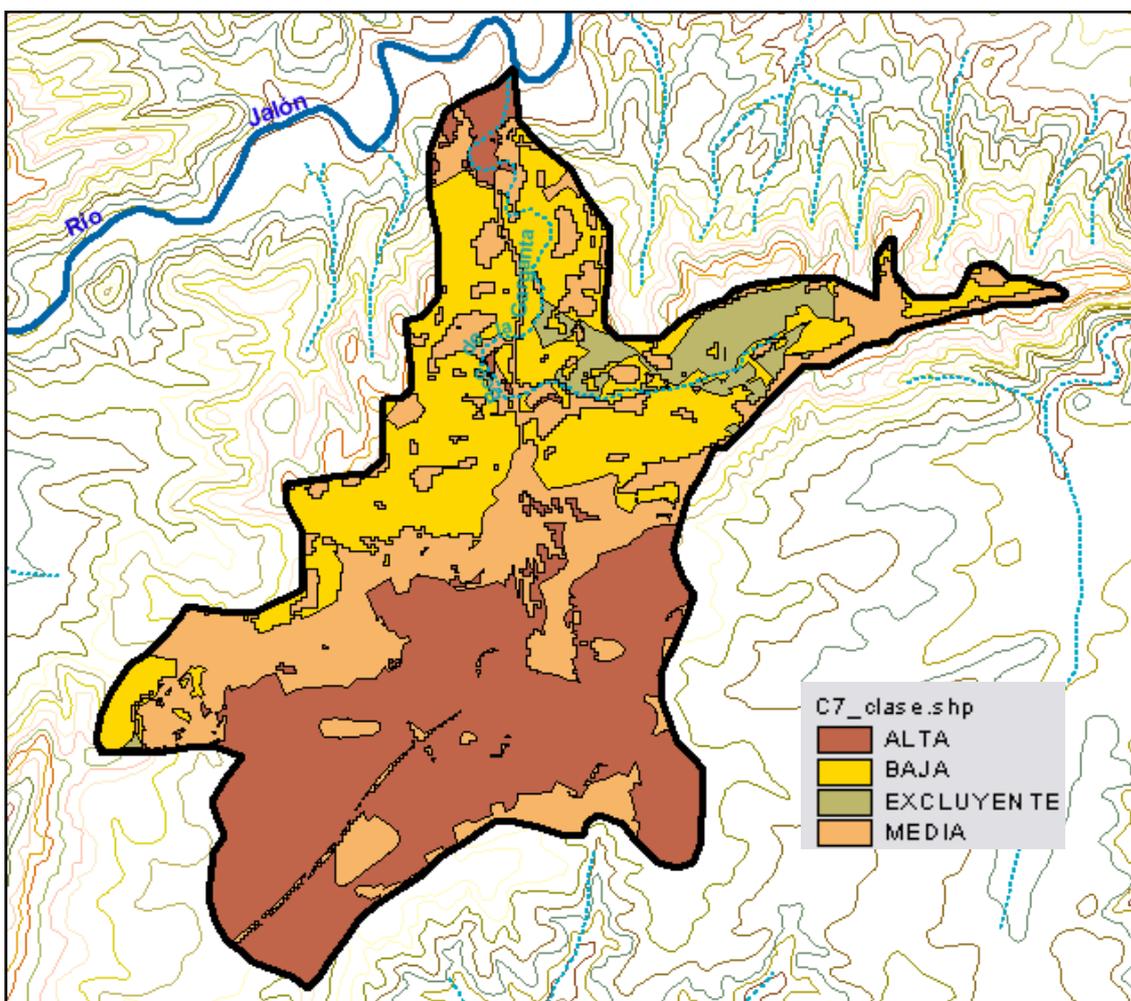


Figura nº 20: Clasificación de la conveniencia de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en clases.

2.5.7. Adecuación de actividades: Capacidad x Conveniencia

Una vez que se tiene para cada unidad territorial homogénea la capacidad y el grado de conveniencia para cada actividad, se engloban ambos conceptos en uno solo que se refiere a la aceptación de la actividad y al efecto que produce: Adecuación. Este grado de adecuación se expresa de la siguiente manera: Muy adecuado, bastante adecuado, medianamente adecuado, poco adecuado o no adecuado.

La adecuación para llevar a cabo las actividades planificadas en el barranco de la Garganta se puede observar en la siguiente tabla, expresado en forma matricial:

CAPACIDAD	Muy Conveniente	Conveniente	Indiferente o Poco Conveniente	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 nº 66. Grado de Adecuación del medio para la realización de Actividades CAPACIDAD x CONVENIENCIA.

Utilizando esta tabla y con ayuda del SIG (superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia), se determina la adecuación global del territorio para cada actuación y en cada unidad territorial homogénea; determinándose superficies homogéneas de adecuación para cada actividad. Se obtienen así tantos mapas de adecuación como actividades se han considerado.

Sin embargo, para facilitar los resultados y hacerlos más manejables, se ha reducido a tres el número de clases de adecuación agrupándolas de la siguiente manera:

CLASE	ADECUACIÓN
N.A.	No adecuado
MEDIA	Poco adecuado Medianamente adecuado
ALTA	Bastante adecuado Muy adecuado

Tabla nº 67. Clases de Adecuación establecidas.

2.5.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

En esta fase se tiene para cada unidad territorial homogénea la adecuación que presenta para cada una de las actividades. El paso siguiente consiste en superponer los mapas de adecuación en la idea de localizar todas las actividades que puedan coexistir a la vez en el terreno. Se hace necesario analizar la compatibilidad o incompatibilidad de actividades distintas coincidentes en el mismo espacio.

Para ello se enfrentan en una matriz dos a dos todas las actividades y se analiza su posibilidad o no de coexistir geográficamente. Las actividades que sean compatibles en el medio se podrán promover a la vez. Las incompatibles deberán separar-se.

Actividad	A1	A2	A3	Ai
A1				
A2				
A3				
Ai				

Tabla nº 68: Compatibilidad entre actividades

El criterio para seleccionar actividades será el de mayor grado de adecuación, es decir que las actividades que sean “muy adecuadas” (mayor grado de adecuación según la clasificación propuesta) se proponen para su realización. Si coinciden varias actividades compatibles en un mismo espacio se realizarán todas. Sin embargo, las actividades incompatibles que, con idéntico grado de adecuación coincidan en algún polígono, deberán separarse mediante algún criterio. Así pues, se escoge entre actividades incompatibles que coincidan geográficamente.

Para ello se propone considerar la pérdida de suelo tolerable obtenida en el recinto o polígono de coincidencia de actividades. De la comparación de su valor con el valor que tome la pérdida de suelo que proporciona el modelo USLE, se seleccionará la actividad que contribuya al logro de los objetivos de restauración hidrológico forestal de la cuenca.

A continuación se muestra la tabla de compatibilidad entre actividades para la cuenca del barranco de la Garganta:

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
1-Repoblación forestal protectora	-	I	C	C	I	I	I
2-Completar espesura en masas defectivas	I	-	C	C	C	I	I

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
3-Hidrotercias de corrección de cauces	C	C	-	C	C	C	C
4-Restauración de riberas	C	C	C	-	C	I	I
5-Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	I	C	C	C	-	I	I
6-Mejora de pastizales	I	I	C	I	I	-	I
7-Mantenimiento del uso agrícola	I	I	C	I	I	I	-

Tabla nº 69. Compatibilidad entre actividades.

Donde,

C = Compatible

I = Incompatible

Algunas actividades propuestas, en la cuenca de estudio, se excluyen mutuamente porque son incompatibles o porque el desarrollo de una influye decisivamente en la otra. Esto ocurre por ejemplo, con la repoblación forestal protectora y conservación del uso agrícola. Por el contrario, hay actividades compatibles que se complementan y pueden realizarse al mismo tiempo en una misma zona; por ejemplo, la repoblación forestal protectora y las hidrotercias de corrección de cauces.

Una vez aplicado este criterio y, con ayuda del SIG, se obtiene el mapa final de la ordenación en que se representan todas las combinaciones de actividades compatibles que se localizan en el medio.

2.5.8.1. Asignación de actividades

La asignación de actividades en la cuenca se ha establecido en función al mayor grado de adecuación que presenten y teniendo en cuenta que las actividades que coincidan en el territorio y que sean compatibles con este se puedan realizar todas a la vez. Pueden darse los siguientes casos:

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

Para resolver este último caso, se van a tener en cuenta los siguientes caracteres del territorio:

- La pérdida de suelo potencial
- El uso actual del suelo

2.5.8.2. Actividades propuestas

En este punto, se ha obtenido la adecuación para cada actividad, en la cuenca del barranco de la Garganta, que es la siguiente:

ACTIVIDAD	ADECUACIÓN	SUPERFICIE (ha)
1-Repoblación forestal protectora	Alta	172,13
	Media	3,19
2-Completar espesura en masas defectivas	Alta	713,19
	Media	7,48
3-Hidrotecnias de corrección de cauces	Alta	100,78
	Media	11,06
4-Restauración de riberas	Alta	108,15
	Media	0
5-Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta	89,91
	Media	442,06
6-Mejora de pastizales	Alta	0,02
	Media	0
7-Mantenimiento del uso agrícola	Alta	172,12
	Media	3,19

Tabla nº 70. Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas.

Su representación en el terreno, queda reflejada en los planos de Adecuación (planos del 11.01 a 11.7 del Anexo II).

Precedentemente, en el epígrafe anterior de éste capítulo, se ha explicado que las actividades que siendo compatibles coincidan en el mismo polígono se realizaran a la vez.

Como criterio de propuesta final se ha adoptado la clase de adecuación Alta para la realización de cada actividad en la cuenca. Realizando la superposición con el SIG de las coberturas de adecuación de las actividades propuestas se obtienen las siguientes combinaciones posibles. Todas estas combinaciones posibles son las que aparecen

en la tabla nº 71, y que tiene su representación cartográfica en el mapa nº 12 del Anexo de Planos.

Actividades Compatibles	Superficie (ha)
1	897,62
2	31,45
7	165,73
1 y 3	1,56
1, 3 y 4	96,97
2 y 3	9,46
3 y 4	0,01

Tabla nº 71. Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca.

*Actividades: 1: Repoblación forestal protectora; 2: Completar espesura en masa defectiva; 3: Hidrotecnias de corrección; 4: Restauración de riberas; 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad; 6: Mantenimiento y/o mejora de pastizales; 7: Mantenimiento uso agrícola.

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

La expresión del modelo USLE responde a la ecuación paramétrica siguiente:

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

Donde,

A, es la tasa de pérdidas de suelo en t/ha·año.

R, es el índice de erosión pluvial de Wischmeier en J·cm/m²·hora.

K, es el factor erosionabilidad del suelo en t·m²·hora/j·cm·ha.

L·S, es el factor topográfico (adimensional).

C, es el factor de cultivo (adimensional).

P, es el factor prácticas de conservación de suelos agrícolas (adimensional).

Como se puede apreciar, en la ecuación están representados los cuatro factores que afectan a la erosión: el clima, el suelo, el relieve y la vegetación.

La utilización del modelo USLE en España ha sido muy generalizada en numerosos proyectos de Restauración hidrológico Forestal, aportando cifras cuyo verdadero valor no era tanto la propia cifra sino su orden de magnitud, sobre todo en términos relativos, dentro de una misma cuenca o entre cuencas contiguas.

Los mapas de pérdidas de suelo o mapas de estados erosivos, se obtienen mediante la intersección de los mapas temáticos siguientes:

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

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

El modelo USLE sirve de guía para la selección de medidas o propuestas para la conservación de determinados terrenos. Para este tipo de aplicación, es necesario el

previo conocimiento del concepto de “tolerancia de pérdidas de suelo”. Del contraste de este valor con las pérdidas de suelo calculadas con el modelo USLE para los distintos usos de suelo posibles en el terreno, se obtienen los usos más adecuados para su conservación.

2.6.1. USLE: procedimientos de cálculo

Como se ha dicho anteriormente el modelo, es paramétrico y toma en consideración aquellos factores a los que la USLE atribuye significación y que son los siguientes siendo:

A, la pérdida de suelo por erosión:



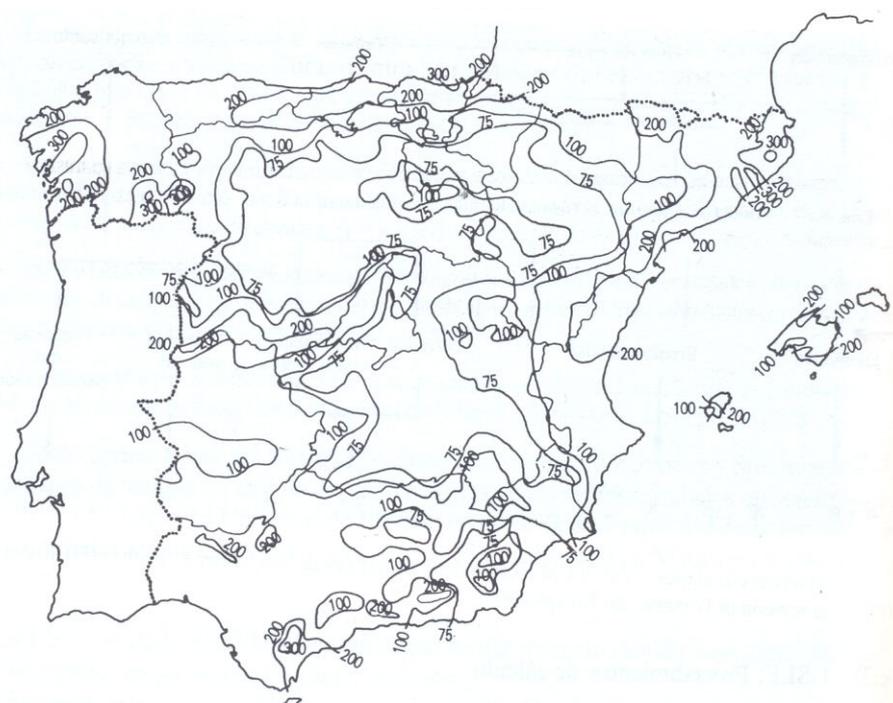
Figura nº 21. Factores de la USLE. Fuente: Edafología para la agricultura y el medio ambiente.

2.6.1.1. El factor erosividad de la lluvia (R)

El factor erosividad de la lluvia (R) para España se puede conocer en primera aproximación a partir del mapa de índice de erosión pluvial publicado por ICONA (1988), cuya escala original es 1:1.000.000. La Península Ibérica se divide en tres zonas para el cálculo del factor R:



Figura nº 22. Agresividad de la lluvia en España: valores del factor R. (ICONA, 1988) Tomando como isolíneas base R = 75, 100, 200 y 300 se tiene:



Respecto a esta información hay que resaltar que las isolíneas representan valores de R expresados en $100 \text{ J}\cdot\text{m}^2\cdot\text{cm}/\text{h}$.

Teniendo en cuenta la escala del mapa de ICONA (1988) y que se ha obtenido a partir de correlaciones de escasa base física, en aquellos casos en que se disponga de datos de registros pluviográficos, será preferible calcular el valor de R que corresponda. Para ello debe procederse como sigue (Poch y cols. 1992):

- 1- Dividir el hietograma en segmentos de intensidad uniforme: I_i (mm/h).
- 2- Calcular la energía cinética de cada segmento: $(EC_i, J/m^2 \cdot mm)$.

$$EC_i = 1,213 + 0,89 \log I_i \quad I_i \leq 76 \text{ mm/h}$$
- 3- Multiplicar EC_i por la cantidad de lluvia P_i del segmento correspondiente:
 $(EC_i \cdot P_i) = (EP)_i$ en Jm^{-2} .
- 4- Sumar los valores $(EP)_i$ para obtener el valor de la energía cinética total de la lluvia estudiada: $E(MJ/ha)$.
- 5- Calcular la intensidad máxima en 30 minutos a partir el hietograma: I_{30} (mm/h).
- 6- Calcular el índice de erosividad parcial: EI_{30} de la lluvia estudiada (en $MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm \cdot h^{-1}$).
- 7- Sumar los índices de erosividad parciales de todas las lluvias del año:

$$R = \sum I_{30} \quad MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot año^{-1}$$

El valor medio de R para la zona de estudio toma un valor de $150 J \cdot cm/m^2 \cdot h$

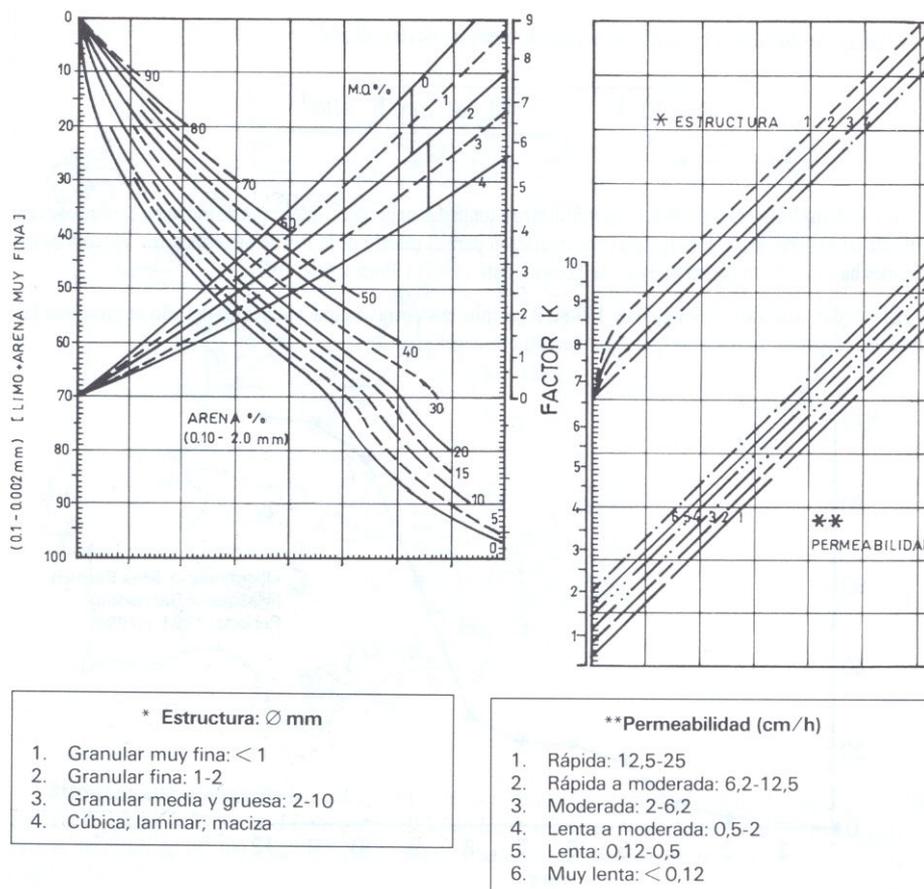
2.6.1.2. El factor erosionabilidad (K)

El factor erosionabilidad (K) expresa la susceptibilidad de un suelo para erosionarse. Es función de la textura, estructura, mineralogía de arcillas, velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, entre otras características edáficas. El factor K expresa la pérdida anual media de suelo por unidad del factor R, en las condiciones normalizadas para las parcelas tipo establecidas por Wischmeier, en las que los demás factores adquieren el valor unidad.

Para calcular el valor del factor K, Wischmeier y Smith se basaron en las propiedades del epipedión más relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la erosión:

3. Limo USDA + arena muy fina (%)
4. Arena fina a muy gruesa (%)
5. Materia orgánica (%)
6. Tipo de estructura
7. Permeabilidad del suelo

Wischmeier & Smith (1978) prepararon un nomograma para el cálculo del factor K:



En función de los datos obtenidos de las muestras de suelo analizadas y de las tablas anteriores se tiene que K adopta un valor medio igual a 0,876 t·m·hora/ha·J·cm.

2.6.1.3. El factor longitud-inclinación LS

El factor longitud-inclinación LS, recoge los efectos combinados debidos a las características de la ladera. Al basarse el desarrollo de la USLE en una longitud de las parcelas normalizada en 22,13 metros (Wischmeier & Smith, 1965) el factor LS se define y se calcula:

Factor longitud:

$$L = \left(\frac{X}{22,13} \right)^m$$

Donde,

L= factor longitud

X = longitud de la ladera

m = constante que depende de la inclinación de la pendiente

S = inclinación de la pendiente

S (%)	m
≥ 5	0,5
3 -5	0,4
1 - 3	0,3
< 1	0,2

Factor pendiente:

$$S = \frac{0,43 + 0,3 s + 0,043 s^2}{6,613}$$

Donde,

S = factor de inclinación

s = inclinación en porcentaje

De donde, el factor topográfico:

$$LS = \left(\frac{X}{22,13} \right)^m (0,065 + 0,045s + 0,065 s^2)$$

En la cuenca del barranco de la Garganta el factor LS obtiene un valor medio de 4,05.

2.6.1.4. El factor cubierta vegetal o factor C

Según las experiencias del U.S.D.A., 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 lluvia, suelo y topografía para ambas situaciones.

El efecto que la vegetación proporciona al suelo y que es recogido en la determinación del factor C (Xischmeier y Smith, 1975), se debe al producto de tres subfactores:

- 1) La protección aérea que la vegetación proporciona al suelo.
- 2) La protección que proporciona la vegetación en contacto con la superficie del suelo.
- 3) Los efectos que los residuos de la vegetación tienen en la protección del suelo, tanto porque lo cubren, como porque pueden variar algunas de sus propiedades físicas.

El valor de C no es constante a lo largo del año, especialmente en el caso de cultivos agrícolas, estableciéndose para su cálculo los períodos denominados: barbecho,

siembra, establecimiento, crecimiento, maduración y rastrojo. Estos períodos varían de unos cultivos a otros y de unas zonas geográficas a otras, por lo que se relaciona con el índice de erosividad, R, y su comportamiento anual.

Una vez deducidos los valores de R, se calcula el factor C, según la expresión siguiente:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot R_i}{n}$$

$i = 1, 2, \dots, j$ períodos en que se divide la rotación

C_i = factor C para el período i

$$R_i = \frac{R_{\text{periodo}}}{R_{\text{anual}}} \cdot 100$$

R_i = factor de ajuste de R, corresponde al porcentaje de R en el período i

n = número de años de la rotación de cultivos

En el caso de cubiertas forestales, se puede pensar que como máximo puedan existir dos períodos, es el caso de los bosques de frondosas de hoja caediza, en los que habría que delimitar su fase de nula o escasa interceptación de la lluvia frente a las masas formadas por cubiertas permanentes. El modelo ofrece una serie de tablas con las que se obtienen los valores según la distinta formación vegetal, su grado de cobertura de vuelo y suelo, así como su grado de cubrimiento del suelo. En este factor se pueden reflejar valores relativos a los usos del suelo más comunes en cada país, en concreto, se puede recurrir a los valores que en cada país se puedan asimilar a las tablas originales de este modelo. En la siguiente tabla se expresan los valores según las diferentes formaciones vegetales, como consecuencia de las experiencias en grandes cuencas realizadas en España (ICONA, 1989):

Valores del factor C en función del uso del suelo	
Usos del suelo	Valor del factor C
Arbolado con Fcc: 20%-70%	0,003
Arbolado con Fcc > 70%	0,01
Arbolado con matorral	0,04
Matorral con arbustos, Fcc < 70%	0,20
Matorral con arbustos, Fcc > 70 %	0,10
Pastizal con matorral	0,15
Pastizal	0,10
Cultivos arbóreos de secano (almendros, olivos, viñedos, ...)	0,40
Cultivos anuales y herbáceos	0,25

Valores del factor C en función del uso del suelo	
Cultivos en regadío	0,04
Improductivo (poblaciones, embalses, canteras, roquedos,...)	1,00

Tabla nº 72: Valores del factor C en función del uso del suelo.

En función de la tabla anterior y de la tabla nº 27 se ha calculado el valor medio de C:

$$C=(0,20 \cdot 37,36)+(0,15 \cdot 55,56)+(0,10 \cdot 7,06)+(0,40 \cdot 38,57)+(0,04 \cdot 0,52)+(1 \cdot 10,22)/100=0,42$$

2.6.1.5. El factor de prácticas de conservación

El factor de prácticas de conservación incorpora la diferente eficacia en disminuir las pérdidas de suelo que presentan las diferentes técnicas de conservación, así como su coste de adopción. Las técnicas más usuales son el laboreo a nivel, el cultivo a nivel en fajas alternantes, las terrazas y los canales encespados.

En la cuenca en estudio hay bancales con márgenes de piedra (terrazas) en el Pla de Senija y en la zona de umbría del nacimiento del barranco de la Garganta.

El valor del factor P para un tipo de práctica de conservación determinada expresa la relación entre la cantidad de suelo perdido utilizando tal práctica y la que se perdería labrando según la máxima pendiente. Cuando no se aplica práctica alguna $P = 1$. Experimentalmente se han determinado los valores del factor P para distintos tipos de prácticas de conservación:

FACTOR P (Kent y cols. 1980) Cultivo a nivel		
Pendiente (%)	Factor P	Máxima longitud (m)
1-2	0,60	120
3-5	0,50	90
6-8	0,50	60
9-12	0,60	35
13-16	0,70	25
17-20	0,80	20
21-25	0,90	15

FACTOR P (Wischmeier y cols. 1978)		
Pendiente (%)	Cultivo en faja	Terrazas
1-2	0,30	0,12
3-8	0,25	0,10
9-12	0,30	0,12
13-16	0,35	0,14
17-20	0,40	0,16
21-25	0,45	0,18

Aproximadamente esta cuenca tiene un 55% de la superficie en terrazas, que en función de la pendiente el valor de P adoptaría un valor de 0,14, y el resto de zonas adoptan el valor de 1, por tanto el valor medio de P es igual a 0,527.

2.6.1.6. La tasa de pérdidas de suelo

La tasa media de pérdidas de suelo en la cuenca es de 117,79 t/ha·año.

2.6.2. La pérdida de suelo tolerable

El concepto de pérdida de suelo tolerable se puede definir como la *cantidad de suelo en t/ha·año que un terreno puede perder sin que se vea afectada su productividad* (Mellerowika, 1994). La evaluación de dicha tolerancia de pérdida de suelo en un terreno, factor básico para la utilización del modelo USLE en la ordenación, depende de diversos factores tales como la profundidad del suelo, sus propiedades físicas, el desarrollo de los sistemas radicales de la vegetación, la reducción de la materia orgánica, la pérdida de nutrientes y sementeras, etc.

A falta de experiencias propias, cuando se aplica se viene utilizando la siguiente tabla (López Cadenas de Llano *et al.*, 1991) para establecer la pérdida de suelo tolerable en función de la profundidad de los sistemas radicales:

Guía para la tolerancia de pérdidas de suelo para distintas profundidades de raíces		
Profundidad de raíces (cm)	Valores de tolerancia de pérdidas de suelo (t/ha·año)	
	A	B
0-25	2,2	2,2
25-50	4,5	2,2
50-100	6,7	4,5
100-150	9,0	6,7
>150	11,2	11,2

a = suelos con substrato favorable que pueden ser renovados por labores, fertilizantes, adición de materia orgánica y otras prácticas de cultivo.
 b = suelos con un substrato desfavorable como es el caso de rocas descompuestas en las que no resulta económica su renovación artificial.

Tabla nº 73. Guía para la tolerancia de pérdidas de suelo para distintas profundidades de raíces.

También pueden considerarse como criterios de orientación para la determinación de este parámetro que las pérdidas máximas admisibles en un suelo profundo, de textura media, permeabilidad moderada y con un subsuelo favorable a la vida de las plantas son de 12,5 t/ha·año (Wischmeier, 1978). Sin embargo, para suelos arenosos profundos son admisibles pérdidas de 4-6 t/ha·año y en los franco profundos y fértiles de 13 a 15 t/ha·año (Hudson, 1977).

Para suelos agrícolas se dan valores de 4-6 t/ha·año en suelos arenosos, poco profundos, de 6-7 t/ha·año en suelos entre arenosos y arcillosos y de 12,5 t/ha·año y mayores para suelos arcillosos, profundos y fértiles.

En función de la pérdida tolerable se confeccionó la “Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos” (FAO, PNUMA, UNESCO, 1981) que propone el siguiente baremo:

Clasificación provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos	
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 nº 74. Clasificación provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos.

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

Los valores resultantes, oscilantes entre 2 y 12,5 t/ha·año, dependen del tipo de suelo, de su espesor y de las propiedades físicas del mismo.

Uniendo ambos conceptos (la pérdida de suelo potencial estimada con el modelo USLE y la pérdida de suelo tolerable, entendida como la máxima pérdida de suelo que se puede alcanzar a partir de la cual comienza a disminuir la productividad del suelo), se puede estimar la pérdida de suelo (USLE) superponiendo los mapas temáticos correspondientes.

Para establecer los intervalos de erosión en el mapa de pérdidas de suelo se ha respetado la clasificación anterior, aunque se han dividido tres intervalos, con lo que en el mapa de pérdidas de suelo se definen estas seis categorías:

- 1- $A < 10$ t/ha·año
- 2- $10 < A < 25$ t/ha·año
- 3- $25 < A < 50$ t/ha·año
- 4- $50 < A < 100$ t/ha·año
- 5- $100 < A < 200$ t/ha·año
- 6- $A > 200$ t/ha·año

La distribución superficial en la cuenca de estas categorías es la siguiente:

<i>Nivel de Erosión</i>	<i>Superficie (ha)</i>
1- $A < 10$ t/ha·año	220,86
2- $10 < A < 25$ t/ha·año	527,05
3- $25 < A < 50$ t/ha·año	383,26
4- $50 < A < 100$ t/ha·año	142,98
5- $100 < A < 200$ t/ha·año	46,56
6- $A > 200$ t/ha·año	6,12

Tabla nº 75. Distribución superficial en la cuenca en función de los niveles de erosión.

En el Anexo de Planos se adjunta el plano nº 8 con la representación de las pérdidas de suelo.

2.6.3. La aplicación del Modelo USLE para la Ordenación de una cuenca

Continuando con la idea de Ordenación de cuencas en función de la erosión, la forma de utilizar el modelo USLE responde a lo expuesto en la tabla siguiente, donde A_t representa las pérdidas de suelo tolerables, que se establecen en 10 t/ha·año, y A_i son las pérdidas de suelo genéricas.

Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE			
Valoración del suelo en la parcela	Condición que debe cumplirse	Tolerancia respecto a la erosión	Código
Terrenos forestales	$A_i < A_t$	Uso actual del suelo compatible	1
	$A_i > A_t$	Uso actual del suelo incompatible (sustituir o mejorar)	2
Terrenos agrícolas	$A_i < A_t$	Uso actual del suelo compatible	3
	$A_i > A_t$ $A_i B_i < A_t$	Siendo B_i prácticas de conservación de suelos. Uso compatible	4
	$A_i > A_t$ $A_i B_i > A_t$	Uso actual del suelo incompatible	5
Improductivo	No se considera		6

Tabla nº 76. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.

En la tala anterior, B_i puede tratarse de cultivos a nivel o en fajas o incluso terrazas (práctica de conservación de suelos).

La tabla puede servir de guía para la selección de alternativas de actuación para la conservación de un determinado suelo o para la elección de cultivo, si se pretenden disminuir las pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros. Se aplica el criterio de mantener los usos actuales del suelo siempre que las pérdidas de suelo no superen a las tolerables, tanto en zonas forestales como agrícolas.

En caso contrario, se recomienda el cambio de uso de suelo o las prácticas de conservación de suelos en zonas agrícolas, si con ellas es posible la reducción de las pérdidas.

Los terrenos improductivos, no presentan pérdidas de suelo al tratarse de lagunas, carreteras, poblaciones,... aunque en los caminos de tierra las pérdidas pueden ser considerables, si bien su importancia relativa es pequeña al representar poca superficie.

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

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

1. Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida de suelo
2. Mejorar la masa forestal
3. Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas
4. Repoblación (cambio de uso)

De la aplicación de esta tabla se obtienen las siguientes superficies de actuación y el plano nº 9, resultado de la ordenación (Anexo de Planos).

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFICIE (ha)
1	Mantener uso forestal	125,84
2	Repoblación en terreno forestal	615,69
3	Mantener uso agrícola	95,03
4	Repoblación en terreno agrícola	490,28
0	Improductivo	102,37

Tabla nº 77. Ordenación de usos del suelo de la cuenca en función del modelo USLE.

2.7. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI(1990)

Esta metodología considera los criterios para la ordenación de una cuenca que establece el modelo USLE y el grado de protección que ofrece la vegetación.

Mintegui Aguirre (1990) establece la siguiente propuesta de actuaciones (tabla nº 78: Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una Cuenca Alimentadora).

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

Tabla nº 78. Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una Cuenca Alimentadora (Mintegui, J.A., 1990)

A, pérdidas de suelo

A_t , pérdidas de suelo tolerables

De la aplicación de la tabla anterior se obtiene la asignación de usos futuros para la cuenca del barranco de la Garganta con las superficies correspondientes en la siguiente tabla:

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFICIE (ha)
1	Repoblación protectora en cárcavas	0
2	Mantener/Mejorar uso	377,57
3	Completar espesura en Matorral	457,89
4	Mantener uso agrícola	210,26
5	Repoblación Forestal Protectora	307,73
999	Improductivo	76,75

Tabla nº 79. Ordenación de la cuenca en función de la ordenación con criterios de Mintegui.

La ordenación de la cuenca del barranco de la Garganta aplicando estos criterios, tiene su representación cartográfica en el plano nº 10 del Anexo de Planos.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Introducción

Los resultados que se han obtenido de esta investigación, se basan en la aplicación de los métodos clásicos de ordenación de cuencas y de la metodología con criterios de sostenibilidad, propuesta en esta tesina a la cuenca del barranco de la Garganta.

En primer lugar, en función a los objetivos específicos que presenta este trabajo, se revisaron los principales métodos y modelos que vienen aplicándose a la ordenación de cuencas en España, identificándolos y describiéndolos brevemente.

El trabajo se ha focalizado en la aplicación de la metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad, mediante la adaptación de un modelo de planificación física.

La metodología con criterios de sostenibilidad, toma en consideración los contenidos hidrológicos de los métodos tradicionales para el control de la erosión y la conservación del agua y suelo, así como el aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca. Para conseguirlo formula un conjunto de actividades a realizar teniendo en cuenta la capacidad del medio para acogerlas sin riesgos de deterioro permanente, de manera que se asegure su protección, la de sus recursos naturales (además de suelo y agua) atendiendo a sus valores y a la biodiversidad. En consecuencia, el criterio de sostenibilidad queda incorporado sistemáticamente a la toma de decisiones de actuación a través de la adecuación de las actividades al medio en que se van a desarrollar.

En los sucesivos apartados se presentan los resultados obtenidos con la metodología (MOCS) y con los diferentes modelos clásicos considerados.

Consecutivamente los resultados son analizados y comparados, procediéndose a la discusión de sus coincidencias y discrepancias.

3.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos, es decir, las actividades propuestas por los métodos con que se ha trabajado se expresan en su proyección territorial mediante la correspondiente representación cartográfica obtenida empleando el SIG. Ha de tenerse en cuenta, que las actividades promovidas por la metodología propuesta se obtienen de la capacidad del medio para acogerlas y que, entre ellas, figuran algunas que no se han considerado en los métodos clásicos. Por tanto, no todos los métodos promueven las mismas actividades ni tampoco tienen que coincidir necesariamente en términos cuantitativos (ha) ni geográficos (localización). Estos extremos quedan recogidos en los resultados que se presentan y que son la base de su comparación y discusión posterior.

Los resultados que se presentan a continuación, indican el uso futuro o actividad que se va a llevar a cabo en una determinada superficie en función del método utilizado:

- Método USLE:

CÓDIGO*	USO FUTURO	SUPERFICIE (ha)
1	Mantener uso forestal	125,84
2	Repoblación en terreno forestal	615,69
3	Mantener uso agrícola	95,03
4	Repoblación en terreno agrícola	490,28
0	Improductivo	102,37

Tabla nº 80. Resultados de la ordenación según el modelo USLE.

*El código enumera el uso futuro para posteriores usos en tablas y gráficos.

- Método de ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (OCMA):

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFICIE (ha)
1	Repoblación protectora en cárcavas	0
2	Mantener/Mejorar uso	377,57
3	Completar espesura en Matorral	457,89
4	Mantener uso agrícola	210,26
5	Repoblación Forestal Protectora	307,73
999	Improductivo	76,75

Tabla nº 81. Resultados de la ordenación según Criterios de Mintegui Aguirre (OCMA).

- Método MOCS:

Actividades Compatibles*	Superficie (ha)
1	897,62
2	31,45
7	165,73
1 y 3	1,56
1, 3 y 4	96,97
2 y 3	9,46
3 y 4	0,01

Tabla nº 82. Resultados de la ordenación según la Metodología con criterios de sostenibilidad (MOCS).

*Actividades: 1: Repoblación forestal protectora;
 2: Completar espesura en masa defectiva; 3: Hidrotecnias de corrección; 4: Restauración de riberas; 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad; 7: Mantenimiento uso agrícola

Además, los resultados también se muestran en el Anexo de Planos (Plano nº 9, plano nº 10 y plano nº 12 consecutivamente)

3.3. Estudio comparativo de las superficies de actuación.

La comparación de los resultados obtenidos con los diferentes métodos de ordenación en la cuenca del barranco de la Garganta se ha efectuado mediante la superposición de cada una de las coberturas generadas al realizar los diferentes métodos de ordenación (Modelo USLE y Ordenación Agrohidrológica según criterios de Mintegui Aguirre 1990) con la metodología propuesta.

Las superposiciones se han expresado en forma matricial, es decir, enfrentando la cobertura de actuaciones según la metodología en estudio con cada una de las coberturas de las actuaciones generadas mediante los diferentes métodos considerados.

La actividad nº 3 (hidrotecnias de corrección de cauces) no precisa de comparación puesto que coincide territorialmente con los otros métodos.

1) Metodología MOCS y Modelo USLE

A continuación se muestra el cuadro resultante de la superposición de la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad con el Modelo USLE, donde las superficies se expresan en hectáreas:

Actuación USLE		1.	2.	3.	4.	Sin
		Mantener	Repoblación	Mantener	Repoblación	actuación
		uso	en terreno	uso	en terreno	
		forestal	forestal	agrícola	agrícola	
Actuación MOCS						
1		91,121	395,331	40,737	351,147	19,297
1 y 3						1,558
1, 3 y 4		10,967	74,111	3,115	8,100	0,677
1. Repoblación protectora		102,088	469,442	43,852	359,247	21,532
2		9,937	8,037	9,025	0,888	3,576
2 y 3			0,004	1,562	5,337	2,570
2. Completar espesura		9,937	8,041	10,587	6,225	6,146
3 y 4					0,080	
4. Restauración de Riberas					0,080	
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad						
6. Mejora de pastizales						
7. Mantenimiento uso agrícola		0,434	0,072	43,960	110,554	10,724
Sin actuación		21,415	138,151	2,304	14,248	71,634
TOTALES		133,874	615,706	100,703	490,354	110,036

*Las unidades de las superficies superpuestas vienen en hectáreas.

Tabla nº 83. Superposición Metodología con criterios de sostenibilidad y Modelo USLE.

Observando dicho cuadro se puede apreciar como las celdas contienen las superficies en hectáreas coincidentes de cada actividad para cada uno de los dos métodos que se comparan y se pueden establecer los solapes siguientes:

- Repoblación forestal protectora, (en las combinaciones 1, 13, 134, de la metodología propuesta) con 2 (Repoblación en terreno forestal) y con 4 (Repoblación en terreno agrícola).

En definitiva, la superficie en hectáreas de coincidencia es la siguiente:

- Actividad 1 (MOCS) con 2 (USLE) → 469,442 ha.
 - Corresponde al 47,12% de la superficie total dedicada a la repoblación forestal protectora.
- Actividad 1 (MOCS) con 4 (USLE) → 359,247 ha
 - Tiene una correspondencia del 36% de la superficie aplicada a las actividades con combinaciones 1, 12, 123 de la MOCS.

- Completar espesura en masas defectivas (en 2 y 2 y 3 de la Metodología con criterios de sostenibilidad) con 1 (Mantener uso forestal), y en menor número de hectáreas con 2 (Repoblación en terreno forestal) y con 4 (Repoblación en terreno agrícola).

Las superficies de coincidencia en hectáreas son:

- Actividad 2 (MOCS) con 1 (USLE) → 9,937 ha
- Actividad 2 (MOCS) con 2 (USLE) → 8,041 ha
- Actividad 2 (MOCS) con 4 (USLE) → 6,225 ha

Por el contrario la actividad 2 de la metodología en estudio difiere con la actividad 3 del Modelo USLE, ya que en este caso las hectáreas de superposición de actividades deberían ser menores.

- La Restauración de riberas (1,3 y 4 y 3 y 4 de la Metodología) queda superpuesta a la actividad 1 (Mantener uso forestal) y a la actuación 2 (Repoblación en terreno forestal) principalmente. En concreto la superficie es:

- Actividad 4 (MOCS) con 1 (USLE) → 10,97 ha
- Actividad 4 (MOCS) con 2 (USLE) → 74,10 ha

- Mantenimiento del uso agrícola (en la actividad 7) coincide con la actividad 3 del Modelo USLE, en la siguiente cantidad:

- Actividad 7 (MOCS) con 3 (USLE) → 43,96 ha
 - Tienen una correspondencia del 26%.

Decir que la actividad 5 y 6 de la Metodología en estudio no presentan valores puesto que al realizar las combinaciones con las actividades compatibles estas se anularon y como en todo lugar en el que aparecían había otras actividades con mayor adecuación que estas dos, se optó por elegir a las más adecuadas.

2) Metodología propuesta y ordenación según los criterios de Mintegui (1990)

Se representa la superposición de ambos métodos en el siguiente cuadro. (Tabla nº 84)

Actuación	Actuación OCMA	1. Repoblación en cárcavas	2. Mantener /mejorar uso	3. Completar espesura en matorral	4. Mantener uso agrícola	5. Repoblación protectora	Sin actuación
MOCS							
1		361,219		287,683	17,647	228,485	2,598
1 y 3			0,031	44,017	4,596	47,827	1,558
1, 3 y 4		361,250		331,700	22,243	276,312	4,654
2		2,689		11,931	6,180	1,660	9,003
2 y 3		0,004			7,237		2,233
2. Completar espesura		2,693		11,931	13,417	1,660	11,236
4. Restauración de Riberas							
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad							
6. Mejora de pastizales		0,568			165,113		0,063
7. Mantenimiento uso agrícola		13,386		122,159	12,849	32,048	67,310
Sin actuación		377,897		465,790	213,622	310,020	83,263
TOTALES							

*Las unidades de las superficies superpuestas vienen en hectáreas.

*OCMA: Ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990)

*MOCS: Ordenación con criterios de sostenibilidad

Tabla nº 84. Superposición Metodología con criterios de sostenibilidad y Criterios de Mintegui (1990)

Observando el cuadro se establecen las siguientes coincidencias:

- La Repoblación Forestal Protectora (combinaciones con 1 de la metodología propuesta) se superponen a múltiples actividades del otro método, especialmente con la actividad 2 (Mantener y mejorar el uso), con la actividad 3 (Completar espesura en matorral) y con la actividad 5 (Repoblación protectora):
 - Actividad 1 (MOCS) con 2 (OCMA) → 361,24 ha.
 - Coincide con el 36,87% de la superficie total dedicada a la repoblación forestal protectora.
 - Actividad 1 (MOCS) con 3 (OCMA) → 331,70 ha
 - Tiene una correspondencia del 33,3% de la superficie aplicada a las actividades con combinaciones 1, 12, 123 de la MOCS.
 - Actividad 1 (MOCS) con 5 (OCMA) → 276,30 ha
 - Corresponde al 27,7 % de la superficie total de la actividad con combinaciones de 1.

- Completar espesura (combinaciones con 2 de la metodología propuesta) coincide con la actividad 3 (Completar espesura en matorral):
 - Actividad 1 (MOCS) con 3 (OCMA) → 11,92 ha.
 - Atañe al 30% de la superficie total dedicada a completar las masas con la espesura defectiva.

- La Restauración de riberas (combinaciones con 4 de la metodología en estudio) coinciden con la actividad 3 (Completar espesura en matorral) y con la actividad 5 (Repoblación protectora):
 - Actividad 1,3 y 4 (MOCS) con 3 (OCMA) →44,02 ha
 - Corresponde al 45,4% de la superficie total dedicada a las actividades 1,3 y 4 de la MOCS.
 - Actividad 1,3 y 4 (MOCS) con 5 (OCMA) →47,83 ha
 - Tiene una coincidencia del 49,3% de la superficie total dedicada a la combinación de actividades 1,3 y 4.

- El mantenimiento del uso agrícola coincide casi por completo con la actividad 4 (Mantener el uso agrícola) del otro método:
 - Actividad 7 (MOCS) con 4 (OCMA) →165,11 ha
 - Se refiere al 99% de la superficie dedicada al mantenimiento agrícola.

3.4. Estudio cuantitativo de las coincidencias de los métodos: Cálculo del Índice de Kappa

Se realiza con la finalidad de efectuar un análisis cuantitativo de los diferentes métodos de ordenación considerados. En primer lugar se procede a agrupar las actividades de cada una de los cuadros de comparación del epígrafe anterior en bloques de actuaciones asimilables.

Para este análisis se han considerado los bloques mostrados a continuación, para establecer correspondencias entre las actividades de los diferentes métodos.

BLOQUES	MÉTODO MOCS	MÉTODO USLE
Repoblaciones	1	2+4
Mantener/Mejorar uso forestal	2+4+5+6	1
Mantenimiento uso agrícola	7	3
Sin actividad		

Tabla nº 85. Bloques de actuaciones asimilables entre la Método MOCS y el Método USLE.

En la primera fila aparecen las repoblaciones protectoras para los dos métodos. En la segunda fila se han reunido en un bloque todas las actividades de mejora y/o restauración del medio para ambos métodos (completar espesura, restauración de riberas, plantaciones para aumentar la biodiversidad, mejora de pastizales). Por último se comparan las zonas de mantenimiento de uso agrícola y las que no tienen previstas el desarrollo de una actividad concreta.

BLOQUES	MÉTODO MOCS	MÉTODO OCMA
Repoblaciones	1	1 +5
Mejora de masas forestales	2+4+5+6	2+3
Mantenimiento uso agrícola	7	4
Sin actividad		

Tabla nº 86. Bloques de actuaciones asimilables entre la Metodología y los criterios Mintegui (1990).

Al igual que en el caso anterior, en el cuadro nº 86, las repoblaciones se equiparan en ambos métodos. La fila segunda reúne actividades de completar espesura, restauración de riberas, o plantaciones para aumentar la biodiversidad con mantener masas forestales y mejorar y completar espesura. Semejantemente las actuaciones

de mantenimiento del uso agrícola encuentran plena correspondencia en ambos métodos.

En la última fila se reúnen las zonas donde no se planifica actuación alguna y los improductivos.

Una vez realizados los bloques, podemos proceder a construir las dos matrices cuadradas que enfrentaran los bloques y recogerán las superficies de coincidencia de cada método con la metodología propuesta (tablas nº 87 y 88).

USLE \ MOCS	Repoblaciones	Mantener/Mejorar uso forestal	Mantenimiento uso agrícola	Sin actividad	TOTALES
Repoblaciones	828,689	102,088	43,852	17,532	992,161
Mantener/Mejorar uso forestal	14,266	9,937	10,587	4,146	38,936
Mantenimiento uso agrícola	110,626	0,434	43,96	7,624	162,644
Sin actividad	148,199	18,511	1,474	67,284	235,468
TOTALES	1101,78	130,97	99,873	96,586	1429,209

Tabla nº 87. Comparación Metodología con el modelo USLE.

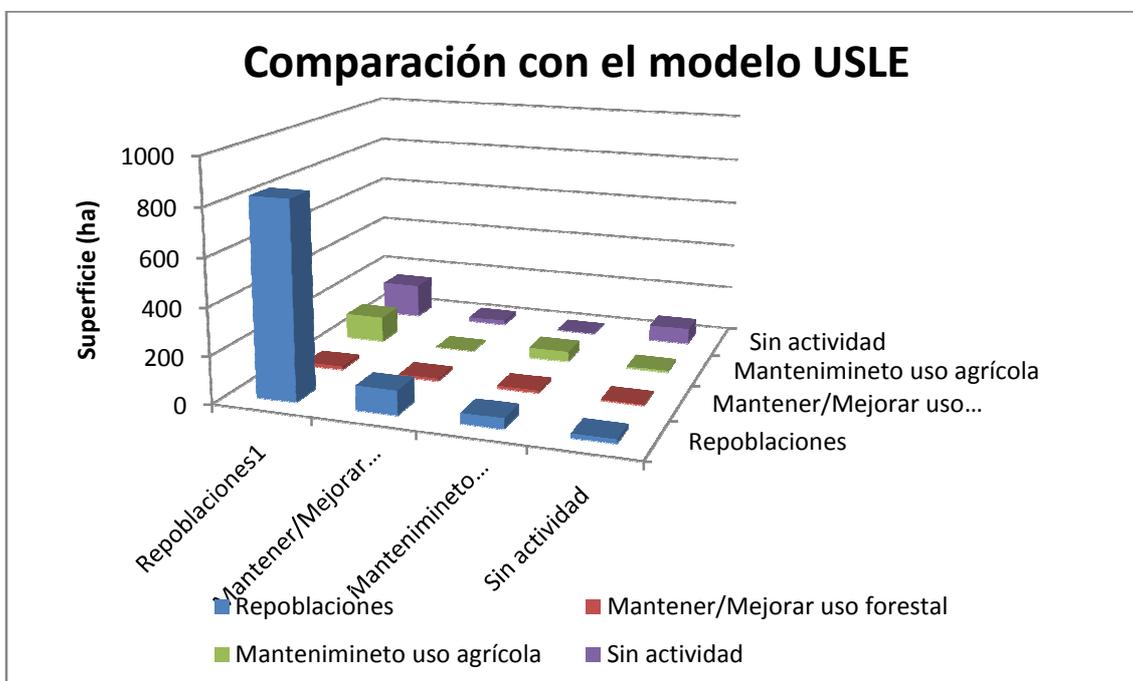


Gráfico nº 9. Comparación MOCS con el modelo USLE.

En el gráfico nº 9, se observa que la mayor coincidencia se da entre las actividades de repoblación para la comparación entre la MOCS y el modelo USLE.

OCMA	Replantaciones	Mejora masas forestales	Mantenimiento uso agrícola	Sin actividad	TOTALES
MOCS					
Replantaciones	276,312	692,95	22,243	3,142	994,647
Mejora masas forestales	1,66	14,624	13,417	9,036	38,737
Mantenimiento uso agrícola	0	0,568	165,113	0,053	165,734
Sin actividad	28,042	129,219	10,71	62,12	230,091
TOTALES	306,014	837,361	211,483	74,351	1429,209

Tabla nº 88. Comparación metodología con la ordenación con criterios de Mintegui (1990).

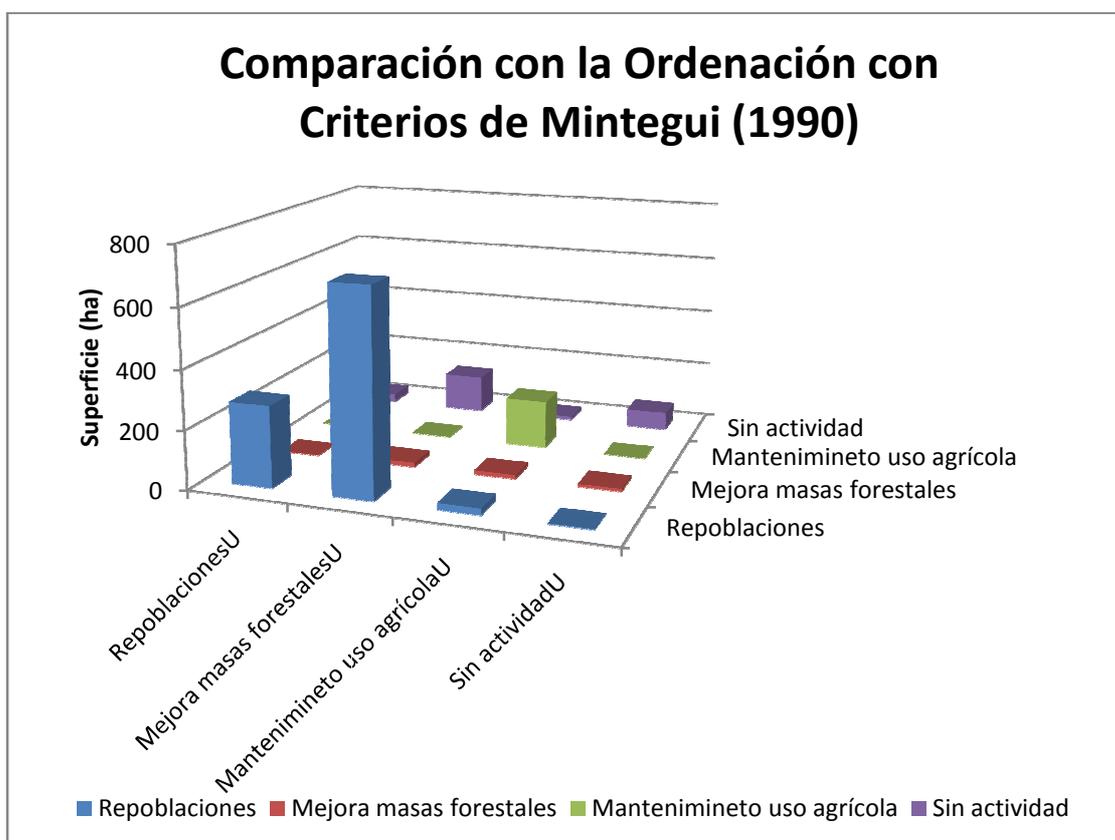


Gráfico nº 10. Comparación metodología con la ordenación con criterios de Mintegui (1990).

A partir de la matriz de comparación con el método USLE (Tabla nº 87), se puede observar que:

Los grupos de actividades que aparecen por filas corresponden a la metodología propuesta, de manera que el total de la primera fila son 992,16 ha propuestas para repoblación, en la siguiente línea tenemos 38,94 ha destinadas a mantener y mejorar el uso forestal, 162,63 ha para el mantenimiento del uso agrícola y finalmente, 235,47 ha sin actividad.

Por otro lado, los totales por columnas indican las superficies de actuación del otro método que se compara. La primera cifra corresponde a la superficie destinada a la repoblación con el modelo USLE (1101,78 ha). Las cifras de la diagonal principal en “negrita” expresan la superficie de coincidencia de actuaciones homólogas de los dos métodos.

Si nos centramos con la actividad de repoblación, podemos ver que los totales de la actuación son 992,16 ha para la metodología propuesta y 1101,78 ha para el método USLE. La cifra de la diagonal (828,69 ha) expresa la superficie en que coinciden territorialmente ambas repoblaciones. Las sucesivas cifras de la diagonal principal nos indican las diversas coincidencias territoriales para las restantes actividades.

De igual manera ocurre con la actividad mantener y mejorar el uso forestal, ya que la metodología en estudio propone para esta actividad 38,94 ha y el modelo USLE plantea 130,97 ha. De estas superficies sólo hay una coincidencia entre ambas metodologías de 9,34 ha.

En cuanto al mantenimiento del uso agrícola, la metodología propone para esta actividad una superficie de 162,63 ha y el método USLE una totalidad de 99,87 ha. La coincidencia respecto a esta actividad ha sido de 43,96 ha, por lo que podríamos decir que la combinación de ambos métodos sólo coincide en una tercera parte aproximadamente.

De igual manera, estas reflexiones se pueden aplicar a la metodología con criterios de Mintegui (Tabla nº 88). En este caso se puede decir que hay mayores coincidencias entre estos dos métodos:

En el caso de las repoblaciones, la coincidencia entre ambas es de 276,30 ha de las cuales el método con criterios de Mintegui designa 306,14 ha y para el caso del mantenimiento del uso agrícola, coinciden 165,10 ha de las que la metodología en estudio cuenta con 165,72 ha.

3.4.1. Cálculo del Índice de Kappa

El índice estadístico Kappa (k) es un análisis no paramétrico de datos categóricos y tiene la siguiente expresión:

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

Donde,

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

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

X_{kk} (cada valor de la diagonal principal)

El índice k adopta valores tanto más próximos a la unidad cuanto mayor sea la similitud entre los dos criterios de clasificación.

Dicho estadístico, frecuentemente utilizado para estimar la bondad de las clasificaciones para estimar la resolución en sistemas de teledetección, se encuentra dentro del grupo de los estimadores del grado de asociación-independencia que sigue una distribución χ^2 de Pearson.

Calculado para cada una de las matrices los resultados han sido los siguientes:

	Índice k
Metodología/USLE	0,79
Metodología/Mintegui	0,77

Tabla nº 89. Resultados del índice Kappa.

Czaplewski (1994) recoge la interpretación que del índice han hecho diversos autores.

k	Landis and Koch (1977)	Fleiss	Monserud and Leemans (1992)
0,79	Muy Bueno	Bueno	Bueno
0,77	Muy Bueno	Bueno	Bueno

Tabla nº 90. Interpretación de los resultados del índice Kappa.

Como podemos observar en la tabla, la coincidencia de la metodología en estudio con los otros dos métodos tradicionales de ordenación es “buena” o “muy buena”.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

- En este estudio se compara una metodología de ordenación de cuencas con criterios de sostenibilidad con otras dos metodologías tradicionales de ordenación de cuencas. Se aplica al caso concreto de la cuenca del barranco de la Garganta, situada en los T.M. de Benissa, Senija y Gata de Gorgos, en la comarca de la Marina Alta, provincia de Alicante.
- La metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad (MOCS) se diferencia de los otros dos modelos tradicionales de ordenación de cuencas en que en los objetivos también incluye aquellos que son propios de la sostenibilidad, así como un sistema de toma de decisiones con el que se asegura que todas las actividades propuestas son compatibles con la capacidad del medio para acogerlas, sin deterioro irreversible.
- La MOCS resulta de la adaptación, a los fines de la ordenación de cuencas, de un modelo de planificación física. Dicho modelo considera, como criterio de decisión fundamental la capacidad del medio para acoger actividades sin poner en riesgo su conservación y, además, permite incorporar objetivos adicionales tales como la protección de ecosistemas y riqueza en biodiversidad. Por todo ello el paradigma de la sostenibilidad puede incorporarse mediante dicho modelo de planificación física, con carácter general, a los diferentes trabajos sobre el medio y sus recursos siempre que sean considerados con su nexo territorial.
- Los resultados de la SUPERPOSICIÓN de la MOCS con el método USLE determina que hay coincidencias territoriales en la asignación de actividades, como es el caso de las repoblaciones forestales, pero también nos muestra alguna discrepancia, tal como:
 - En la superficie dedicada al mantenimiento agrícola, el 26% de la superficie coincide, por contra el 66,7% discrepa por la metodología USLE a favor de repoblación en terreno agrícola.
- Los resultados de la SUPERPOSICIÓN de la MOCS con el método de ordenación con criterios de Mintegui Aguirre (1990), presenta más similitudes espaciales que en el anterior caso, siendo las principales coincidencias las siguientes:

- El 27,7% de la superficie dedicada a la Actividad 1 (Repoblación protectora) en la MOCS coincide con la misma actividad en la OCMA.
- El mantenimiento del uso agrícola tiene un 99% de coincidencia en las dos metodologías.

- Para el estudio CUANTITATIVO de los diferentes métodos se agrupan las actividades de cada metodología en bloques de actuaciones asimilables. De este análisis comparativo se extrae que la MOCS coincide con la metodología USLE casi al completo con el bloque de repoblaciones forestales, pero en los otros bloques no hay tanta concurrencia. Por el contrario, al comparar la MOCS con la OCMA se observa una mayor similitud en cuanto a las repoblaciones y al mantenimiento del uso agrícola.

- El índice de Kappa adopta un valor de 0,79 para el análisis entre la MOCS y la metodología USLE, y un valor de 0,77 para la comparación entre la MOCS y la OCMA. A partir de estos valores se concluye que las coincidencias que se han producido entre las ordenaciones son adecuadas y por tanto se considera que la MOCS se adapta de una manera adecuada a la cuenca en estudio.

- Entre el método USLE y el método OCMA, se selecciona el método de Mintegui, porque tiene en cuenta más variables del medio para realizar la ordenación, lo que proporciona que la ordenación se adapte de una manera más correcta a la cuenca de estudio.

- La MOCS es la que mejor se adecua a la cuenca, por tener en cuenta muchos más aspectos que las otras metodologías contempladas. Sin embargo su ejecución es más compleja.

CAPITULO 5. BIBLIOGRAFÍA

Agresividad de la lluvia en España: Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, D.L. 1988.

Banyuls Pérez, Baptista., Soler Marí, Jaume. *El paisatge vegetal de Teulada (la Marina Alta).* Teulada: Associació Cultural Amics de Teulada i Ajuntament de Teulada, 2000. ISBN 84-607-1003-3.

Cartografía Temática. Valencia: Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, 1998. Escala 1:50.000.

Catálogo de Suelos de la Comunidad Valenciana. Edita: Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Serveis d'Estudis Agraris i Comunitaris. 1995.

Delgado Artés, Rafael., Cabrera Ivars, Josep Andreu. *Valoració ambiental del terme municipal de Teulada (la Marina Alta): Oportunitats i conflictes per a un desenvolupament sostenible.* Teulada: Ajuntament de Teulada. Institut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta, 2006. ISBN 84-934403-2-9.

Ferrer Polo, Francisco Javier. *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas.* 2ª Edición. Madrid: CEDEX, 2000. ISBN: 84-7790-346-8.

Gaspar de Aranda. *Hidrología Forestal y Protección de suelos.* Madrid: ICONA, D.L. 1992. ISBN: 84-8014-043-7.

López Cadenas de Llano, Filiberto. *La Ingeniería en los procesos de desertificación.* Madrid: Grupo Tragsa, 2003. ISBN 84-8476-113-4

Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. Escala 1:50.000. Hoja nº 822 Benissa (Alicante). Madrid: Publicaciones del Ministerio de Agricultura, 1981.

Mapa Geocientífico de la provincia de Alicante. Generalitat Valenciana. Conselleria d'administració pública. Agencia del Medi Ambient. Escala 1:200.000 (autor: Investigaciones geológicas y mineras S.A.) (Ingemisa))

Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (M.C.A.). Hojas a escala 1:50.000: 70 hojas actualizadas. Formato SHP. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.

Mapa Forestal de España. Serie Técnica. Formato Digital. Hoja nº: 08-08 Alcoy. Escala 1:50.000. Edita: Organismo Autonomo de Parques Nacionales.

Mintegui Aguirre, Juan Ángel., López Unzu, Fermín. *La Ordenación agrohidrológica en la planificación*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1990.

Mintegui Aguirre, Juan Ángel., Robredo Sánchez, José Carlos. *Estrategias para el Control de los Fenómenos Torrenciales y la Ordenación Sustentable de la Aguas, Suelos y Bosques de las Cuencas de Montaña*. Montevideo, Uruguay: Programa Hidrológico Internacional (PHI), Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe (Montevideo, Uruguay), de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2008. Documento Técnico del PHI-LAC, Nº 13. ISBN 978-92-9089-113-0.

Pellicer, Joan. *Costumari botànic*. 1º Edición. Picanya: Edicions del Bullent, 2000. ISBN 84-89663-58-0.

Ruiz de la Torre, Juan. Mapa Forestal de España: Escala 1:1.000.000. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, 2002. ISBN 84-8014-422-X.

Wicander, Reed. *Fundamentos de Geología*. 2º Edición. Méjico: International Thomson, 2000. ISBN: 97-0686024-X.

Asignatura "Climatología aplicada a la ingeniería y medio ambiente" del portal OpenCourseWare de la U.P.M. [en línea]. [Consulta: 20 de marzo de 2009]. Disponible en:
<http://gea.gate.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente>

Índices climáticos de continentalidad y aridez. [en línea]. [Consulta: 20 de marzo de 2009]. Disponible en:

<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesClima.htm#Gorezynski>

Medidas de concordancia: el índice Kappa. [en línea]. [Consulta: 30 de junio de 2009].

Disponible en:

<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa.asp#Tabla%204>

Página de la asignatura biogeografía del Prof. Dr. Rafael Cámara Artigas de la Universidad de Sevilla. [en línea]. [Consulta: 20 de marzo de 2009]. Disponible en:

<http://www.personal.us.es/rcamara/index.html>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1: Situación de la Cuenca del Barranco de la Garganta dentro de la cuenca del Río Xaló.	11
Figura nº 2: Localización del Barranco de l'Aigüera y del Barranco de la Garganta....	12
Figura nº 3. Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: Cartografía Geológica Magna en Formato Digital.	21
Figura nº 4: Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos.	23
Figura nº 5. Localización de las estaciones meteorológicas.....	26
Figura nº 6. Clasificación del clima mediterráneo según el índice de Emberger.....	37
Figura nº 7. Estructura de la población con fecha del 1/01/2007 de Benissa y de Gata de Gorgos. Fuente: IVE.	43
Figura nº 8. Mapa de Isolíneas. Fuente: Orden de 14 de Mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial". (BOE núm.123, de 23 de mayo de 1990).	57
Figura nº 9. Valores de protección del suelo por la vegetación en la cuenca de estudio..	64
Figura nº 10 : Clasificación de la capacidad de la actividad 1 (Repoblación Forestal Protectora) en clases.	78
Figura nº 11: Clasificación de la capacidad de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en clases.	79
Figura nº 12: Clasificación de la capacidad de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en clases.	80
Figura nº 13: Clasificación de la capacidad de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en clases.	81
Figura nº 14: Clasificación de la conveniencia de la actividad 1 (Repoblación forestal protectora) en clases.	86
Figura nº 15: Clasificación de la conveniencia de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en clases.	87
Figura nº 16: Clasificación de la conveniencia de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en clases.	88
Figura nº 17: Clasificación de la conveniencia de la actividad 4 (Restauración de riberas) en clases.	89
Figura nº 18: Clasificación de la conveniencia de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en clases.	90

Figura nº 19: Clasificación de la conveniencia de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en clases.	91
Figura nº 20: Clasificación de la conveniencia de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en clases.	92
Figura nº 21. Factores de la USLE. Fuente: Edafología para la agricultura y el medio ambiente.	99
Figura nº 22. Agresividad de la lluvia en España: valores del factor R. (ICONA, 1988)..	100

ÍNDICE DE FOTOS

Foto nº 1: Nacimiento del barranco de la Garganta.....	13
Foto nº 2: Vaguadas en la Sierra de Serrellars.....	14
Foto nº 3: Desembocadura del barranco de la Garganta al Río Gorgos.....	15

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico nº 1. Composición granulométrica de una muestra de suelo de la cuenca...25	25
Gráfico nº 2. Balance hídrico de la estación meteorológica de Benissa Convento....33	33
Gráfico nº 3. Balance hídrico de la estación meteorológica de Gata de Gorgos.....35	35
Gráfico nº 4. Evolución de la población (1996-2007). Fuente: IVE.....43	43
Gráfico nº 5. Crecimiento vegetativo de la población desde el 1980 hasta el 2006. Fuente: IVE.	44
Gráfico nº 6. Saldo migratorio del año 2006. Fuente: IVE.....45	45
Gráfico nº 7. Evolución de las plazas de alojamiento. Series del año 1998 al año 2007. Fuente: IVE.	49
Gráfico nº 8. Curva hipsométrica.	52
Gráfico nº 9. Comparación MOCS con el modelo USLE.....123	123
Gráfico nº 10. Comparación metodología con la ordenación con criterios de Mintegui (1990).	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1. Estratigrafía y tiempo geológico.....	20
Tabla nº 2. Clasificación de los suelos de la cuenca.	24
Tabla nº 3. Proveniencia de los datos pluviométricos.	25
Tabla nº 4. Proveniencia de los datos termométricos.....	25
Tabla nº 5. Valores medias de precipitación (anuales y mensuales).	26
Tabla nº 6. Valores de precipitación media y días de precipitación estacionales.....	27
Tabla nº 7. Valores de medianas mensuales y anuales de precipitación.....	27
Tabla nº 8. Cuantías anuales de precipitación.....	27
Tabla nº 9. Máximos de precipitación en 24 horas en función del periodo de recurrencia.....	28
Tabla nº 10. Número medio anual de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales.	28
Tabla nº 11. Fecha media y desviación típica (en días) de la primera y última nevadas, y duración del periodo con nevadas.	28
Tabla nº 12. Temperaturas medias.	28
Tabla nº 13. Amplitudes térmicas diarias medias anuales y mensuales.....	29
Tabla nº 14. Temperaturas máximas medias.	29
Tabla nº 15. Temperaturas mínimas medias.	29
Tabla nº 16. Máximas absolutas de temperatura.	29
Tabla nº 17. Mínimas absolutas de temperatura.	29
Tabla nº 18. Número medio anual de días de helada.	29
Tabla nº 19. Número medio anual de días con helada.	30
Tabla nº 20. Gradiente altitudinal de temperaturas de la zona de estudio.....	30
Tabla nº 21. Balance hídrico de los datos de la estación meteorológica de Benissa...32	
Tabla nº 22. Balance hídrico de la estación meteorológica de Gata de Gorgos.....34	
Tabla nº 23. Tipo climático según el índice de Thorntwaite.	36
Tabla nº 24. Índices climáticos de continentalidad y aridez.	36
Tabla nº 25. Interpretación del índice de aridez de Martonne.	36
Tabla nº 26. Interpretación del índice de continentalidad de Conrad.	38
Tabla nº 27. Distribución superficial de los usos del suelo.	40
Tabla nº 28. Montes de Utilidad Pública parcialmente incluidos en la cuenca.....41	
Tabla nº 29. Municipios incluidos en más del 75% de la cuenca.	42
Tabla nº 30. Municipios incluidos en menos del 25% de la cuenca.....	42
Tabla nº 31. Evolución de la población (1996-2007). Fuente: Instituto Valenciano de Estadística (IVE).	42

Tabla nº 32. Movimiento natural de la población (Año 2006). Fuente: IVE.....	44
Tabla nº 33. Desocupación de la población (Año 2008). Fuente IVE.....	45
Tabla nº 34. Aprovechamiento de los suelos labrados (ha) del año 1999.....	46
Tabla nº 35. Superficie de las explotaciones por tipo. (Año 1999).....	47
Tabla nº 36. Datos de superficies del año 1999, de las explotaciones en las poblaciones con mayor terreno en la cuenca.	47
Tabla nº 37. Ganadería en unidades ganaderas. Fuente: IVE 1999.....	47
Tabla nº 38. Contrataciones por sector, año 2007. Fuente: IVE.	49
Tabla nº 39. Relación entre altitudes y superficies de la cuenca objeto de estudio....	52
Tabla nº 40. Cálculo del caudal según García Nájera.....	56
Tabla nº 41. Valores de Intensidades para períodos de retorno de dos, cinco, diez, veinte, treinta, cincuenta y cien años.	58
Tabla nº 42. Superficie de los usos actuales del suelo.	60
Tabla nº 43. Cálculos de caudales para distintos períodos de retorno.....	60
Tabla nº 44. Acciones directas de la vegetación sobre el suelo.	62
Tabla nº 45. Acciones indirectas de la vegetación en el suelo.	63
Tabla nº 46. Índice de protección de suelo por la vegetación.	63
Tabla nº 47. Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.	68
Tabla nº 48. Clasificación de Fao-Pneuma-Unesco (1981) en función de las pérdidas de suelo.	71
Tabla nº 49. Cuantificación de la aptitud.	74
Tabla nº 50. Matriz de Capacidad.	75
Tabla nº 51: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 1 (Repoblación Forestal Protectora) en función del Percentil.	78
Tabla nº 52: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en función del Percentil.	79
Tabla nº 53: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en función del Percentil.	79
Tabla nº 54: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 4 (Restauración de riberas) en función del Percentil.	79
Tabla nº 55: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en función del Percentil.....	80
Tabla nº 56: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en función del Percentil.....	81
Tabla nº 57: Clasificación de las clases de la capacidad de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en función del Percentil.	81
Tabla nº 58. Matriz de Conveniencia.	84

Tabla nº 59: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 1 (Repoblación Forestal Protectora) en función del Percentil.	86
Tabla nº 60: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 2 (Completar espesura en masa con espesura defectiva) en función del Percentil.	87
Tabla nº 61: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 3 (Hidrotecnias de corrección en cauces) en función del Percentil.	88
Tabla nº 62: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 4 (Restauración de riberas) en función del Percentil.	89
Tabla nº 63: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 5 (Repoblaciones para aumentar la biodiversidad) en función del Percentil.....	90
Tabla nº 64: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 6 (Mantenimiento y/o mejora de pastizales) en función del Percentil.	91
Tabla nº 65: Clasificación de las clases de la conveniencia de la actividad 7 (Mantenimiento del uso agrícola) en función del Percentil.	92
Tabla nº 66. Grado de Adecuación del medio para la realización de Actividades CAPACIDAD x CONVENIENCIA.	93
Tabla nº 67. Clases de Adecuación establecidas.	93
Tabla nº 68: Compatibilidad entre actividades.....	94
Tabla nº 69. Compatibilidad entre actividades.	95
Tabla nº 70. Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas.....	96
Tabla nº 71. Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca.	97
Tabla nº 72: Valores del factor C en función del uso del suelo.	105
Tabla nº 73. Guía para la tolerancia de pérdidas de suelo para distintas profundidades de raíces.	107
Tabla nº 74. Clasificación provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos.	107
Tabla nº 75. Distribución superficial en la cuenca en función de los niveles de erosión.	108
Tabla nº 76. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.....	109
Tabla nº 77. Ordenación de usos del suelo de la cuenca en función del modelo USLE.....	110
Tabla nº 78. Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una Cuenca Alimentadora (Mintegui, J.A., 1990)	111
Tabla nº 79. Ordenación de la cuenca en función de la ordenación con criterios de Mintegui.	112
Tabla nº 80. Resultados de la ordenación según el modelo USLE.....	114

Tabla nº 81. Resultados de la ordenación según Criterios de Mintegui Aguirre (CMA).....	114
Tabla nº 82. Resultados de la ordenación según la Metodología con criterios de sostenibilidad (MOCS).	115
Tabla nº 83. Superposición Metodología con criterios de sostenibilidad y Modelo USLE.	117
Tabla nº 84. Superposición Metodología con criterios de sostenibilidad y Criterios de Mintegui (1990)	120
Tabla nº 85. Bloques de actuaciones asimilables entre la Método MOCS y el Método USLE.	122
Tabla nº 86. Bloques de actuaciones asimilables entre la Metodología y los criterios Mintegui (1990).	122
Tabla nº 87. Comparación Metodología con el modelo USLE.	123
Tabla nº 88. Comparación metodología con la ordenación con criterios de Mintegui (1990).	124
Tabla nº 89. Resultados del índice Kappa.	126
Tabla nº 90. Interpretación de los resultados del índice Kappa.	126

ANEXOS

ANEXO I: FOTOGRAFICO



Foto nº 1: Nacimiento del barranco de la Garganta.



Foto nº 2: Vegetación en la zona de umbría.



Foto nº 3: Vegetación zona de solana.



Foto nº 4: Vista del barranco de la Garganta



Foto nº 5: Vaguada en el nacimiento del Barranco de la Garganta.



Foto nº 6: Zona de nacimiento de la Sequia o barranc de l'Aigüera.



Foto nº 7: Vista de la Sequia junto a la Autopista A7.



Foto nº 8: Puente situado sobre el cauce del barranco de l'Aiguera.



Foto nº 9: Barranco de la Sequia repleto de vegetación.



Foto nº 10: Barranco de l'Aigüera



Foto nº 11: Barranco de la Sequia cruzado por un desagüe de la Autopista A7.



Foto nº 12: Barranco de l'Aigüera al lado de una fábrica.



Foto nº 13: Barranco de l'Aigüera en el Pla de Senija.



Foto nº 14: Encauzamiento del barranco de l'Aigüera.



Foto nº 15: Apreciación de tuberías en el cauce del barranco de l'Aigüera.



Foto nº 16: Barranco de l'Aigüera en su tramo final.



Foto nº 17: Barranco de l'Aigüera en su tramo final.



Foto nº 18: Desembocadura del barranco de l'Aigüera en el barranco de la Garganta.



Foto nº 19: Barranco de la Garganta.



Foto nº 20: Barranco de la Garganta cruzado por la Autopista A7.



Foto n° 21: Efectos de las lluvias en el barranco de l'Aigüera.



Foto n° 22: Efectos de las lluvias torrenciales en el barranco de l'Aigüera



Foto n° 23: Efectos de las lluvias torrenciales en el barranco de l'Aigüera



Foto n° 24: Efectos de las lluvias torrenciales en el barranco de l'Aigüera



Foto nº 25: Consecuencia de los efectos de las lluvias en el barranco de l'Aigüera



Foto nº 26: Consecuencia de los efectos de las lluvias en el barranco de l'Aigüera



Foto n° 27: Efectos de las lluvias en el barranco de la Garganta.



Foto n° 28: Resultados de las lluvias en el barranco de la Garganta.



Foto n° 39: Zona abancalada de la Malla Verda.



Foto n° 40: Consecuencia de los efectos de las lluvias torrenciales en el barranco de la Garganta.

ANEXO II: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

Nº 1: Plano de delimitación

Nº 2: Plano de litofacies

Nº 3: Plano de fisiografía

Nº 4: Plano de agrupación de litofacies según la repercusión en los procesos erosivos

Nº 5: Plano de cultivos y aprovechamientos del suelo

Nº 6: Plano de montes de Utilidad Pública

Nº 7: Plano de usos actuales del suelo

Nº 8: Plano de pérdidas de suelo

Nº 9: Plano de ordenación según modelo USLE

Nº 10: Plano de ordenación Agrohidrológica según Criterios de Mintegui (1990)

Nº 11.01: Adecuación para la Actividad 1: repoblación forestal protectora

Nº 11.02: Adecuación para la Actividad 2: completar espesura en masas con espesura defectiva

Nº 11.03: Adecuación para la Actividad 3: hidrotecnias de corrección de cauce

Nº 11.04: Adecuación para la Actividad 4: restauración de riveras

Nº 11.05: Adecuación para la Actividad 5: repoblaciones para aumentar la biodiversidad

Nº 11.06: Adecuación para la Actividad 6: mantenimiento y/o mejora de pastizales

Nº 11.07: Adecuación para la Actividad 7: mantenimiento del uso agrícola

Nº 12: Ordenación de la Cuenca con Criterios de Sostenibilidad.