



Título del Trabajo Fin de Máster:

**ORDENACIÓN HIDROLÓGICO-
AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO
GIRONA (ALICANTE)**

Intensificación:

ORDENACIÓN, RESTURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Autor:

MIÑANA OLIVER, ROGER

Director/es:

DR. LÓPEZ SARDÁ, M^a LETICIA

DR. TORRENT BRAVO, JOSÉ ANDRÉS

Fecha: *MARZO, 2013*



Título del Trabajo Fin de Master:
**<ORDENACIÓN HIDROLÓGICO-AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL
RÍO GIRONA (ALICANTE)>**

Autor: **<MIÑANA OLIVER, ROGER>**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>		
Director	M^aLETICIA LÓPEZ SARDÁ	Lugar de Realización	VALENCIA
Codirector1	JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO	Fecha de Lectura	MARZO,
Codirector2	<NOMBRE Y APELLIDOS>		2013
Tutor	<NOMBRE Y APELLIDOS>		

Resumen:

El presente trabajo tiene como tema principal, la ordenación de cuencas aplicado a una cuenca de la vertiente Mediterránea. Las cuencas mediterráneas tienen una marcada torrencialidad, que se agrava durante fuertes aguaceros o episodios de precipitación intensa. La ordenación de cuencas permite identificar cuales son las mejoras que debemos aplicar en los usos de suelo actuales, mediante la utilización de los sistemas de información geográfica. También se mencionan algunos factores relevantes en la cuenca, como los incendios forestales y la vulnerabilidad de acuíferos.

Debemos actuar sobre las cuencas hidrográficas, mediante la aplicación de metodologías de ordenación de cuencas hidrográficas, con el principal objetivo de estudiar la cuenca y asignar las mejores actuaciones a los usos actuales que se están dando en ella. Estudiar en base a la ordenación de cuencas, el comportamiento y sus parámetros característicos, para así poder determinar cuales son las mejores actuaciones para llevar a cabo.

Finalmente el presente trabajo tiene como finalidad la ordenación de la cuenca del río Girona, y aplicar las actividades que mejor se adaptan a las características de la cuenca.



Aquest treball té com a tema principal, el maneig de conques aplicat a un conca de la vessant mediterrània. Conques mediterrànies tenen un fort torrencial, agreujada durant fortes pluges o fortes precipitacions. El maneig de conques per identificar quines són les millors que han d'aplicar els usos de la terra existents, utilitzant sistemes d'informació geogràfica. També es mencionen alguns factors rellevants en la conca, com son els incendis forestals i la vulnerabilitat dels aqüífers.

Hem d'actuar en les conques hidrogràfiques, mitjançant l'aplicació de metodologies de gestió de conques hidrogràfiques, amb l'objectiu principal d'estudiar la conca i assignar les millors actuacions dels usos actuals que s'estan produint allà. L'estudi es basa en la gestió de les conques hidrogràfiques, el comportament i els paràmetres característics, per tal de determinar quina és la millor acció a realitzar.

Finalment, aquest treball té com a objectiu la gestió de la conca del riu Girona, i implementar activitats que millor s'adaptin a les característiques de la conca.



This work has as main theme, watershed management applied to one basin of the Mediterranean side. Mediterranean basins have a strong torrential, aggravated during heavy rain or heavy precipitation events. Watershed management to identify what improvements we should apply the existing land uses, using geographic information systems. Also, It mentions some relevant factors in the basin, such as forest fires and the vulnerability of aquifers.

We must act on watersheds, by applying methodologies of watershed management, with the main objective of studying the watershed and assign the best performances to current uses that are occurring there. Study based on watershed management, behavior and characteristic parameters, in order to determine what the best action to perform.

Finally, this paper is aimed at managing the Girona River basin, and implement activities that best suit the characteristics of the basin.

Palabras clave:

Mediterráneo/Acuífero/Agrícola/Sostenibilidad/Repoblación



INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA CUENCA.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. ANTECEDENTES.....	3
1.4. ELECCIÓN CUENCA ESTUDIO.....	16
1.5. IMPORTANCIA DE LA CUENCA.....	16
1.6. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	17
1.6.1. Situación geográfica.....	17
1.6.2. Caracterización general de la cuenca.....	20
1.6.3. Geología y Litología.....	21
1.6.4. Pendientes.....	28
1.6.5. Vulnerabilidad de acuíferos.....	28
1.6.6. Clima.....	31
1.6.6.1. Elección de observatorios meteorológicos.....	31
1.6.6.2. Balance hídrico.....	32
1.6.6.3. Clasificación climática.....	34
1.6.7. Vegetación y cultivos.....	36
1.6.7.1. Vegetación potencial.....	36
1.6.7.2. Vegetación actual y distribución de los usos de suelo en la zona de estudio....	38
1.6.7.3. Mapa forestal.....	40
1.6.7.4. Espacios protegidos.....	41
1.6.7.5. Montes administrativos.....	42
1.6.7.6. Incendios forestales.....	43
1.6.8. Estado económico-social.....	44



1.6.8.1.	Datos geográficos.....	44
1.6.8.2.	Demografía y análisis de la población.....	44
1.6.8.3.	El mercado laboral.....	46
1.6.8.4.	Análisis de cada uno de los sectores económicos.....	47
1.7.	HIDROLOGÍA FORESTAL.....	50
1.7.1.	Antecedentes históricos.....	50
1.7.2.	Elementos hidráulicos.....	51
1.7.3.	Características morfológicas.....	57
1.7.3.1.	Parámetros de forma.....	58
1.7.3.2.	Parámetros de relieve.....	58
1.7.3.3.	Parámetros relativos a la red hidrográfica.....	60
1.7.4.	Estimación de caudales circulantes.....	61
1.7.5.	Erosión en la zona de estudio.....	62
1.7.5.1.	Índices de protección del suelo por la vegetación.....	63
1.8.	MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.....	65
1.8.1.	Métodos de cálculo de los factores USLE.....	66
1.8.1.1.	Factor erosividad de la lluvia (R).....	66
1.8.1.2.	El factor erosionabilidad (K).....	67
1.8.1.3.	El factor longitud-inclinación LS.....	70
1.8.1.4.	Factor cubierta vegetal o factor C.....	71
1.8.1.5.	El factor de prácticas de conservación P.....	73
1.8.2.	Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE.....	74
1.8.3.	Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca.....	77
1.9.	ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990).....	80
1.10.	ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	83
1.10.1.	Estudio de la problemática de la cuenca.....	84



1.10.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades.....	85
1.10.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática.....	86
1.10.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades.....	88
1.10.5. Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de conveniencia.....	93
1.10.6. Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación...	99
1.10.7. Relaciones entre actividades.....	101
1.10.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos.....	102
1.10.8.1. Asignación de actividades.....	102
1.10.8.2. Actividades propuestas.....	103
1.11. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	105
1.12. ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCA... 107	107
1.13. ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA CUENCA DEL RÍO GIRONA.....	107
1.14. CONCLUSIONES FINALES.....	110
1.15. RESULTADOS CONSEGUIDOS	111
1.16. BIBLIOGRAFÍA.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores a considerar en la ordenación de una cuenca hidrográfica.....	11
Tabla 2. Clasificación litológica según nivel de erosión. Mapa Geológico Nacional (2008).....	26
Tabla 3. Observatorios Meteorológicos. Fuente: Geoportal. Capa de información: Estaciones Meteorológicas Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).....	32
Tabla 4. Balance Hídrico de los datos de la estación meteorológica de Tormos.....	33
Tabla 5. Clasificación Climática de Thornthwaite.....	35
Tabla 6. Usos de Suelo.....	39
Tabla 7. Especies forestales en la cuenca río Girona.....	40
Tabla 8. Montes a cargo de la Administración en la cuenca del río Girona.....	42
Tabla 9. Municipios incluidos en la cuenca del río Girona.....	44
Tabla 10. paro registrado por sectores de actividad (%) / 2011. (Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2011)).....	47
Tabla 11. Ficha técnica Presa de Isbert.....	56
Tabla 12. Relación entre altitudes y superficies de la cuenca río Girona.....	59
Tabla 13. Comparativa de caudales obtenidos en base a los tres métodos.....	62
Tabla 14. Índices de protección del suelo por la vegetación para la cuenca de estudio (Fuente. Cartografía temática Comunidad Valenciana, 2012 (SIG)).....	64
Tabla 15. Cálculo del valor K obtenido en cada muestra. (Fuente: Proyecto de Restauración hidrológico Forestal de la cuenca del río Girona, 1990).....	69
Tabla 16. Valor de K para combinación suelo-vegetación existente en la cuenca.....	69
Tabla 17. Valor del Factor LS según pendientes.....	71
Tabla 18. Valor del Factor C según uso de suelo. (Fuente: Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002. Datos calculados en toda la Comunidad Valenciana, y extrapolados a la cuenca de estudio).....	72
Tabla 19. Valor P – Prácticas de conservación de suelos.....	73
Tabla 20. Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos.....	75
Tabla 21. Pérdida de suelo por estrato de vegetación.....	76
Tabla 22. Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Girona.....	77
Tabla 23. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.....	78
Tabla 24. Superficies de los usos de suelo asignados según el modelo USLE.....	79
Tabla 25. Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora.....	80
Tabla 26. Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agrohidrológica con criterios de Mintegui Aguirre (1990).....	82
Tabla 27. Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.....	86
Tabla 28. Matriz de capacidad de acogida de las actividades.....	90
Tabla 29. Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades.....	95
Tabla 30. Adecuación del medio para la realización de actividades.....	99



Tabla 31. <i>Clases de Adecuación establecidas</i>	99
Tabla 32. <i>Compatibilidad entre actividades</i>	102
Tabla 33. <i>Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas</i>	103
Tabla 34. <i>Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes</i>	104
Tabla 35. <i>Resultados de la ordenación USLE</i>	105
Tabla 36. <i>Resultados de la ordenación según Criterios de Mintegui Aguirre (1990)</i>	106
Tabla 37. <i>Resultados de la ordenación según Criterios de Sostenibilidad</i>	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Objetivos generales de la Restauración hidrológico forestal</i>	9
Figura 2. <i>Objetivos relacionados con los eventos torrenciales</i>	10
Figura 3. <i>Situación de la cuenca del río Girona. Elaboración propia en base a cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) 2011</i>	18
Figura 4. <i>Cartografía. (Fuente: Elaboración propia en base a Cartografía temática de La Comunidad Valenciana, 2002)</i>	19
Figura 5. <i>Mapa geológico. (Mapa Geológico Nacional)</i>	25
Figura 6. <i>Mapa de erosividad de materiales. (Fuente: Elaboración propia en base al Mapa Geológico Nacional)</i>	27
Figura 7. <i>Pendientes. (Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002)</i>	28
Figura 8. <i>Esquema hidráulico cuenca río Girona</i>	29
Figura 9. <i>Vulnerabilidad de acuíferos. (Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002)</i>	30
Figura 10. <i>Usos del suelo (Fuente: MMARM, Cartografía Proyecto CORINE Land Cover, 2006)</i>	39
Figura 11. <i>Forestal</i>	40
Figura 12. <i>Lugares de Interés Comunitario</i>	41
Figura 13. <i>Montes a cargo de la administración pública</i>	42
Figura 14. <i>Incendios producidos en la década de los años 90 (Fuente: Elaboración propia en base a cartografía de la Comunidad Valenciana, 2002)</i>	43
Figura 15. <i>Red de drenaje. (Fuente: Elaboración propia en base a Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002)</i>	57
Figura 16. <i>Índices de protección del suelo por la vegetación</i>	64
Figura 17. <i>Pérdidas de suelo según el método USLE</i>	77
Figura 18. <i>Ordenación según método Usle</i>	79
Figura 19. <i>Ordenación según criterios de Mintegui (1990)</i>	82
Figura 20. <i>Capacidad acogida del medio Actividades 1, 2 y 5</i>	92
Figura 21. <i>Capacidad acogida del medio Actividades 6 y 7</i>	93
Figura 22. <i>Conveniencia del medio Actividades 1, 2 y 4</i>	97
Figura 23. <i>Conveniencia del medio Actividades 5, 6 y 7</i>	98
Figura 24. <i>Adecuación del medio Actividades 1, 2 y 5</i>	100
Figura 25. <i>Adecuación del medio Actividades 6 y 7</i>	101
Figura 26. <i>Ordenación según criterios de sostenibilidad</i>	104



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Balance Hídrico estación meteorológica Tormos. (Fuente: Elaboración propia en base a datos del Balance Hídrico)</i>	34
Gráfico 2. <i>Evolución de la población por Municipio. (Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2010))</i>	45
Gráfico 3. <i>Curva hipsométrica de la cuenca</i>	59



2. ANEJOS	117
Anejo 1. Ordenación según Criterios de Sostenibilidad	118

ORDENACIÓN HIDROLÓGICO-AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO GIRONA (ALICANTE)

1. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA CUENCA

1.1. INTRODUCCIÓN.

A lo largo de la historia, el hombre ha ido alterando el medio ambiente y obteniendo de él los recursos naturales para poder subsistir y evolucionar, dicha necesidad imperiosa ha causado en el medio muchas alteraciones, que en algunos caso el propio medio ha podida subsanar pero que en otros ha comportado la destrucción de bosques y la extinción de especies, produciendo un grave deterioro de los hábitats y los ecosistemas, y en último caso la pérdida de biodiversidad.

El clima mediterráneo es un clima impredecible, al igual que el comportamiento de sus ríos y ramblas. Los ríos y barrancos de la cuenca mediterránea son como los volcanes, entes que están activos pero en estado latente, como dormidos. Estos estados latentes pueden durar meses e incluso años, pero en el momento que tenemos un episodio de lluvias torrenciales en la cuenca con periodos de retorno medios o altos, empieza a despertarse y es cuando se forma la temida avenida, un torrente de agua que puede incrementar su peligrosidad si hay arrastre de sedimentos, lo que se convierte en un torrente de agua y sólidos. Los efectos pueden comportar la pérdida de parte del lecho del cauce, pérdida de vegetación y biodiversidad, pérdidas en infraestructuras, y lo que es peor, pérdidas humanas en algunos casos. Por lo que no conviene descuidarse y hay que actuar sobre ellos.

Es necesario considerar los recursos naturales agua, suelo, vegetación, de forma integrada en el marco de la cuenca vertiente, porque esos recursos forman un sistema complejo, interdisciplinario, sintetizado matemáticamente en el ciclo hidrológico y definido territorialmente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación afecta al sistema (López Cadenas, 1994). Al igual que otros factores externos como los incendios y la intrusión marina, muy vinculados a nuestra área mediterránea, y que resultan determinantes en el estudio del comportamiento de la cuenca de estudio.

Por tanto, debemos promover el manejo de los recursos naturales y el estudio de los factores naturales y humanos que actúan sobre las características hidrológicas de los cursos de agua superficiales, mediante pautas de gestión y toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales. Dicho estudio permite identificar situaciones de déficit y/o excesos de agua, erosión hídrica superficial, sedimentación y denudación de la cubierta vegetal. El mantenimiento de los recursos naturales es uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenible.

Las cuencas hidrográficas constituyen unidades de estudio y gestión, debido a que, en ellas ocurren los ciclos del agua y de los sedimentos enmarcados en su territorio, y éstas se encuentran normalmente pobladas y sus habitantes necesitan de sus recursos para desarrollarse. Por tanto, para asegurar el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales, se debe atender al comportamiento físico de los mismos dentro de la cuenca y en función del mismo establecer su ordenación.

La Restauración Hidrológica Forestal y la Ordenación Agro-hidrológica son las herramientas técnicas con las que, por un lado, se planifica el uso al que deben dedicarse los diferentes terrenos que constituyen la cuenca vertiente para conseguir el mejor aprovechamiento de la misma; y por otro, llevar a cabo 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), con el fin de reducir sus efectos catastróficos: pérdidas de productividad, destrucción de bienes, sedimentación de embalses, desertificación e, incluso pérdidas de vidas humanas.

El presente trabajo, de ordenación de la cuenca del río Girona, está dentro de un marco de planificación física destinada a la conservación y buen uso de los recursos naturales.

La aplicación de la metodología en la cuenca del río Girona, que es una cuenca torrencial típica del mediterráneo español, define las actividades de mantenimiento, mejora y protección y/o restauración del territorio, y se releja en mapas temáticos realizados con la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.2. OBJETIVOS.

El **objetivo principal** del presente trabajo es aplicar una ordenación de la cuenca para determinar las medidas correctoras.

Los **objetivos específicos** se describen a continuación:

- *Identificar y analizar la metodología para la ordenación de cuencas del río Girona (Alicante).*
- *Aplicar la metodología de ordenación de cuencas a la cuenca vertiente del río Girona (Alicante).*
- *Aportar los resultados de la ordenación llevada a cabo por esta metodología y obtener las conclusiones que relacionen estas características con las actividades propuestas.*

1.3. ANTECEDENTES.

El agua y el suelo son recursos naturales íntimamente están relacionados, interaccionando de forma directa y permanente. En suelos en buen estado y protegidos, se almacena agua y ésta a su vez potencia la fertilidad del suelo para la producción de alimentos, vegetales y todo tipo de materias primas.

Contrariamente, suelos desprotegidos encuentran en el agua uno de los agentes erosivos más enérgicos, produciendo un fenómeno conocido como erosión hídrica. Este proceso comienza con el arrastre de sus componentes más finos y ricos en nutrientes y culmina en el estado de desertificación, con su desaparición y transporte a las zonas bajas donde se deposita.

Entre los factores que condicionan el fenómeno erosivo, se encuentran los factores climáticos, representados en precipitaciones con características particulares de intensidad, duración y frecuencia; factores edáficos, respondiendo al tipo de suelo; el relieve (pendiente) y la vegetación que protege al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, contribuye a

disminuir la escorrentía superficial, decrecer caudales punta y cuyas raíces protegen al suelo de no disgregarse.

España es uno de los países más severamente afectados por la erosión de la región Mediterránea europea (Solé Benet, 2006). Los principales efectos causados por la erosión son la pérdida de la agricultura y la fertilidad de suelos forestales, el aumento de la degradación de la cubierta vegetal, y una disminución en el control hidrológico natural. Todos estos procesos relacionados entre sí están vinculados a la amenaza de la desertificación (Torres-Quevedo García De Quesada et al., 2004).

La erosión es uno de los principales mecanismos de la desertificación a nivel nacional y regional (PAE, 2008). La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED, 1992) define formalmente la desertificación como "la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y secas subhúmedas resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y actividades humanas." Esta definición es en la actualidad utilizada como base de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

Antecedentes históricos

El siglo XIX es la época donde confluyen una serie de hechos históricos que ponen a los montes en una situación crítica. La "revolución industrial" trajo consigo grandes cambios, entre ellos la sustitución del carbón vegetal por el mineral, la utilización del hierro en la construcción en lugar de la madera, la explotación de productos que manan del bosque: resinas, cortezas tánicas, etc. A partir de los cuales, se inicia la industria de la celulosa y papel.

En España, como respuesta a estos cambios, surge una corriente conservacionista, al cuál en el periodo de (1876 y 1936) la gestión forestal tiene dos motivaciones principales, que tuvieron un pleno desarrollo, a) el mantenimiento de las áreas forestales dentro de su uso natural, con un aprovechamiento que garantizase la persistencia de las masas y el abastecimiento en madera, como objetivo intrínsecamente forestal y b) la protección del suelo y la corrección de los torrentes de montaña y sus cuencas vertientes (Mintegui, 2006).

Es en 1940 cuando se difunde el término de restauración hidrológico forestal, época en la cual la política hidráulica del Estado, era la de la regulación de los principales cauces fluviales a través de la construcción de numerosos embalses. Así, con el objetivo de garantizar y prolongar la vida útil de dichos embalses, se planteó un programa de restauración hidrológico-forestal de sus cuencas alimentadoras, adaptando para ello las técnicas que ya habían sido experimentadas con buenos resultados en la corrección de los torrentes de montaña.

En esta época, García Nájera estableció y publicó su ecuación de “Pendiente máxima admisible en cultivos (1954) y pastizales (1955), a fin que debían ser destinadas a vegetación permanente, preferentemente arbolada, para que quedaran de este modo defendidas de la erosión hídrica acelerada, protegiendo al mismo tiempo todas las áreas situadas aguas abajo.

El desarrollo posterior de estas ecuaciones permitió el establecimiento de los “índices de protección del suelo por la vegetación” por parte de López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1968).

Hasta la década de los setenta, y bajo éste marco de actuación, se establecieron como zonas prioritarias de restauración Hidrológica Forestal a las áreas afectadas intensamente por erosión hídrica, obviando en la práctica otros aspectos asimismo importantes como la torrencialidad. Con este enfoque de priorización del uso del suelo, se tendía a reducir el problema de la restauración hidrológica forestal a una clasificación de los suelos aptos o no aptos para el cultivo dependiendo de su naturaleza y del gradiente que presenta el terreno.

A continuación de esta etapa, en los setenta, en España se empezó a utilizar el modelo paramétrico USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), el que establece la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca determinada a través de la aplicación del mismo, aportando un valor cuantitativo de la erosión hídrica superficial potencial expresado en t/ha año a diferencia de los anteriores criterios que aportaban un valor cualitativo. Es un buen instrumento para planificar el uso agronómico del territorio, pero no está pensado para mostrar de forma particularizada los efectos de los eventos torrenciales individuales en la cuenca, al menos en las versiones comentadas de Wischmeier & Smith.

En 1979 se define el proyecto LUCDEME (Lucha Contra la Desertificación en el Mediterráneo) y en 1980 y 1988 se realizaron importantes estudios como la "Determinación del factor lluvia, coeficiente R ó índice de erosión pluvial de la USLE en la vertiente mediterránea española" y "Agresividad de la lluvia en España" (1988), respectivamente.

Finalmente, como resultado de éstos y otros estudios, se han elaborado los "Mapas de estados erosivos" (1987-93), que apoyándose en el modelo USLE, reflejan la erosión potencial en las diferentes áreas de España. Dichos conceptos han permitido concretar los primeros esquemas con los "Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca alimentadora" (Mintegui 1990, 1993).

Posteriormente el 2001 el Ministerio de Medio Ambiente de España puso en marcha el Inventario nacional de Erosión de Suelos (INES) que vendría a ser la continuación técnica de los Mapas de Estados Erosivos cuyos objetivos fueron los de detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los procesos de erosión de suelos en España, así como su evolución previsible en el tiempo.

La Ordenación y Restauración Hidrológico Forestal

Es con el fenómeno de la desertificación supone un avance en el enfoque de las políticas y acciones mundiales sobre la erosión, principal causante de la desertificación, que pasan formalmente a formar parte de una estrategia de ordenación más global de las relaciones del hombre con la biosfera (Tejera, 2001).

De esta manera, en España, se fue desarrollando y aplicando técnicas de Ordenación Agro-Hidrológica, que podemos denominar como Ordenación Hidrológico-Ambiental, y técnicas de Restauración Hidrológico Forestal (RHF). Se basan en los fundamentos de la hidrología forestal, considerada como especialidad de la hidrología que estudia la relación entre el agua y el suelo, dentro del marco de trabajo que constituyen los bosques y montes, y consisten principalmente en la implantación de cubiertas vegetales, en la ejecución de hidrotecnias y en la realización de tratamientos selvícolas orientados a la mejora de la funcionalidad ecológica de los bosques, con especial atención a la protección y formación de suelo.

La *ordenación agro-hidrológica o hidrológico-ambiental* y la *restauración hidrológico-forestal* son actuaciones técnicas, pero profundamente culturales y pensadas para la población; siendo su propósito final compaginar sus necesidades con las capacidades y limitaciones naturales del medio donde se asientan, para asegurar el presente y futuro de los recursos naturales. Ambas técnicas se definen a continuación (Mintegui, Robredo, 2008):

La *ordenación agro-hidrológica* se centra en el estudio del estado físico de la cuenca vertiente y en el análisis de su previsible comportamiento ante los eventos torrenciales, tanto ordinarios como extraordinarios, y pretende regular el uso agronómico del territorio en función de su comportamiento hidrológico. Con el propósito de conocer cómo es realmente la cuenca y cómo se comporta; así como para prever su evolución y detectar sus carencias, a fin de proponer las medidas pertinentes para tratar de subsanarlas, definición que permite denominarla de manera más acorde con los conceptos actuales como *ordenación hidrológico-ambiental*.

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

En un esquema lógico, la operación previa a todo proyecto de restauración hidrológico forestal de una cuenca vertiente es su ordenación. Con dicha ordenación se planifica el uso al que deben dedicarse los diferentes terrenos que constituyen la cuenca vertiente, para conseguir el mejor aprovechamiento hidrológico de la misma. Según Rábade (2006), el objetivo principal de la ordenación es la mejora de la calidad de vida de la población local, actuando en una doble vertiente:

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

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

Objetivos de la restauración hidrológica forestal de una cuenca hidrográfica de carácter torrencial.

Los objetivos de la restauración hidrológica forestal de una cuenca con carácter torrencial se centran en el uso racional de los recursos que dispone, fundamentalmente suelo y agua, y son:

I. La retención del suelo mediante el control de la erosión, tratando al mismo tiempo de aprovechar este recurso.

II. La regulación de las avenidas y del transporte de materiales provocado por las mismas, así como la sedimentación de estos últimos en las áreas dominadas.

III. La provisión hídrica. Como consecuencia de todos ellos, la planificación dinámica de las cuencas hidrográficas.

Incluye tanto la protección del suelo (tratando básicamente de controlar la erosión), como la regulación de la lámina de escurrido y, por supuesto, de la avenida propiamente dicha, una vez que el flujo se concentra en los cauces efluentes.

En el esquema de la Figura 1 se refleja, en su lado izquierdo y en la parte central del mismo, los pasos seguidos para analizar la fenomenología torrencial; mientras que en el lado derecho se mencionan los objetivos específicos, que encajan plenamente dentro de la planificación de una cuenca vertiente. Se refiere a los siguientes:

1) El mapa de estados erosivos de la cuenca hidrográfica y el mapa de ordenación de los usos del suelo en la misma, según el modelo U.S.L.E.

- 2) La degradación específica de la cuenca vertiente (es decir, la emisión de sedimentos fuera de la cuenca para un año medio por unidad de superficie de ésta), en t / ha-año.
- 3) La formación de las pendientes de compensación (ó de equilibrio) en los cursos torrenciales.
- 4) La determinación, fundamentalmente cartográfica, de las zonas de inundación en las áreas dominadas y el consiguiente esquema de protección de las mismas.

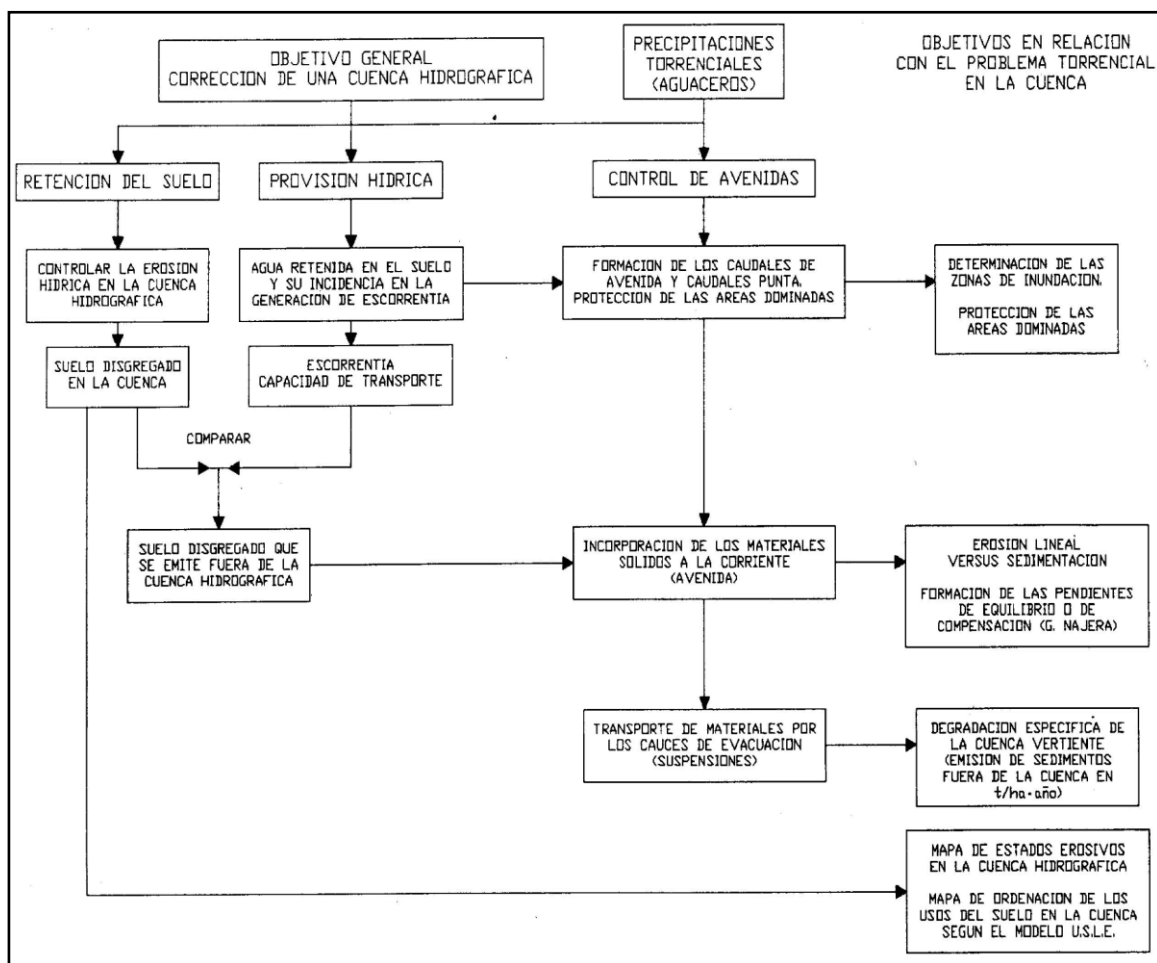


Figura 1. *Objetivos generales de la Restauración hidrológico forestal.*

Los objetivos del segundo grupo se definen esquemáticamente en la Figura 2, que presenta una estructura similar a una pseudo-matriz de doble entrada, donde en las filas aparecen los objetivos generales (que se mantienen los mismos que en la Figura 1) y en las columnas el

análisis termo-pluviométrico de la cuenca, utilizando como factores determinantes el módulo pluviométrico P y la evapotranspiración potencial ETP en la misma, para los intervalos de tiempo que se consideren apropiados, en las simulaciones que se necesiten realizar.

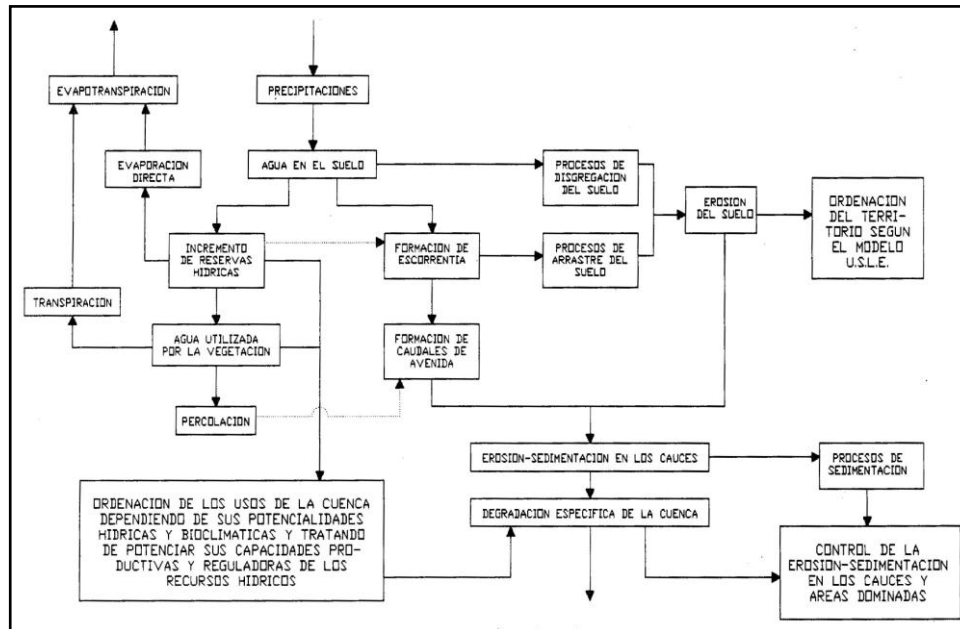


Figura 2. *Objetivos relacionados con los eventos torrenciales.*

Normalmente en la confección de la ordenación de una cuenca hidrográfica, se tienen en cuenta los modelos hidrológicos, de conservación de suelos y de utilización del territorio. Además, debe fundamentarse al menos en los factores que se exponen en la tabla 1, para a partir de ellos establecer una clasificación de las actuaciones que se precisan llevar a cabo en cada una de las distintas zonas de la cuenca objeto de restauración.

El objeto o campo de conocimiento y acción de la ordenación de cuencas hidrográficas está configurado por su estructura y dinámica como unidad territorial; por tanto en la interrelación e integración de los subconjuntos físico-natural, socioeconómico-cultural y político-institucional.

Al relacionar la ordenación de la cuenca hidrográfica con su objeto de estudio se hace referencia al conocimiento de esa realidad en la búsqueda de un manejo adecuado de los recursos naturales, su aprovechamiento, conservación y preservación; la intervención prudente y responsable de ecosistemas estratégicos y la prevención de peligros que emanan de la naturaleza.

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

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

Fuente: Mintegui, 2006.

Manejo y Planificación de cuencas hidrográficas.

La cuenca hidrográfica, además de ser unidad hidrológica, es también unidad físico – biológica y en ocasiones, unidad socio-económica para la ordenación y planificación de los recursos naturales.

La gestión de recursos naturales se realiza en esta unidad de planificación por diversas razones, ya que en ella se verifica la presencia física del agua, la vida del hombre está vinculada a ella, existen interrelaciones e interdependencias entre factores físicos y productivos de la cuenca considerándola como un sistema dinámico.

Por manejo de cuencas se entiende el proceso de formular y aplicar en una cuenca hidrográfica un conjunto integrado de acciones tendentes a orientar su sistema social, económico y natural para lograr unos objetivos específicos. (Hufschmidt, M. M., 1986). Este proceso comprende dos fases: una inicial de planificación u ordenación y otra posterior de gestión. Administración o manejo, propiamente dicha, enmarcando todo el trabajo en la cuenca.

La FAO (1992) define la planificación de cuencas hidrográficas como la ordenación de los recursos naturales y la restauración de ecosistemas degradados, en función del mejoramiento del bienestar y de la calidad de vida de la comunidad.

La planificación física ha desarrollado y aplicado modelos y metodologías de trabajo basados en la capacidad del territorio como soporte y escenario vivo, y no mero decorado inerte, incorporando desde el principio, las decisiones adoptadas en función de esas capacidades convenientemente valoradas (Ramos, 1972). Se obtienen así las mejores respuestas sistemáticamente y en origen, por método, a las situaciones ambientales vinculadas al territorio sobre el que se actúa, que pueda plantearse.

Estos métodos de planificación física, cuentan actualmente con potentes herramientas para el tratamiento de la información georreferenciada vinculada al territorio.

Las mismas, son compatibles en su aplicación a las técnicas desarrolladas por las áreas de la ingeniería. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten incorporar métodos procedentes de la planificación física a las áreas de la ingeniería que tratan sobre la hidrología forestal y la misma ordenación de las cuencas hidrográficas.

Ordenación del territorio

Existen múltiples definiciones sobre la ordenación territorial, la Carta Europea de Ordenación del Territorio de 1983 la definió como:

“La expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad, con multitud de objetivos, entre ellos el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, y por último, la utilización racional del territorio”.

Puede considerarse a la ordenación como la culminación del proceso de planificación, pues supone asignar las actividades humanas vinculándolas al territorio. Según Gómez Orea (1994), se realiza una ordenación territorial cuando se toma en cuenta el territorio en la definición de la estrategia de desarrollo y cuando se vinculan a él las actividades que configuran dicha estrategia.

Asimismo, la ordenación del territorio requiere de un sólido conjunto de estudios interdisciplinarios para poder conseguir la integración armónica de las demandas humanas sobre sus componentes físicos, sociales y económicos, así como prever el impacto ambiental de tales demandas, con el fin de asignar espacial y temporalmente, el uso del territorio tendente a alcanzar la máxima eficacia y el bienestar de la sociedad, esto que se encuentra bajo el marco de la sostenibilidad.

De esta manera, la ordenación como método planificado de acción previene los problemas que generan la ocupación y uso desordenado del territorio, los desequilibrios territoriales y las externalidades negativas que los acompañan. Para esto, la ordenación territorial utiliza dos tipos de instrumentos:

- La normativa, orientada a mantener lo positivo de la situación actual y prevenir los problemas futuros.
- La programación de actuaciones, dirigida al aprovechamiento de las oportunidades y a corregir los problemas presentes.

Metodologías y modelos para el ordenamiento de cuencas

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

Una de las herramientas que más ha contribuido en el campo de la planificación es el empleo de los modelos matemáticos. “Todo modelo, según J. Mosterin (1984), aspira a elaborar una teoría del sistema, es decir, un conjunto de enunciados, ecuaciones, fórmulas, esquemas, etc., que permitan describir adecuadamente el funcionamiento presente del sistema, así como explicar lo ocurrido en el pasado y predecir lo que pasará en dicho sistema en el futuro”.

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

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

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

La única herramienta posible para integrar las contribuciones de todas las disciplinas presentes en el problema y para incorporar datos y estudios procedentes de distintos sectores, es el desarrollo y utilización de modelos matemáticos, en los cuales, el algoritmo utilizado crea el puente necesario para unir a los distintos especialistas y para llegar a la resolución del problema (López 1994).

Por su parte, los modelos cartográficos han adquirido gran importancia en el área del manejo de los recursos naturales, ya que existe una gran disponibilidad de información cartográfica

digital, la cual puede ser manipulada y analizada mediante la realización de combinaciones oportunas de dicha información disponible en diversos formatos. Los modelos que expresan relaciones espaciales y que se emplean en la práctica deberán ser sencillos y fáciles en su manejo, velando por la utilidad en su aplicación.

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

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

A pesar de las simplificaciones que se asumen en cualquier ejercicio de cartografía de la erosión, el procedimiento de ordenación es válido para establecer un mapa en el que las áreas afectadas se pueden agrupar en distintas categorías de intensidad de erosión.

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

En el campo de la ordenación hidrológico-ambiental, los modelos hidrológicos han desempeñado una importante función clarificadora en cuanto a la orientación que los proyectos han ido utilizando, la cual se ha centrado en el enfoque de protección del suelo. Por este hecho, los modelos hidrológicos resaltan los aspectos hidráulicos en los cauces y del uso del suelo en la cuenca vertiente, en especial la importancia de las superficies dedicadas a la vegetación arbolada permanente.

Por este motivo, actualmente, se tiende a utilizar modelos hidrológicos integrados en la ordenación de una cuenca objeto de restauración conjugando la ordenación del territorio tomando en cuenta las pérdidas de suelo por erosión y la ordenación de los usos de la cuenca dependiendo de sus potencialidades hídricas y bioclimáticas y tratando de potenciar sus capacidades productivas y reguladoras de los recursos hídricos.

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

1.4. ELECCIÓN CUENCA ESTUDIO.

La cuenca elegida para el presente estudio es la cuenca del río Girona y, la cual presenta características comunes a los cursos de agua de la Comunidad Valenciana, con regímenes intermitentes, pendientes acusadas, cubierta vegetal escasa y como consecuencia, actividad torrencial con fenómenos erosivos, causa de la degradación de la cuenca.

1.5. IMPORTANCIA DE LA CUENCA.

Se trata pues de una cuenca estratégica, debido a que está situada en una zona donde llueve mucho. Tiene una función de recarga de acuíferos en su parte media y alta, y consumidora de recursos hídricos en la parte media y baja, en esta última se encuentran grandes zonas de cultivo agrícola, especialmente de naranjos.

La recarga de acuíferos la cual permite abastecer la demanda de riego para cultivos de regadío en la parte media y baja de la cuenca, entre los que se encuentran Ondara, Pedreguer y Dénia. Debido a las continuas extracciones de agua muy superiores a sus recursos, están originando problemas de sobreexplotación con el consiguiente descenso de los niveles piezométricos, y

el avance de la cuña salina que provoca la salinización de las captaciones más próximas a la costa. Un problema adicional es la contaminación generalizada debida a las prácticas agrícolas, que se manifiesta por un aumento de ion nitrato.

El otro impacto sobre la cuenca, es debido al turismo. El cual aporta riqueza y trabajo a la zona, tanto en zonas costeras de Dénia, Els Poblets y El Vergel, como en zonas rurales del interior como Orba y La Vall de Ebo. Sin embargo, esto supone un impacto negativo en los recursos hídricos, debido al aumento de la demanda de agua, especialmente en los meses de verano, disminuyendo las reservas hídricas.

Parte de la cuenca está catalogada como lugar de interés comunitario (LIC) y zona de especial protección para las aves, lo que implica una mejora de la gestión de los recursos naturales y una mayor conservación.

Por último destacar la importancia de las comunicaciones terrestre dentro de la cuenca, por ejemplo, la autopista A-7 y la N-332, conectan los municipios costeros de El Vergel, Els Poblets, Denia y Ondara con la red viaria principal.

1.6. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.

1.6.1. Situación geográfica.

La cuenca de la rambla río Girona, se encuentra situada al noreste de la provincia de Alicante, perteneciendo íntegramente en la provincia de Alicante (España).

La zona de estudio, queda situada dentro de la comarca de la marina Alta, y superficie total es de 117,35 Km². se asienta sobre muchos términos municipales, aunque cabe destacar los más importantes, como Els Poblets, El Vergel, Ondara, Orba, Beniarbeig, La Vall de Laguar y La Vall de Ebo, y fuera de la cuenca pero con muy relevante en la socioeconomía de la cuenca se encuentra Denia, todos ellos dentro de la provincia de Alicante.

A continuación se presenta un mapa de situación de la zona de estudio y los límites administrativos que integran la cuenca.

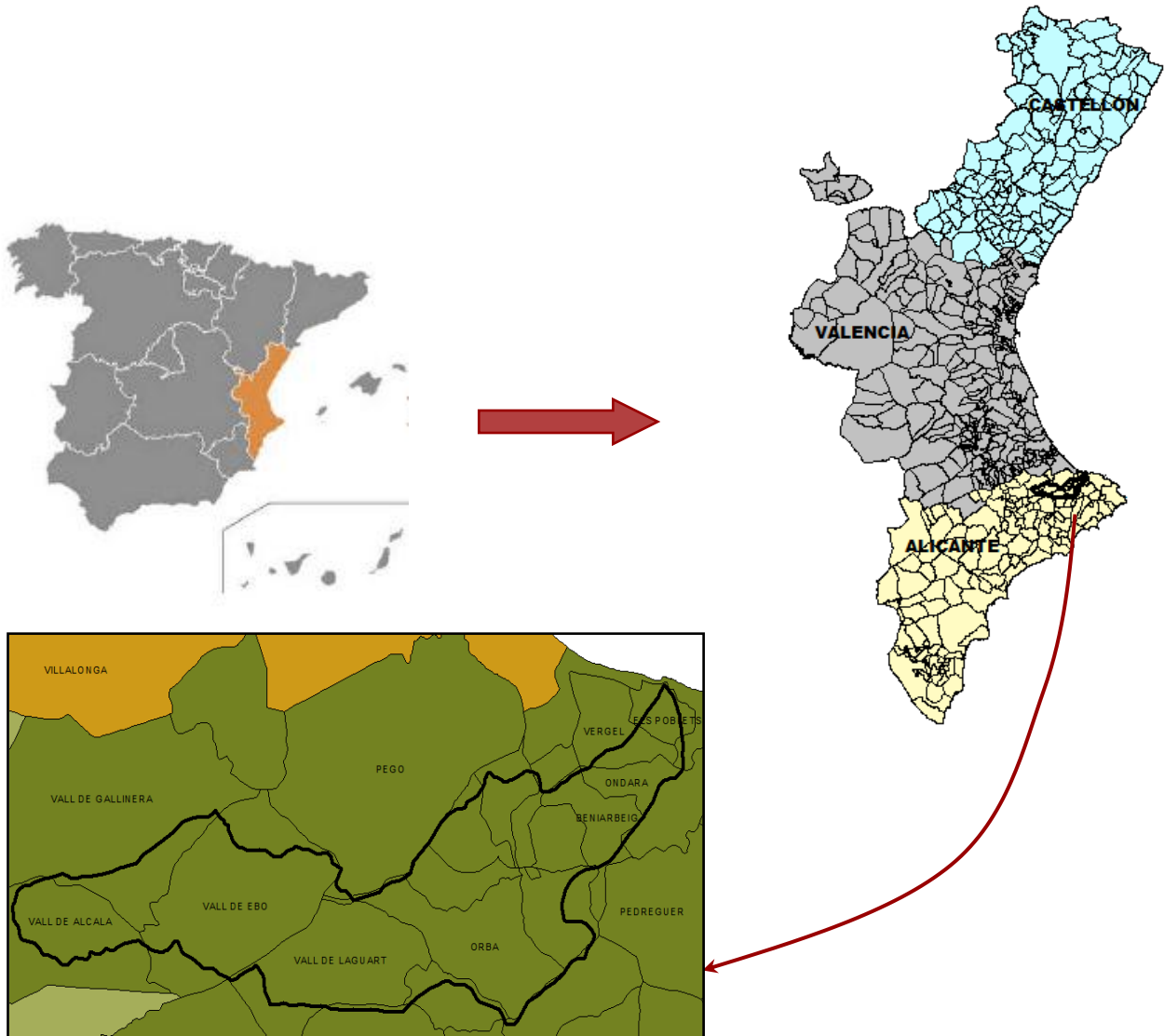


Figura 3. Situación de la cuenca del río Girona. **Fuente:** Elaboración propia en base a cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) 2011.

La cuenca del río Girona queda enmarcada entre las coordenadas UTM (Huso 30):

- **Norte:** 747365.54 – 4302583.47
- **Sur:** 753980.14 – 4295572.00
- **Este:** 762314.53 – 4306353.79
- **Oeste:** 738105.11 – 4297291.80

Los límites divisorios de la cuenca son: Al Sur, tenemos el alto del Cocoll (1.047 m), la Sierra del Castellet de la Solana (606 m), Sierra del Carrascal de Parcent (915 m), Sierra del Penyó (840 m) y los picos de Peña Blanca (411 m), Sahiti (525 m) y Castellet de l'Ocaive (318 m) y en la zona sureste la Sierra de El Montgó (753 m).

Al Este con el mar Mediterráneo. Y al Oeste, la Sierra de Alfaro (1.166 m), la Sierra de la Almudaina (773 m) y los altos de La Caseta (1.015 m), el Mas de Capa-Mona (814 m), del Montcabrer (1.390 m), el Benicadell (1.105 m)

Finalmente, al norte, con la Sierra Segària (370 m), Sierra de Migdia (705 m) y los Montes de Pego (540 m).

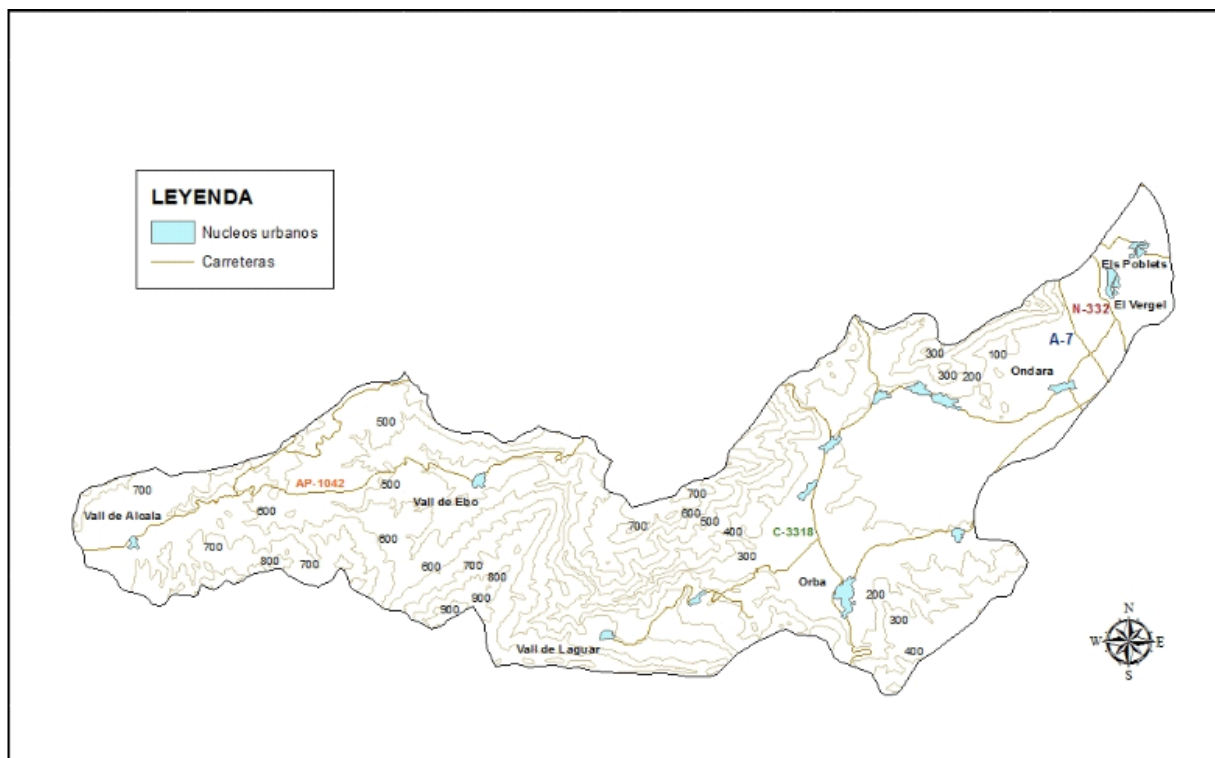


Figura 4: Cartografía. **Fuente:** Elaboración propia en base a Cartografía temática de La Comunidad Valenciana, 2002.

1.6.2. Caracterización general de la cuenca.

En esta cuenca se pueden distinguir dos zonas: la zona alta, comprendida entre la Sierra de la Forada y el Barranco del Infierno y la zona baja, que atraviesa el llano territorio denominado Marquesado de Denia.

En la zona alta el carácter del río Girona es típicamente torrencial; el cauce aparece formado por un lecho seco y pedregoso, en el cual se acumulan cantos más o menos rodados o bolos, gravas y cascajos producto de los fenómenos de erosión y transporte efectuados por el río. El río Ebo discurre por la llanura de Alcalá, se encuentra en la ladera izquierda la umbría de Alcalá, y en la parte derecha zona de vegetación ripícola hasta llegar al alto de la Carrascosa. A partir de este punto encontramos una zona muy escarpada en ambos márgenes, por donde discurre el Barranco del Infierno hasta llegar a la Presa de Isbert.

La segunda zona es llana, las aguas del río son algo más constantes. Existe también un azud en el cauce del río Girona, inmediatamente aguas arriba de Ondara, propiedad de la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla, conectado a la red de acequias de dicha comunidad, que utiliza el agua que *se* almacena en el mismo, mediante concesión administrativa, para el regadío, principalmente cultivo intensivo de cítricos, y donde se encuentran los mayores núcleos de población y de mayor actividad industrial. En esta zona, cultivada en toda su extensión con cultivos arbóreos que se realizan abancalando el terreno. El aumento de la superficie de cultivo y el desordenado aprovechamiento del acuífero ha producido una progresiva intrusión marina que ha salinizado algunos pozos de riego.

La cuenca posee una serie de molinos hidráulicos en la parte baja del río Girona, en los términos municipales de Beniarbeig, Ondara y El Verger, algunos de ellos están actualmente obsoletos.

La cuenca completa tiene una superficie total de 117,35 km² y unos 38 Km. de longitud del cauce principal. Esta superficie se puede dividir en dos; una zona superior con 60 km² (de su nacimiento hasta la presa de Isbert) en la que predomina el relieve montañoso, y una zona inferior de unos 57 km² (de la presa hacia el mar), separando la Sierra de Mediodía “Migdia”, Resingles, Cabal y Segària, de la Sierra de la Carrasca, el Collao, Cavall Vert y el Penyó o Penal de Laguar ya en la zona baja donde se abre el valle en dirección a la desembocadura.

El río Girona funciona como una rambla, puesto que en estiaje permanece seco y únicamente mantiene algunas pozas denominadas localmente «tols» por afloramiento del subálveo.

La cuenca del río Girona es estrecha y alargada, en la cual ocasionalmente se producen importantes crecidas, provocando inundaciones en su parte baja.

La gota fría del 12 de octubre de 2007 provocó lluvias de más de 400 mm en Orba y de más de 300 mm en el resto de su cuenca. Como consecuencia, el río Girona se desbordó en Beniarbeig, Vergel, Els Poblets y la zona de Les Marines de Denia, alcanzando niveles superiores a los de las anteriores inundaciones. La crecida causó el derrumbe del puente de Beniarbeig, que unía esta localidad con Ondara, la muerte de una anciana en Vergel, ahogada en su casa, y numerosos destrozos, como el derrumbe de un edificio de tres plantas también en Vergel, donde el agua llegó en algunas calles a superar los 2 metros de altura.

1.6.3. Geología y Litología.

La información de este apartado se basa en el Mapa Geológico de España escala 1:50.000 hojas nº 796, 821 y 822, editadas por el instituto Tecnológico Geo-Minero de España.

Su cuenca está integrada en el acuífero de Mediodía, cuyas características hidrogeológicas son de formación Cretácico Superior-Mioceno de Litología Dolomítico-calizo, discurriendo por terrenos permeables de naturaleza calcárea y textura floja que contribuyen a la recarga natural de los acuíferos del valle de la Rectoría.

Los sistemas fluviales denominados ríos en roca (*bedrock rivers*) son poco conocidos y su funcionamiento, muy diferente a los ríos aluviales, queda supeditado a una serie de condicionantes como la litología del sustrato que controla la velocidad de erosión y evolución de estos tramos. El sustrato juega un papel importante, pero no fundamental, en el desarrollo de la morfología.

Su cauce goza de toda una serie de grandes espacios naturales de gran valor ambiental, de extraordinaria belleza y majestuosidad, con amplias zonas de abundante vegetación, en las que abundan palmitos, cañaverales y adelfas rojas. Las margas miocenas de su acuífero y el

desnivel que presenta el Girona desde su nacimiento hasta el embalse de Isbert, facilitan una rápida llegada de las aguas a su cauce.

El Girona, desde la salida de Ebo hasta la Cova Santa, se encaja profundamente creando el impresionante Barranco del Infierno, formado esencialmente por la misma acción erosiva del agua, destacando del mismo, su espectacular y formidable roca caliza de color blanquecino y la majestuosidad de sus gorgas, su orografía concentra multitud de resaltes, pequeños rápeles y marmitas trampa. Este Barranco del Infierno, unido al Barranc dels Llidoners, Barranc dels Racons, Barranc de la Corredora, Barranc del Salt y Barranc dels Oms de la cuenca del Girona, constituyen por si mismos uno de los enclaves más espectaculares y agrestes de la provincia de Alicante. A partir de la zona comprendida entre la Font de Reinós y la garganta de la presa de Isbert, su cauce se va estrechando progresivamente hasta formar una grieta o quebrada muy estrecha de elevadas paredes a modo de pasadizo, no alcanzado en algunos tramos los dos metros de anchura, terminando con la cerrada del embalse del pantano, ubicado en una zona que cuenta con unas magnificas condiciones de seguridad y robustez.

Es el régimen de caudales el más importante de los factores que condicionan las formas, y las crecidas y avenidas el instrumento del que se vale para realizar los cambios a nivel puntual. El equilibrio no se alcanza a escala de cuenca o de río al completo, más bien parece obedecer a tramos de tamaño pequeño o inclusive a nivel puntual. Según Wohl (2000) un río en roca es «cualquier sistema fluvial encajado en un sustrato rocoso que dificulta su erosión y con pendientes elevadas, flujos turbulentos, movimiento de sedimentos que sigue patrones estocásticos y régimen de caudales fuertemente estacional, entre otras características». De esta manera, pueden ser ríos en roca cualquiera de los tramos de un sistema fluvial.

El río Girona recibe el nombre de río Ebo en la parte alta y forma una garganta estrecha denominada Barranco del Infierno. Tiene una cuenca de cabecera formada por margas miocenas, que facilitan la llegada rápida de caudales al cauce junto con el elevado gradiente. El río bordea una escama de cabalgamiento en materiales cretácicos encajado en roca y se abre sin formar cañón en la cubeta tectónica de Vall de Ebo, donde existe un gran aporte de sedimento procedente de los abanicos que flanquean los relieves montañosos. Posteriormente el río corta perpendicularmente las calizas cretácicas formando la Garganta del Infierno y el

Estrecho de Isbert. A partir de este punto se abre de nuevo y ensancha su valle sobre terrenos cuaternarios.

El Girona después de la presa del pantano de Isbert en la Ball de Laguar, continua hacia el mar por el valle de Orba, circunda el valle de la Rectoría formada por los pueblos de Tormos, Sagra, Ráfol d'Almúnia, Benimeli y Sanet y Negrals, separándolos del término de Benidoleig y finalmente después de atravesar las poblaciones de Beniarbeig, Ondara, Vergel y Els Poblets "Setla, Miraflor y Mirarosa", desemboca en el Mediterráneo en la Punta de l'Almadraba, formando linde natural entre las poblaciones de Denia y Els Poblets. En las proximidades de su desembocadura al mar ha constituido por mucho tiempo una zona semipantanosa.

Hidrológicamente la cuenca se encuentra muy deforestada por incendios, esto, unido con las características de impermeabilidad y alto gradiente caracterizan un sistema fluvial con elevada capacidad de desagüe y muy propicio a causar avenidas de tipo relámpago.

❖ *Litoestratigrafía.*

Los diferentes ambientes sedimentarios como consecuencia de los dominios paleográficos originados en las fases diastróficas, han dado lugar a rocas carbonatadas, detríticas y evaporíticas cuyo desarrollo es dispar, en función de la intensidad de sedimentación y posterior erosión, dando lugar a los siguientes afloramientos dentro de la cuenca:

Arcillas, margas y yesos. Trías superior. Constituyen tres pequeños afloramientos de carácter extrusivo y contacto mecanizado con los materiales circundantes, localizados en el Puerto de la Sagra, paraje de Tierra Nueva y al SO de Fontilles.

Areniscas y arenas margocalcáreas. Neocomiense. Forman un tramo predominantemente detrítico, compuesto de calcarenitas, calizas arenosas y areniscas calcáreas de potencia y disposición irregular. Afloran en dos franjas alargadas en el Sur del paraje de Racó Viñals y entre las poblaciones de Orba y Benidoleig.

Calizas y areniscas. Cretácico inferior. La serie estratigráfica del Cretácico se torna mas arcillosa y carbonatica por cambios de facies tanto laterales como verticales, que afloran entre las poblaciones de Orba y Benidoleig.

Margas. Cenomaniense. Los afloramientos de estos materiales se sitúan en la mitad oriental del límite de la cuenca. Se trata de margas ocreas con abundantes orbitolinas.

Dolomías. Cenomaniense-Turonense. Constituyen una formación potente de bancos de dolomía muy fracturada con algún nivel arcilloso, formando los elevados relieves del Sur de Pego.

Calizas. Turoniense. Junto con los materiales anteriores contribuyen a formar los escarpes de los macizos rocosos, bancos y horizontes tableados de calizas azoicas.

Calizas y margas. Cretácico Superior. Los afloramientos se localizan entorno a los descritos anteriormente, siendo los principales los del Alto del Pascual, Corral de la Carrasca y la Cova Santa, situados todos ellos en el tramo medio de la cuenca.

Calizas microcristalinas. Senoniense. Se localizan en las mayores pendientes de la ladera Sur de la Sierra de Segaríá.

Calizas, margocalizas y margas. Senoniense. Constituyen los mayores afloramientos de la cuenca, siendo predominantes en los 2/3 occidentales de la cuenca.

Calizas. Oligoceno. Sus principales afloramientos se localizan en el centro de la cuenca en las áreas de Jubeas del Medio y al O de Tormos.

Margas y conglomerados. Mioceno. Se encuentra un único afloramiento en el extremo occidental de la cuenca.

Conglomerados. Mioceno inferior. Al S de la Solana del Garrofar y en la ladera oriental de la Sierra de Segaríá.

Margas en Facies Tap. Mioceno medio. Forman una monótona y potente serie de margas ocres alternante con margas blancas, cuyo mayor afloramiento corresponde a la llanura de Vall de Ebo.

Abanicos aluviales. Cuaternario. Se han formado en el tramo final del río Girona depósitos sobre la llanura litoral en las avenidas extraordinarias.

Limos eólicos. Cuaternario. Forman un cordón paralelo a la costa, por efecto del aire marino del NE y que suelen tener paleosuelos intercalados.

Depósitos aluviales. Cuaternario. Aparecen en la llanura de Sagra-Benidoleig, en un extenso y potente afloramiento, como consecuencia de fuertes arroyos y alteración de vertientes.

Pies de monte. Cuaternario. Son depósitos de reducida extensión situados al pie de los escarpes, compuestos por una brecha heterométrica con matriz de arcillas.

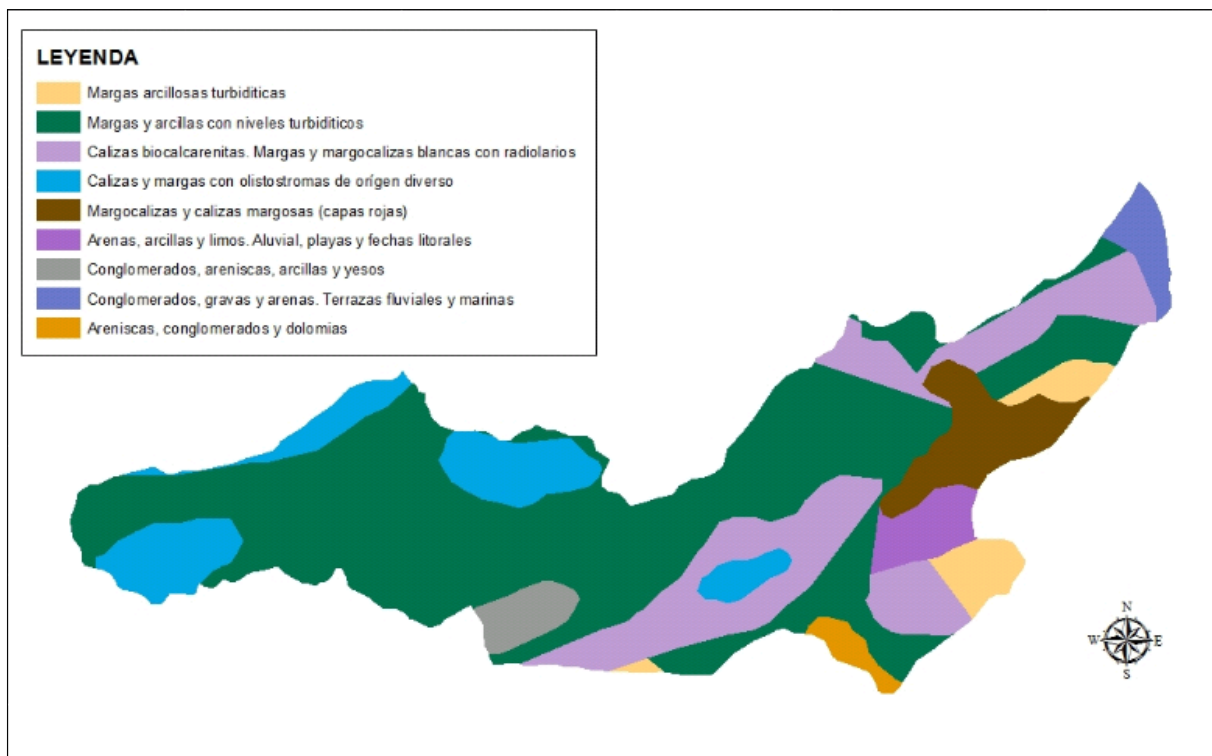


Figura 5. Mapa geológico (Mapa geológico nacional).

- ❖ 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:

Tabla 2. Clasificación litológica según nivel de erosión. Mapa Geológico Nacional (2008).

Nivel de erosión	Clasificación litológica	
a. Muy erosionable	Cuaternario	Playa y cordón litoral. Arenas con conchas. Terrazas. Depósitos Aluviales modernos de fondo de rambla. Abanico aluvial. Arenas arcillosas con cantos redondeados. Depósitos de albufera. Fangos y turba Limos arenosos de albufera. Limos eólicos
b. Erosionable	Cuaternario Mioceno Superior Mioceno Inferior Senoniense Albiense Cretácico Inferior Triásico superior	Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas. Arcillas de descalcificación Glacis de acumulación. Arcillas y cantos con costras discontinuas. Depósitos de pie de monte. Arcillas con cantos cementados superficialmente. Coluvión antiguo: Arcillas con cantos cementados superficialmente. Margas en facies tap Conglomerados Margas y calizas arenosas Margas Arcillitas margosas Arcillas, margas y yesos en fase keuper.
c. Poco Erosionable	Cuaternario Oligoceno	Depósitos aluviales antiguos: conglomerados encostrados Calizas

Senoniense	Calizas y margas Calizas y dolomías
Turoniense- Cenomaniense	Dolomías y calizas masivas
Cretácico inferior	Calizas y margas
Malm-Cretácico Inferior	Calizas y margas
Malm	Calizas

Según esta clasificación, el nivel de erosión según las zonas litológicas presentes en la cuenca, se representa de la siguiente manera:

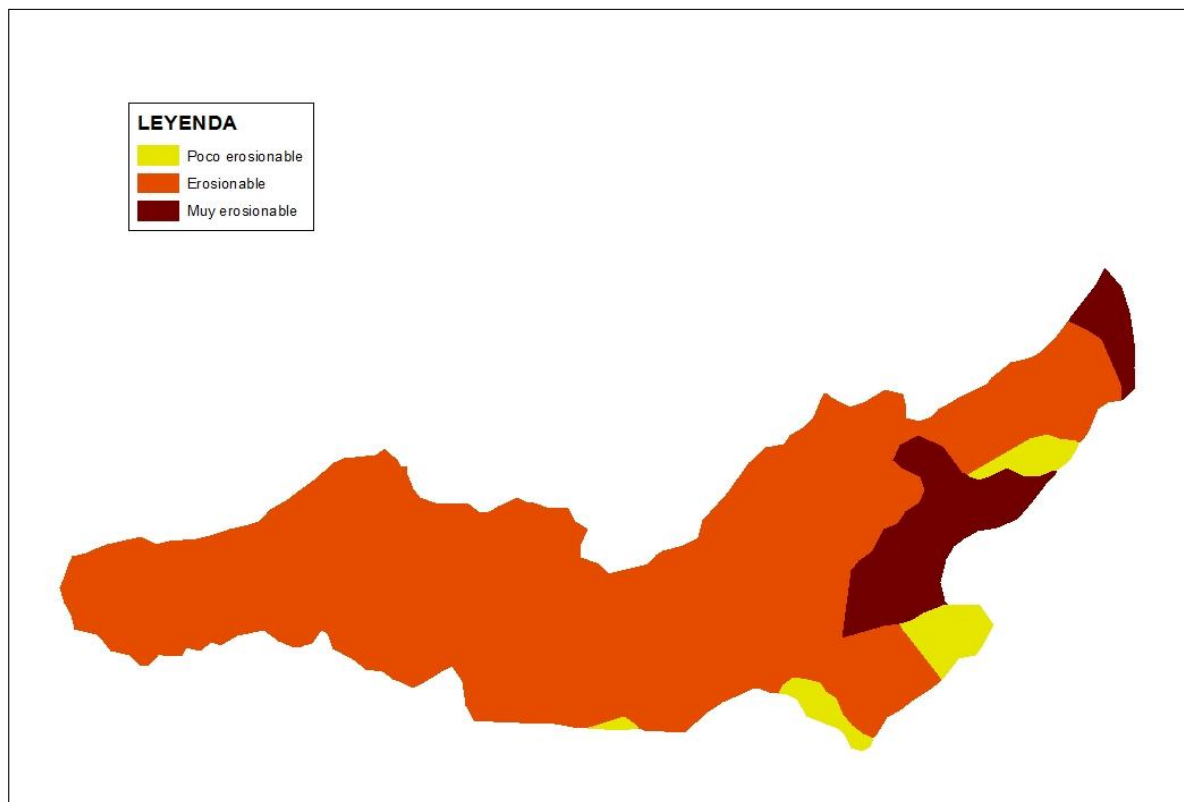


Figura 6. Mapa de erosionabilidad de materiales. **Fuente:** Elaboración propia en base al Mapa Geológico Nacional).

1.6.4. Pendientes.

La pendiente mínima de la cuenca es 0, y la máxima pendiente se encuentra en puntos del NE con más del 50 %. Respecto a la superficie, la mayor superficie de la cuenca corresponde a la pendiente de 0-24%, principalmente zonas agrícolas y llanuras de la parte alta de la cuenca con menos del 10%.

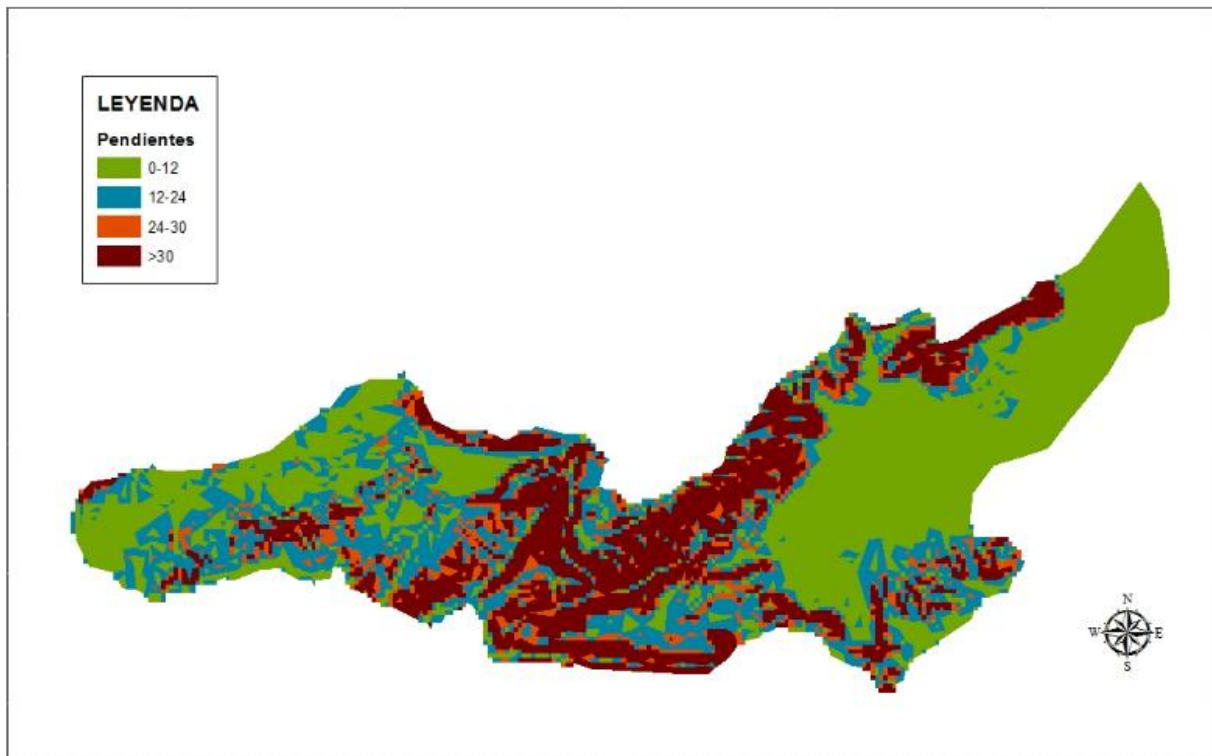


Figura 7: Pendientes. (*Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002*).

1.6.5. Vulnerabilidad de acuíferos.

Como ya se comentó anteriormente, la cuenca del río Girona tiene una vital importancia respecto a la recarga de acuíferos, debido a que son estos los que abastecen la gran demanda agrícola de la zona y también parte de demanda urbana. Dado el déficit de recursos hídricos que presenta la cuenca, es importante tomar medidas que puedan favorecer la recarga artificial de los acuíferos y evitar su contaminación o agotamiento.

Desde su nacimiento hasta el embalse de Isbert, el río Girona discurre por terrenos permeables de naturaleza calcárea que constituyen el acuífero de la Sierra de Mediodía, contribuyendo a

la recarga natural del mismo. Aguas abajo del embalse, se encuentran los manantiales que drenan el acuífero de Mediodía, destinados en parte al regadío, y cuyos sobrante discurren por el barranco de Bolata hasta el río Girona.

En el tramo medio de la cuenca existe una densa red de cavas o galerías de drenaje, cuya función *es* captar el agua del acuífero cuaternario aluvial del río Girona. Una de estas cavas *es* la Cava de Mirafior, cuyos recursos excedentarios llevan utilizándose en recarga artificial en el término municipal de Els Poblets desde 1985.

Existe un azud en el cauce del río Girona, inmediatamente aguas arriba de Ondara, propiedad de la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla, y los excedentes de riego son destinados a la recarga artificial a través de dos pozos situados en el término municipal de Vergel. Aguas abajo del azud, a través del cauce no circula agua excepto en épocas de avenidas, pero dado el carácter muy permeable del lecho del río, se produce una infiltración importante en este tramo que contribuye a aumentar la recarga natural del acuífero.

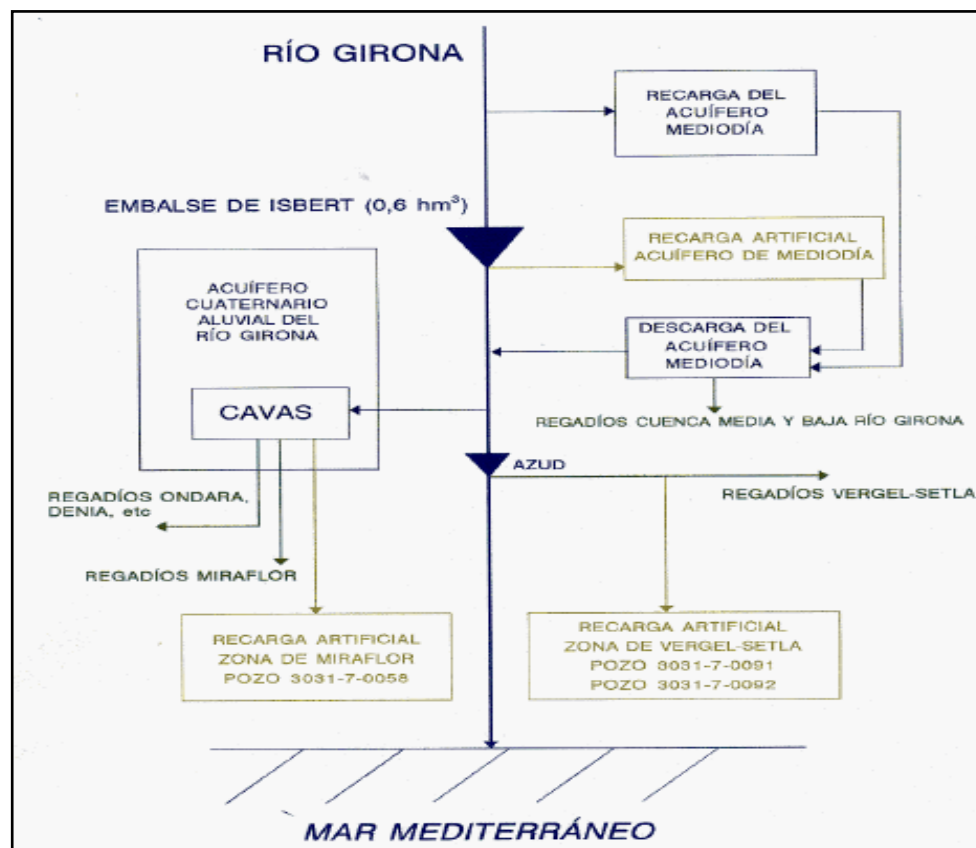


Figura 8: Esquema hidráulico cuenca río Girona.

En este punto se analiza la vulnerabilidad de los acuíferos, en función del comportamiento del medio, es decir, el tipo de acuífero, el uso de suelo actual, la permeabilidad, etc. A continuación se pueden ver las zonas de vulnerabilidad de los acuíferos en la cuenca.

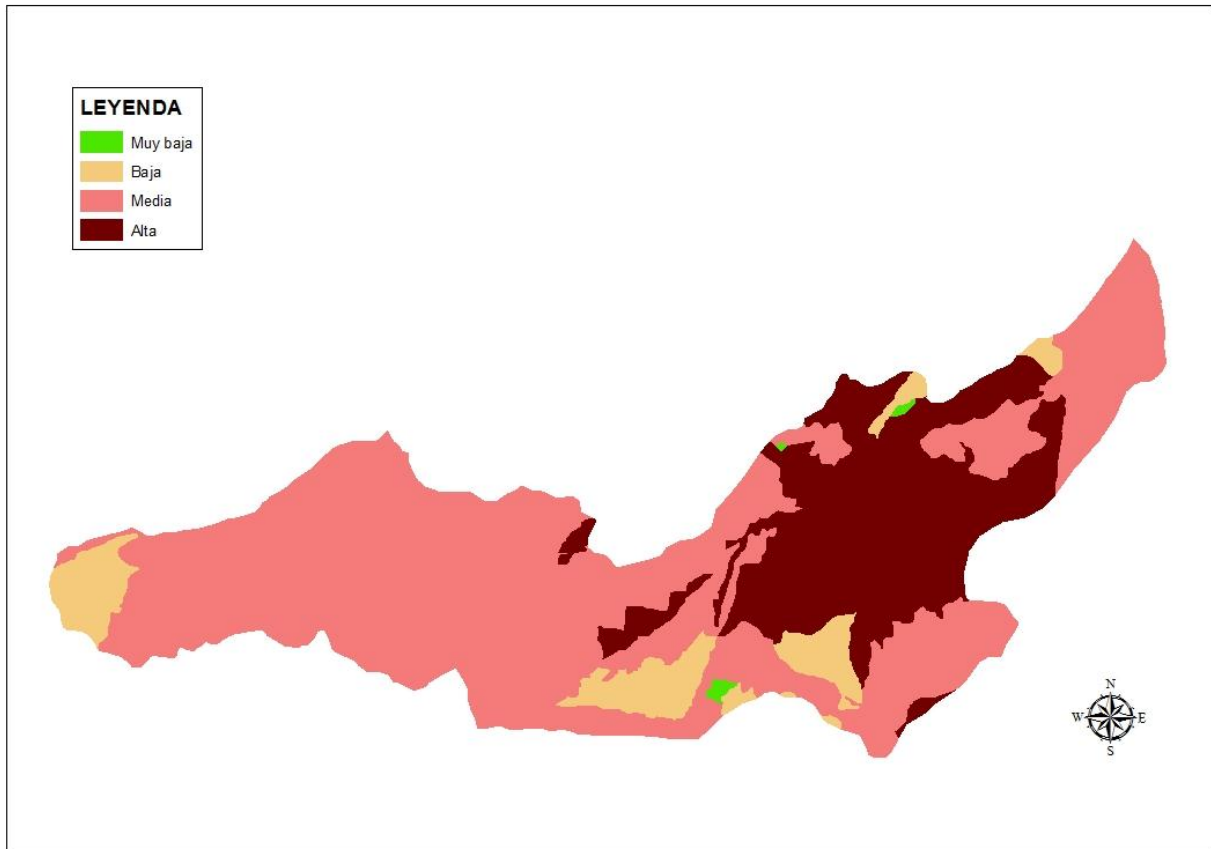


Figura 9: Vulnerabilidad de acuíferos. (*Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002*).

El tramo de cabecera de cuenca hasta la presa de Isbert tiene una vulnerabilidad media-baja, debido a la naturaleza permeable del suelo y su recarga natural al acuífero de Mediodía. Al igual que la zona de cavas situadas en el margen derecho aguas debajo de la Presa de Isbert.

La zona con mayor vulnerabilidad de acuíferos, corresponde al tramo aguas debajo de la presa de Isbert, concretamente la zona de descarga del acuífero de Mediodía y el Acuífero cuaternario aluvial del río Girona. Desde esta zona hasta la desembocadura, la cuenca tiene un importante déficit de recursos hídricos. Destacar que esta es una zona de especial importancia, puesto que ambos acuíferos subministran la demanda de riego a los municipios del tramo medio y bajo de la cuenca.

1.6.6. Clima.

La zona de estudio tiene el rasgo mediterráneo de la sequía estival. La temperatura media anual es relativamente alta en este sector costero de alrededor de 15,1°C, fruto de la combinación de un invierno muy benigno, con 14,1°C en enero y mínima media para este mes de 8.1°C, y de un verano caluroso de media 28°C en agosto. Las heladas son raras y más aún las nevadas.

Las precipitaciones medias anuales oscilan en torno a los 827.9 mm/año. En cuanto al ritmo anual, luego del gran pico de otoño, estación que concentra el 42% del total, la gran parte de ella se concentra en Octubre, y culmina en noviembre con (111 mm), el mínimo invernal se difumina y abre paso a un escalón primaveral, a partir del cual, un fuerte declive desciende hasta julio (4,1 mm), para repuntar en agosto, particularmente en la segunda mitad del mes, que prelude el otoño (Pérez, A 1994).

La humedad relativa media anual varía muy poco en las diferentes zonas de la comarca manteniéndose entre el 66.5 % y el 67 %. En agosto y septiembre se registran los valores máximos de humedad con 74% y 72% respectivamente y el mínimo el febrero con un 60%.

El número de horas de sol, al año, tiene un valor medio que oscila entre 2.650 y 2.750, aumentando hacia la costa, el valor medio anual registrado en la estación de Tormos es de 2.750 horas, de las cuales 291 corresponden al mes de agosto.

Los vientos son variables, dominando el Poniente a partir de finales del otoño hasta el principio de la primavera, y ocasionalmente en verano, aunque durante el verano dominan el Levante y el Llebeig.

1.6.6.1. Elección de observatorios meteorológicos.

Para realizar el análisis del clima de la zona, se requiere la selección previa de las estaciones meteorológicas con las que se va a trabajar. Por el criterio de proximidad geográfica y base de

datos pluviométricos y de termométricos, los diferentes observatorios meteorológicos cercanos a la zona de estudio son:

Tabla 3. *Observatorios Meteorológicos.*

Código	Nombre de la estación	Municipio	Tipo	Altitud (m)	Coordenadas
8054O	Tormos	Tormos	TP	110	755.754,821 O 4.298.666,103 N
8057A	Pego Convento	Pego	TP	82	749.742,94 O 4.303.004,73 N
8056	Vergel	El Vergel	P	21	761.946,083 O 4.305.373,304 N
8055	Ondara	Ondara	P	36	760.318,892 4.299.975,794

Fuente: *Geoportal. Capa de información: Estaciones Meteorológicas Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).*

La elección de la estación de Tormos es la más idónea para el estudio climático de la cuenca, debido a su situación geográfica dentro de ella. Se encuentra a una altura determinante, esta en la zona centro de la cuenca e incluye tanto datos de precipitaciones como de temperaturas. Por estos motivos, los datos meteorológicos base utilizados en este estudio son los procedentes de esta estación. Las series climáticas de precipitaciones totales mensuales, precipitaciones máximas en 24 horas y temperaturas medias mensuales, se encuentran en el Anejo I de este documento.

1.6.6.2. Balance hídrico.

Para el cálculo de los balances hídricos se precisan tanto datos pluviométricos como termométricos (temperaturas medias mensuales). Por tanto, se dispondrá de los datos de la estación de Tormos, la estación meteorológica que está más próxima a la cuenca.

La capacidad de campo que se asigna a la estación de Tormos (50 mm), depende de la cubierta vegetal y la textura del suelo que predomina en el área de la cuenca que representa, con altitudes medias donde predomina el matorral, pastizal y el cultivo arbóreo de regadío en suelo franco arcilloso.

A partir de los datos meteorológicos disponibles y de acuerdo con el proceso de cálculo establecido por Thornthwaite y Matter, se ha obtenido el siguiente Balance hídrico.

Tabla 4. Balance Hídrico de los datos de la estación meteorológica de Tormos.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
T^a	10,1	10,73	12,76	14,36	17,53	22,17	24,94	24,8	22,5	17,95	13,4	11,37	19,13
ETP (mm)	25	46	69	88	125	146	174	157	89	57	31	22	1029
P (mm)	71,27	57	56,9	90,7	50,58	19,91	6,50	32,08	37,50	71,27	78	59,43	630,51
P-ETP	46	11	-12	2	-74	-126	-167	-125	-51	-14	47	37	-398
ppa (mm)	0	0	-12	-10	-84	-210	-377	-502	-553	0	0	0	-
ST (mm)	50	50	39	41	8	1	1	1	1	15	50	50	-
AST (mm)	0	0	-11	2	-33	-7	0	0	0	14	35	0	-
ETR (mm)	25	46	68	88	84	27	7	32	38	57	31	22	525
D (mm)	0	0	-1	0	-41	-119	-167	-125	-51	0	0	0	-504
S (mm)	46	11	0	0	0	0	0	0	0	0	12	37	106
R (mm)	34	22	11	5	3	2	1	0	0	0	6	22	106
D (mm)	184	73	50	47	10	2	2	2	1	15	56	71	-

Fuente: Atlas climático de la Comunidad Valenciana.

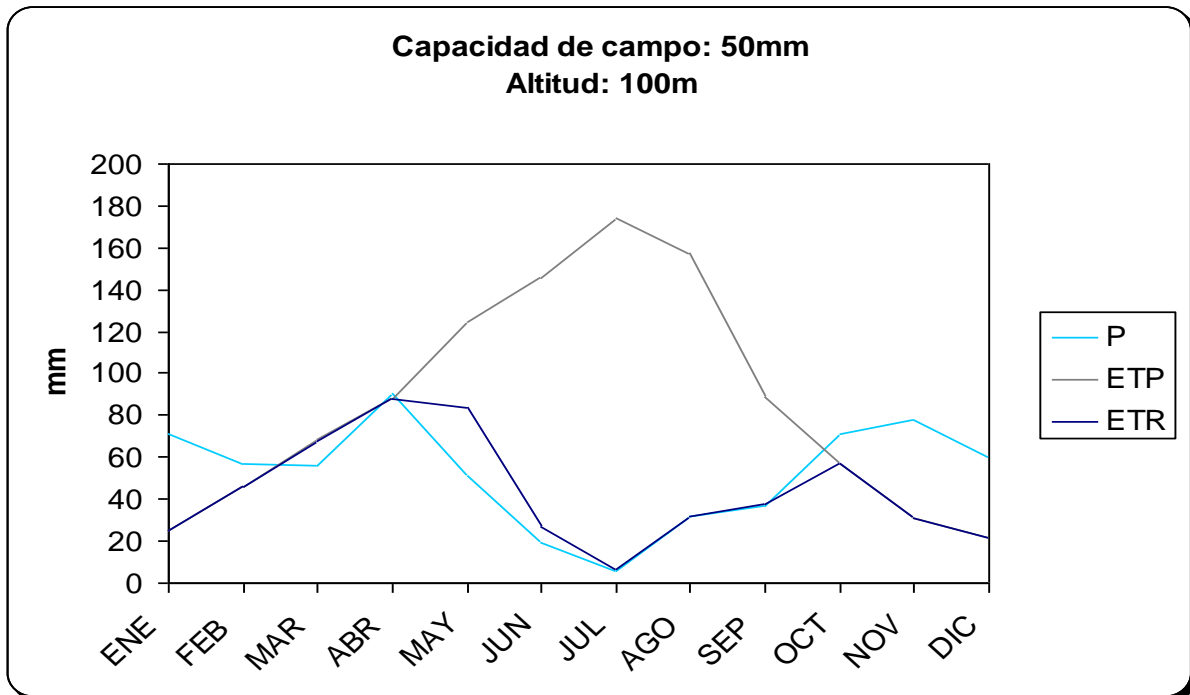


Gráfico 1. Balance Hídrico estación meteorológica Tormos. (**Fuente:** Elaboración propia en base a datos del Balance Hídrico).

1.6.6.3. Clasificación climática.

En este apartado se hará referencia a los índices climáticos que caracterizan a la cuenca de estudio.

• Clasificación climática de Thornthwaite.

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.

Según el Atlas Climático de la comunidad Valenciana, la clasificación de Thornthwaite para la zona, en la estación de Tormos, cuenta con los siguientes índices y tipo climático:

Tabla 5. Clasificación Climática de Thornthwaite.

ET Potencial	ET Real	Índice Humedad	Índice Aridez	Índice Global	Tipo Climático	Código
89.4	55.3	28.3	38	5.4	Subhúmedo húmedo, mesotérmicos, déficit importante en verano	C2 B'3 s2 a'

Fuente: Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994.

• Bioclimas de Gaussen.

Una síntesis muy útil para relacionar clima y cubierta vegetal es la de Gaussen, basada en el número anual de días secos desde el punto de vista fisiológico. Según la clasificación de regiones bioclimáticas de Gaussen (Simplificación del Mapa bioclimático de UNESCOFAO), la zona de estudio pertenece al Termomediterráneo y Mesomediterráneo, equivalente a clima semiárido con 75 a 100 días secos (Ruiz de la Torre, J en “Mapa Forestal de España”, 2002). Según el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, índice climático para la zona de estudio es de 15.1.

• Índice de Martonne:

Este índice se obtiene de la siguiente manera:

$$Ia = \frac{P}{Tm + 10}$$

Donde,

P: precipitación media anual en mm (827,9 mm)

Tm: temperatura media anual en °C (15,1°C)

El Ia es de **32**. Según los resultados de esta clasificación, la zona es **Subhúmeda**.

Según este valor calculado, la clasificación a la que pertenece una zona climática determinada es:

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

• Índice de agresividad del clima (F. Fournier).

También llamado índice de la capacidad erosiva de un clima. Fournier ideó un índice simple que da una idea de la erosión que se puede producir en la cuenca debido a factores pluviométricos, es decir, da una primera idea de la torrencialidad de la cuenca. Dicho índice tiene la siguiente expresión:

Donde:

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

p precipitación del mes más lluvioso (90.7mm)

P módulo pluviométrico (precipitación anual) (630.51mm).

El índice se calcula año por año y se toma como resultado final la media de los valores obtenidos. Los cálculos han sido obtenidos de la estación de Tormos.

El **F** es de **13.06**, por lo que en la clasificación de agresividad climática es muy baja.

1.6.7. Vegetación y cultivos.

1.6.7.1. Vegetación potencial.

Según la Memoria del Mapa de las Series de Vegetación de España de S. Rivas Martínez de 1987, dentro de la región mediterránea, la cuenca está incluida en el piso Termomediterráneo mayoritariamente, pero a partir de los 500 m. aproximadamente comienza el piso Mesomediterráneo. A esto, hay que añadir la estrecha franja pegada al mar, que pertenece a las series ripárias mediterráneas y regadíos.

El **piso Mesomediterráneo** está representado solamente en la parte alta de la cuenca, por carrascales continentales por la serie mediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifoliae* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*) en su vacilación termófila murciano-manchega con *Pistacia lentiscus*.

El **piso Termomediterráneo** está representado por la serie termo-mediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basófila de *Quercus rotundifolia* o encina

(Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum) en su vacilación típica: ocupando prácticamente toda la cuenca.

A continuación se incluyen unos breves comentarios sobre cada una de las asociaciones vegetales presentes en la cuenca:

Playas y acantilados. Se deben citar a las comunidades psamófilas de las dunas costeras, que están prácticamente desaparecidas de las costas a consecuencia de las actividades antrópicas.

Se incluyen en el orden Ammophetalia y llevan como especies características: *Convolvulus soldanella*, *Erygium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Medicago litorales*, *Malconia littorea*, *Ontanthus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Silene cerastoides*, etc.

Estas comunidades se extendían por las playas del Golfo de Valencia, pero han desaparecido prácticamente para dejar paso a una mezcla de Ammophilion con especies de la nitrófila *Cakiletea maritimae*, indicadoras de la suciedad de las playas.

Marjal. La clase de vegetación más representativa y dominante en el paisaje es Phragmitetea, clase cosmopolita que en el territorio valenciano puede estar representada por comunidades de agua dulce (Pragmitetalia) y de agua salobre (*Scirpetalia compacti*).

En esta zona litoral son también frecuentes los herbazales nitrófilos que se instalan sobre suelos profundos y húmedos, dentro de la clase *Artemisietea vulgaris*. Quizás la más original de estas comunidades sea el Ipomoeo *Cynanchetum acuti* en la que son frecuentes las trepadoras de gran belleza como *Cynanchum acutum*, *Ipomoea Sagittata* y *Calystegia soldanella*, capaces de trepar por muros y vallas.

Carrascales. Los carrascales en el territorio valenciano representan la vegetación potencial arbolada de los pisos termo y Mesomediterráneo sobre los suelos normales, aunque pueden llegar al Supramediterráneo cuando se mantiene un ombroclima menos seco. En la zona donde las precipitaciones descienden por debajo de los 400-350 mm, los carrascales ceden el territorio a los coscojares, quedando aquellos refugiados en las vallonadas o en situaciones topográficamente favorecidas. En ocasiones el carrascal deja de ser arbolado y se convierte en un chaparral, lo que ocurre cuando está sometido a situaciones venteadas y frías.

En la cuenca en estudio, se pueden reconocer dos tipos de carrascal: Los carrascales termófilos, formando un estrato arbolado y estructurado, con una formación de sotobosque

compuesta por nanofanaerófitos y las lianas. Estos carrascales se pueden asociar con *Fraxinus* y *Pistacia* en valles profundos y frescos.

La degradación de estos bosques conduce a la aparición de coscojares con lentisco (*Quercus Lentiscetum*) y romerales (*Rosmarino – Ericion*) en los que el romero (*Rosmarinus officinalis*), el brezo (*Erica multiflora*), la coronilla de fraile (*Globularia alypum*) y la aliaga (*Ulex parviflorus*) son las especies más frecuentes.

Actualmente quedan muy pocos restos de estos carrascales, ya que, como ocupan los mejores suelos, han sido sustituidos por cultivos de cítricos o de huerta en las zonas de regadío, o por algarrobos, olivos o almendros en las de secano. Las zonas cultivables, el carboneo y los incendios han terminado con los carrascales.

Actualmente, y como consecuencia de la degradación comentada y de las intensas repoblaciones efectuadas, gran parte del área de la carrasca está ocupado por pinares de *Pinus halepensis*.

1.6.7.2. Vegetación actual y distribución de los usos de suelo en la zona de estudio.

Para hacer la descripción de estos usos se utilizó el “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado” escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, hojas número 796, 821 y 822. Así mismo se confeccionará el Mapa de Usos del Suelo a partir de este mapa, incluida visita de campo y fotos aéreas, según los siguientes estratos:

0. Improductivo. Se incluyen dentro de este estrato las zonas urbanas, playas, ríos y otras superficies sin ningún aprovechamiento agrario.
1. Cultivo herbáceo de regadío. Se incluye tanto los huertos como las superficies dedicadas a otros cultivos herbáceos de regadíos.
2. Cultivo arbolado de regadío. Se incluye en este apartado principalmente los agrios: limonero, frutales de pepita, frutales de hueso y choperas.
3. Cultivo arbolado de secano y viñedo. Los cultivos arbóreos de secano están constituidos fundamentalmente por olivares, también almendros, algarrobos, manzanos y otros.
4. Forestal arbolado con fracción de cabida cubierta entre el 30 y el 70%. Fundamentalmente bosques de coníferas y vegetación de garriga.

5. Matorral. Se han incluido aquí las superficies invadidas de matorral cuando éste supone más del 90% de cobertura y zonas de pastizal.

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

Tabla 6. Usos de Suelo.

Código	Estrato	Superficie	
		Km ²	%
0	Improductivo	14,1	12,01
1	Cultivo herbáceo de regadío	17,79	15,16
2	Cultivo arbolado de regadío	25,15	21,43
3	Cultivo arbolado de secano y viñedo	1,05	0,9
4	Forestal arbolado FCC 30-70%	2,58	2,20
5	Matorral	47,38	40,38
6	Pastizal natural	9,30	7,93
TOTAL		117,35	100

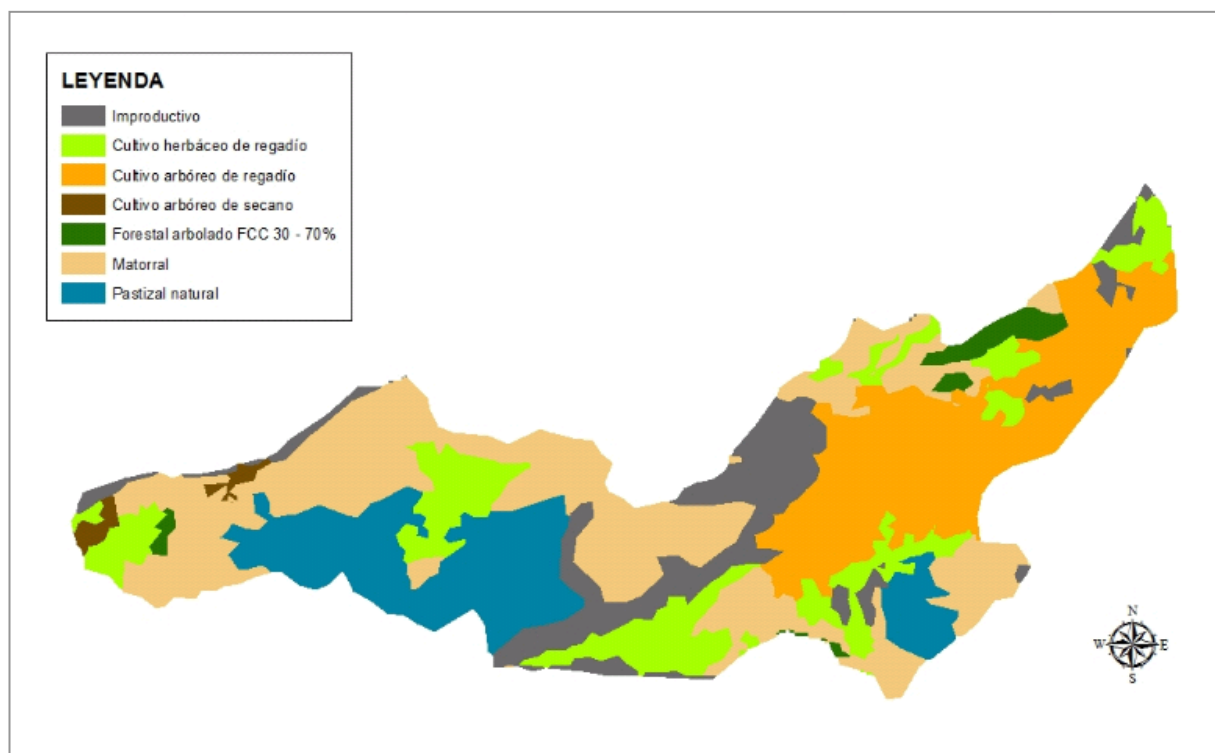


Figura 10: Usos del suelo. (Fuente: MMARM, Cartografía Proyecto CORINE Land Cover, 2006).

1.6.7.3. Mapa forestal.

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

Tabla 7. Especies forestales en la cuenca río Girona.

Código	Especie	Superficie (km ²)
24	<i>Pinus halepensis</i>	13.06
45	<i>Quercus ilex</i>	0.35
91	<i>Juniperus phoenicea</i>	0.07
169	<i>Brachypodium retisum</i>	39.77
379	Garriga clara, muy degradada	3.45
336	Semidesierto por incendios	2.41
377	Garriga alta y densa	2.16
378	Garriga media degradada	3.81
448	Matorral mixto con predominio de <i>Ulex parviflorus</i>	2.47
534	Cultivos agrícolas	49.8
TOTAL		117.35

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

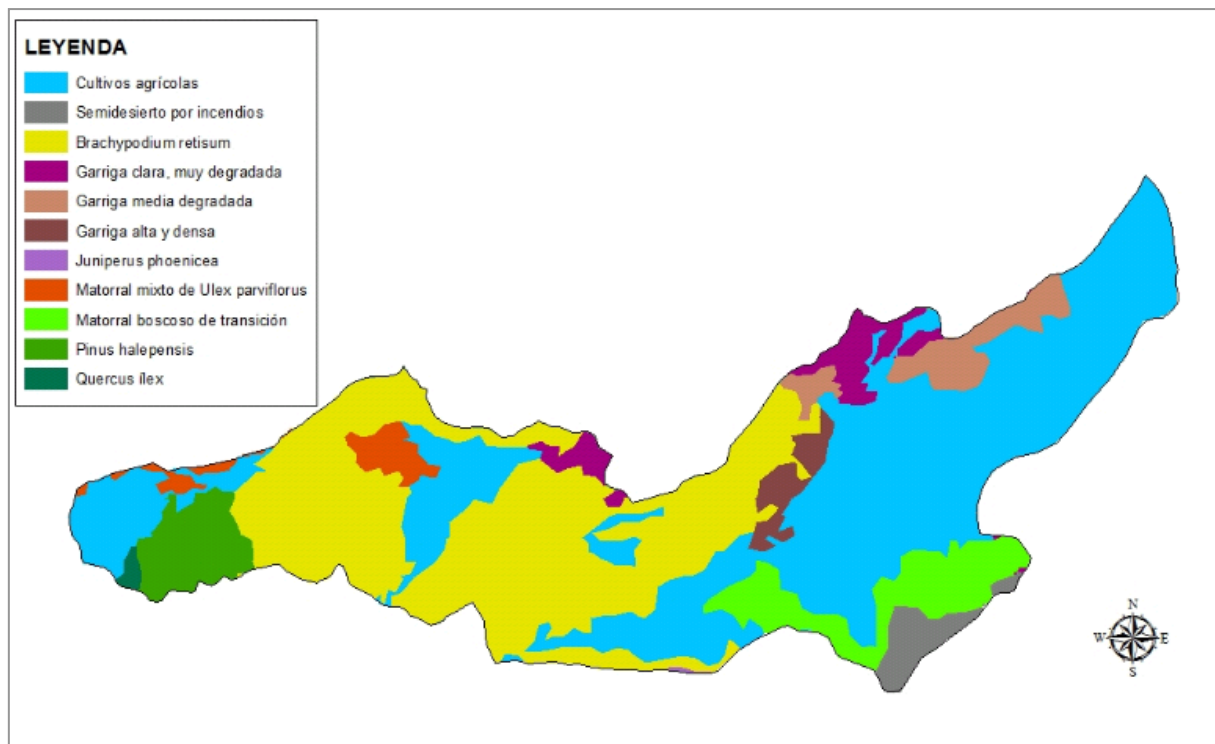


Figura 11: Forestal.

1.6.7.4. Espacios protegidos.

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

El Lugar de Interés Comunitario incluido en la cuenca del río Girona, son les Valls de la Marina con una extensión en la cuenca de 63,51 Km².

Se trata de un conjunto de pequeños valles de gran interés paisajístico, a lo que contribuyen fuertemente los cultivos de secano que ocupan las laderas de las montañas. Existen planes de puesta en regadío de estos cultivos, lo que ocasionaría un fuerte impacto sobre todo el área. Igualmente se trata de una zona afectada por incendios forestales y por actuaciones forestales de limpieza de montes y creación de cortafuegos. Asimismo, existe un uso recreativo incontrolado. Contiene más del 15% de los hábitats "prados calcáreos cársticos" y "matorrales de *Laurus nobilis*", así como excelente representación de "comunidades de megaforbios esciófilos ó heliófilos", junto con importantes endemismos vegetales.

Por otro lado, la única Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en la cuenca de estudio la conforman las Montañas de la Marina, que a su vez coinciden con el LIC.

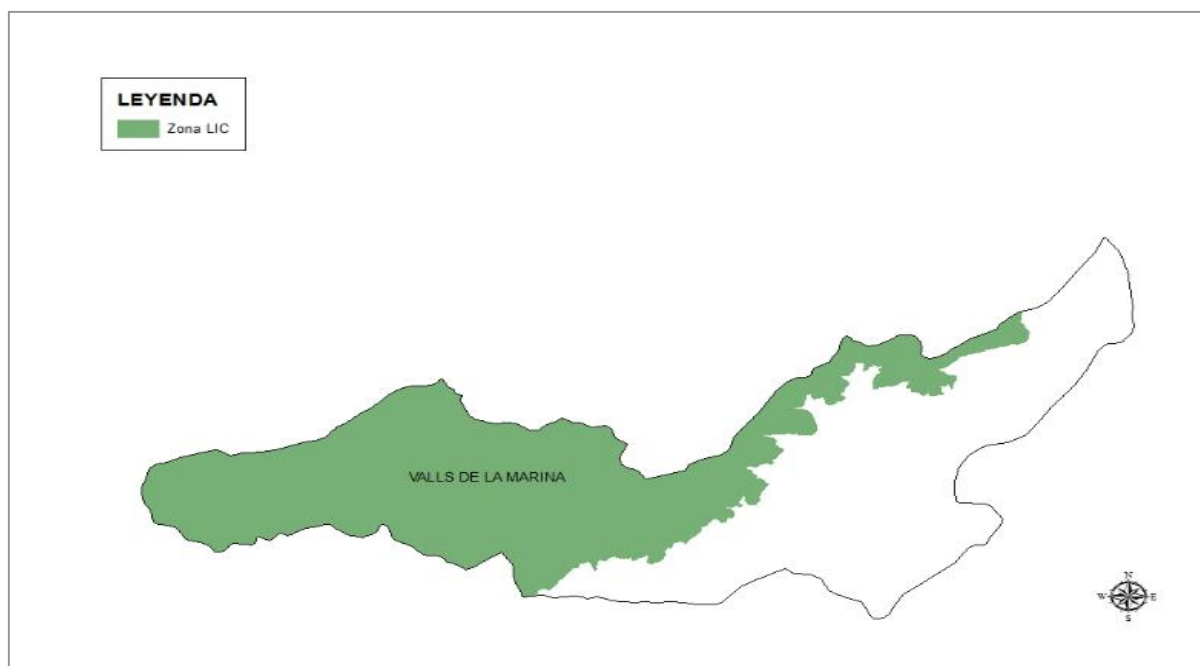


Figura 12. Lugares de Interés Comunitario.

1.6.7.5. Montes administrativos.

Existen una serie de montes de la Administración, incluidos total o parcialmente en la cuenca. A continuación se hace referencia a la situación administrativa y superficies de éstos dentro del área de estudio:

Tabla 8. Montes a cargo de la Administración en la cuenca del río Girona.

Código de Monte	Superficie (Km ²)	Término Municipal
A-64	2,17	Sagra
A-83	3,4	Ràfol de Almunia
A-85	5,3	Tormos
A-86	3,04	Vall de Gallinera
A-94	1,27	Vall de Laguar
A-95	10,42	Vall de Ebo

Fuente: Segundo Inventario Forestal Nacional. Escala 1:50.000 (1986-1995).

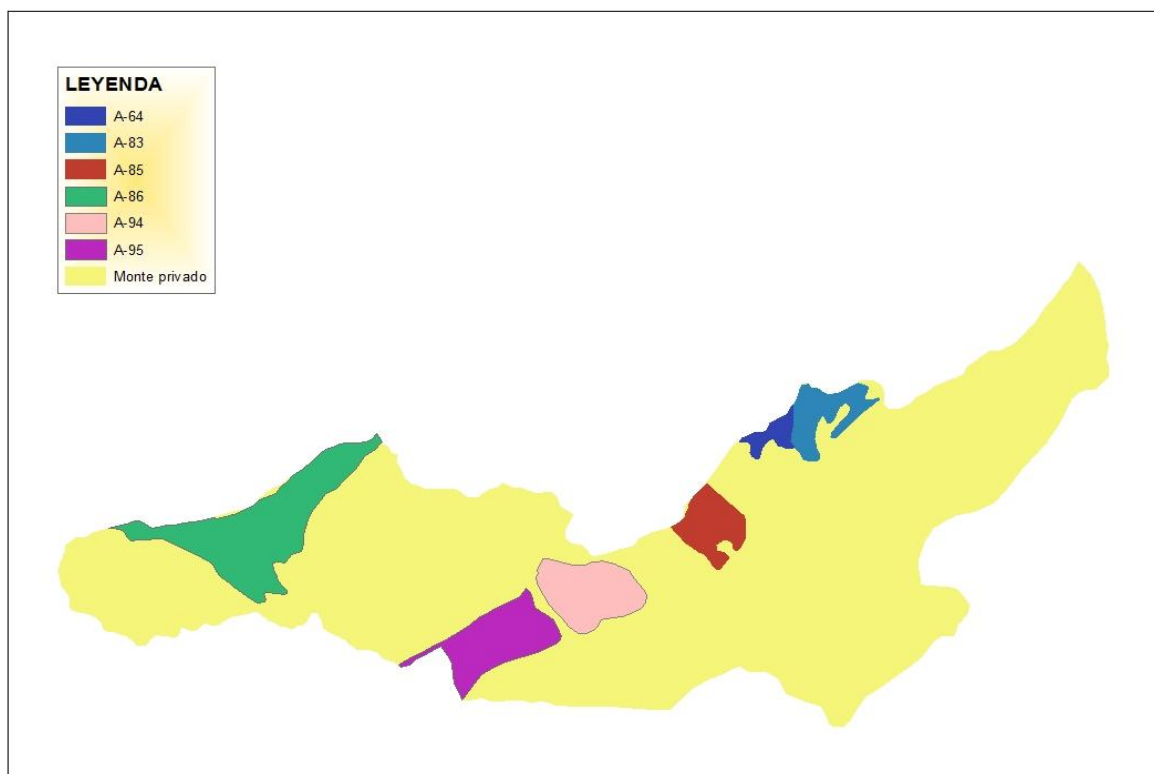


Figura 13. Montes a cargo de la administración pública.

1.6.7.6. Incendios forestales.

El fuego es la mayor amenaza natural para los bosques y las zonas arboladas de la cuenca del Mediterráneo. Destruye muchos más árboles que todos los demás desastres naturales: ataques de parásitos, insectos, vendavales, heladas, etc.

El promedio anual de incendios forestales en toda la cuenca del Mediterráneo se aproxima hoy a 50 000, es decir el doble que en los años setenta. Las causas son en la mayoría de casos de origen humano. De ahí la importancia que tiene prevenir los incendios por un lado, y de actuar sobre los bosque y zonas con peligrosidad por otro.

En la cuenca del río Girona, se han producido pequeños incendios en los últimos años, como por ejemplo, en La Vall de Ebo en año 2010 y Beniarbeig y Orba en 2009, con 12 hectáreas totales, Aunque el verdadero drama de los incendio se vivió en la década de los años 90, con más de 30 incendios y más de 140 hectáreas calcinadas. Y en el año 2000, tenemos a Dénia y El Vergel con unas 10 hectáreas, ambos debidos a un rayo, y un importante incendio en la Vall de Ebo, causado por una negligencia y con 95 hectáreas quemadas.

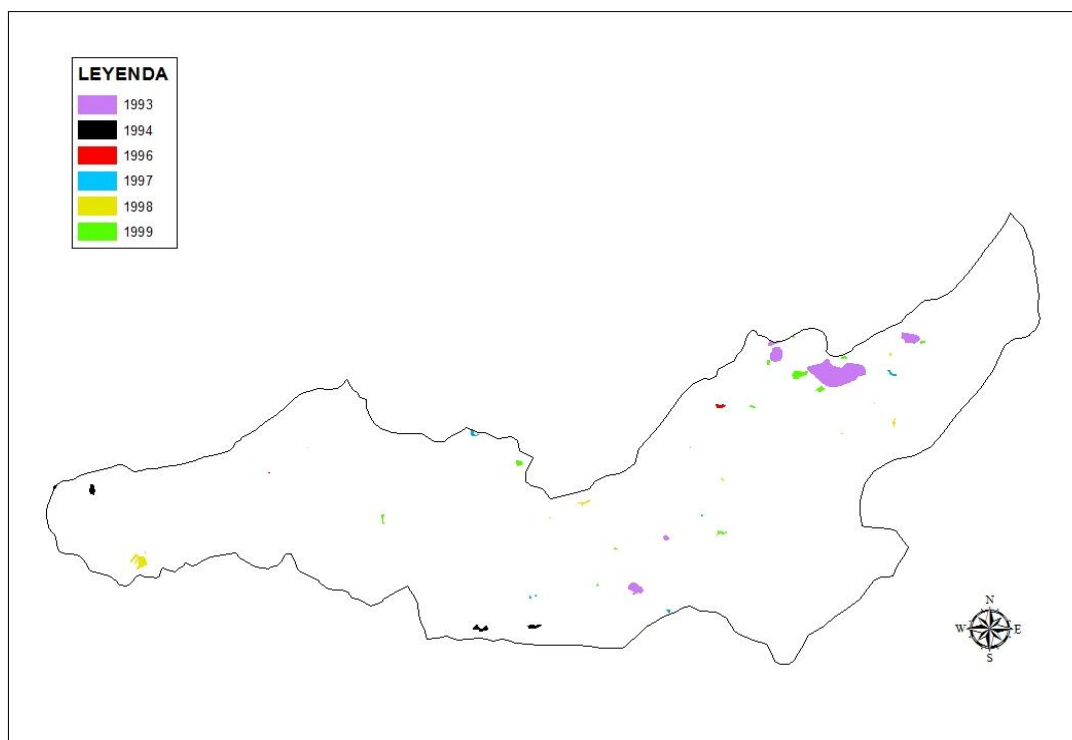


Figura 14. Incendios producidos en la década de los años 90. (*Fuente: Elaboración propia en base a cartografía de la Comunidad Valenciana, 2002*).

1.6.8. Estado económico-social.

Resulta importante conocer cual es el medio de vida, infraestructura que poseen y características socioeconómicas de la zona, a partir de las actuaciones en la cuenca.

1.6.8.1. Datos geográficos.

La cuenca de estudio se encuentra en la provincia de Alicante y está ubicada en las comarcas de *La Marina Alta* y *El Comtat*. Las localidades importantes son la Vall de Ebo, la *Vall de Laguar*, Beniarbeig, Ondara, El Vergel y Els Poblets. Además, se incluyó el municipio de Dénia, que no se encuentra en la cuenca, pero si esta situado en la zona de desembocadura, concretamente en la Zona de Les Marines y su influencia económica en la zona de estudio es vital.

Tabla 9. Municipios incluidos en la cuenca del río Girona.

Municipio	Superficie (km ²)	Superficie ocupada en la cuenca (%)	Altitud (msnm)	Distancia a la capital de la provincia (km ²)
Dénia	66,2	-	-	100
Els Poblets	3,6	8	14	92
El Vergel	8,2	5	25	96
Ondara	10,4	15	36	92
Beniarbeig	7,4	10	42	93
Orba	17,7	15	154	86
La Vall de Laguar	23,1	12	450	94
La Vall de Ebo	32,4	35	394	110

Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. *Fichas Municipales (Actualización 2011)*.

1.6.8.2. Demografía y análisis de la población.

La densidad de población en (hab. /Km²) es: Vall d'Ebo (8,4), Vall de Laguar (42,6), Els Poblets (914,4), El Vergel (595,3), Orba (148,30), Beniarbeig (168,6), Ondara (631,1) y Dénia (672,4).

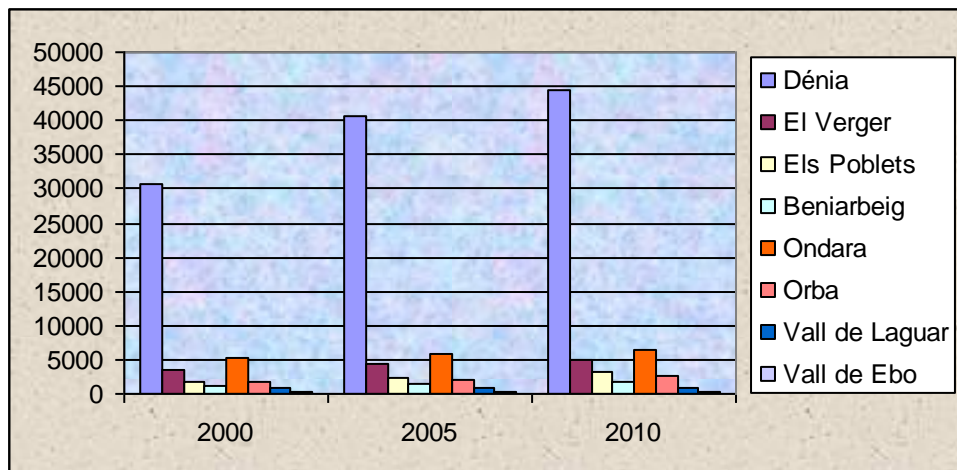


Gráfico 2. Evolución de la población por Municipio. (**Fuente:** Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2010)).

En ambas gráficas anteriores, la fuente de datos es el Instituto Valenciano de Estadística, 2009. La provincia de Alicante está considerada como una gran atractivo a gente extranjera, bien sea como vacaciones temporales o bien gente que tiene su segunda e incluso primera residencia en la provincia. Ejemplos muy concretos son los de Alfaz del Pi, Torrevieja, Dénia y Javea, consideradas como auténticas colonias para residentes alemanes, franceses e ingleses, así como municipios menores, como es en nuestro caso.

El crecimiento global de la población de la cuenca presenta dos dinámicas claramente opuestas, los municipios mas internos como Vall de Ebo y Vall de Laguar presentan una disminución progresiva de la población, debido a limitaciones fisiográficas y productivas agrícolas y de turismo costero. Los siguientes municipios presentan una mayor proximidad costera, con mayor capacidad productiva de su agricultura, recursos turísticos, así como mayores posibilidades para la implantación y crecimiento de industrias, entre ellos tenemos Els Poblets, Beniarbeig, El Vergel y el más influyente Dénia, este último se presenta como el gran motor de crecimiento de la zona, debido en parte al turismo y a la agricultura, estos municipios tienen una cierta estabilidad de la población, y otros como Orba y Ondara, que presentan un crecimiento de su población en los últimos años.

Los datos de emigración son de 1.031 habitantes, mucho mayor que los datos de inmigración, que son de 862 residentes. Debido en parte a que se trata de localidades de poca población.

Sin embargo estos datos se invierten en la costa, debido a que son localidades con playas que atraen a mucha gente a disfrutar del turismo y a buscarse una nueva residencia, entre ellos destaca Dénia, con un incremento poblacional cuatro veces superior cada verano, y en menor medida Ondara y El Vergel. Aunque es de destacar que el mayor número de inmigrantes proceden del extranjero.

Respecto a la estructura de la población, en los municipios pertenecientes a la cuenca del río Girona tienen la característica significativa de tener una gran tasa de envejecimiento, con parte de la población mayor de 60 años. En contraposición a una media-baja natalidad, las cifras indican que en los últimos años no se están produciendo nacimientos, y por el contrario el número de defunciones se mantiene o aumenta notablemente., obteniendo así en todos los municipios un crecimiento negativo. Junto con una menor tasa de población juvenil, que vendrá a agravar la tasa de envejecimiento en las próximas décadas.

Existe también una alta dependencia, sobretodo en la población anciana, muy por encima de la media autonómica y nacional, y agravada en los municipios más interiores, que viene a confirmar el envejecimiento de la población, y la emigración a las ciudades por parte de los familiares.

1.6.8.3. El mercado laboral.

Los municipios de El Vergel, Ondara y Dénia tienen una mayor tasa de población activa, destacando los sectores de la construcción, la agricultura y del comercio. Estos dos sectores son fruto de poblaciones que tienen muy arraigado el trabajo agrícola desde hace muchas generaciones, pero sobretodo en que el turismo es una fuente muy importante de crecimiento y prosperidad.

Por el contrario, los municipios de Vall de Ebo y Vall de Laguar, tienen claramente una menor tasa de población activo, debido en parte a limitaciones comentadas anteriormente y a una menor población.

La desocupación es el tema mayor interés y preocupación entre la población actual, el empleo es básico para mantener el sistema productivo y de consumo, y el mayor poder de crecimiento

de una nación. Las tasas de desocupación son elevadas en todas las comunidades y provincias, afectando sobretodo a las edades juveniles y personas mayores de 50 años.

Por lo que se refiere a nuestros municipios es la siguiente:

Tabla 10. *Paro registrado por sectores de actividad (%) / 2011.*

Localidades	Agricultura	Construcción	Industria	Servicios	Sin ocupación anterior
Denia	0,89	7,12	21,44	61,02	9,53
Els Poblets	0,57	12,07	13,79	67,82	5,75
El Verger	1,77	10,46	27,84	48,94	10,99
Beniarbeig	0,92	11,93	23,85	52,75	10,55
Ondara	0,80	7,89	23,54	58,17	9,60
Orba	1,69	8,47	8,47	71,19	10,17
Vall d'Ebo	22,22	5,56	11,11	50,00	11,11
Vall Laguar	4,76	4,76	23,81	52,38	14,29

Fuente: *Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2011).*

La mayor tasa de desempleo corresponde al sector de los servicios y de la industria, y en menor medida la construcción, siendo los menos afectados el sector de la agricultura.

En cuanto a las edades, las cifras son dispares, poblaciones como Els Poblets, Ondara y Dénia tienen un elevado desempleo en edades de 30 a 45 años, y Vall de Laguar un mayor desempleo en personas mayores de 45 años. En cambio, El Vergel tiene un elevado paro juvenil.

Por ultimo, destacar que tanto Beniarbeig como Vall de Ebo tienen un desempleo variado, indiferente de los sectores productivos, siendo más acusado en el sector agricultura y servicios y en diferentes rangos de edades.

1.6.8.4. Análisis de cada uno de los sectores económicos.

• Sector primario

El sector agrario es la actividad principal en la cuenca.

La porción que representan las tierras labradas sobre el total de la superficie, supone casi un 50%. Donde las mayores superficies de explotaciones se encuentran en el interior, sin embargo el número de explotaciones es mayor en los municipios más orientales.

Por otro lado, el factor precipitación incide negativamente en la capacidad productiva del sector, aunque sólo afecta a los municipios interiores de Vall de Laguar y Vall de Ebo, donde predominan los cultivos de secano, mientras que el resto poseen una mayor extensión de tierras de regadío, por lo tanto las tierras con mejores condiciones y aprovechamiento están en la parte oriental.

Para completar la referencia al sector primario, se menciona también al subsector ganadero, el cual presenta unos niveles de desarrollo muy bajos. Aunque bien es cierto que los recursos para invertir en esta actividad son también escasos. El porcentaje de superficie dedicada a prados y praderas con carácter permanente es pequeño.

A destacar, que no existen unidades ganaderas con conejas madres y porcinos, y que las. Por último, mencionar que las mayores unidades ganaderas se realizan con aves y bovinos.

• Sector secundario

Se distinguen dentro de este sector a la industria propiamente manufacturera y al sector de la construcción.

Los subsectores de mayor peso en la estructura manufacturera son la alimentación y bebidas, transformados metálicos, fabricación de madera y muebles, así como otras industrias manufactureras.

La importancia del subsector de productos alimenticios y bebidas, corresponde con el papel que tiene en las comarcas del litoral alicantino cuyo nivel de industrialización se sitúa por debajo de la media provincial.

Respecto al subsector de transformados metálicos, este está relacionado con la actividad turística de la zona, ya que en dicha actividad, la reparación de material de transporte se encuentra entre los principales subsectores cuyos bienes finales son consumidos por turistas.

En cuanto al sector de la construcción, éste está muy relacionado con los estímulos de la expansión turística, respondiendo con la construcción de chalets o bungalows y en menor medida apartamentos ubicados en su mayor parte en el litoral.

Destacar la importancia en la industria de producción y distribución de energía eléctrica, con un gran número de trabajadores y pequeñas empresas de distribución, y en la captación, depuración y distribución de agua, de vital importancia sobretodo en verano.

• Sector terciario

Puede afirmarse, en líneas generales, que en esta zona, el peso de las actividades terciarias queda por debajo de los niveles que cabría esperar dada la afluencia turística que se soporta, esto es debido a, en primer lugar, la inexistencia de una base urbana sólida e importante que va en detrimento de una especialización de servicios de los centros de población más relevantes de la comarca. Otro factor ha sido la demanda turística con connotaciones muy propias, cuya incidencia sobre el sector servicios ha sido muy restringida, canalizando sus efectos hacia el subsector comercio (turismo de paso) y siendo muy limitado para la hostelería

Los subsectores con mayor peso porcentual a nivel comparativo respecto a la provincia y comunidad son el comercio, y el de finanzas, seguros y servicios a las empresas en general. Se destaca aquí, el subsector del comercio, que adquiere importancia a través de las propias necesidades de la agricultura mediante la comercialización al por mayor de ciertos cultivos de gran extensión, principalmente la naranja. Esta actividad que es estacional se encuentra extendida en la zona más septentrional.

El subsector de hostelería aunque sobrepasa el nivel de participación de la región, no llega a alcanzar en cambio al de la provincia de Alicante. Su mayor desarrollo corresponde al principal centro de turismo de la zona: Dénia. Esta ciudad acapara la mayoría del turismo,

debido a su volumen de servicios y sus playas, al igual que el equipamiento hotelero y la compra venta de chalets y bungalows.

La clientela turística de esta zona, es fundamentalmente extranjera, y se caracteriza por su estabilidad. Por ello, la ocupación hotelera, no alcanza los niveles de desarrollo de otras zonas.

Este subsector es de vital importancia para el crecimiento productivo y el mantenimiento de puestos de trabajo y la prosperidad en la zona.

1.7. HIDROLOGÍA FORESTAL.

1.7.1. Antecedentes históricos.

Existen una serie de episodios en nuestra cuenca vertiente, que precisan su conocimiento para comprender su carácter torrencial. Las avenidas del río Girona no se han recogido en las recopilaciones del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas de Protección Civil (DGOH, 1985). Algunos registros conocidos muestran avenidas a finales del siglo XIX, pero de escasa entidad (Costa, 1977). Algún evento mayor, como el de septiembre de 1919 en Beniarbeig se alcanzan 5m de calado en el río Girona. Entre 1921 y 1940 (Costa, 1977) constata varios episodios que modifican la configuración del cauce, y en 1947 una avenida destruye el dique de defensa construido en 1940. Otra avenida otoñal es la de noviembre de 1985 en la que se temió la caída de la presa de Isbert.

La avenida estudiada del 12 de octubre de 2007, afectó a buena parte del litoral levantino. Los registros de precipitación máxima en 24h fueron elevados, obteniéndose valores que superaron los 300-400 mm en varias estaciones. Otras doce estaciones registraron precipitaciones de más de 200mm y un total de 50 puntos superaron los 100 mm de lluvia diaria. Estos registros calificados por la Confederación Hidrográfica del Júcar como extraordinarios y 500 años de periodo de retorno, si bien hay registros de precipitación en 1957 que superan estas efemérides. El resultado de estas lluvias intensas fueron desbordamientos en todos los cauces de la zona, alcanzándose valores de caudal máximo de 800 m³/s en el río Júcar y 500 m³/s en el río Serpis. En ambos la laminación de los caudales

por parte de las presas fue alta. El río Girona no presenta estaciones de aforo y por tanto no existe posibilidad de comparar caudales, pero estimaciones iniciales de la CHJ asignan un valor cercano a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ al caudal del río Girona en Beniarbeig.

Los efectos de la crecida fueron muy notables en la cuenca baja del río, con erosiones y acumulación de enormes masas de cañas, procedentes de la cuenca alta, fundamentalmente de la cubeta de Vall de Ebo que atravesaron el Barranco del Infierno, dejando niveles de crecida a más de 30 metros de altura en algunos puntos. Los daños fueron cuantiosos; 500 viviendas en Beniarbeig, 1500 vehículos y 32 casas demolidas en El Verger y numerosas infraestructuras dañadas entre las que se significa el puente de Beniarbeig. Y desgraciadamente se tuvo que lamentar la pérdida de al menos una vida humana.

1.7.2. Elementos hidráulicos.

Dado el déficit de recursos hídricos que presenta la cuenca del río Girona, no solo en el sector de desembocadura ligado a los términos municipales de Vergel y Els Poblets, sino también en todo su tramo medio, se consideró conveniente, con objeto de optimizar e incrementar a otras zonas las operaciones de recarga artificial previstas en el tramo litoral de la cuenca, realizar un estudio detallado de sus recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, así como de los excedentes que puedan existir.

Solamente conociendo con precisión los recursos no utilizados en la cuenca, tanto procedentes de la escorrentía superficial generada por precipitación, como de la escorrentía de origen subterráneo, ligada a las descargas naturales del sistema acuífero de la Sierra de Mediodía, cuyos manantiales drenan directamente al río Girona, a través del *barranco de Bolata*, se podrán plantear futuras operaciones de recarga artificial con carácter realista, basadas en datos contrastados y no en previsiones más o menos arriesgadas u optimistas que en la práctica pueden ser inviable o conducir a notable decepciones.

El esquema hidráulico de la cuenca del río Girona muestra la complejidad de la interacción entre los diversos elementos que la componen. Desde su nacimiento hasta el embalse de Isbert, el río discurre por terrenos permeables de naturaleza calcárea que constituyen el

acuífero de la Sierra de Mediodía, contribuyendo a la recarga natural del mismo. En este tramo no existe ningún uso significativo de sus aguas, que llegan hasta el embalse de Isbert, de 600.000 m³ de capacidad, en donde quedan retenidas. El vaso del embalse es muy permeable, conociéndose incluso la existencia de un sumidero natural.

De esta manera, el agua retenida en el embalse se infiltra con rapidez en el acuífero, por lo cual el embalse se encuentra en la actualidad abandonado, habiéndose convertido en un elemento muy útil de recarga artificial del acuífero.

Aguas abajo del embalse, se encuentran los manantiales que drenan el acuífero de Mediodía, destinados en parte al regadío, y cuyos sobrante discurren por el barranco de Bolata hasta el río Girona. Los recursos excedentarios que circulan por el cauce fluvial podrían ser utilizados para operaciones de recarga artificial.

En el tramo medio de la cuenca existe una densa red de cavas o galerías de drenaje, que son galenas horizontales excavadas en el suelo a una profundidad de dos o tres metros, cuya función es cortar el nivel piezométrico y captar el agua del acuífero cuaternario aluvial del río Girona. Los recursos drenados por estos dispositivos se destinan al regadío en los términos municipales de Ondara, Pedreguer y Denia, entre otros. Hidráulicamente, estas cavas funcionan como manantiales, y el caudal que drenan depende de la posición en cada momento del nivel piezométrico. El excedente del caudal drenado por estas galerías retorna al cauce principal. Una de estas cavas es la Cava de Mirafior, cuyos recursos excedentarios llevan utilizándose en recarga artificial en el término municipal de Els Poblets desde 1985.

Existe también un azud en el cauce del río Girona, inmediatamente aguas arriba de Ondara, propiedad de la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla, conectado a la red de acequias de dicha comunidad, que utiliza el agua que se almacena en el mismo, mediante concesión administrativa, para el regadío. Los excedentes de riego son destinados a la recarga artificial a través de una red constituida por dos pozos situados en el término municipal de Vergel.

Aguas abajo del azud, a través del cauce no circula agua prácticamente más que en épocas de avenidas, pero dado el carácter muy permeable del lecho del río, se produce una infiltración importante en este tramo que contribuye a aumentar la recarga natural del acuífero.

Desemboca en el mar Mediterráneo, en las proximidades de Setla y Mirafior (Els Poblets), sirviendo de frontera entre este término municipal y el de Denia, en la llamada punta de la Almadraba. El cono aluvial del río forma una zona inundable, muy intervenida para la construcción, que se ubica entre el puente de la carretera de Les Marines a Denia, donde la anchura del río es de unos 17 m, y la desembocadura, unos 275 m aguas abajo, donde alcanza unos 30 m de anchura. En este curso final, existen una serie de islas laterales con lecho pedregoso, cuya altura del cauce no llega a 2 metros.

▪ **Río Girona**

Nace sobre los 637 metros de altitud, por la confluencia de las escorrentías y pequeños torrentes de las partidas de la Solana, les Forques, la Adsubieta y el Carrascalet, así como de otros nacimientos de agua del barranco de Fontblanca, en el término de Alcalá de la Jovada, y durante su recorrido hacia el mar, se le adhieren varios torrentes de la Sierra de la Carrasca. Posteriormente, continúa por las proximidades de la Sierra de la Carrasca, en el término de Vall d'Ebo. Tras atravesar esta localidad, va recogiendo agua de pequeño manantiales y entra en el "barranco del Infierno", situado en el término de Vall de Laguar). El escaso caudal del río se infiltra en las calizas de este cañón, desapareciendo del todo durante la mayor parte del año.

Cerca de la salida del cañón se encuentra el embalse de Isbert, construido en 1945 y actualmente en desuso.

Posteriormente, el Girona atraviesa los términos municipales de Orba, Tormos, Sagra, Ràfol de Almunia, Benimeli, Sanet y Negrals, Beniarbeig, Ondara, El Vergel y Els Poblets. Y su desembocadura se produce en el municipio de Els Poblets

Tiene una longitud aproximada de 32 a 40 Km., según del punto en que tomemos su nacimiento.

▪ Barranco del Infierno

Como ya se ha comentado anteriormente el río Girona en su parte alta forma una garganta estrecha denominada Barranco del Infierno, en la que aflora el característico karst de mesa, en la cuenca del río Girona de marcado tipo torrencial, que atravesando el barranco pasa por el imponente paso de Isbert, afluyendo a los campos de Orba. El barranco del Infierno es un abrupto barranco situado entre las poblaciones de Vall d'Ebo y La Nucía, en la Marina Alta, provincia de Alicante. Tiene una longitud total de 945m, con una profundidad máxima de 75 m. Se pueden encontrar numerosos abrigos con diferentes estilos de pinturas rupestres (arte levantino y arte esquemático).

En condiciones normales el barranco se encuentra seco debido a su régimen torrencial. Existen tres marmitas residuales permanentes, que se evitan cómodamente gracias a los pasamanos instalados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la cuenca de absorción del Río Girona es muy extensa, aguas arriba del tramo deportivo del Barranco del Infierno, lo que ocasiona crecidas descomunales durante los períodos de fuertes lluvias, asociados a las habituales gotas frías de levante. Durante los últimos años ha sido habitual que el barranco lleve agua corriente como mínimo dos veces al año. En varias zonas situadas a muchos metros de altura del lecho del cauce se aprecian tapones de cañas. Muchas marmitas varían constantemente de profundidad, colmatándose o vaciándose, lo que provoca el desplazamiento y la acumulación de cantos rodados de un punto a otro del cauce.

Durante la devastadora crecida del 12 de octubre de 2007, provocada por unas lluvias torrenciales que en algunos puntos sobrepasaron los 400 litros en un corto espacio de tiempo, se produjeron cambios radicales en la orografía del barranco. Todas las zonas verticales y la mayor parte de las zonas horizontales fueron modificadas. Toneladas de gravas sepultaron el cauce rocoso, dejándolo en algunos puntos a más de 5 metros de profundidad y haciendo desaparecer todas las marmitas trampa. Bloques de toneladas de peso arrastrados, la vegetación arrancada, las sendas de acceso y retorno destrozadas y hasta algunos de los muros de las terrazas de cultivo que se construyeron hace cientos de años y que habían permanecido inalterables hasta nuestros días se desmoronaron. Los cambios fueron muy importantes e hicieron que el descenso perdiese gran valor estético y deportivo.

- **Presa de Isbert**

El embalse de Isbert, cuya capacidad es de 600.000 m^3 , se construyó a principios del presente siglo con objeto de destinar sus recursos al regadío. El emplazamiento del mismo presenta algunos inconvenientes para el almacenamiento de agua, asociados a la elevada permeabilidad de los materiales que conforman su vaso. Ese factor es el responsable de que toda el agua que se retiene en el embalse, se infiltre en el acuífero subyacente, constituido por las calizas de la sierra de Mediodía. Ésta es la causa de que el embalse esté en la actualidad abandonado, ya que la rapidez con que se produce esta infiltración impide cualquier tipo de regulación de los recursos de la cuenca. Como término medio, el embalse tarda entre tres y cuatro días en perder el agua que tiene almacenada.

Destacar que algo más de la mitad de la altura de la presa se encuentra colmatada por los sólidos en suspensión que arrastra el río en época de avenidas, por lo cual, la capacidad actual de retención del embalse debe ser sensiblemente inferior a la capacidad nominal de 600.000 m^3 .

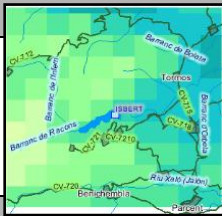
El embalse actúa dentro del sistema hídrico que constituye la cuenca del río Girona, únicamente como una pieza que contribuye a la recarga artificial del acuífero de la sierra de Mediodía. Los estudios de infiltración realizados han utilizado datos aportados por la Confederación Hidrográfica del Júcar, tomados a partir de un sistema de sensores instalados por la misma en la presa, que recogen de forma automática los datos referidos a los niveles de agua detectados en la presa. Analizando los mismos, aunque la serie disponible es corta, se ha obtenido una cifra de 1 hm^3 de agua que se infiltra a través del vaso permeable del embalse en el acuífero subyacente.

La Confederación Hidrográfica del Júcar había contemplado en sus planes de actuación dentro de la cuenca del río Girona, concretamente en el avance del Plan Hidrológico de 1995, la posibilidad de efectuar un recrecimiento de la presa con el fin de aumentar su capacidad y solucionar el problema del déficit de recursos que padece la cuenca, así como una impermeabilización del vaso de la misma. La primera opción consiste en aumentar la altura de la presa hasta 60 metros, con lo cual, la capacidad del embalse se incrementaría hasta los 6-8

hm³. No obstante, estos planes son preliminares y serán necesarios estudios complementarios tanto sobre el emplazamiento de la presa como sobre los efectos que producirá sobre la recarga del acuífero de la sierra de Mediodía y, a través de sus descargas naturales, sobre el acuífero cuaternario aluvial del río Girona.

A continuación se describen las características más importantes de la Presa de Isbert.

Tabla 11. Ficha técnica Presa de Isbert.

1. DATOS ADMINISTRATIVOS	
Nombre de la presa:	ISBERT
Fase según RTSPYE:	Explotación
Titular de la presa:	Estado
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1945
Coordenadas en UTM30:	751659 - 4297224
2. DATOS GEOGRÁFICOS	
	
3. USOS DEL EMBALSE	
Tipos:	Riego
Ríos en el que se encuentra la presa:	Girona
Municipio:	Orba
Cuenca hidrográfica:	Júcar
Provincia:	Alicante
4. DATOS HIDROLÓGICOS	
Superficie cuenca hidrográfica (Km ²):	57
Aportación media anual (Hm ³):	9.41
Precipitación media anual (mm):	550.00
Caudal punta avenida proyecto (m ³ /s):	100.00
5. DATOS DE LA PRESA	
Tipo de presa:	Arco gravedad
Arco de coronación (m):	219.4
Altura desde cimientos (m):	29.00
Longitud de coronación (m):	18.00
Cota de cimentación (m):	190.40
Cota del cauce en la presa (m):	192.40
Volumen del cuerpo de presa (1000 m ³):	1.12

6. DATOS DEL AMBALSE
Superficie del embalse a NMN (ha): 8
Capacidad a NMN (hm ³): 0.6
Cota del NMN (m): 218.00

7. DATOS DEL ALIVIADERO
Numero total de aliviaderos en la presa: 1
Capacidad (m ³ /s): 150.00
Regulación: NO. Labio fijo

8. DATOS DEL DESAGÜE
Numero total de desagües en la presa: 1
Capacidad (m ³ /s): 5.00

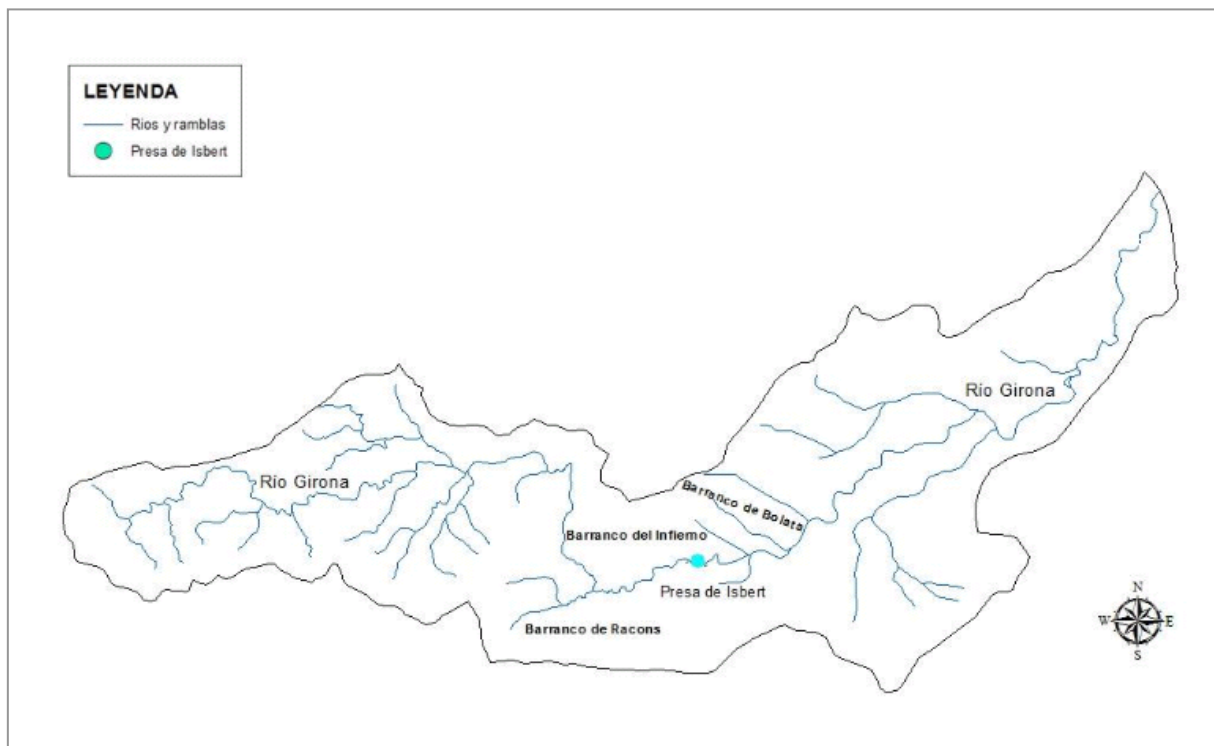


Figura 15. Red de drenaje. Elaboración propia en base a Cartografía temática de la Comunidad Valenciana, 2002.

1.7.3. 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.

1.7.3.1. Parámetros de forma.

❖ Coeficiente de Gravelius.

Este coeficiente representa la influencia del contorno de la cuenca (su forma y su superficie) en los escurrimientos y marcha de los hidrogramas resultantes de una precipitación dada. Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica.

$$Cg = \frac{P}{2(\pi \cdot A)^{1/2}} \approx 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde,

Cg; Coeficiente de Gravelius

P; Perímetro de la cuenca (73,53 Km)

A; Superficie de la cuenca (117,35 Km²)

El resultado que se obtiene es de $Cg = 1,90$, que corresponde a una cuenca alargada, según la clasificación de cuencas en función del valor del coeficiente de Gravelius.

1.7.3.2. Parámetros de relieve.

❖ Curva hipsométrica

Mediante la curva hipsométrica se define el relieve de la cuenca mediante una gráfica de doble entrada cota-superficie acumulada, acumulando el área de cotas máximas a más bajas.

La curva hipsométrica es construida llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en km² o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas.

Como se ve en la figura 8, la cuenca es una cuenca en equilibrio que se encuentra en fase de madurez.

Tabla 12. Relación entre altitudes y superficies de la cuenca río Girona.

COTA (m)	SUPERFICIE POR ENCIMA DE LA COTA CORRESPONDIENTE (Km ²)	% ACUMULADO	% RELATIVO
945	0	0	0,22
900	0,250	0,22	1,23
800	1,650	1,45	6,14
700	8,650	7,56	13,9
600	24,500	21,49	15,88
500	42,600	37,37	10,63
400	54,725	48,00	9,13
300	65,125	57,13	9,16
200	75,575	66,29	14,17
100	91,725	80,46	19,54
0	114,00	100,00	

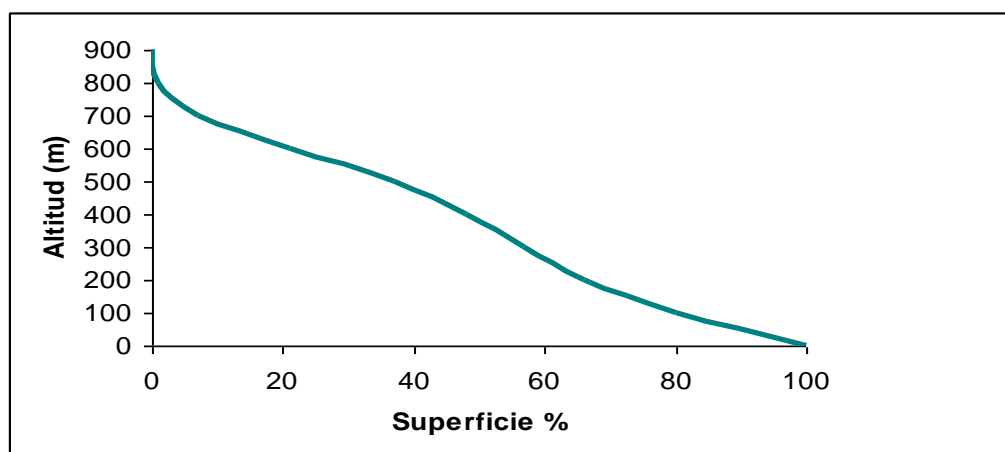


Gráfico 3. Curva hipsométrica de la cuenca.

❖ **Altura media**

Una consecuencia inmediata de la curva hipsométrica es el cálculo de la altura media como:

Donde,

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

h; Altura media (m)

A; Superficie de la unidad hidrológica (km²)

V; Volumen (km³) de la unidad hidrológica, obtenido midiendo el área comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes de coordenadas, aplicando la escala correspondiente.

La altura media de la cuenca del río Girona es **370 m**.

❖ **Pendiente media**

Se calcula por medio de la expresión:
$$S = 100 \cdot \frac{\sum li \cdot E}{A}$$

Donde,

S; Pendiente media (tanto por ciento)

Σli; Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km)

E; Equidistancia de las curvas de nivel (km)

A; Superficie de la unidad hidrológica (km²)

La pendiente media para la cuenca del río Girona es de: **25,57 %**.

1.7.3.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica.

❖ **Densidad de drenaje**

Se define mediante la expresión propuesta por Horton:
$$D = \frac{\sum li}{A}$$

Donde,

D; Densidad de drenaje (km⁻¹)

Σl_i ; Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca = 108,75 Km

A; Superficie de la cuenca = 117,35 Km²

La densidad de drenaje en la cuenca río Girona es de **0,92 km⁻¹**

❖ **Pendiente media del cauce principal**

Se calcula mediante la expresión:
$$j = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{min}}}{1000L} \cdot 100$$

Donde,

j; Pendiente media del cauce (%)

H_{máx}; Altitud máxima del cauce (m)

H_{min}; Altitud mínima del cauce (m)

L; Longitud del cauce (m)

La pendiente media del cauce principal es de **2.16 %**.

1.7.4. Estimación de caudales circulantes.

En base al proyecto de Restauración Hidrológica Forestal de la Cuenca del río Girona de 1990, se van a nombrar los caudales líquidos máximos obtenidos mediante el método genético (HYMO), el método de la D.G. de Carreteras del MOPU y el método empírico de García Nájera.

Tabla 13. Comparativa de caudales obtenidos en base a los tres métodos.

U. H Nº	Q HYMO					Q MOPU					Q G. NAJERA
	T=10	T=25	T=50	100	T=500	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	-
I	48,32	68,17	84,35	99,36	306,76	4,9	13,15	19,86	29,44	169,33	59,15
II	35,19	48,76	59,58	73,56	194,71	-	-	-	-	-	
III	28,68	43,95	56,60	84,18	301,83	-	-	2,88	13,60	108,2	
IV	22,57	33,85	42,98	73,79	231,98	-	6,63	13,15	29,94	121,9	
V	12,20	18,46	25,16	35,67	132,08	-	-	-	-	-	

1.7.5. Erosión en la zona de estudio.

La valoración conjunta de los factores R (agresividad climática), K (erosionabilidad del suelo), LS (topografía) y C (cobertura vegetal), según el modelo USLE, proporciona una estimación de la cantidad de suelo que se pierde por erosión hídrica en el tiempo, expresado en t/ha/año. Estos valores tipifican la erosión actual de cada unidad ambiental y que serán calculados y analizados más a detalle en los siguientes apartados de este trabajo.

La predicción de las pérdidas de suelo, si desaparece el papel protector de la cobertura vegetal, configura la erosión potencial. Las diferencias entre una y otra constituyen el riesgo de erosión, de mayor o menor gravedad en función de sus ratios.

En la publicación “El sól com a recurs natural a la Comunitat Valenciana” (1998) de la Consejería de Obras públicas, Urbanismo y Transportes, se identifican los tipos de erosión característicos de la cuenca del río Girona.

Las zonas de cabecera de cuenca, presentan una erosión actual alta y muy alta, cuyos valores varían entre 40 – 100 t/ha/año. La falta de vegetación en estas zonas es la causa principal del desarrollo del proceso erosivo. En cambio, en el tramo medio y final de la cuenca, a excepción de una pequeña zona en la parte norte con erosiones entorno a las 30 t/ha/año, presentan una erosión baja o muy baja, en el entorno de las 15 t/ha/año. Las tasas de pérdida

de suelo pertenecientes a esta clase, suponen una importante reducción en la capacidad de uso del suelo a (baja o muy baja).

La fisiografía y el material original acentúan o aminoran la pérdida de suelo, en base a la mayor o menor pendiente y/o la consolidación del sustrato geológico, así sobre material poco consolidado (yesos, margas o arcillas) es muy frecuente que, a más de compatibilizar pérdidas de varios milímetros de suelo superficial, desarrollen profundas cárcavas que hacen prácticamente inviable el asentamiento de la vegetación.

1.7.5.1. Índices de protección del suelo por la vegetación.

Está basado en los criterios relacionados con menor energía cinética de la vegetación en el régimen hidrológico.

- La vegetación protege al suelo del impacto de las gotas de la lluvia en gran medida, contribuyendo a que éstas incidan sobre el terreno con menor energía cinética, gracias al efecto de frenado a que les somete.
- La vegetación contribuye a disminuir la escorrentía superficial y a decrecer los caudales punta de avenidas.
- Las raíces de la cubierta vegetal con sus numerosos entramados protegen al suelo ayudando a que este no se degrade.

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

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

Según la información que se obtuvo de la caracterización de la cuenca y tomando como base la asignación de índices de protección según tipo de vegetación, estado de la vegetación y pendiente, elaborada por López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1976);

Tabla 14. Índices de protección del suelo por la vegetación para la cuenca de estudio.

ESTRATO VEGETAL	CODIGO	ESTRATO DE PENDIENTES (%)					
		1 0-3	2 3-12	3 12-20	4 20-35	5 35-50	6 >50
Improductivo	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo arbóreo de secano	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	-
Cultivo arbóreo de regadío	2	0,9	0,7	0,6	0,6	-	-
Forestal arbolado $30 \leq FCC \leq 70$	3	1	1	0,9	0,8	0,6	0,4
Matorral	5	1	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2

Fuente. Cartografía temática Comunidad Valenciana, 2012 (SIG).

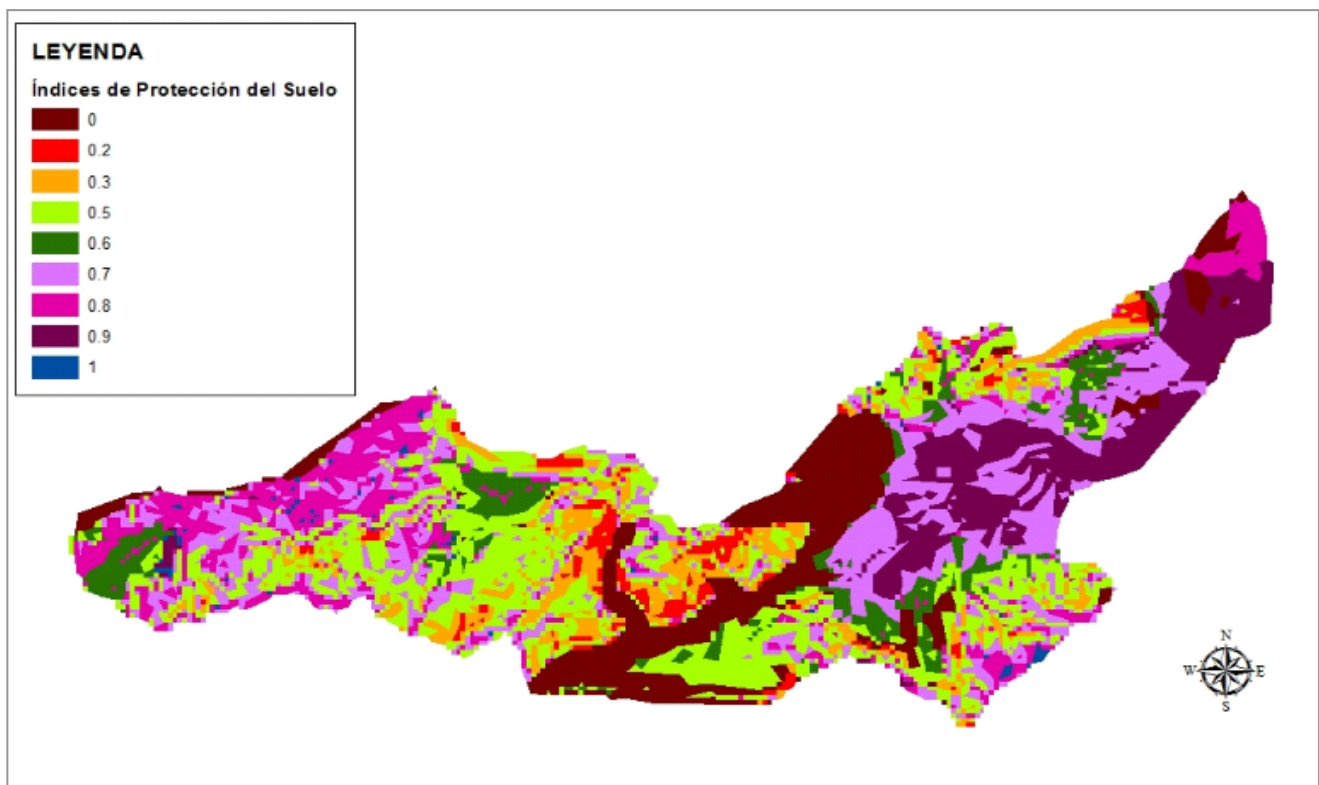


Figura 16. Índices de protección del suelo por la vegetación.

1.8. MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.

El modelo empírico USLE, expresa el promedio de las pérdidas anuales de suelo a largo plazo. El fundamento del modelo está suficientemente documentado en los estudios originales de Wischmeier y Smith (1978).

El modelo USLE estima la erosión anual promedio en una determinada situación de uso y manejo del suelo teniendo en cuenta los factores que afectan la erosión: el clima, (erosividad de la lluvia en la región bajo estudio), las características físicas y topográficas del suelo, el sistema de uso y manejo del suelo, y las medidas mecánicas de control. La expresión del modelo USLE responde a la siguiente ecuación:

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

Donde,

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

La utilización de este modelo ha sido muy generalizada a nivel mundial y en España en numerosos proyectos de Restauración Hidrológico Forestal. De esta manera, la metodología se ha ido manteniendo y las herramientas de cálculo y representación de los factores han ido evolucionando.

Así, por ejemplo, se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar la intersección de mapas temáticos de la zona de estudio y generar un mapa final, llamado mapa de erosión, en los que se representa cartográficamente el modelo. Estos mapas se obtienen mediante la intersección de los siguientes mapas temáticos:

- Líneas iso-R
- Litofacies
- Pendientes
- Usos del suelo o vegetación

- Prácticas de conservación de suelos

1.8.1. Métodos de cálculo de los factores USLE.

1.8.1.1. Factor erosividad de la lluvia (*R*).

Wischmeier presentó en 1959 el factor *R* de erosividad como el índice de erosión por la precipitación pluvial, definido por dos características de las lluvias tempestuosas: la energía cinética y la intensidad máxima durante 30 minutos. El producto de ambos, conocido como *EI30*, es una medida de la manera en que se combinan la energía y la intensidad de una tempestad. El mecanismo que desencadena el proceso erosivo es conocido como *splash*, impacto que ejercen las gotas de agua al incidir sobre el suelo desprovisto de vegetación y la salpicadura que produce consecuentemente.

En el estudio “El sól com a recurs natural a la Comunitat Valenciana” (1998) cuya información será base para el presente trabajo, se ha calculado el factor *R* mediante la ecuación de regresión facilitada por el estudio realizado por ICONA-INTECSA (1981), de zonificación del citado factor para la zona mediterránea del territorio español.

A partir de los datos procedentes de pluviógrafos y pluviómetros y a través de ajustes estadísticos, ICONA (1981) e ICONA (1988) presentan distintas fórmulas con una correlación aceptable. Para la vertiente mediterránea, la relación que más se ajusta es esta:

Donde,

P_{24}^2 Precipitación máxima en 24 h. con periodo de retorno de 2 años.

P_{max} Valor medio interanual de la precipitación del mes más lluvioso de cada año.

Z_1 Área próxima a Grazalema

Z_2 Cuencas del sur de España y el área costera del río Segura

Z_3 Vertiente mediterránea

Z_4 Cuenca de los pirineos orientales

Esta fórmula fue la elegida para el cálculo del factor R en la Comunidad Valenciana y posteriormente Pérez Cueva y Peñarrocha realizaron un mapa de isolíneas de R a escala 1:400.000 con equidistancia de 20 unidades para toda la Comunidad Valenciana, lo que ha permitido asignar a cada una de las unidades cartográficas un valor de R con mayor aproximación.

1.8.1.2. El factor erosionabilidad (K).

La erosionabilidad es el esfuerzo cortante e impacto directo de la gota de lluvia. El factor 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. Este factor además, expresa la pérdida anual media de suelo por unidad del factor R, en las condiciones normalizadas para las parcelas tipo establecidas por Wischmeier, en la que los demás factores adquieren el valor unidad.

En el estudio del ICONA-INTECSA (1981), el factor K del suelo se evaluó de forma experimental en las parcelas tipo. Para cada suelo se medía la relación entre el peso de suelo perdido (t·ha⁻¹) y el número de unidades del índice de erosión pluvial correspondientes, en condiciones de barbecho continuo. Con los valores obtenidos se calculó el promedio de K para cada suelo, a partir del cual se estableció una ecuación de regresión en función de las variables representativas de sus propiedades físicas:

$$100K = 10^{-4} \cdot 2,71 \cdot M^{1,14} \cdot (12 - a) + 4,20(b - 2) + 3,23(c - 3)$$

Donde,

M Factor representativo de la textura. Se calcula como el producto del porcentaje de partículas de suelo comprendidas entre 0,002 – 0,1 mm de diámetro, expresado en porcentaje, por el porcentaje de partículas del suelo comprendidas entre 0,002-2 mm de diámetro, expresado también en porcentaje. Es decir,

$$M = (100 - \%arcilla)(\%(limo + arena\ fina))$$

a. Porcentaje de materia orgánica

b. Número correspondiente a la estructura del suelo según la siguiente codificación:

1. Gránulo muy fino y rumo muy fino (<1 mm)
2. Gránulo fino y grumo fino (1-2 mm)
3. Gránulo y grumo medio (2-5 mm) y gránulo grueso (5-10 mm)
4. Gránulo liso, prismático, columnar y muy grueso (>10 mm)

c. Clase de permeabilidad del perfil, según la siguiente codificación del USDA-Soil Survey

Manual:

1. Rápida a muy rápida
2. Medianamente rápida
3. Moderada
4. Moderadamente lenta
5. Lenta
6. Muy lenta

Todos estos valores de textura, materia orgánica y estructura se refieren a los 15-20 cm superiores del suelo, y los de permeabilidad a todo su perfil.

En el Proyecto de restauración hidrológico forestal de la cuenca del río Girona (1990) para hallar los parámetros a y M de la ecuación que define K ; se han tomado muestras de suelo representativas de toda la cuenca. El valor de K depende fundamentalmente de la erosionabilidad del suelo.

Recordando a continuación los códigos de vegetación y erosionabilidad.

Vegetación:

- | | |
|---|----------------------------|
| 0 | Improductivo |
| 1 | Herbáceo de regadío |
| 2 | Cultivo arbóreo de secano |
| 3 | Cultivo arbóreo de regadío |
| 4 | Arbolado con FCC 30 -70% |
| 5 | Matorral |

Erosionabilidad:

- a Muy erosionable
- b Erosionable
- c Poco erosionable

En el estudio anterior, se han tomado muestras de suelos a lo largo y ancho de la cuenca, cuyos resultados ayudaron a hallar los valores del factor K (Tabla 15) y finalmente se clasifican dichos valores según las combinaciones suelo- vegetación (Tabla 16).

Tabla 15. Cálculo del valor K obtenido en cada muestra. (**Fuente:** Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Girona, 1990).

Muestra nº	Litofacies	K
1	5 b	0,290
2	1 b	0,320
3	5 c	0,188
4	5 b	0,470
5	1 c	0,250
6	2 b	0,359
7	2 c	0,306
8	5 b	0,330
9	1 b	0,407
10	5 c	0,270
11	3 b	0,214
12	3 c	0,248
13	4 b	0,277
14	2 a	0,386

Tabla 16. Valor de K para combinación suelo-vegetación existente en la cuenca.

Litofacies	a	b	c
	Vegetación		
1.	-	0,35	0,25

2.	0,38	0,34	0,30
3.	-	0,21	0,19
4.	-	0,27	-
5.	-	0,30	0,18

1.8.1.3. El factor longitud-inclinación LS.

El factor LS que evalúa la erosionabilidad de los terrenos por causa única de su relieve, conjuga a su vez dos factores:

- La pendiente.
- La longitud de pendiente.

El método más utilizado es el de Williams y Berndt, que estima los valores medios del factor conjunto LS en subcuencas, para ello se ha calculado el factor en 13 pequeñas subcuencas de muestreo cuyas pendientes medias abarcan el intervalo 15% a 35% y, a la vista de los resultados, se ha intentado establecer una regresión o curva entre pendientes y valores de LS.

En base a las pendientes de la cuenca, y a la curva obtenida con las 13 subcuencas de muestreo, se realizó un plano de distribución del factor LS. Para establecer una regresión o curva entre los valores de la pendiente y de LS se han utilizado los 10 pares de valores hallados por el método de las subcuencas. La ecuación de regresión, de modelo exponencial, fue la que dio un coeficiente de correlación más alto y es la siguiente:

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

Con esta ecuación, se asignó a cada estrato de pendientes en la zona en estudio, un valor de LS, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 17. Valor del Factor LS según pendientes.

PENDIENTES		FACTOR LS
CODIGO	%	
1	0-3	0,1972
2	3-12	1,6292
3	12-20	4,4028
4	20-35	8,9611
5	35-50	15,8645
6	>50	24,9421

1.8.1.4. Factor cubierta vegetal o factor C.

Según las experiencias del United States Department of Agriculture (USDA por sus siglas en Inglés), 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.

Las pérdidas en barbecho continuo, vienen dadas por el producto RKLS de la Ecuación Universal de pérdidas de suelo. Las pérdidas reales son bastante menores, dependiendo de:

- La secuencia de cultivos
- Técnicas utilizadas
- Estado de la vegetación en el momento de producirse las lluvias

La influencia del cultivo en la erosión, depende de:

- Especie cultivada
- Posición de la especie dentro de la alternativa
- Mezclas, si existen
- Forma y número de las labores
- Productividad
- Existencia de mayor o menor erosividad de la lluvia en el periodo del año en que se realiza el cultivo.

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

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

Una adaptación de las tablas antes citadas a los cultivos en Alicante, proporcionan valores simplificados de C según tipos de cultivos:

Secano	Cultivos herbáceos	Dehesa	0.23
		Año y vez	0.43
Por semillado		0.36	
	Cultivos leñosos		0.50 a 0.55
Regadío	Cultivos herbáceos	Cultivo hortícola	0.18 a 0.20
		Pradera	0.14 a 0.35
		Remolacha, patata	0.40
	Cultivos leñosos	Goteo \cong secano Cítricos	0.16

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

Tabla 18: Valor del Factor C según uso de suelo.

CÓDIGO	ESTRATO DE VEGETACIÓN	FACTOR C
1	Cultivo herbáceo de regadío	0,20
2	Cultivo arbóreo de secano. Viñedo	0,55
3	Cultivo arbóreo de regadío	0,17
4	Forestal arbolado FCC 30-70	0,04
5	Matorral	0,15

Fuente: Cartografía temática Comunidad Valenciana, 2002. (Datos calculados en toda la Comunidad Valenciana, y extrapolados a la cuenca de estudio).

1.8.1.5. El factor de prácticas de conservación P.

Este factor P no es más que un coeficiente de minoración que se aplica en la estimación de pérdidas de suelo y que recoge la acción beneficiosa de las prácticas de conservación de suelo realizadas en terrenos agrícolas. Por ello Se define como la relación entre las pérdidas del suelo con cultivo a nivel, en fajas y en terrazas; y las pérdidas del suelo correspondientes a un cultivo en surcos según la pendiente.

Los valores de P dependen de la inclinación de ladera y del tipo de práctica de conservación que se haga.

Tabla 19. Valor P – Prácticas de conservación de suelos.

% PENDIENTE	PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN			
	CULTIVO A NIVEL	CULTIVO EN FAJAS	CULTIVO EN TERRAZAS	
			DE DESAGÜE	DE INFILTRADO
2 – 7	0,5	0,25	0,10	0,05
8 – 12	0,6	0,30	0,12	0,05
13 – 18	0,8	0,40	0,16	0,05
19 – 24	0,9	0,45	0,18	0,06

En la cuenca tan solo se han realizado prácticas de conservación con bancales. Por ello,

$$P = 0,05 \text{ si } Pdte < 20\%$$

$$P = 0,06 \text{ si } Pdte > 20\%$$

Se toma $P = 0,055$ para todos los bancales.

Otras prácticas conservacionistas como rotación con cultivos herbáceos, tratamientos de fertilizantes, cubiertas artificiales, etc., se consideran dentro de los trabajos de cultivo, y por tanto, su influencia en las pérdidas de suelo se incluye dentro del factor C.

Los valores de P varían con la pendiente del terreno y el tipo de práctica de conservación que se haga.

Se comprobó en la cuenca del río Girona, que la mayor parte de los cultivos existentes, tanto los de secano como los de regadío, han sido sometidos a prácticas de conservación, incluso se han implementado en las zonas de muy baja pendiente con naranjos. Esta es la razón por la que a todos los cultivos en la cuenca se les ha multiplicado por un factor igual a $P = 0,055$.

Muchas de las repoblaciones se han hecho en zonas de bancales abandonados, pero el efecto del bancale como protector del suelo ya no existe por no estar conservado. En todo caso, lo que sí se ha modificado es la pendiente del terreno y esto afecta al valor de LS .

1.8.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE.

El modelo USLE sirve de guía para la selección de medidas o propuestas para la conservación de determinadas superficies de suelo. Para esta aplicación, es necesario el conocimiento del concepto de “tolerancia de pérdidas de suelo”. Del contraste de éste valor con las pérdidas de suelo calculadas con el modelo USLE para distintos usos del suelo, se obtienen los usos más adecuados para su conservación.

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* (Mellerowicz, 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.

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 periodo futuro previsible con los medios técnicos actuales*”.

Para Wischmeier y Smith (1978), una pérdida tolerable de suelo es *la tasa máxima de erosión que aún permite la sustentabilidad económica a largo plazo del nivel de productividad del suelo*, por su parte Miller (citado por Oyarzún, 1993), sostiene que las pérdidas por erosión a largo plazo no deberían exceder la tasa de formación del suelo. Los rangos de tolerancia para pérdida de suelo varían desde 11 t/ha/año para suelos profundos, permeables y bien drenados con alto nivel productivo a 2 t/ha/año para suelos delgados (Guevara, 1997).

En función de las pérdidas de suelo la FAO, PNUMA y UNESCO (1981), propone la siguiente clasificación:

Tabla 20. *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

Fuente: FAO, PNUMA y UNESCO (1981)

La representación del modelo USLE, se realiza por superposición de los distintos mapas definidores de los parámetros que integran la ecuación.

- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del suelo: definidor de C y P
- Intersección de litofacies según erosionabilidad y usos del suelo: definidor de K
- Líneas iso-R: definidor de R
- Mapa de pendientes: definidor de LS

Los resultados de la pérdida de suelo por estrato de vegetación en la cuenca de estudio, se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 21: *Pérdida de suelo por estrato de vegetación.*

Clase	Estrato de vegetación	Pérdida de suelo (t/ha/año)	
		Total	Media
1	Cultivo herbáceo de regadío	22.431,92	30,72
2	Cultivo arbóreo de regadío	8.093,42	24,98
3	Cultivo arbóreo de secano	248,80	11,31
4	Arbolado con FCC 30-70%	870,49	8,81
5	Matorral	75.709,82	34,38
TOTAL		106.034,74	31.63

Con los cálculos realizados, se pudo calcular la tasa media de pérdidas de suelo en la cuenca que es de 31.63 t/ha·año.

El estrato de vegetación con mayores pérdidas medias en t/ha año es el matorral que pierde 39,78 t/ha año. Este valor supera con mucha diferencia las pérdidas del estrato de arbolado forestal con FCC 30-70% que son 8,81 t/ha año.

Éstas pérdidas, aunque a simple vista puedan parecer excesivamente altas, están justificadas porque la mayor parte de la superficie ocupada por arbolado con FCC 30-70% está en pendientes muy elevadas y el factor LS asignado para estas pendientes aumenta mucho las pérdidas.

Los estratos con cultivos agrícolas en la cuenca, arbóreo de secano y arbóreo de regadío tienen pérdidas muy inferiores debidas principalmente a las prácticas de conservación que se realizan, sobre todo en los cultivos arbóreos de regadío.

Para establecer los intervalos de erosión en el mapa de pérdidas de suelo se ha respetado la clasificación anterior, aunque la misma se ha dividido en intervalos; con lo que el mapa de pérdidas de suelo se define en seis categorías, las cuales a continuación están acompañadas por el resultado de la distribución superficial de la cuenca en estudio.

Tabla 22. Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Girona.

Nivel de Erosión	Superficie (Km ²)
A < 10 t/ha año	40.913
10 < A < 25 t/ha año	23.741
25 < A 50 t/ha año	13.004
50 < A < 100 t/ha año	12.621
100 < A < 200 t/ha año	12.737
A > 200 t/ha año	0.013
Improductivo	14.1

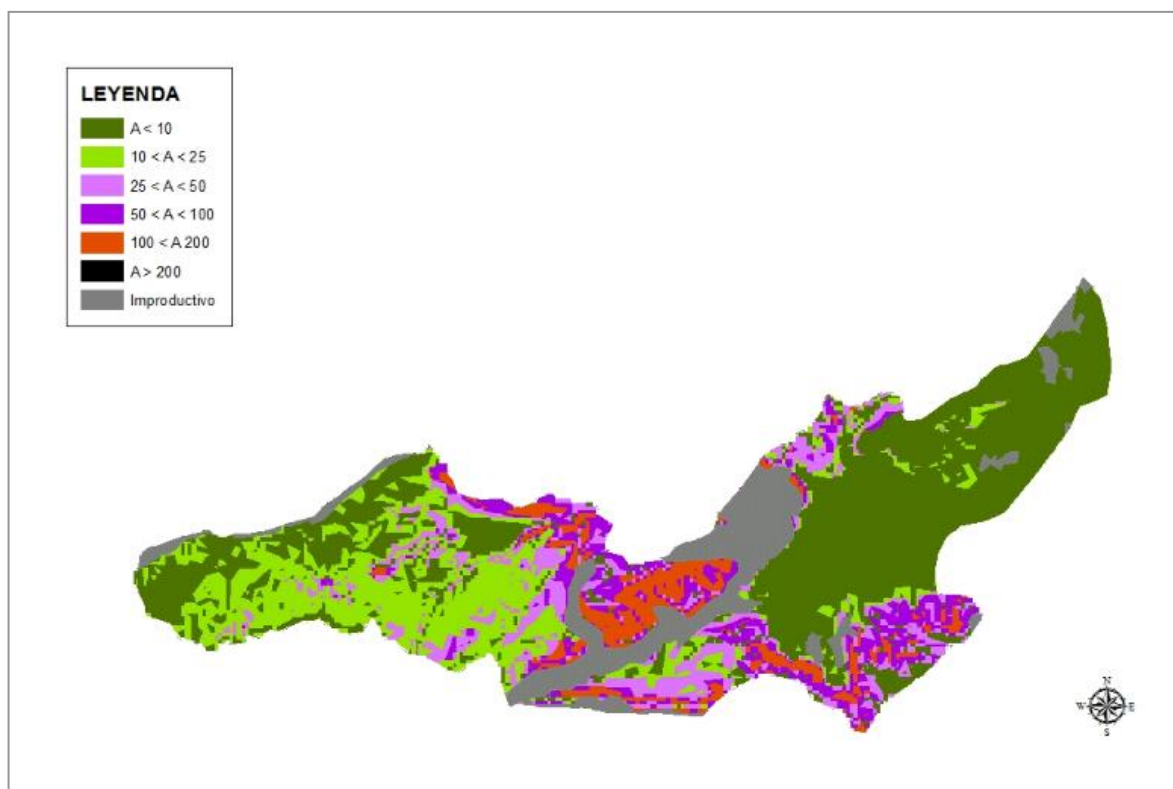


Figura 17. Pérdidas de suelo según el Modelo Usle.

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

Siguiendo con el enfoque de ordenación de cuencas en función de la erosión, la forma de utilizar el modelo USLE responde a lo expuesto en la tabla 23, donde A_t representa las

pérdidas de suelo tolerables, que se establecen en 10 t/ha año por FAO, PNUMA y UNESCO, y A son las pérdidas de suelo genéricas.

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

Tabla 23. Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.

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

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

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

Las actuaciones se reducen a las siguientes:

1. Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida de suelo (agrícola o forestal).
2. Repoblación en terreno forestal (como mejora o sustitución de la masa actual)
3. Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas.

4. Cambio de uso (Repoblación) en el caso de Matorral y Pastizal.

Aplicando la tabla anterior se obtienen las siguientes superficies de actuación.

Tabla 24. Superficies de los usos de suelo asignados según el modelo USLE.

Código	Uso futuro	% de la cuenca	Superficie (km ²)
0	Improductivo	12,01	14,1
1	Mantener uso forestal	1,66	1,95
2	Mantener uso agrícola	28,25	33,15
3	Mantener uso actual	11,59	13,60
4	Repoblación en terreno forestal	0,54	0,63
5	Realizar prácticas de conservación de suelos	7,05	8,27
6	Cambio de uso - Repoblación	36,71	43,08
7	Cambio de uso agrícola	2,19	2,57
TOTAL		100	117,35

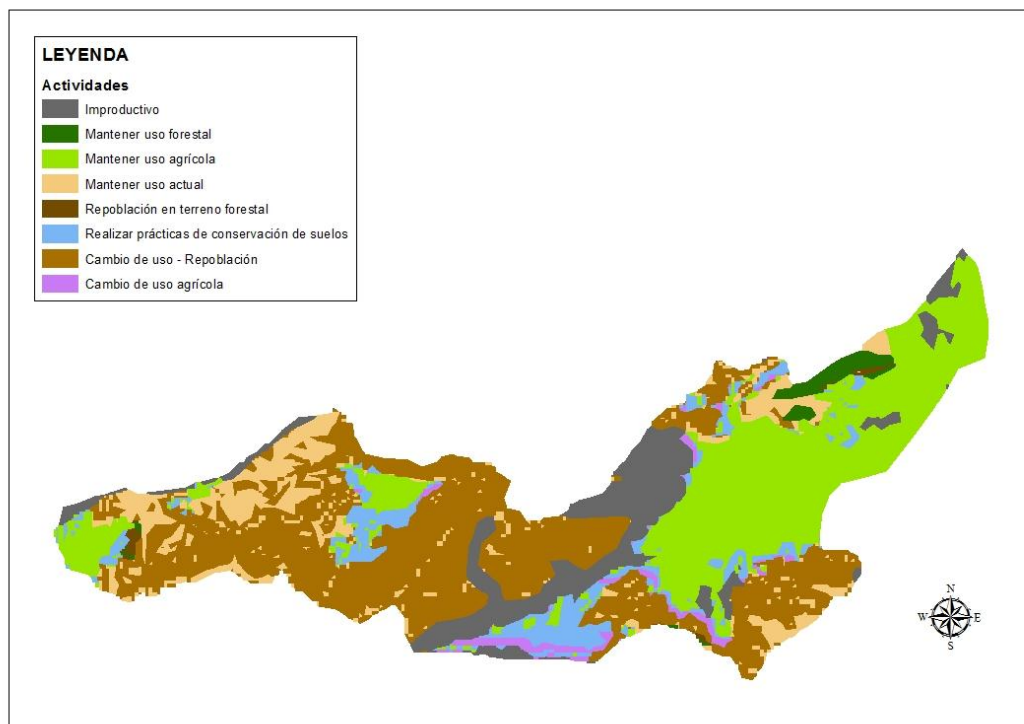


Figura 18. Ordenación según el método Usle.

1.9. ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990).

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

Basándose fundamentalmente en los índices de protección del suelo por la vegetación, en el modelo USLE y, considerando la vegetación como el elemento fundamental de gestión en la ordenación de una cuenca hidrográfica por ser el más manejable y asimismo, teniendo en cuenta que las prácticas de conservación en suelos agrícolas se pueden realizar, orientadas casi siempre a mantener el uso actual y no tener que modificarlo; Mintegui (1990) establece unos criterios para la ordenación Agrohidrológica de una cuenca vertiente que se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 25. *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<At O bien: A>At	Dado que $i > 30\%$, se propone con carácter general mantener, restaurar o crear el monte alto arbolado. No obstante, se analizan las situaciones singulares y se proponen soluciones concretas en general transitorias.
$12 < i < 30$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: -Denso -Aclarado -Degradado -No Degradado -Con o sin	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL Ocasionalmente AGRÍCOLA	Según que: A<At O bien: A>At	-De existir arbolado se propone su continuidad y mejora. -Los matorrales y pastizales no degradados pueden permanecer; pero a

		prácticas de conservación de suelos -Afectado o no por razones				los degradados se propone restaurarlos o transformarlos en monte alto arbolado. -De existir cultivos, siempre es necesario prácticas de conservación. -Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas en general transitorias.
i<12	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: -Denso -Aclarado -Degradado -No degradado	Dependiendo de su vulnerabilidad a la erosión	AGRÍCOLA Ocasionalmente FORESTAL	Según que: A<At O bien: A>At	No existen limitaciones para el uso del suelo en función de la pendiente. Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas.

La tabla destaca la utilización agropecuaria del suelo como muy influyente en los procesos hidrológicos que tienen lugar en la cuenca. Por ello se plantea la ordenación intentando adaptar los usos actuales a los futuros y teniendo en consideración la vocación del territorio, ya que con frecuencia existen fuertes condicionantes sociales de cara a un cambio de uso.

Sin embargo, la tabla no tiene en cuenta determinados aspectos de interés para la ordenación como aspectos posicionales o zonificación de la cuenca (áreas dominantes y áreas dominadas), ni la capacidad actual del territorio para permitir un cierto nivel de la serie climática, no hace mención de las potencialidades bioclimáticas del medio (Tejera, 2001).

Para la aplicación de esta metodología se ha hecho una superposición de los mapas de pendientes, pérdidas del suelo según Modelo USLE, usos del suelo y mapa de erosionabilidad.

A partir de la superposición de los mapas temáticos y, aplicando la tabla 30, se ha asignado para cada polígono con las mismas características el uso futuro del suelo.

De esta forma se ha realizado la ordenación de la cuenca y las superficies resultantes se muestran en la tabla 31.

Tabla 26. Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agrohidrológica con criterios de Mintegui Aguirre (1990).

Código	Uso futuro	% de la cuenca	Superficie (km ²)
0	Improductivo	12,01	14,1
1	Mantener/mejorar uso forestal	0,53	0,62
2	Completar espesura en pinar	9,06	10,63
3	Completar espesura en matorral	11,85	13,90
4	Repoblación forestal protectora	22,10	25,93
5	Prácticas de conservación de cultivos	6,57	7,71
6	Mantener uso agrícola	28,16	33,05
7	Mantener pastizal	2,39	2,80
8	Mantener uso actual	7,34	8,61
TOTAL		100	117,35

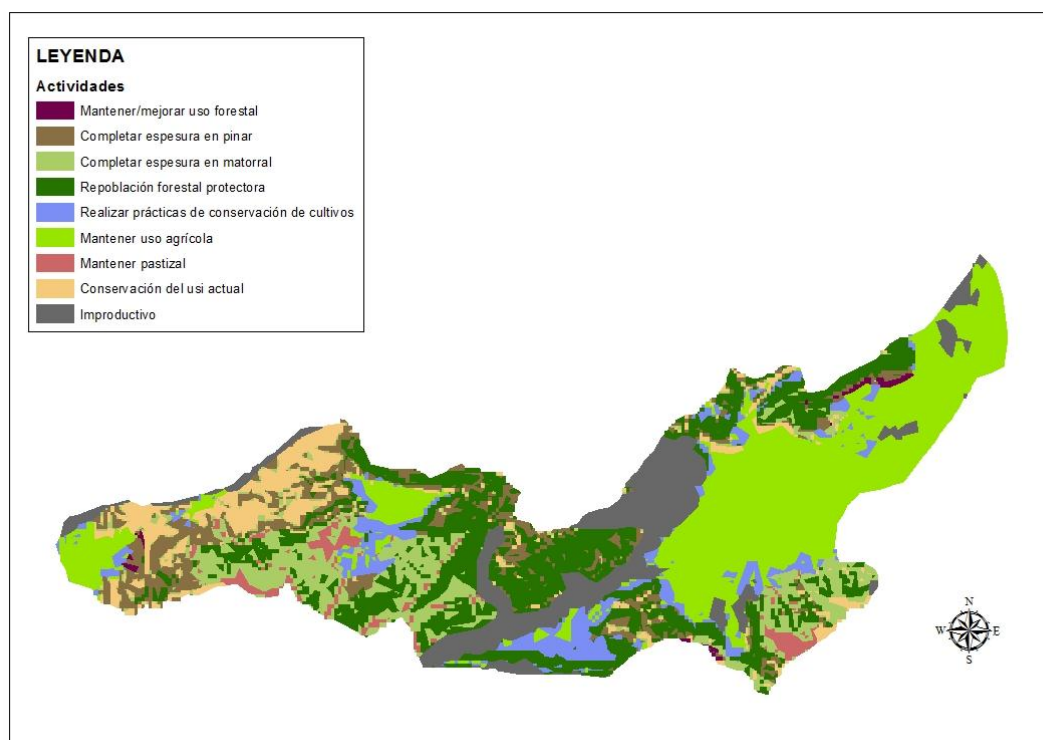


Figura 19. Ordenación según criterios de Mintegui (1990).

1.10. ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.

La ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad presenta algunos elementos relevantes a tomar en consideración (Tejera, 2001):

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

Elementos y enfoque que coinciden plenamente con los principios de la planificación física del territorio, instrumento ampliamente utilizado para conseguir la adecuación entre las características del territorio y las actividades a desarrollar en él.

La planificación física, se fundamenta conceptualmente en la capacidad del territorio para acoger una actividad determinada, como resultado de la concurrencia de un conjunto de elementos ambientales significativos, que son los que le otorgan la aptitud para que pueda desarrollarse en él sin causarle daños (Ramos, 1979).

Uno de los conceptos clave en la aplicación de la sostenibilidad es el de “capacidad del medio para asumir determinadas actividades”.

Como no es posible aplicar el concepto de capacidad de carga (máximo cuantitativo de una actividad o de sus efectos que puede soportar indefinidamente un hábitat o un ecosistema sin dañarlo de manera irreversible y permanente (Rees, 1988)) por carecer de información cuantitativa necesaria, procede acudir, en la línea del informe Dobris (Agencia Europea del Medio Ambiente AEMA, 1995), al concepto de capacidad del medio como expresión de su aptitud para acoger las diferentes actividades que pueden proponerse en la ordenación de la cuenca.

1.10.1. Estudio de la problemática de la cuenca.

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

- Es una cuenca estrecha y alargada, ocasionalmente tiene importantes crecidas, que anteriormente provocaron inundaciones en su parte media, concretamente donde se forma el Barranco del Infierno, y desde ese punto hasta llegar al mar. Los caudales máximos que se suelen formar, han provocado daños en las infraestructuras y cultivos y aún los ponen en riesgo.
- El régimen meteorológico de la zona, próxima a la costa, presenta lluvias torrenciales, como consecuencia de las llamadas gotas frías, que tienen especial incidencia en el otoño, los cuales son fenómenos frecuentes y que exponen a la cuenca a avenidas e inundaciones, con importantes arrastres de sedimentos.
- La zona de planicie litoral de la cuenca presenta grandes dificultades de drenaje de la escorrentía, lo que provoca que las inundaciones sean uno de los riesgos más presentes en la zona, con graves consecuencias para el entorno natural, social y económico de la misma.
- Las características morfológicas, geológicas, climáticas y fisiográficas de la cuenca en estudio dan lugar a importantes fenómenos de erosión y depósito de sedimentos que implican importantes pérdidas de suelo, sobretudo en cabecera de cuenca.
- La modificación de la cubierta vegetal natural dificulta la regeneración del bosque natural. Entre las actividades modificadoras están los incendios forestales, cuya frecuencia durante el periodo 1998-2008 en la cuenca se encuentra entre 30 y 60 veces (Mapa de Frecuencia de incendios forestales por término municipal durante el periodo 1998-2008, elaborado por el Banco de datos de la biodiversidad, Julio 2010).
- Existe una superficie importante de matorral degradado que como consecuencia presenta pérdidas de suelo importantes, además de una deficiencia bastante importante del estrato arbóreo. La vegetación en su mayor parte es deficiente, agravada por pendientes bastante elevadas, con lo que predominaría la escorrentía frente a la infiltración.
- Existen superficies de vegetación arbustiva en terrenos con pendientes muy elevadas (superiores al 30%) que, lejos de proteger el suelo, aportan un elevado caudal sólido al río y aumentan la erosividad del suelo.

1.10.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades.

La ordenación de la cuenca en estudio está encaminada al uso correcto de recursos naturales y a la corrección de situaciones de degradación. Como objetivo fundamental de carácter hidrológico forestal está la protección del suelo, control de la erosión y evitar así las pérdidas de suelo.

Al ser la cuenca un generador y almacén de agua, con la ordenación de la misma se pretenderá regular los caudales líquidos de forma que se produzca un mejor aprovechamiento cuantitativo del recurso, recarga de acuíferos, así como controlar los caudales y evitar inundaciones.

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

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

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

Para lograr estos objetivos, se propondrán una serie de actividades a realizar que dependan de elementos del medio y puedan representarse mediante mapas temáticos creados con el software ArcGIS 10.

Los objetivos y actividades están reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 27. *Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.*

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

1.10.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática.

Para definir y caracterizar el medio físico de la cuenca en estudio, se han seleccionado una serie de elementos del medio descritos en capítulos anteriores, que son influyentes o guardan relación con las actividades propuestas. Cada elemento está dividido en sus correspondientes tipos o clases.

Los elementos del medio seleccionados son los siguientes:

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

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

Cada elemento del medio constituye una capa de información compuesta por una serie de recintos homogéneos denominado mapa temático. La digitalización de dichos recintos, la información alfanumérica asociada a los mismos y la construcción de topología, da lugar a cada una de las coberturas.

Utilizando en Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10 se generaron todas las coberturas necesarias para el análisis de la información y producción de diferentes mapas temáticos, los mismos que ya han sido nombrados y utilizados en apartados anteriores. Así mismo, con la ayuda de esta herramienta, se calcula la pendiente en casa píxel y finalmente se hizo una clasificación de estos resultados para facilitar su representación gráfica.

Las coberturas generadas son las siguientes:

- **Pendiente:** Se partió de las curvas de nivel correspondientes a las hojas topográficas de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 obtenidas de la página del Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. A partir de las curvas de nivel, se construyó un Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir del cual se creó un mapa en formato Raster en el que cada píxel contiene su cota como variable.
- **Influencia hídrica:** A partir de la red hidrográfica obtenida en formato digital de la Base Topográfica Nacional, se ha generado buffer de 100 metros de anchura a la red hídrica. De esta manera se obtuvo una cobertura con dos clases de recintos: los de “influencia hídrica” y los de “no influencia hídrica”.
- **Usos del suelo:** Se elaboró esta cobertura a través del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos incluido en la base de datos del Segundo Inventario Forestal Nacional, elaborado por el Servicio de Inventario Forestal en 1996. Esta cobertura, fue debidamente modificada y/o reclasificada con información del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Nacional de 2000 a 2010, el cual se encuentra disponible en formato de imagen a través

de servidores WMS (Web Map Service) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

- Litología: Se obtuvo esta cobertura a partir del mapa Geológico de España a escala 1:50.000 elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el año 2010.
- Pérdidas de suelo: Cobertura generada por ArcGIS 10, a partir de la superposición de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, como se describe en el apartado correspondiente a su análisis.
- Propiedad: Esta cobertura, incluida en el Segundo Inventario Forestal Nacional a escala 1:50.000, fue adquirida del Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Incluye los montes que tienen alguna relación de dominio con la administración forestal.
- Protección: Cobertura obtenida del Banco de Datos de la Naturaleza, a escala 1:50.000. Recoge los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) susceptibles a ser considerados como parte de la red ecológica “Natura 2000”. El LIC obtenido corresponde al “Paraje de les Valls de la Marina”
- Espesura cubierta arbórea: Cobertura incluida en el Mapa Forestal de España. Escala 1:200.000 proporcionada en formato digital por el Banco de Datos de la Naturaleza, perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino.

1.10.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades.

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 de realiza en dos fases:

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

Hasta ahora, en el desarrollo de este estudio, se han definido un conjunto de actividades a_i (donde $i= 1,2,3, 4\dots m$) y una serie de elementos del medio e_j (donde $j = 1,2,3,\dots n$) cada uno dividido en k tipos e_{jh} ($h= 1,2,3,\dots,k$). Es preciso establecer las relaciones $e_{jR}a_i$ 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	$-\infty$
Negativo	-1
Indiferente	0
Positivo	+1
Muy positivo	+2

Por lo tanto, la relación de elementos del medio-actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión $m \times n$, donde m corresponde a las actividades propuestas y n a los elementos del medio, con sus respectivos tipos, cuyas coberturas se han descrito en el inciso

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.

Tabla 28. Matriz de capacidad de acogida de las actividades.

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-3%	0	0	0	0	1	0	2
	3-12%	0	0	0	0	2	0	1
	12-24%	2	0	1	0	2	0	-∞
	24-30%	2	0	2	0	0	0	-∞
	>30%	1	0	2	0	-∞	0	-∞
Influencia hídrica	SI	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	-∞	-∞	0	0	0
Usos suelo	Herbáceo de regadío	-∞	-∞	-∞	-∞	1	1	2
	Arbolado de regadío	1	-∞	-∞	-∞	2	1	2
	Arbolado de secano	2	1	-∞	-∞	2	1	2
	Arbolado FCC 30-70%	2	2	-∞	-∞	2	2	-∞
	Matorral	2	-∞	-∞	-∞	1	0	-∞
	Improductivo	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
Litología	Poco erosionable	0	0	0	0	0	1	0
	Erosionable	2	1	1	1	1	1	1
	Muy erosionable	2	2	2	2	1	2	1
Pérdidas del suelo	Ninguna o ligera <10	0	1	0	0	2	2	2
	Moderada 10-50	1	1	1	1	1	1	-1
	Alta 50-100	1	1	2	1	-∞	1	-∞
	Muy alta >100	2	2	2	2	-∞	1	-∞
Propiedad del suelo	Monte público	2	2	2	2	2	2	0
	Privado	0	0	0	0	0	0	0
Protección	Zona LIC	1	0	0	0	2	2	0
	Ninguna	0	0	0	0	0	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completa >80%	-∞	-∞	0	0	-∞	-∞	-∞
	Defectiva 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	Ralo <40%	2	2	0	0	1	1	0

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

Utilizando las herramientas del programa ArcGIS 10. Se crean para cada cobertura su correspondiente actividad, de manera que la actividad usos del suelo_act1, tendrá sus valores correspondientes en la tabla, mediante un reclasificado de datos, adoptando los valores de la tabla, así igual para cada actividad. Por ejemplo, en la cobertura pendientes, a la clase 0-3% se le da el valor 0, y así a todas las clases de esta cobertura. A las capacidades excluyentes ($-\infty$) se les asignó el valor 99 para que el programa pueda realizar los cálculos. Y cada cobertura con sus siete actividades y sus correspondientes valores.

Para cada actividad se seleccionan las coberturas. Por ejemplo, para la actividad 1 se seleccionan las correspondientes coberturas, usos_act1, pend_act1, y así todas las coberturas, y hacemos la superposición de las capas. Los valores que toman cada una de dichas variables es la suma de todos los valores de cada polígono. Esta suma es igual a la capacidad del medio para acoger las diferentes actividades y se obtuvo así una cobertura para cada actividad, en la que la única variable que existe es la representación de este valor.

Se realizaron las mismas operaciones para las restantes actividades de capacidad.

Así, se dispone de una serie de valores representativos de la capacidad del medio para acoger cada actividad. Para hacer manejables los valores obtenidos, se procedió a establecer una estratificación de dichos valores en las siguientes clases:

Capacidad EXCLUYENTE -

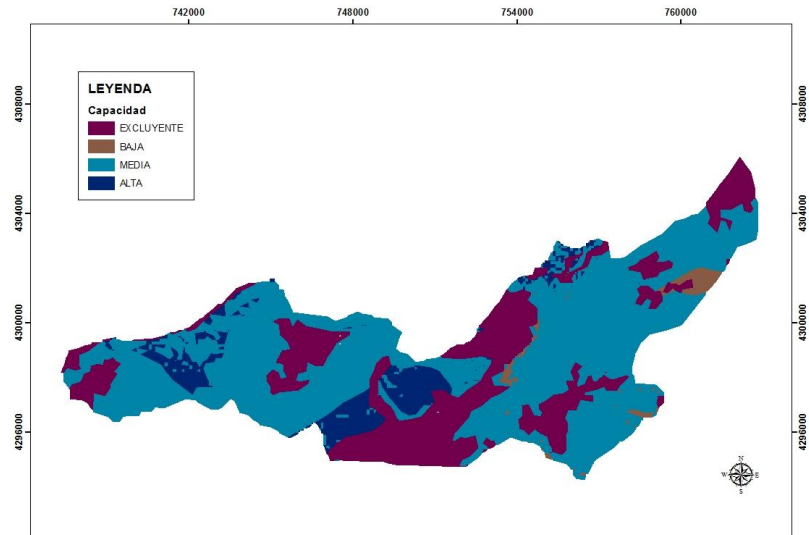
Capacidad BAJA valores comprendidos hasta el percentil 25%

Capacidad MEDIA valores entre el percentil 25 y el 75%,

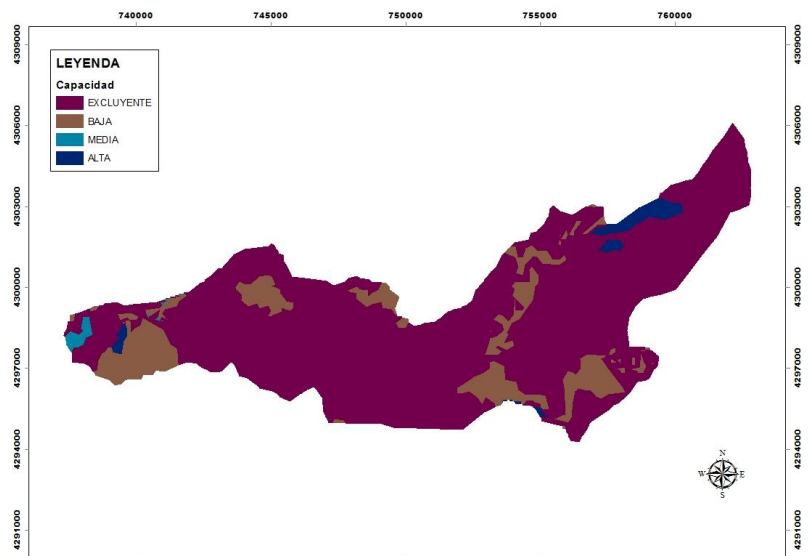
Capacidad ALTA valores mayores del percentil 75%.

Debido a que en los elemento usos de suelo, su capacidad es excluyente para las actividades 3 y 4, estas no se muestran a continuación. Los valores de capacidad de acogida para las actividades y el resultado gráfico de los mismos se presentan en las siguientes figuras:

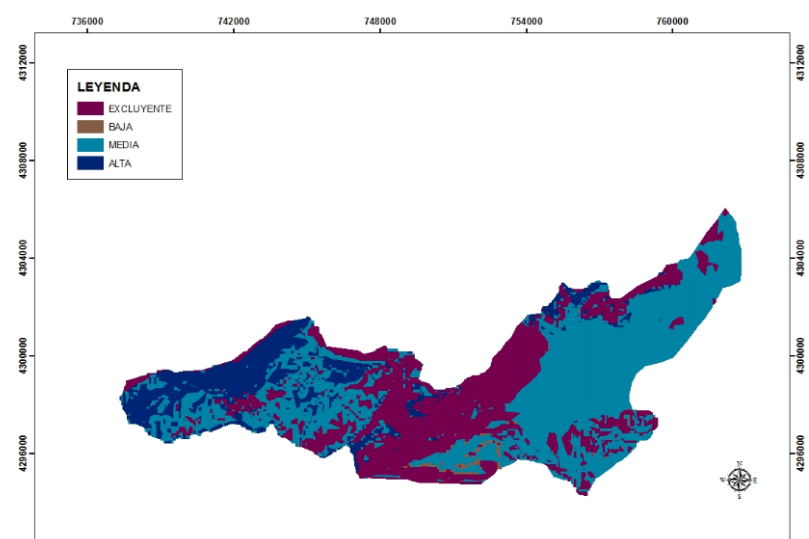
Figura 20. *Actividades 1, 2 y 5.*



Capacidad para la actividad 1: Repoblación forestal protector.

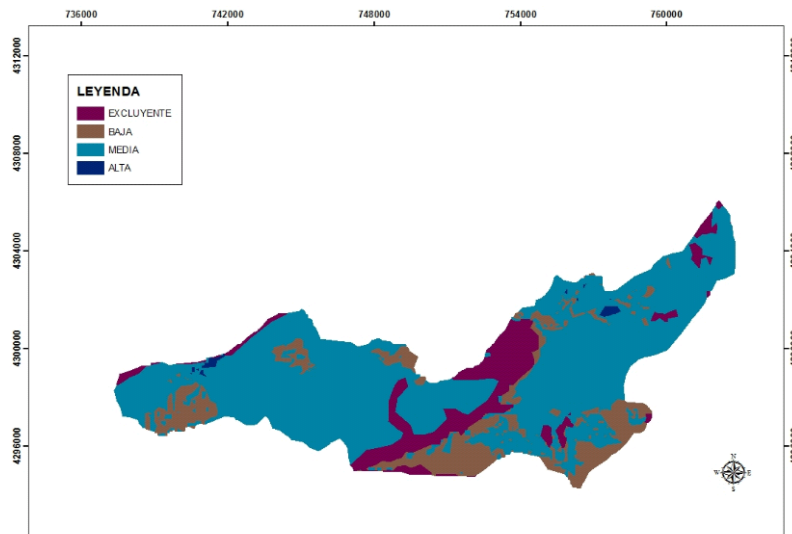


Capacidad para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva.

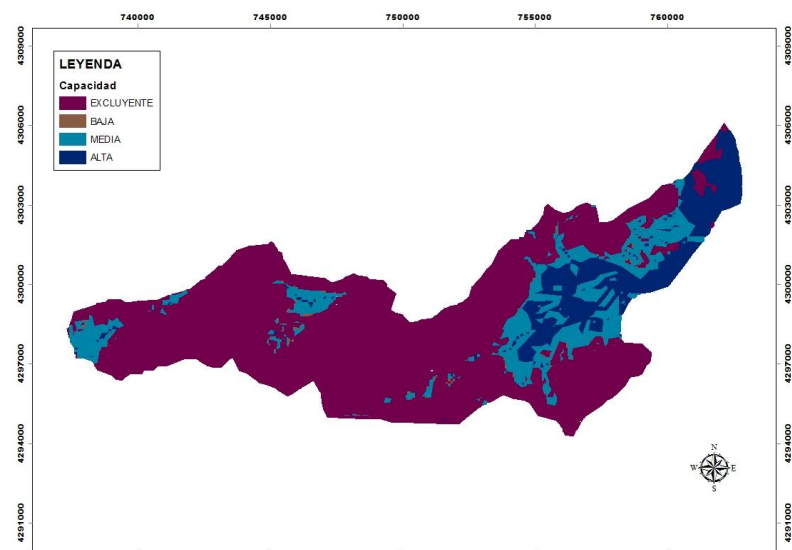


Capacidad para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.

Figura 21. Actividades 6 y 7.



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



Capacidad para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.

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

La conveniencia para llevar a cabo las distintas actividades propuestas en el medio es variable. Los elementos representativos del medio físico en que se encuentra la cuenca, se verán afectados positiva o negativamente por las actividades resultantes de la ordenación.

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

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

2	Actividad muy conveniente
1	Actividad conveniente
0	Actividad indiferente
-1	Actividad poco conveniente
-2	Actividad muy poco conveniente
-	Actividad no conveniente

El elemento “j” no influye en el desarrollo sobre el territorio de la actividad “i” o no existe capacidad para la actividad por lo que no se evalúa el grado de conveniencia. La relación entre elementos del medio y actividades para evaluar el beneficio que producen las mismas, se expresan mediante de una matriz de dimensión $m \times n$ donde $m=7$ actividades y $n=8$ elementos.

Tabla 29. Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades.

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
Pendiente	0-3%	0	0	0	1	2	0	2
	3-12%	0	0	0	1	2	0	1
	12-24%	1	1	1	2	1	0	-
	24-30%	2	2	1	2	1	0	-
	>30%	2	2	2	2	-	0	-
Influencia hídrica	SI	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	0	0	0	0	0
Usos suelo	Herbáceo de regadío	0	-	-	0	1	0	2
	Arbolado de regadío	-1	1	-	0	1	1	2
	Arbolado de secano	0	1	-	0	1	1	2
	Arbolado FCC 30-70%	0	1	-	0	0	0	-
	Matorral	2	-	-	0	1	0	-
	Improductivo	-	-	-	-	-	-	-
Litología	Poco erosionable	0	1	0	0	0	0	0
	Erosionable	1	1	1	1	1	0	1
	Muy erosionable	2	2	0	1	1	0	1
Pérdidas del suelo	Ninguna o ligera <10	0	0	0	1	0	0	1
	Moderada 10-50	1	1	1	1	1	0	-1
	Alta 50-100	2	2	2	2	-	0	-
	Muy alta >100	2	2	2	2	-	0	-
Propiedad del suelo	Monte público	0	0	0	0	0	0	0
	Privado	1	1	0	0	0	0	2
Protección	Zona LIC	0	0	0	2	2	2	0
	Ninguna	1	0	0	1	1	0	0
Espesura de la cobertura arbórea	Completa >80%	-	-	-	0	0	0	-
	Defectiva 40-80%	1	2	-	0	1	0	0
	Ralo <40%	2	1	-	0	0	0	0

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

El valor de la conveniencia de una actividad i en una unidad territorial homogénea es dado por la siguiente suma.

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

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

Utilizando el SIG, se ha realizado la superposición de las coberturas del medio calculándose en cada recinto obtenido, los valores del grado de conveniencia para cada una de las actuaciones propuestas.

Al llegar a esta fase se tiene, análogamente, el listado de los valores indicativos del grado de conveniencia de las actividades para el territorio.

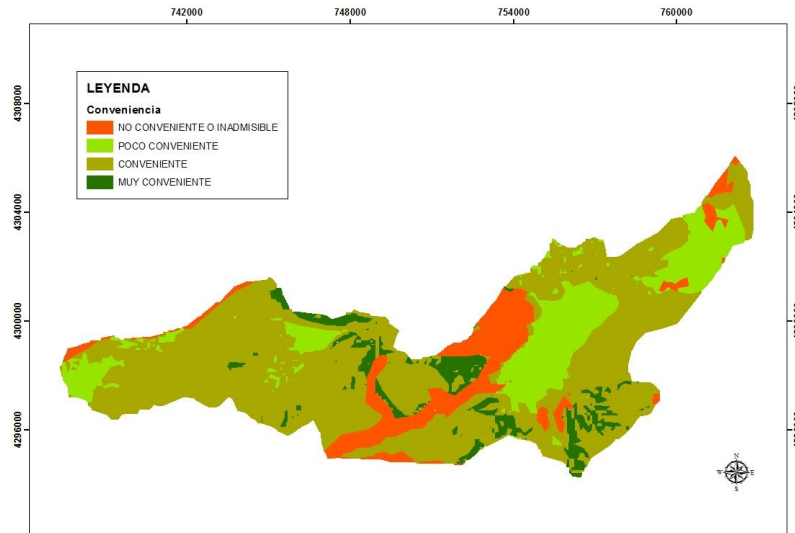
Asimismo, se hace una clasificación de dichos valores en las siguientes clases

- _ Muy conveniente
- _ Conveniente
- _ Poco conveniente
- _ No conveniente o Inadmisibles

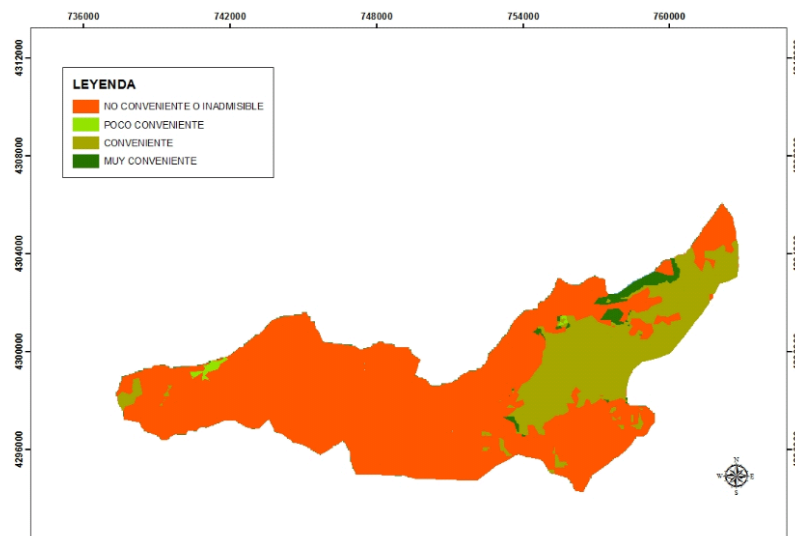
La conveniencia para la Actividad 3 es inadmisibles en toda su superficie, por lo que no se mostró en los resultados. Los valores de Conveniencia del medio para realizar actividades obtenidas y el resultado gráfico de los mismos se presentan en las siguientes figuras:

Figura 22. *Actividades 1, 2 y 4.*

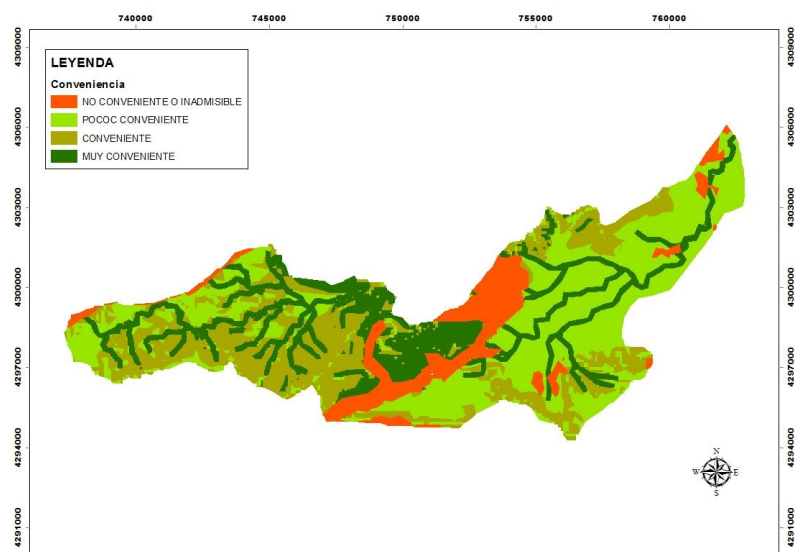
Figura 23. *Actividades 5, 6 y 7.*



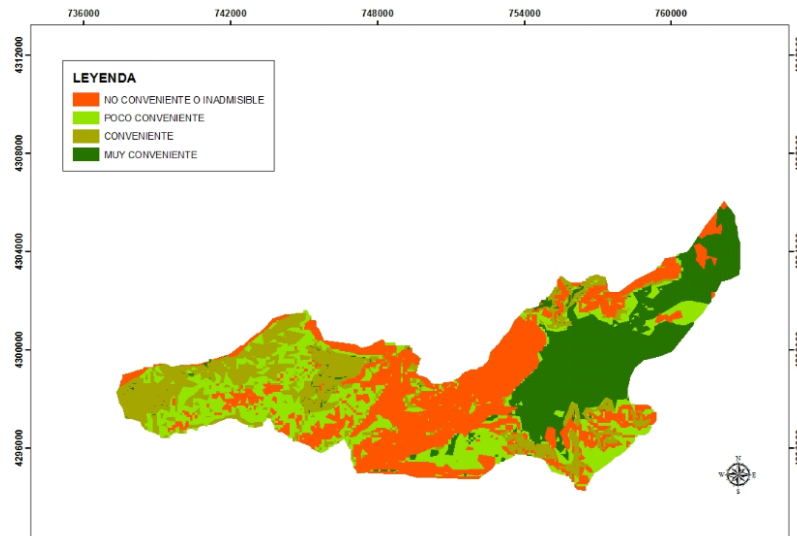
Conveniencia de la actividad 1: Repoblación forestal protectora.



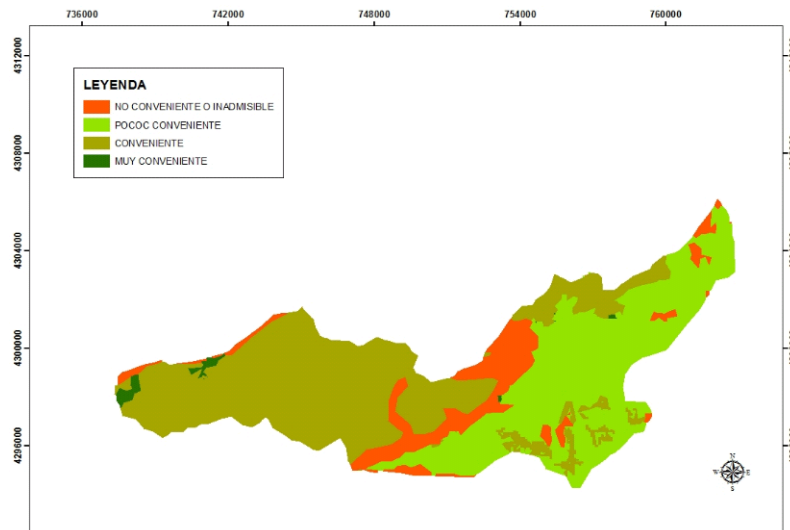
Conveniencia de la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectivas.



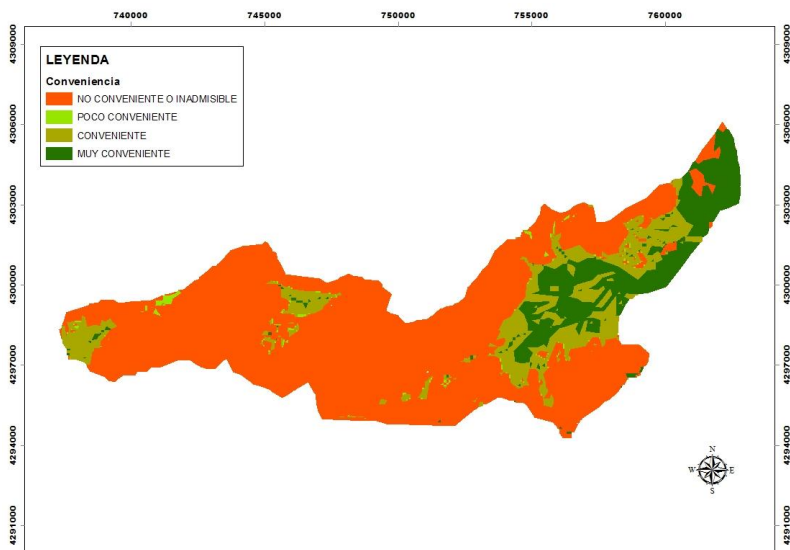
Conveniencia de la actividad 4: Restauración de riberas.



Conveniencia de la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad.



Conveniencia de la actividad 6: Conservación de enclaves de interés.



Conveniencia de la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.

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

Como ya se tiene la capacidad de acogida del terreno y el grado de conveniencia de realización de cada actividad, se engloban ambos conceptos en uno solo que se refiere a la aceptación de la actividad y al efecto que produce: Adecuación, expresado en forma matricial según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 30. Adecuación del medio para la realización de actividades.

CAPACIDAD	GRADO DE CONVENIENCIA			
	<i>Muy conveniente</i>	<i>Conveniente</i>	<i>Poco conveniente o indiferente</i>	<i>No conveniente</i>
<i>Alta</i>	<i>Muy adecuado</i>	<i>Bastante adecuado</i>	<i>Medianamente adecuado</i>	<i>No adecuado</i>
<i>Media</i>	<i>Bastante adecuado</i>	<i>Medianamente adecuado</i>	<i>Poco adecuado</i>	<i>No adecuado</i>
<i>Baja</i>	<i>Medianamente adecuado</i>	<i>Poco adecuado</i>	<i>No adecuado</i>	<i>No adecuado</i>
<i>Excluyente</i>	<i>No adecuado</i>	<i>No adecuado</i>	<i>No adecuado</i>	<i>No adecuado</i>

Utilizando esta tabla, y la superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia se ha determinado la adecuación global del territorio, expresada en cada unidad territorial homogénea, para cada actividad. Los resultados se han agrupado en tres clases agrupadas de la siguiente manera:

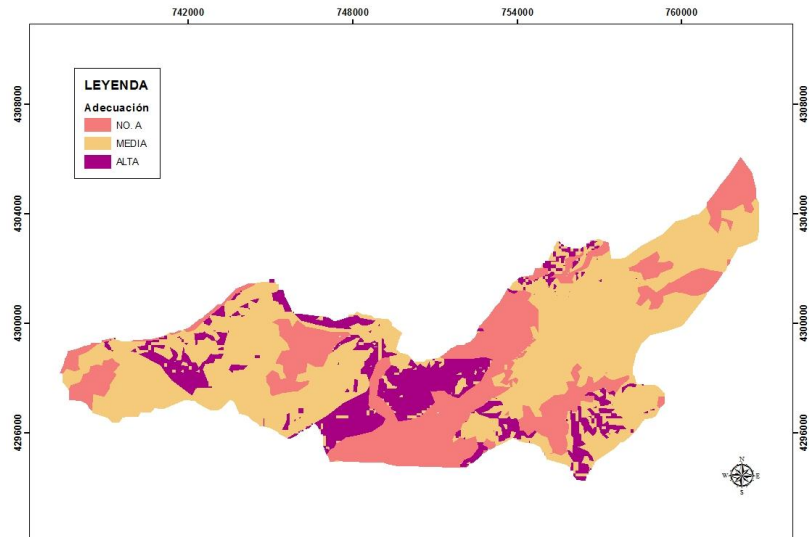
Tabla 31. Clases de Adecuación establecidas.

CLASE	ADECUACIÓN
<i>NO. A</i>	<i>No adecuado</i>
<i>MEDIA</i>	<i>Poco o medianamente Adecuado</i>
<i>ALTA</i>	<i>Bastante o muy Adecuado</i>

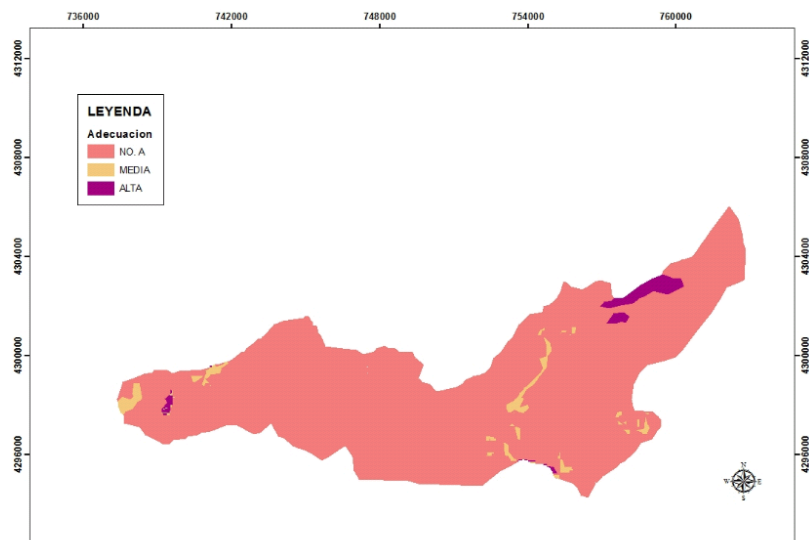
Los resultados de la superposición de capas para conseguir el grado de adecuación de cada actividad, son representados en las siguientes figuras.

Figura 24. Actividades 1, 2 y 5.

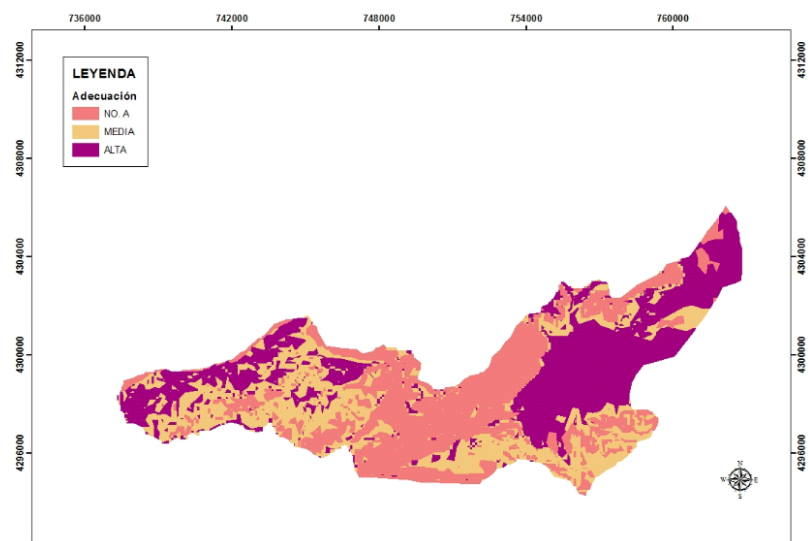
Figura 25. Actividades 6 y 7.



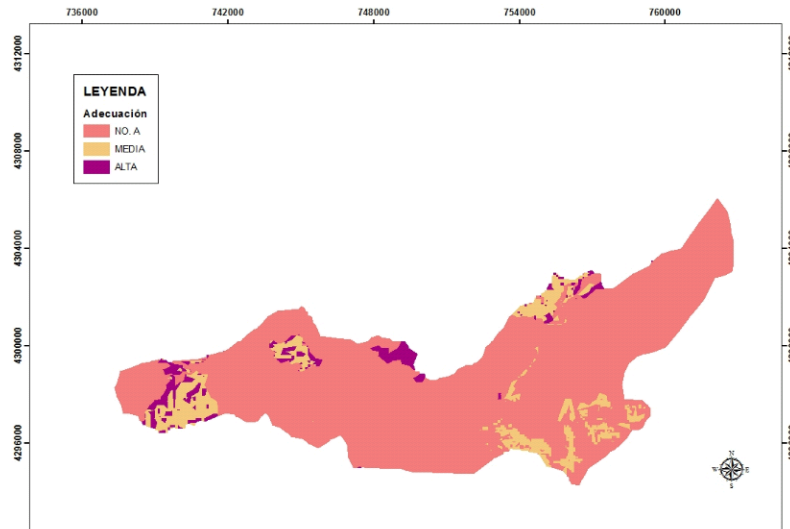
Adecuación para la actividad 1: Repoblación forestal protectora.



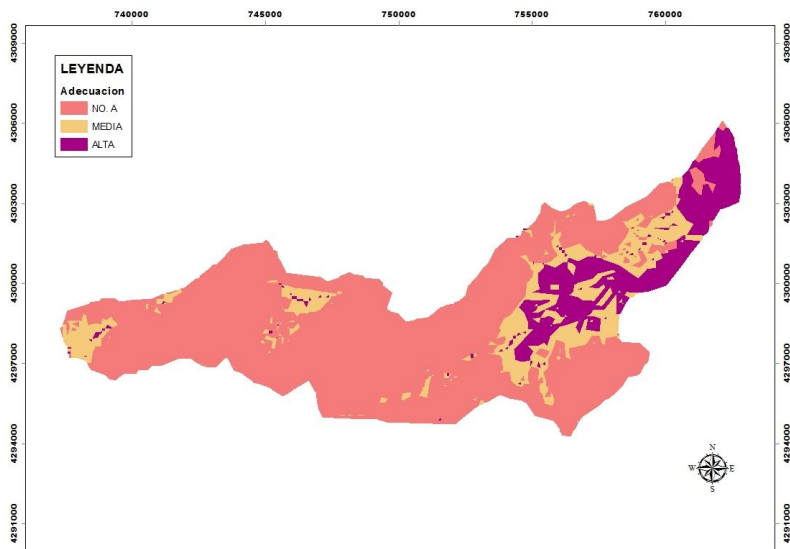
Adecuación para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva.



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



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



Adecuación para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.

1.10.7. Relaciones entre actividades.

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

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

Tabla 32. *Compatibilidad entre actividades.*

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

Donde,

C Compatible

I Incompatible

1.10.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos.

1.10.8.1. Asignación de actividades.

En principio, la asignación de actividades en la cuenca se establece en base al mayor grado de adecuación que presenten y teniendo en cuenta que las actividades que coincidan en el territorio y sean compatibles 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 (modelo USLE) y el uso actual del suelo.

Así pues, en los polígonos donde se tenga incompatibilidad de actividades, se analiza la pérdida potencial de suelo que proporciona el modelo USLE y, al compararla con la pérdida de suelo admisible o tolerable, si aquella fuese mayor, se optará por la actividad que proponga el uso de suelo que ofrezca mayor grado de protección al suelo y contribuya a la disminución de sus pérdidas.

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

1.10.8.2. Actividades propuestas.

Con la información antecedente, en este punto, se tiene la adecuación para cada actividad, en la cuenca del río Girona, indicada en la siguiente tabla.

Tabla 33. Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas.

ACTIVIDADES	Adecuación	Superficie (km ²)
1. Repoblación forestal protectora	Alta	31,97
	Media	13,78
2. Completar espesura en masas defectivas	Alta	1,98
	Media	0,70
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta	4,54
	Media	8,99
6. Conservación de enclaves de interés	Alta	4,30
	Media	7,54
7. Mantenimiento del uso agrícola	Alta	14,97
	Media	16,56

Tras realizar la superposición con el SIG, se determina que las actividades 3 (hidrotecnias de corrección en cauces) y 4 (Restauración de riberas), no se pueden representar, debido a la inexistencia de emplazamientos adecuados de los cauces en el primer caso, y a que existe en gran parte de las riberas zonas muy degradadas o zonas de cultivos muy abancaladas.

El criterio de propuesta final empleada es la clase de adecuación ALTA o MEDIA en algunos casos para la realización de cada actividad. A partir de la superposición con el SIG de las

coberturas de adecuación de las actividades propuestas se obtienen las siguientes combinaciones posibles, que se muestran en la tabla 39.

Tabla 34. *Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes.*

Actividades compatibles	% de la cuenca	Superficie (km ²)
Actividad 0	12,01	14,1
Actividad 1	36,55	42,9
Actividad 1 y 6	1,62	1,90
Actividad 2	1,23	1,44
Actividad 2, 5 y 6	2,62	3,08
Actividad 2 y 6	0,77	0,90
Actividad 5	6,89	8,08
Actividad 5 y 6	10,33	12,12
Actividad 6	1,44	1,69
Actividad 7	26,54	31,14
TOTAL	100	117,35

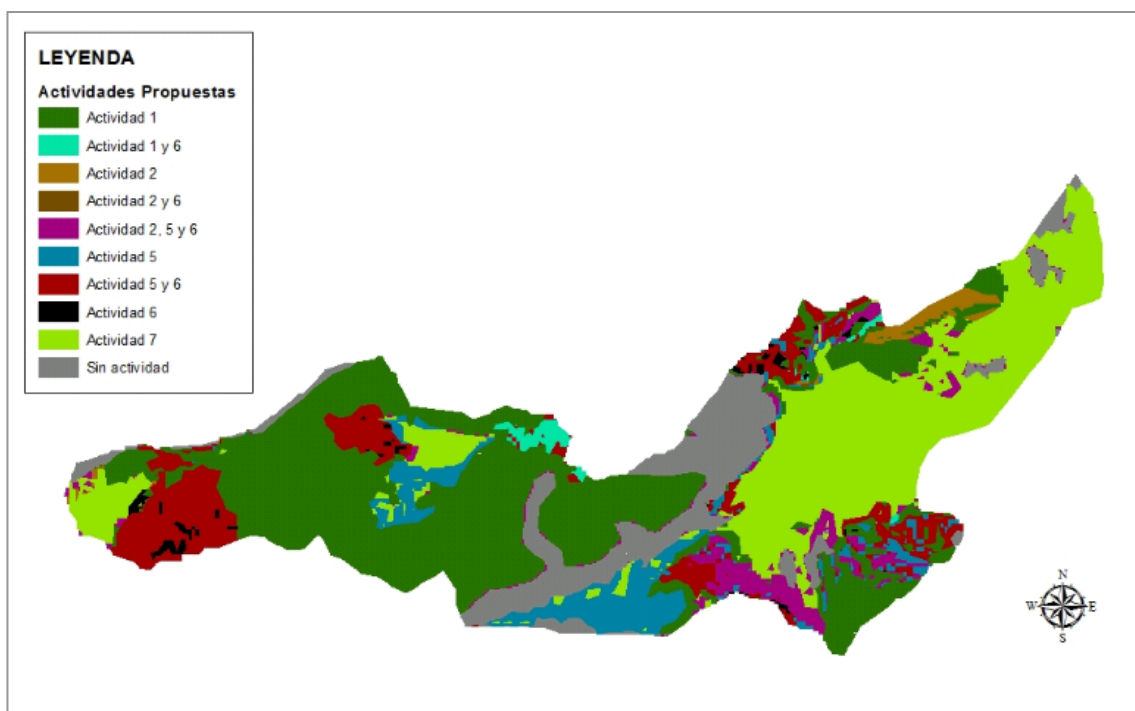


Figura 26. *Ordenación según criterios de sostenibilidad.*

1.11. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Los siguientes resultados obtenidos, proceden de la aplicación de los métodos de ordenación de cuencas USLE, Criterios de Mintegui y de la metodología de ordenación según criterios de sostenibilidad, para la cuenca del río Girona.

Las actividades de ordenación de la cuenca, propuestas por los tres métodos, se expresan en su proyección territorial mediante la correspondiente representación cartográfica obtenida del Sistema de Información Geográfico empleado en todo el proceso. Y que cada uno de los métodos promueve algunas actividades diferentes, por lo que no necesariamente son coincidentes en superficies (Km²).

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 35. Resultados de la ordenación según el modelo Usle.

Código	Uso futuro	% de la cuenca	Superficie (km ²)
0	Improductivo	12,01	14,1
1	Mantener uso forestal	1,66	1,95
2	Mantener uso agrícola	28,25	33,15
3	Mantener uso actual	11,59	13,60
4	Repoblación en terreo forestal	0,54	0,63
5	Realizar prácticas de conservación de suelos	7,05	8,27
6	Cambio de uso - Repoblación	36,71	43,08
7	Cambio de uso agrícola	2,19	2,57
TOTAL		100	117,35

Tabla 36. Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990).

Código	Uso futuro	% de la cuenca	Superficie (km ²)
0	Improductivo	12,01	14,1
1	Mantener/mejorar uso forestal	0,53	0,62
2	Completar espesura en pinar	9,06	10,63
3	Completar espesura en matorral	11,85	13,90
4	Replacación forestal protectora	22,10	25,93
5	Prácticas de conservación de cultivos	6,57	7,71
6	Mantener uso agrícola	28,16	33,05
7	Mantener pastizal	2,39	2,80
8	Mantener uso actual	7,34	8,61
TOTAL		100	117,35

Tabla 37. Resultados de la ordenación según criterios de sostenibilidad.

Actividades compatibles	% de la cuenca	Superficie (km ²)
Actividad 0	12,01	14,1
Actividad 1	36,55	42,9
Actividad 1 y 6	1,62	1,90
Actividad 2	1,23	1,44
Actividad 2, 5 y 6	2,62	3,08
Actividad 2 y 6	0,77	0,90
Actividad 5	6,89	8,08
Actividad 5 y 6	10,33	12,12
Actividad 6	1,44	1,69
Actividad 7	26,54	31,14
TOTAL	100	117,35

1.12. ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE CUENCA.

Tras obtener los resultados de las tres ordenaciones de cuenca, se ha optado por elegir a la metodología de ordenación según criterios de sostenibilidad como la más adecuada para la cuenca del río Girona. Esta elección está basada en los criterios y procedimientos que utiliza la propia metodología, y también en base a los datos obtenidos por la ordenación de la cuenca.

La metodología de Criterios de Sostenibilidad tiene en cuenta unas matrices de capacidad de acogida tanto de las actividades como del medio, definiendo áreas potencialmente aptas para un determinado uso.

En la metodología de Criterios de Sostenibilidad, se tiene en cuenta los factores incluidos en las otras dos metodologías, como son las pérdidas por erosión, la pendiente y los usos del suelo. Además, incluye factores relevantes para la cuenca como son los Lugares de Interés Comunitario, puesto que se trata de una cuenca con vocación turística, y que posee una importante zona catalogada como LIC.

1.13. ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA CUENCA DEL RÍO GIRONA.

La justificación de la metodología elegida para la ordenación de la cuenca, se fundamenta en las particularidades típicas de la cuenca de estudio, y en la relación con las actividades propuestas de la ordenación con las características de la cuenca.

La importancia de realizar la ordenación de la cuenca, se debe a que está afectada por el clima mediterráneo, y cuya característica más significativa es la estacionalidad (Paskoff, 1973; Daget & Michel-Villag, 1975; Conacher & Sala, 1998). Este rasgo se encuentra más marcado en la precipitación que en la temperatura (di Castri, 1973). Lo que conlleva a la alternancia de periodos de sequía prolongados con cortos e intensos periodos de lluvias y torrencialidad propias de este clima. Cuyas características de sequía y torrencialidad propias de toda la cuenca mediterránea. En la época húmeda (primavera y otoño) las precipitaciones son muy irregulares con frecuentes concentraciones muy intensas que dan como resultado lluvias torrenciales (Gil & Olcina, 1997; Martín Vide & Olcina, 2001).

Dicha torrencialidad, puede provocar más daños debido al arrastre de sedimentos que por mermar la potencialidad productiva del suelo. Los daños afectan al propio cauce y sus márgenes, las zonas arboladas y de regadío, y en último caso a las infraestructuras y zonas urbanas.

La vegetación de la zona está muy modificada por los diferentes asentamientos, siendo en su mayoría etapas de sustitución o formaciones más arbustivas, con grandes zonas deforestadas por explotación con fines económicos, el fuego o el sobrepastoreo (Grove & Rackam, 2001). Aunque la causa más importante de destrucción de los bosques en el área mediterránea siguen siendo los incendios, los cuales provocan una pérdida de la vegetación arbórea y arbustiva, con la consecuencia de pérdida de suelo por diferentes fenómenos de erosión y finalmente la pérdida del suelo útil.

Y un último factor a comentar, son las características de los materiales predominantes; así las calizas, favorecen los procesos de infiltración del agua mediante la disolución del carbonato cálcico y la formación de importantes acuíferos, sobre cuyo comportamiento y dinámica aún se conoce poco. Este proceso, el de la formación de acuíferos, es precisamente uno de los aspectos diferenciadores más notable de las cuencas mediterráneas.

Respecto a la elección del método de Criterios de Sostenibilidad como el más adecuado para la ordenación de la cuenca. En base a las características de la propia metodología y los resultados de la ordenación, se proponen una serie de particularidades que se relacionan directamente con la cuenca del río Girona, entre las que se encuentran:

- Uso intensivo que tiene la zona costera debido al turismo, como Dénia y Ondara, y que repercute en una mayor demanda de los recursos hídricos, sobre todo en los meses de verano.
- Riesgo de inundaciones. Las fuertes avenidas son características de las cuencas mediterráneas, e históricamente el río Girona ha tenido varios episodios de fuertes torrentes.

- Mantenimiento y mejora del uso agrícola, como actividad principal del sector primario, y creador de riqueza y puestos trabajo.
- Paisaje. Los LIC, son lugares de interés comunitario catalogados por la Generalitat Valenciana. Dentro de la cuenca se incluye una parte importante de Les Valls de la Marina, que debe ser mantenida y mejorada como patrimonio natural e histórico de la cuenca.

Los resultados obtenidos en la ordenación de la cuenca por Criterios de Sostenibilidad, destacan que la mayor superficie de la cuenca está destinada a la repoblación forestal protectora. Este cambio de uso justifica el nuevo uso protector de la cuenca, con el objetivo de crear una buena cobertura arbórea, para mantener el suelo, disminuir el arrastre de sedimentos y la pérdida del suelo, para así evitar avenidas con fuertes cargas de sedimentos y rocas, y reducir el caudal líquido. Al igual que favorecen la infiltración y la recarga de acuíferos, que son de vital importancia para el suministro de la demanda agrícola y también el suministro urbano, este último se ve incrementado en los meses de verano, debido a la llegada de turistas a las costas de Dénia y Els Poblets, y también a municipios muy cercanos como El Verger y Ondara.

Es importante también la amplia zona destinada al mantenimiento agrícola, que se da en la parte baja de la cuenca, como motor de crecimiento y prosperidad en el sector agrícola. La alta compatibilidad del mantenimiento del uso agrícola con la conservación de enclaves de interés, favorece una mayor productividad, evitar pérdidas de suelo y mejor eficiencia en el uso del agua, este último factor es muy relevante, por tratarse de una cuenca con fuertes déficits de agua.

Por último destacar, las actividades de Repoblaciones para aumentar la biodiversidad y Conservación de enclaves de interés, cuya superficie total supone un 20% de la cuenca. Estas actividades están destinadas a la mejora de zonas de mejora de matorral y enclaves de interés situados en monte medio y alto, que cumplen un objetivo de biodiversidad y paisaje muy característico de zonas interiores de la cuenca, y zonas rurales de la vertiente mediterránea.

1.14. CONCLUSIONES FINALES.

A continuación se detallan las conclusiones obtenidas de este trabajo:

- ❖ Se ha realizado un análisis de la cuenca del río Girona mediante la aplicación de la ordenación de cuenca según el modelo de Criterios de Sostenibilidad, obteniendo una correcta y mejor asignación de usos.
- ❖ Este análisis se ha llevado a cabo con el programa ArcGIS 10, el análisis de los sistemas de información geográfica ha permitido elaborar una cartografía temática propia de la cuenca del río Girona y discernir superficies y zonas concretas de la cuenca donde se deben implementar medidas de mejora de usos y medidas de mantenimiento. Esta cartografía está contenida dentro del anejo I del presente trabajo.
- ❖ El modelo de ordenación de la cuenca propuesto para la cuenca del río Girona es el método de Criterios de Sostenibilidad, tiene en cuenta factores propios de la sostenibilidad de un medio natural, analizando la protección de los ecosistemas, el aumento de la biodiversidad, los enclaves de interés, para así asignar la mejor actividad en función de la capacidad del medio para poder soportarla, luego tiene una asignación de actividades bastante concreta y específica.
- ❖ Según los resultados de pérdidas de suelo del modelo USLE y la Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos de la FAO, el grado de erosión de la cuenca en estudio es moderado.
- ❖ La mayor vulnerabilidad de acuíferos, se concentra en los tramos medio y bajo de la cuenca. Esta es una zona de marcado uso agrícola, con una fuerte demanda de los recursos hídricos, por lo que se propone el mantenimiento agrícola solo en zonas adecuadas para ello. Y se plantean actividades de repoblación forestal protectora en zonas de montaña, y actividades de mejora de enclaves de interés comunitario junto con mejora de masas defectivas y repoblaciones para aumentar la biodiversidad, con el objetivo de mejorar la cobertura vegetal, esto supone una mayor infiltración y una disminución de la escorrentía

superficial. Por lo que producirá una mayor recarga de los acuíferos subterráneos, en especial el acuífero del cuaternario aluvial del río Girona, y favorecer la recarga de las zonas de Mirafior y el Vergel-Setla.

- ❖ Los incendios forestales son la principal causa de la pérdida de los bosques en la cuenca. Estos han tenido más presencia en la cuenca en los años 90, que en los últimos años. No obstante, la metodología de Criterios de Sostenibilidad propone una mejora de toda la superficie con uso forestal, concretamente toda la zona noreste, muy castigada por los incendios, con el fin de aplicar actividades que reduzcan el riesgo de incendios y su peligrosidad con la actividad humana.

1.15. RESULTADOS CONSEGUIDOS

Los resultados alcanzados en el presente trabajo se nombran a continuación:

- Se han elaborado una serie de mapas temáticos propios de caracterización de la cuenca del río Girona, además de una serie de mapas referentes a la ordenación de la misma.
- Mediante la Metodología de criterios de Sostenibilidad se ha evaluado las capacidades del medio para acoger actividades y se realizaron los mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación, para cada actividad propuesta.
- Con la ordenación de la cuenca según Criterios de Sostenibilidad, se pueden considerar que estas actividades están relacionadas con factores del ámbito mediterráneo como son los incendios forestales, la disminución del riesgo de inundaciones y la recarga de acuíferos.

1.16. BIBLIOGRAFÍA.

- ✚ Agencia Europea del Medio Ambiente ([AEMA](#)), (1995). *Informe Dobris sobre el Medio Ambiente en Europa*. Oficina de Publicaciones de las CCEE Luxemburgo.
- ✚ ALEXANDRIAN, D. (1995). *Coastal Forest Reconstruction and Protection Project - Republic of Croatia*. Washington, D.C., Banco Mundial. 93 pp.
- ✚ BOCHET, JEAN-JACQUES. ROMA: FAO, (1983). *Ordenación de las cuencas hidrográficas, participación de las poblaciones de montaña*.
- ✚ CEBRIAN, R. (1.991). *Montañas Valencianas, el Comtat y la Marina Alta*, PAPERS DE MUNTANYA IV, Server Publicaciones del, Centre Excursionista de Valencia, Itinerario N° 17, El Barranco del Infierno, Pág. 175—186.
- ✚ CONACHER, A. J. & M. SALA. (1998). *Land degradation in Mediterranean environments of the world: Nature and extent cause and solutions*. New York: John Wiley & Sons.
- ✚ COSTA, J. (1977). *El Marquesat de Dénia. Estudio Geográfico*. Depto. de Geografía de la Univ. de Valencia y Alicante. Valencia. 595p.
- ✚ [CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. \(1976\). Hidrología subterránea. Editorial Omega. 2 Tomos.](#)
- ✚ CUSTODIO, E. (1986). [Recarga artificial de acuíferos. Boletín de informaciones y estudios nº 45. MOPU.134 Págs.](#)
- ✚ DAGET, P. H. & J. P. MICHEL-VILLAG. (1975). *Délimitation de la région méditerranéenne selon les régimes des précipitations*. In: Proceedings of Symposium Israel-France: ecological research and development of arid zones with winter precipitation. Special Publication, 39: 3 13. Volcani Centre Bet-Dagan, Israel.
- ✚ DGOH (1985). *Estudio de inundaciones históricas. Cuenca del Júcar*. Comisión Nacional de Protección Civil. Madrid.
- ✚ DI CASTRI, F. (1973). *Climatographical comparisions between Chile and the Western Coast of North America*. In: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). New York: Springer-Verlag.
- ✚ DIPUTACIÓ DE VALÈNCIA, (1987). *Lluvias torrenciales y erosión en el sur de la provincia de Valencia*.
- ✚ FAO (2009). *¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas?*.

- ✚ GIL, A. & J. OLCINA. (1997). *Climatología general*. Barcelona: Ed. Ariel. 579 pp.
- ✚ GROVE, A. T. & O. RACKHAM. (2001). *The nature of Mediterranean Europe*. New Haven & London: Yale University Press.
- ❖ HARVEY, A. (2007). *Cuaternario y Geomorfología*, 21 (3-4), 21-47.
- ✚ HERNÁNDEZ BECERRA, EDGAR. ROMA: FAO, (1992). *Monitoreo y evaluación de logros en proyectos de ordenación de cuencas hidrográficas*.
- ✚ IGLESIAS LÓPEZ, ALFREDO (1984): *Diseño de un modelo para el estudio de descargas de acuíferos*.
- ✚ ITGE-DPA (1998): *Modelo de intrusión marina en el acuífero de Vergel. Evaluación de los efectos de la recarga artificial. Optimización de las operaciones de recarga. Determinación de excedentes hídricos para su potencial utilización en recarga artificial de acuíferos. Cuenca del río Girona (Alicante)*. Informe interno, 60 pp. 3 Anexos. Madrid.
- ✚ KELLEY, HUBERT W. ROMA: FAO, (1983). *Mantengamos viva la tierra: Causas y remedios de la erosión del suelo*.
- ✚ LLORET PÉREZ, INÉS. (2003). *Evaluación de suelos y valoración de la erosión en el municipio de la Vila Joyosa*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- ✚ LÓPEZ CADENAS DE LLANO F., BLANCO CRIADO M. (1976). “*Hidrología Forestal*” (1ª parte) Pg. 243.
- ✚ LÓPEZ CADENAS DE LLANO F. (1994). *Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión*. Coedición TRAGSA, TRAGSATEC, MIMAM. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- ✚ MARTÍN VIDE, J. & J. OLCINA. (2001). *Climas y tiempos de España*. Madrid: Alianza Editorial. 258 pp.
- ✚ MELLEROWICZ. K.T. MELLEROWICZ, H.W. REES, T.L. CHOW, AND I. GHANEM. . (1994). *Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study*. *Journal of Soil and Water Conservation*. **Vol. 49, no. 2, pp. 194-200**.
- ✚ MERLOS SANCHEZ, MARÍA TERESA. (1999). *Métodos de valoración y cuantificación de la erosión hídrica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- ✚ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza ICONA. Monografía “*La agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo*”. 1988.

- ✚ MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. *Mapa de cultivos y aprovechamientos*. E: 1/50.000. Madrid (España).
- ✚ MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. *Mapa forestal de España*. E: 1/50.000. Madrid (España).
- ✚ MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN. Mapa Geológico de España. 82 hojas a escala 1:50.000 de las Provincias de Alicante, Valencia y Castellón. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 2010.
- ✚ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Provincia de Alicante (2010).
- ✚ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, (1999). *La restauración hidrológico-forestal en España: gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación*.
- ✚ MINTEGUI AGUIRRE, JUAN ÁNGEL. VITORIA-GASTEIZ: GOBIERNO VASCO, (1990). *La ordenación agrohidrológica en la planificación*.
- ✚ MINTEGUI AGUIRRE, JUAN ÁNGEL [MADRID]: FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR, (1993). Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica: manual para un programa básico.
- ✚ MINTEGUI AGUIRRE, JUAN ÁNGEL. MONTEVIDEO: UNESCO, (2008). *Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas, suelos y bosques de las cuencas de montaña*.
- ✚ MORALES J. (2001). Texto Básico: *Planificación y manejo integral de cuencas hidrográficas*. Managua, NI. UNA-FARENA. 345 p.
- ✚ MURILLO DÍAZ, JOSÉ MANUEL Y DE LA ORDEN GÓMEZ, JOSÉ ANTONIO (1995): *Recarga artificial mediante escalonamiento de pequeñas represas de vaso permeable*.
- ✚ MURILLO DÍAZ, J.M; DE LA ORDEN GÓMEZ, J.A.; RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, L. (1996). *La recarga artificial como técnica de recuperación de acuíferos contaminados. Aplicación a la Plana de Vergel (ALICANTE)*.
- ✚ ORTEGA J. A. Y G. GARZÓN. (1996). *Geomorphological changes in Bedrock Rivers in relation to low frequency floods (Girona River, Alicante)*.
- ✚ PASKOFF, R. P. (1973). *Geomorphological processes and characteristics land-forms in the Mediterranean Regions of the World. In Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. F. di Castri, & H.A. Mooney (eds.). Springer-Verlag, New York, USA.

- ✚ PÉREZ CUEVA, ALEJANDRO J. *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana* (1961-1990). Valencia: Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, 1994. 208 p. (Serie: Publicaciones de divulgación Técnica. Colección: Territorio. Número 4).
- ✚ PÉREZ-TREJO, F. (1994). [*Desertification and land degradation in the European Mediterranean.*](#)
- ✚ PETERS, J. (1996). *Are there any blueprints for artificial recharge? En International symposium on Artificial recharge of Groundwater.* Helsinki. pp. 257-269.
- ✚ SAMPER, F.J. (1997). *Evaluación de la recarga a partir de modelos numéricos de flujo en acuíferos.* Seminario sobre “La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica”. AIH. Canarias. pp 153-180.
- ✚ SCHIECHTL, H.M. ROMA: FAO, (1986). *Manual de ordenación de cuencas hidrográficas: Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación.*
- ✚ SEGURA ESPÍ, R. (1.968). *Memorias de actividades particulares.*
- ✚ SHENG, T.C. ROMA: FAO, (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas.*
- ✚ [R. PLÁ SALVADOR, \(1968\). AVENC, Revista de espeleología de la Sección de Espeleología del C. E. de Alcoy. NOTICIARIO por Pág. 2, \(27 de Octubre.- “El Barranc del Infern”.](#)
- ✚ RIVAS – MARTINEZ, S. (1987). “*Memoria del mapa de series de vegetación de España*”. ICONA. Madrid.
- ✚ [ROLDÁN SORIANO, MARGARITA \[MADRID\]: \(2006\). Organismo Autónomo Parques Nacionales. El poder de la lluvia: características de la precipitación y erosividad: nueva formulación para la estimación de la erosividad: aplicación al cálculo del factor “R” de la USLE.](#)
- ✚ ROMA: FAO, (1989). *Manual de campo para el manejo de cuencas hidrográficas: Medidas practicas para el tratamiento de pendientes.*
- ✚ ROMA: FAO, (1988). *Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas.*
- ✚ ROMA: FAO, (1996). *Planificación y ordenación de cuencas hidrográficas con ayuda de computadora: Tecnologías para la planificación nacional.*
- ✚ UNCED. *United Nations Conference on Environment and Development.* Río de Janeiro; 1992.



- ✚ WISCHMEIER, W. H. (1959). *A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 23: 246-249. Washington D.C.
- ✚ WISCHMEIER, W. H. Y D.D. SMITH, (1978). *Predicting rainfall erosion losses*. USDA. Agricultural Research Service Handbook 537. 58 pp.
- ✚ WOHL, E. E. (2000). *Mountain rivers*. *American Geophysical Society. Water resources*.



2. ANEJOS

Anejo 1. *Ordenación según Criterios de Sostenibilidad*

