

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDRAULICA Y MEDIO
AMBIENTE

MASTER EN INGENIERIA HIDRAULICA Y MEDIO AMBIENTE



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA
Y MEDIO AMBIENTE

“Comparación de metodologías de Ordenación de Cuencas. Aplicación a la cuenca del río Barxeta”

TESINA FINAL DE MASTER

Autor/es:

Elena Gómez Moscardó

Director/es:

D^a. Leticia López Sardá

D. José A. Torrent Bravo

VALENCIA, 2009

Me gustaría dedicar el presente estudio a mis sobrinos: Marc, Júlia, Hèctor, Candela y Àngela.

Espero les sirva de aliciente y, algún día, lleguen muy lejos.

Agradecimientos:

En primer lugar me gustaría agradecer a mi familia el apoyo incondicional que han depositado en mí, en especial a mis padre y mis hermanos que siempre me han apoyado en todas la decisiones que he tomado.

También a mis amigos, siempre preocupados por el avance de el presente trabajo.

En especial a Alicia Santacreu, siempre la ha estado al otro lado de la línea telefónica cuando he tenido la más mínima duda.

También a Àngela Codina, que me cedió sus hombros para apoyarme en ella cuando lo necesitara.

A mis directores de la Tesina, Leticia y José Andrés, han tenido mucha paciencia conmigo para centrarme en los objetivos del presente trabajo.

No podré pagar todo lo que os debo aunque viva mil años

Gracias

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y OBJETO	7
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Objetivos	13
CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
2. ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO	14
3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	15
3.1 Situación	15
3.1.1 Localización geográfica.....	15
3.1.2 Caracterización general del barranco y su cuenca	17
3.2 Geología	18
3.2.1 Geología general de la zona de estudio	18
3.2.2 Litología.....	21
3.3 Litofacies y suelo	22
3.4 Capacidad de uso del suelo	25
3.5 Clima.....	27
3.5.1 Descripción general del clima	27
3.5.2 Elección de observatorios meteorológicos.....	27
3.5.3 Índices climáticos	29
3.5.4 Balances hídricos	34
3.6 Vegetación.....	38
3.6.1 Vegetación potencial	38
3.6.2 Vegetación actual y distribución de usos del suelo	41
3.6.3 Montes a cargo de la administración pública	43
3.7 Características socioeconómicas	44
3.7.1 Red de comunicaciones	45
3.7.2 Población.....	46
3.7.3 Estructura productiva	48
4. HIDROLOGÍA FORESTAL	51
4.1 Reseña hidrográfica.....	51

4.2 Características morfológicas	52
4.2.1 Parámetros de forma.....	52
4.2.2 Parámetros de relieve	53
4.2.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica	55
4.3 Cálculo de Caudales.....	56
4.3.1 Aplicación de las fórmulas empíricas de García Nájera	56
4.3.2 Aplicación del Método de la Dirección General de Carreteras (MOPU)	57
4.4 Erosión en la zona de estudio	58
4.4.1 Índices de relieve relacionados con la erosión	60
4.5 Hidrogeología	61
5. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.....	63
5.1 Índice de Erosión pluvial (R).....	67
5.2 Índice de erosionabilidad del suelo (K).....	70
5.3 Factor topográfico (L·S)	72
5.4 Factor de cultivo C.....	74
5.5 Factor prácticas de conservación P	77
5.6 Tolerancia de pérdidas de suelo	78
5.7 Resultados de la aplicación del modelo USLE.....	80
6. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990).....	82
7. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD	86
7.1 Estudio de la problemática de la cuenca.....	87
7.2 Establecimiento de los objetivos	88
7.3 Definición de actividades para lograr los objetivos	89
7.4 Inventario y análisis del medio: Cartografía temática.....	90
7.5 Estudio de la capacidad de acogida de las actividades	94
7.6 Estudio del Grado de Conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: Matriz del grado de conveniencia.....	99
7.7 Adecuación de actividades	103
7.8 Propuesta de actividades para optimizar los objetivos	105

CAPÍTULO 3. RESULTADOS	109
8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	109
8.1 Resultados de la aplicación de las 3 metodologías	109
8.2 Estudio comparativo de superficies de actuación	110
8.3 Estudio cuantitativo de las coincidencias de los métodos: Cálculo del Índice de Kappa	118
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES.....	120
CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA	122
ANEXO 1: DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	124
TERMOMETRÍA.....	125
TEMPERATURAS MEDIAS	125
AMPLITUDES TÉRMICAS DIARIAS MEDIAS ANUALES Y MENSUALES	125
TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIAS.....	126
TEMPERATURAS MÍNIMAS MEDIAS	126
MÁXIMA ABSOLUTAS DE TEMPERATURA.....	127
MÍNIMAS ABSOLUTAS DE TEMPERATURA	127
NÚMERO MEDIO ANUAL DE DIAS CON HELADAS, CON MÍNIMAS POR ENCIMA DE 20°C Y CON MÁXIMAS POR ENCIMA DE 25°C	128
PLUVIOMETRÍA	129
MEDIAS DE PRECIPITACIÓN ANUALES Y MENSUALES	129
PRECIPITACIÓN MEDIA Y DIAS DE PRECIPITACIÓN ESTACIONALES	129
MEDIAS ANUALES Y MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	130
QUARTILES ANUALES DE PRECIPITACIÓN	130
NUMERO MEDIO DE DIAS DE PRECIPITACIÓN (ANUALES Y MENSUALES) Y COCIENTE DE INTENSIDAD DIARIA (CID) DE LAS LLUVIAS.....	131
COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LA PRECIPITACION ANUAL, ESTACIONAL Y MENSUAL	132
MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓNEN 24 HORAS, SEGÚN PERIODOS DE RECURRENCIA (EN AÑOS)	132
NÚMERO MEDIO ANUAL DE NEVADAS, GRANIZO, TORMENTAS Y TORMENTAS ESTIVALES	133
FECHA MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA DE LA PRIMERA Y ÚLTIMA NEVADAS, Y DURACIÓN DEL PERIODO CON NEVADAS.....	133

ANEXO 2: BALANCES HÍDRICOS	134
ANEXO 3: GALERÍA FOTOGRÁFICA	137
ANEXO 4: MAPAS	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la Comunidad Valenciana con la cuenca objeto de la Tesina	15
Figura 2: Mapa de las comarcas donde se enmarca la cuenca del río Barxeta	16
Figura 3: Mapa sobre la situación de los Observatorios Climatológicos	29
Figura 4: Gráfico del Balance Hídrico de la estación Xàtiva, El Realengo	36
Figura 5: Gráfico del Balance Hídrico de la estación de Ontinyent	37
Figura 6: Gráfico de Evolución de la Población	46
Figura 7: Gráfico de Evolución de los inmigrantes de nacionalidad extranjera	46
Figura 8: Gráfico del origen de los inmigrantes	47
Figura 9: Gráfico de la población según su nacionalidad	47
Figura 10: Gráfico del crecimiento vegetativo	48
Figura 11: Gráfico del paro según el sector de edad	48
Figura 12: Gráfico del desempleo registrado por cada actividad.....	49
Figura 13: Curva Hipsométrica.....	54
Figura 14: Comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad	115
Figura 15: Comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad	117
Figura 16: Nacimiento del río Barxeta.....	138
Figura 17: Sierra Buixcarró	138
Figura 18: Curso alto del río Barxeta	139
Figura 19: Cauce del río en el curso alto	139
Figura 20: Apertura de caminos en una zona montañosa	140
Figura 21: Cambio de uso del suelo, de forestal a agrícola.....	141
Figura 22: Destrucción de la cubierta forestal para plantación de naranjos	142
Figura 23: Vegetación	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos sobre los Observatorios Pluviométricos	28
Tabla 2: Datos sobre los Observatorios Termométricos.....	28
Tabla 3: Resultados de la aplicación del Índice de agresividad del clima de Fournier.....	30
Tabla 4: Resultados de la clasificación agroclimática de Papadakis.....	30
Tabla 5: Resultado del Índice de Turc para Secano	33
Tabla 6: Resultado del Índice de Turc para Regadío.....	33
Tabla 7: Resultado del cálculo del Déficit de Escorrentía de Turc	34
Tabla 8: Superficie ocupada por los diferentes usos del suelo.....	43
Tabla 9: Datos de Superficies para la representación de la Curva Hipsométrica	53
Tabla 10: Resultados del Cálculo de Caudales según el Método del MOPU.....	58
Tabla 11: Permeabilidad del suelo en función de su composición geológica.....	62
Tabla 12: Niveles de erosión potencial más usados en el Modelo USLE	64
Tabla 13: Ordenación de los Usos del Suelo según los niveles de erosión potencial.....	65
Tabla 14: Parámetros de la ecuación USLE	65
Tabla 15: Resultados del cálculo del Factor K de la ecuación USLE	72
Tabla 16: Resultados del cálculo del Factor (L·S) de la ecuación USLE	74
Tabla 17: Resultados del cálculo del Factor C de la ecuación USLE.....	76
Tabla 18: Valores de pérdida de suelo tolerable en función de los sistemas radicales	79
Tabla 19: Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos.....	79
Tabla 20: Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Barxeta	80
Tabla 21: Ordenación de los Usos del Suelo según las ecuación USLE	80
Tabla 22: Resultados de la Ordenación de la Cuenca según la Metodología USLE	81
Tabla 23: Criterios de Ordenación según la Metodología de Mintegui	84
Tabla 24: Resultados de la Ordenación según la Metodología de Mintegui en la Cuenca del río Barxeta	85
Tabla 25: Actividades propuestas para la cuenca del río Barxeta.....	90
Tabla 26: Matriz de Capacidad de la cuenca del río Barxeta	97
Tabla 27: Matriz de Conveniencia de la cuenca del río Barxeta.....	103
Tabla 28: Matriz de adecuación según la Metodología de Sostenibilidad.....	104
Tabla 29: Compatibilidad entre actividades	106
Tabla 30: Superficie que ocupan las actividades de la aplicación de la Metodología de Sostenibilidad	108
Tabla 31: Ordenación según Metodología USLE.....	109
Tabla 32: Ordenación según Metodología de Mintegui	109
Tabla 33: Ordenación según Metodología de Sostenibilidad	110
Tabla 34: Matriz de comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad	111

Tabla 35: Matriz de comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad	111
Tabla 36: Bloques de correspondencias entre actividades USLE y Sostenibilidad.....	112
Tabla 37: Bloques de correspondencias entre actividades Mintegui y Sostenibilidad	113
Tabla 38: Matriz de comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad	114
Tabla 39: Matriz de comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad	116
Tabla 40: Interpretaciones del Índice de Kappa.....	119

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y OBJETO

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

“El bosque precede al hombre y el desierto lo sigue” (Chateaubriand, siglo XIX).

En la antigua Grecia, cuatro siglos antes de Cristo, Platón ya citaba en Critias 121 los procesos erosivos y las aguas cargadas de sedimentos como consecuencia de la deforestación de la antigua Ática.

En la Hispania de inicios de nuestra era, varios autores describían la península como un territorio poco habitado, de relieve accidentado, desigualmente regado, cubierto de bosques, salvo el “Espartium pedium” del Sureste.

Y es la vegetación leñosa, la que intentaban describir ya en la antigua Roma. Son los bosques esclerófilos de encina, alcornoque y quejigo, y coníferas xerófilas, que gozaron de su mayor esplendor durante la dominación árabe.

Pero empezó la deforestación, a través de la Reconquista, las Leyes de la Desamortización de Mendizábal, hasta el desarrollo demográfico de nuestro siglo y los incendios forestales.

Desde entonces se ha especulado mucho sobre el papel de la vegetación en la conservación de los suelos, por ejemplo la pragmática del reinado de Luis VI de Francia (1216) titulada “Agua y Bosque”, que aún tendría vigencia hoy.

Pero, para entender mejor el origen de la restauración hidrológico-forestal, basta con adentrarse en la Europa de hace 150 años, cuando, seriamente deforestadas sus principales cadenas montañosas, comienzan a experimentar los efectos de las inclemencias atmosféricas (aludes en las montañas alpinas y pirenaica durante el invierno y deshielo en la primavera que desbordan los torrentes).

Las regiones mediterráneas, debido al fenómeno de la gota fría, presentan unas lluvias torrenciales que ocasionan inundaciones con los consiguientes aterramientos y efectos indeseables en todo el recorrido natural de las aguas de avenida (fenómeno que continúa ocurriendo en la actualidad).

En España, con la Ley de 9 de Junio de 1877 sobre Repoblación, Fomento y Mejora de los Montes Públicos, hubo un primer intento de ocuparse de la restauración de los montes, pero, debido al escaso respaldo de medios, los resultados no fueron notables.

En 1888, debido a las catástrofes ocurridas en algunas regiones del territorio desde la formulación de la primera Ley, se promulga el RD de 3 de febrero de 1888, que establecía el “Plan sistemático de repoblación de cabeceras de cuencas hidrográficas”. Con este RD es cuando se empiezan de forma efectiva los trabajos de restauración hidrológico forestal en nuestro país.

Con el RD de 28 de julio de 1888, se desarrolló dicho Plan, y se constituyeron las Comisiones de Repoblaciones del Júcar, Segura, Lozoya y dunas de Cádiz-Huelva. De algunas de estas comisiones aún se conservan excelentes resúmenes sobre los trabajos realizados.

En 1901, con el RD de 7 de junio de 1901, se crea el Servicio Hidrológico-Forestal de la Nación, constituido por 10 Divisiones Hidrológico-Forestales que cubrían la totalidad de las grandes cuencas hidrográficas nacionales. Estas Divisiones, mediante las Memorias de Reconocimiento, expusieron las características y circunstancias de los terrenos que debían ser objeto de estudio más profundo y detenido, por la importancia y cuantía de daños causados, estableciendo un orden de preferencia.

Es en este año cuando en España se empezó a dar un sentido práctico a la restauración hidrológico-forestal.

Con la Ley de 24 de junio de 1908, se incorporan a la consideración de utilidad pública, además de los montes catalogados como tales, los que merecieran la condición de protectores, porque afectaban a cabeceras de cuencas, para la regularización de avenidas, para la sujeción de terrenos, etc., cualesquiera que fuesen sus dueños.

En 1926 se crean las Confederaciones Hidrográficas. Se crean mediante el RD de marzo de 1926 sobre la organización de las Confederaciones.

Posteriormente se emiten reglamentos, como el RD Ley de 26 de julio de 1926 para un Plan Nacional de Repoblación de los Montes.

Con los diferentes RD se aseguran que los Ingenieros de Montes participen en los trabajos encaminados a la ordenación y el aprovechamiento de las cuencas hidrográficas. Pero nunca se llegó a resolver la coordinación entre las Divisiones Hidrológico-Forestales y las Confederaciones.

En 1933, con la creación del Plan Nacional de Obras Hidráulicas, se propuso un Plan repoblador que afectaría a una superficie de 2.703.450 hectáreas, pero la guerra civil supuso la interrupción de todo proceso encaminado a la restauración.

La Ley de 9 de octubre de 1935 creaba un organismo forestal específico para la repoblación denominado Patrimonio Forestal del Estado (PFE), pero tampoco pudo actuar debido al comienzo de la guerra.

En 1938 se contratan a los Ingenieros de Montes Joaquín Ximénez de Embún y Luis Ceballos para la redacción de un Plan General de Repoblación Forestal de España, que concluyen un año después con la propuesta de que se proceda a la repoblación de 6 millones de hectáreas en 100 años.

Finalizada la guerra civil, las actividades de las Divisiones Hidrológicas continúan en colaboración con el Patrimonio Forestal de Estado (reformado mediante la Ley de 10 de marzo de 1941), organismo que acabará absorbiendo a las divisiones mediante la Ley de 15 de julio de 1952 el Servicio Hidrológico-Forestal pasa a depender de la Dirección General del P.F.E.

No es hasta el año 1968, con el RD de 14 de marzo de 1968, cuando se reestructura el PFE, desapareciendo antiguas Divisiones cuyas funciones fueron asumidas por los Servicios Hidrológico-Forestales de carácter provincial.

Desde los años 40 hasta los 80, se extiende por toda la geografía la restauración de cuencas, con especial incidencia en las cuencas de los embalses y en la defensa de poblaciones y sus vegas, mediante las siguientes normas:

Ley de 18 de octubre de 1941 sobre repoblación forestal de riberas de los ríos y arroyos.

Ley de 16 de julio de 1949 sobre restauración hidrológico-forestal de la cuenca del río Segura.

Ley de diciembre de 1951 sobre repoblación forestal y ordenación de cultivos agrícolas integrados en las cuencas alimentadoras de los embalses de regulación.

Ley de 8 de junio de 1957, de Montes, que refunde y actualiza lo legislado hasta el momento en materia de Montes Protectores, acciones hidrológico-forestales y conservación de suelos forestales.

Son los exponentes de la evolución del concepto conservacionista hacia la consideración integral de los recursos agua-suelo-vegetación.

Debido a su elevada eficacia destacan también los Convenios que se establecieron entre el Patrimonio Forestal del Estado y algunas empresas hidroeléctricas, como ENHER y Productora de Fuerzas Motrices, S.A., para la Restauración hidrológico-forestal de cuencas torrenciales de montaña sometidas a aprovechamiento hidroeléctrico integral.

La actualidad se inicia en la década de los 80.

En 1984 se transfieren algunas competencias de la Administración Central a las Comunidades Autónomas. En materia de Conservación de la Naturaleza, se hace referencia a que las dos administraciones (central y regional) “desarrollarán de manera compartida la planificación de las actuaciones que tengan por objeto la Restauración Hidrológico-Forestal cuando afecten a territorios que superen sus distintos ámbitos territoriales, ejecutándose dichas actuaciones de forma convenida con las Comunidades afectadas”.

Los Convenios en materia de Restauración Hidrológico-Forestal entre las distintas Comunidades Autónomas y el ICONA (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza) se firman entre 1985 y 1987. Estos Convenios siguen vigentes con la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente, y ha servido de base para los trabajos

realizados en las últimas décadas cofinanciados por Fondos Europeos a partir de la entrada de España en la Unión Europea.

Por último, en la Ley de Aguas de 1985 y en el Reglamento para la Planificación Hidrológica de 1988 se establece la obligatoriedad de que los Planes Hidrológicos de cuencas vayan acompañados de los de Restauración Hidrológico-Forestal y Conservación de Suelos, lo que supuso una nueva oportunidad para una buena coordinación entre las administraciones hidráulica y forestal.

A nivel internacional también ha habido una secuencia cronológica en el estudio y aplicación de la Restauración Hidrológico-Forestal.

Entre 1965 y 1975 se produjo el Decenio Hidrológico Internacional de la UNESCO, donde colaboraron algunos investigadores como Penmam, Colman, Geiger, Kittrege, Molchanof, etc. Este Decenio junto con el Simposium de 1965 sobre Hidrología Forestal de la Universidad de Pensilvania, fueron decisivos para definir las áreas de estudio de la Hidrología Forestal: Influencias de la vegetación sobre el clima, sobre el agua y sobre el suelo; la cuenca torrencial, la restauración hidrológico-forestal, y la prevención y defensa contra aludes.

Por otra parte, también con las Cartas del Consejo Europeo del Suelo y del Agua, se establece que el mantenimiento de la cobertura vegetal adecuada es esencial para la conservación de esos recursos.

En 1977, en Mar del Plata, con las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Agua y, en Nairobi, sobre Desertificación, quedó establecida la necesidad de considerar los recursos agua, suelo y vegetación, de forma integrada en el marco de la cuenca vertiente. Explicaron que esos recursos naturales forman un sistema complejo, interdisciplinario, sintetizado matemáticamente en el ciclo hidrológico y definido geográficamente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación afecta al sistema.

No es hasta la segunda mitad del siglo XX cuando aparece la expresión “ordenación de cuencas hidrológicas” como expresión en Europa del concepto americano “manejo de cuencas”. Tanto Europa como América han influido mucho en la gestión integral de las cuencas. En primer lugar España y

posteriormente Francia crearon escuelas para el estudio y aplicación de este campo.

La FAO en 1992 amplía el contenido de este campo y concreta la formulación y ejecución de un sistema de actuaciones, incluyendo el manejo de los recursos de la cuenca, para la obtención de bienes y servicios, sin afectar de forma negativa a los recursos del suelo y el agua y, siempre teniendo en cuenta, los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro de ella y en su entorno.

A partir de la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992), con la definición de desarrollo sostenible, se debe garantizar el uso de los recursos tanto en el tiempo como en el espacio.

Con esto, la ordenación de las cuencas hidrográficas debe dar respuesta a todos los objetivos que se han ido incorporando progresivamente.

El desarrollo teórico de la ordenación de cuencas trata de abordar un proceso de planificación con base territorial, añadiendo complejidad a los métodos que vienen empleándose para dicha ordenación. Implica el uso de modelos y métodos adecuados, la aplicación de los cuales debe asegurar la satisfacción de los objetivos establecidos.

Hasta la actualidad, las metodologías propuestas para la planificación física disponen de una considerable potencia en su aplicación a la ordenación de cuencas, dependiendo de sus capacidades. Estas metodologías han sido aplicadas en trabajos sobre:

Desarrollo socioeconómico de áreas rurales (Ayuso, 1975)

Ordenación de recursos hídricos en zonas áridas (Tejera, 1988)

Planificación de espacios naturales protegidos (Escribano et al, 1995)

Ordenación de montes (Grande, 1996)

Todos estos acontecimientos dan una idea de la importancia que ha ido adquiriendo la Restauración Hidrológico-Forestal y la Ordenación de Cuencas

para diferentes ámbitos como sociales, económicos, de prevención de catástrofes, aumento de la biodiversidad, etc.

Con el presente trabajo se analizarán tres metodologías de ordenación de cuencas para su comparación y análisis de la efectividad de cada una de ellas.

1.2 Objetivos

Objetivo General:

El objetivo general de la presente tesina es la comparación de tres metodologías de planificación física y su aplicación, a modo de ejemplo, en la cuenca hidrográfica del río Barxeta.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

Objetivos Específicos:

Identificar y analizar tres metodologías que se vienen empleando para la ordenación de cuencas hidrográficas.

Aplicar las metodologías propuestas de ordenación de cuencas a la cuenca del río Barxeta.

Comparar los resultados obtenidos mediante el análisis de las superficies de actuación.

Aportar conclusiones prácticas que permitan el uso posterior de estas metodologías.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2. ELECCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO

Para la aplicación de las metodologías que se analizarán en la presente tesina se ha elegido la cuenca del río Barxeta. Esto se debe a que se trata de una cuenca tipo de la Comunidad Valenciana. Además, posee un gran número de barrancos y una erosión alta en su parte más elevada lo que le confiere unas características tipo para la aplicación de la ordenación de cuencas. A parte de sus características física, cuenta con poco desarrollo socioeconómico con la mayor parte del territorio dedicada al cultivo.

El río Barxeta es un afluente del río Albaida, principal afluente del río Xúquer y origen de importantes inundaciones periódicas. Con la ordenación de la cuenca del río Barxeta se pretende realizar un estudio tipo que sea extrapolable a otras cuencas más extensas (por ejemplo la del Albaida).

En definitiva, las conclusiones a las que se llegue con el presente trabajo podrán ser de utilidad a otras cuencas similares.

3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

3.1 Situación

3.1.1 Localización geográfica

La cuenca objeto de estudio, es la del río Barxeta, se encuentra en la provincia de Valencia, en las comarcas de La Costera, La Vall d'Albaida y la Safor.

Localización de la cuenca



Figura 1: Mapa de la Comunidad Valenciana con la cuenca objeto de la Tesina

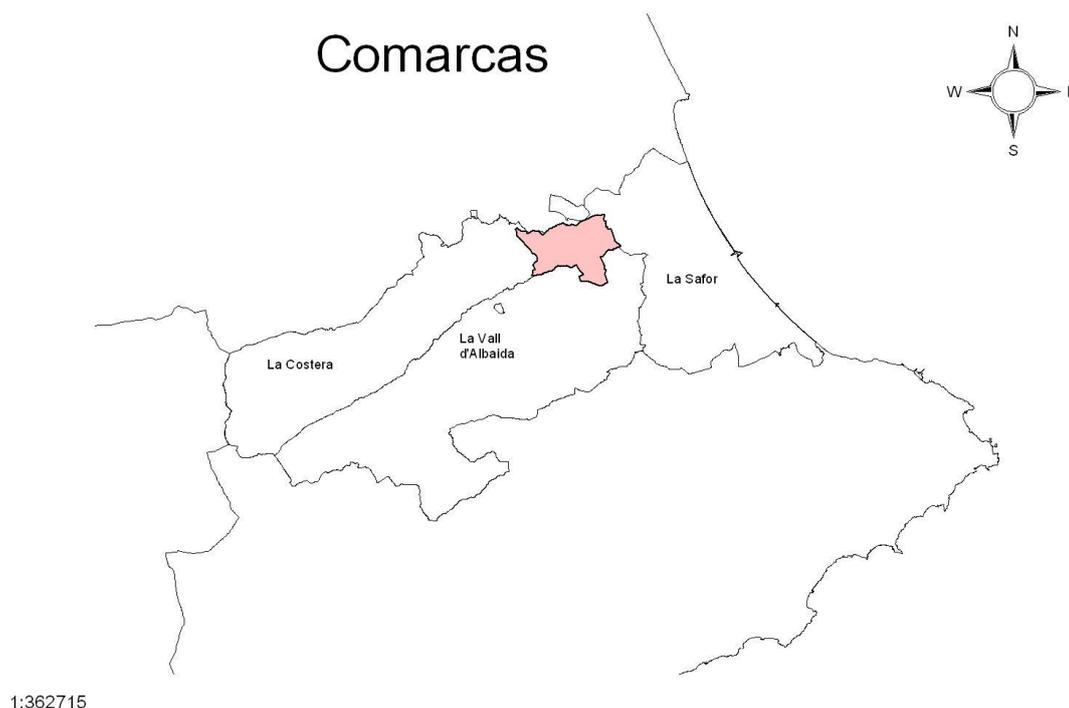


Figura 2: Mapa de las comarcas donde se enmarca la cuenca del río Barxeta

El río Barxeta nace en la falda de la sierra del Buixcarró, en el término municipal de Simat de la Valldigna. Se forma por la confluencia de los barrancos del Hondo, del Buscarró, del Fondó, de l'Aigua, dels Conills, y de l'Avenc. Todos estos barrancos recogen las aguas de la sierra del Buscarró y la vierten al río Barxeta. El río como tal nace en el paraje llamado Pla de Corral. Atraviesa el extremo norte del término de Quatretonda para pasar al término de Barxeta, no sin antes recoger las aguas del término de Simat de la Valldigna que vierten en este río los barrancos de La Murta, de Pitana, del Salt, de los Zurdos, de Sendas Blanques y el del Llop. Este último es el que separa el término de Simat de la Valldigna del término de Barxeta. Finalmente atraviesa todo el término de Barxeta de este a oeste y desemboca en el río Albaida ya dentro del término municipal de Torre de Lloris.

En el margen izquierdo del río los principales barrancos que encontramos son el de las Casas de Escribano, el del Tosal, el de casa Serra, el del Sereno, el dels Atmetlers, el del Suc y, finalmente, antes de desembocar el río en el Río Albaida, el de Benavent.

En el margen derecho del río los principales barrancos que encontramos son el del Moliner y el del Rabosero.

Cabe destacar que en la vertiente izquierda del río se encuentran muchos más barrancos que en la derecha. Esto se debe a que en la parte izquierda de la cuenca predominan las formaciones montañosas con la presencia de la Sierra del Buscarró y de la Sierra de Requena. En la derecha también encontramos algunas formaciones montañosas pero de menor altura.

Las principales formaciones montañosas de la zona son la Sierra de Requena y la de Buscarró en la parte sur de la cuenca, y la Peña Rocha y les Forquetes en la parte norte de la cuenca. En la zona este destaca la formación montañosa de Les Fondetes.

El pico más alto de la cuenca se encuentra en la sierra de Buscarró a una altura de 672m. Corresponde con un vértice geodésico que se denomina Alt de Hedra.

3.1.2 Caracterización general del barranco y su cuenca

El cauce principal, con una longitud de 15Km, nace en la falda de la sierra del Buscarró. Su nacimiento es fruto de la confluencia de los barrancos del Hondo, del Buscarró, de l'Aigua, dels Conills y de l'Avenc. Esta confluencia se produce en el paraje de Pla de Corral, a los 200m de altura sobre el nivel del mar. A partir de este punto discurre en dirección norte paralelo al límite de los términos municipales de Quatretonda y Simat de la Vall d'igna hasta penetrar en el término municipal de Barxeta. En este punto, el río discurre en dirección noroeste hasta llegar al municipio de Barxeta. A partir del municipio, circula en dirección oeste, pasando por el término municipal de Lloc Nou d'En Fenollet, hasta alcanzar al río Albaida en el término municipal de Torre Lloris a una altura de unos 100 metros sobre el nivel del mar.

La cuenca tiene un área de 7.000 ha. Son muchos los barrancos que recogen el agua de las partes altas de las formaciones montañosas y las descargan en el cauce principal. El margen izquierdo de la cuenca cuenta con el mayor número de barrancos. Estos recogen el agua de la sierra Grossa (397m), la

sierra de Requena (423m) y la sierra del Buscarró (672m). Se trata de las formaciones montañosas más elevadas que encontramos en la cuenca.

La vertiente derecha de la cuenca, con menor número de barrancos, también descargan sobre el cauce principal las aguas recogidas de la sierra de Peña Rocha (272m) y la Solana (383m).

El este de la cuenca también cuenta con una importante formación montañosa, la sierra de Les Fondetes (548m).

Toda esta información se encuentra esquematizada en el Mapa N° 1, denominado Mapa Topográfico.

La Fisiografía de la cuenca oscila desde pendientes muy bajas (del 0% al 15%) hasta pendientes superiores al 30%, como se observa en el mapa de rango de pendientes.

El cauce principal y sus límites tienen un rango de pendientes que oscila entre 0% y el 15%. En la parte alta del río hay una pequeña zona donde el rango de pendientes es más elevado, oscilando entre el 15% y el 30%.

Tanto en la vertiente derecha como en la izquierda del río, las pendientes oscilan entre el 15% y el 30%, con algunas pequeñas zonas donde la pendiente vuelve a disminuir.

Solo hay una pequeña zona al este de la cuenca donde se encuentran pendientes superiores, que oscilan entre el 30 y el 45%.

Se adjunta el mapa de Rango de Pendientes perteneciente a la información descrita (Mapa N° 2)

3.2 Geología

3.2.1 Geología general de la zona de estudio

Las características geológicas de la cuenca se han obtenido a partir del Mapa Geológico de España 1:50.000 (hoja 770) editado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). También se ha obtenido información del Proyecto de Plan Especial del Paraje Natural Municipal del río Barxeta, facilitado por el Excelentísimo Ayuntamiento de Barxeta.

A grandes rasgos, la cuenca se encuentra dentro del Sistema Prebético, en la proximidades de la zona de encuentro con las últimas directrices del ramal sur de la Cordillera Ibérica.

El Sistema Prebético se caracteriza por un importante espesor de materiales calizos y dolomíticos depositados en medios marinos someros y pertenecientes al Cretácico superior, fuertemente plegados.

En el sector Prebético el Jurásico, en sus comienzos, presenta un ambiente litoral somero con tránsito a lacustre o lagunar, donde tiene lugar la sedimentación de calizas y dolomías, coincidiendo con un aumento de profundidad de la cuenca por subsidencia de la plataforma.

Hacia el final del ciclo la sedimentación es de dolomías, calizas, calizas dolomíticas y una reducida representación de areniscas en un medio marino de plataforma afectado por deformaciones de flexura que producen regresiones y subsidencia en distintas zonas.

El cauce del río Barxeta está constituido por depósitos cuaternarios del Holoceno.

El Cuaternario comenzó hace 1,6 millones de años. Se divide en dos épocas, el Pleistoceno, que comprende la mayor parte de la era cuaternaria, y el Holoceno, al que pertenecen los 10.000 últimos años.

Los depósitos del cuaternario se han producido en medio continental, marino o mixto. Su origen ha sido muy variado, fluvial, aluvial, eólico, litoral, kárstico y edáfico y diagenético. Se producen depósitos detríticos de conglomerados, arenas, limos y arcillas; químicos, como tobas, travertinos, costras y encostramientos, y orgánicos de turba. En el cauce del río Barxeta confluyen:

- Depósitos aluviales de arenas y limos
- Coluviones recientes de arcillas y cantos angulosos
- Limos arenosos pardo fluviales
- Diferentes niveles de terrazas litológicamente formadas por limos, arcillas y cantos rodados.

En el sur de la cuenca predominan los afloramientos triásicos de la facies keuper. El Keuper es la tercera etapa del triásico. Constituye una formación de sedimentos finos muy generalizados, principalmente margas y arcillas abigarradas, que suelen presentar un color rojo muy característico. Su espesor estimado es de unos 150 metros.

Los sedimentos en estas facies fueron depositados en medios muy someros (sebkas) de carácter lagunar, resultado de la evolución del medio marino de finales del Muschelkalk.

Las margas y arcillas, como ya se ha comentado, son de un color rojo, pero también aparecen con tonos gris, blanco ó amarillento. Pueden presentar intercalaciones de finos niveles de dolomías y bancos de yesos que a veces contienen cristales dolomita (Teruelita) de color oscuro y cuarzo bipiramidado de color rojo aunque también pueden ser negros o translúcidos.

Dentro del Keuper levantino, litoestratigráficamente los materiales se pueden dividir en 5 formaciones. La formación de areniscas de Manuel (K_2) es la que pertenece la cuenca.

Esta formación tiene una potencia de 15 metros. En la parte inferior se encuentran arcillas amarillentas y rojizas con nódulos silíceos, y capas dolomíticas. En la parte superior, areniscas rojas y blancas de matriz arcillosa, poco compactadas. La composición mineralógica es similar a la del Buntsandstein, pero con un tamaño de grano más fino.

El norte de la cuenca está representada por la serie Senoniense del Cretácico Superior.

En este sistema los medios someros dan paso a mares más profundos debido a movimientos transgresivos. El medio sedimentario en el transcurso del Cretácico Superior es muy variable, con diferencias paleogeográficas cambiantes a lo largo del mismo. Desde dolomías, calizas dolomíticas, margas y calcarenitas, que se han acumulado en un medio marino de plataforma continental somera, hasta zonas más profundas, con sedimentación de calizas y margas. El ciclo termina con la formación de arcillas rojas (facies garumniense) como transición al Terciario.

Dentro del Cretácico Superior aparecen tres afloramientos:

En el sector central aparecen calizas masivas con base de caliza arenosa y sobre esta, caliza en bancos gruesos de aspecto masivo.

En el sector occidental aparecen calizas arenosas alternadas con areniscas limosas calcáreas

En el sector oriental aparece una formación sobretodo carbonatada con calizas en bancos de 1 a 3 metros, de color de beige a amarillo.

El Mapa N°3 es el que corresponde al Mapa Geológico.

3.2.2 Litología

Con la representación de la Litología se pretende expresar la distribución de las rocas en la cuenca de estudio e indicar la clase a la que pertenecen dentro de una clasificación petrológica. De esta forma se genera un imagen sistemática del reparto de las litologías en la cuenca.

La cuenca del río Barxeta se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias.

Estas rocas tienen su origen en la superficie terrestre, como consecuencia de la destrucción de las rocas de la corteza terrestre. Por la acción del clima, mediante la meteorización, se transforman los minerales de las rocas en granos sueltos, otros en arcillas y en iones en disolución. Todos estos componentes, mediante la acción erosiva de los agentes geodinámicos, son transportados hacia las cuencas de sedimentación donde tendrá lugar la acumulación que origina el sedimento. Estos sedimentos, con el tiempo, dan lugar a las rocas sedimentarias.

El cauce principal de la cuenca, el río Barxeta, se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias no consolidadas, La desembocadura de este se caracteriza por la presencia de Limos, gravas y cantos procedentes de la parte alta de la cuenca y que son arrastrados hasta la desembocadura con pequeños afloramientos de conglomerados. En la parte media del río también predominan los cantos y las gravas pero desaparecen los limos para dar lugar a las arenas, aunque también hay presencia de limos en la parte norte del tramo medio.

El tramo alto del río, así como todo el valle de la parte sur de la cuenca se caracterizan por la presencia de rocas sedimentarias consolidadas. Dominan las arcillas, margas y yesos, con afloramientos de cantos, gravas y arcillas por las zonas donde hay afluencia de agua. En el valle de la parte sur de la cuenca aparecen pequeños afloramientos de calcáreas y dolomías, de margas casi en la desembocadura y un pequeño afloramiento de rocas volcánicas.

En las sierras de Requena y el Buixarró predominan las dolomías y calcáreas en su parte más elevada, y las margas en sus faldas por la vertiente norte de la cadena montañosa.

La vertiente sur de las citadas sierras predominan las calcáreas y las calcarenitas.

El extremo norte de la cuenca está compuesto sobre todo por cantos, gravas y arcillas con presencia de calcáreas y calcarenitas.

El extremo este de la cuenca es una mezcla de todas las sedimentarias que se han ido describiendo con un claro predominio de las dolomías y las calcáreas.

Se adjunta el correspondiente Mapa Litológico (Mapa N^o4)

3.3 Litofacies y suelo

Según la clasificación de la FAO-UNESCO que viene recogida en el libro “Catálogo de Suelos de la Comunitat Valenciana” editado por la Generalitat Valenciana en el año 1995, el *Fluvisol* es el tipo de suelo presente en todo el curso de agua del río Barxeta y en el valle que se forma en la parte media-baja de este.

Son suelos formados a partir de depósitos aluviales y coluviales recientes, sin desarrollo de horizontes excepto un Horizonte A ócrico (aunque también puede tener un horizonte hístico o sulfúrico). Se caracterizan por recibir nuevos aportes de materiales a intervalos variables de tiempo, por lo que suelen presentar estratificaciones de espesor muy desigual. El contenido de materia orgánica decrece irregularmente con la profundidad, o permanece alrededor de 0,20% a una profundidad de 125cm. Sus variaciones se relacionan con el

régimen de sedimentación y transporte, teniendo una estratificación de al menos el 25% del volumen de suelo.

Son los típicos suelos de fondo de valle o de llanuras aluviales, y por eso están ampliamente representados en las importantes zonas de regadío de las llanuras litorales de la Comunitat Valenciana.

Estas llanuras se han ido formando por la acumulación de sedimentos erosionados de las cadenas montañosas del interior de la Comunitat durante miles de años y actualmente, aunque de una forma más esporádica, siguen recibiendo aportes periódicos a partir de los episodios de riadas e inundaciones. Los podemos encontrar en numerosos cursos de agua (Río Barxeta). Tradicionalmente son los suelos que se usan como zonas de huertas y frutales alrededor de los asentamientos humanos.

Son suelos susceptibles de alcanzar una elevada productividad cuando se dan las siguientes circunstancias:

- Adecuada profundidad
- Topografía llana
- Texturas equilibradas

Sus limitaciones son las derivadas de la posibilidad de:

- Sufrir inundaciones
- Elevada altura de la capa freática
- Texturas extremas
- Riesgo de salinidad

Son suelos profundos con texturas variables, incluso dentro del perfil, por su carácter poligenético. Los contenidos en materia orgánica son relativamente bajos (+/-2%), y disminuyen irregularmente con la profundidad; el pH oscila entre 7,5 y 8,1 dependiendo del contenidos en carbonatos, que es muy variable, pero normalmente está entre el 15% y el 60%.

Son suelos con fertilidad alta y susceptibles de incrementar su productividad con prácticas agrícolas relativamente sencillas. Estas, se orientan a mejorar la estructura del suelo con enmiendas orgánicas y laboreo adecuado, y a

neutralizar los problemas de fijación de fósforo y de asimilación de micronutrientes como consecuencia del exceso de carbonatos.

Dentro de la unidad de Fluvisol, los suelos bañados por el río Barxeta pertenecen a la subunidad *Calcáricos*.

Estos son los que son calcáreos al menos entre 20 y 50cm a partir de la superficie. No tienen horizonte sulfúrico y de propiedades sálicas. Se desarrollan en barrancos amplios y en los cursos de agua y valles de interior.

Son suelos profundos, formados por episodios sedimentarios, lo que se refleja en las texturas variables y en el contenido en piedras y gravas. Los contenidos en carbonatos son variables, pero siempre superiores a un 2% de carbonato cálcico equivalente.

Las zonas montañosas que forman parte de la cuenca del río Barxeta forman parte de la Unidad de Leptosoles según la clasificación de la FAO-UNESCO.

Estos se caracterizan por ser suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o por material muy calcáreo (carbonato cálcico equivalente mayor del 40%) dentro de una profundidad de 30cm a partir de la superficie. Solo tienen un Horizonte A móllico, úmbrico u ócrico.

Son suelos que se encuentran en crestas calcáreas, farallones, muelas, cuevas y otras zonas montañosas de topografía abrupta. También en topografías más suaves, altiplanos, páramos y roquedos. Pueden ser el resultado de un largo proceso de evolución hasta alcanzar las condiciones de estabilidad, aunque frágiles, que se encuentran en algunas zonas forestales, no afectadas por incendios forestales. Muchas veces son el resultado de un intenso proceso erosivo que deja al suelo reducido a su mínima expresión en cuanto a profundidad. En estas condiciones, si el proceso de degradación continúa, estos suelos pueden desaparecer literalmente, dando lugar a zonas con afloramientos generalizados de la roca dura subyacente, lo cual implica alcanzar un estado final de degradación irreversible.

La subunidad que se encuentra en las zonas forestales de la cuenca son los *Leptosoles eútricos*.

Estos se caracterizan porque tienen un Horizonte A ócrico y un grado de saturación del 50% como mínimo en todo el horizonte. Se desarrollan principalmente sobre areniscas y pizarras, aunque también se pueden encontrar sobre calizas, si no han desarrollado el horizonte mólico.

Son suelo poco profundos, bien estructurados, con contenidos medios en materia orgánica, neutros o ligeramente ácidos y con dedicación forestal.

3.4 Capacidad de uso del suelo

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

Como se puede observar en el mapa del mismo nombre, la mayor parte del territorio tiene una baja o muy baja capacidad para su uso actual.

A partir de la desembocadura del río, se extienden 594 ha por el noreste de la cuenca donde la capacidad de uso del suelo es elevada. Pertenecen a esta clase de capacidad los suelos que muestran una o varias limitaciones mayores de pequeña intensidad. Estas unidades presentan una marcada vocación agrícola pero el tipo, número y grado de intensidad de las limitaciones reducen los tipos de cultivos, siendo conveniente aplicar algunas prácticas de conservación más estrictas.

Entre las limitaciones que restringen las posibilidades de utilización, las más importantes están provocadas por la naturaleza del suelo, ya que son suelos de textura poco equilibrada, escasos en materia orgánica, con elevada proporción de carbonato cálcico en el perfil, abundante pedregosidad y un espesor efectivo que dificulta el desarrollo radicular de las especies más exigentes.

En el centro de la cuenca, extendida de oeste a este hasta el nacimiento del cauce principal, la capacidad de uso moderada supone 1231ha.

Esta unidad se caracteriza por pendientes del 25%, un espesor efectivo que no supera los 40cm, con un 80% de pedregosidad, un 25% de afloramientos

rocosos y 40 Tm/ha/año de pérdida de suelo por erosión hídrica. Estas características reducen las posibilidades de utilización del suelo. Suelen ser suelos destinados a cultivos de secano poco exigentes y resistentes a condiciones adversas. Estos suelos incrementan los riesgos de degradación, sobre todo por erosión.

A continuación se encuentra la capacidad de uso del suelo baja. En la cuenca se observa en la falda de las principales formaciones montañosas, con una extensión de 2.568 ha.

Son unidades con limitaciones permanentes de tal intensidad y gravedad que dificultan su dedicación agrícola y, en general, suponen un gran impedimento para numerosos usos. Entre las limitaciones más importantes se encuentra la erosión, la pendiente y el espesor. Y de menor importancia son las características físicas, la pedregosidad, los afloramientos rocosos, la salinidad y la hidromorfía.

Las unidades edáficas, por regla general, se desarrollan sobre un material no consolidado muy sensible a las formas acentuadas de erosión y, además, la erosionabilidad del suelo presenta unos valores elevados.

Las principales zonas montañosas que están presentes en la cuenca de estudio tienen una capacidad de uso del suelo muy baja, con una extensión de 2.567 ha. Esta unidad se caracteriza porque las limitaciones restringen al máximo la utilización de este. Entre los factores desfavorables del medio que inciden en la disminución de la capacidad de uso destacan la pendiente (porcentaje de inclinación superior al 45%), los relieves fuertemente escarpados, el grado de erosión (superior a 100 Tm/ha/año), un espesor efectivo del suelo inferior a 10cm y un porcentaje de afloramientos rocosos superior a 50%. Menor entidad presentan la hidromorfía, causada por la impermeabilidad del suelo, o las características físicas del suelo muy desfavorables.

En el Mapa N° 5, Mapa de Capacidad de uso del suelo, se representa toda la información proporcionada en este punto.

3.5 Clima

3.5.1 Descripción general del clima

De forma general, el clima de la cuenca es Mediterráneo templado en cuanto a temperaturas. Las medias anuales rondan los valores de 17-19°C.

Las temperaturas mínimas son suaves debido al efecto termorregulador del mar que se encuentra cercano. Esto ocasiona la aparición de un régimen de brisas desde abril hasta octubre debido a diferencias térmicas respecto de la tierra.

En cuanto a precipitaciones, el ombroclima es Mediterráneo subhúmedo con importantes precipitaciones durante el otoño y principios del invierno, y una marcada sequía estival.

Estas precipitaciones se favorecen por los vientos de dirección NE que son muy frecuentes debido a la disposición de la cuenca. Estos vientos son los que traen los frecuentes temporales de Levante (originarios de la gota fría).

Según la Clasificación de Clavero, se trata de un clima típico de la llanura litoral lluviosa.

3.5.2 Elección de observatorios meteorológicos

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

Las estaciones elegidas son las siguientes:

Observatorios Pluviométricos:

código	Observat.	Prov.	Lat.	Long.	Altitud	Obs. Referen.	Serie 61-90	C
8-291	Canals	Valencia	38°58'N	0°33'W	157	Xàtiva, El Realenc	1961- 1974	13
8-283	Ontinyent	Valencia	38°49'N	0°36'W	350		1961- 1990	29
8-295E	Rafelguaraf	Valencia	39°03'N	0°27'W	42	Xàtiva, El Realenc	1967- 1982	13
8-298	Xàtiva, El Realenc	Valencia	39°05'N	0°28'W	29		1961- 1990	30

Tabla 1: Datos sobre los Observatorios Pluviométricos

Observatorios Termométricos:

código	Observat.	Prov.	Lat.	Long.	Altitud	Obs. Referen.	Serie 61-90	C
8-283	Ontinyent	Valencia	38°49'N	0°36'W	350		1961- 1990	29
8-295E	Rafelguaraf	Valencia	39°03'N	0°27'W	42	Ontinyent	1967- 1982	10
8-298	Xàtiva, El Realenc	Valencia	39°05'N	0°28'W	29	Ontinyent	1961- 1990	18

Tabla 2: Datos sobre los Observatorios Termométricos

C: Número de años con observaciones completas en el periodo 1961-1990

Código: Código oficial del observatorio según el INM

Observatorios Climáticos

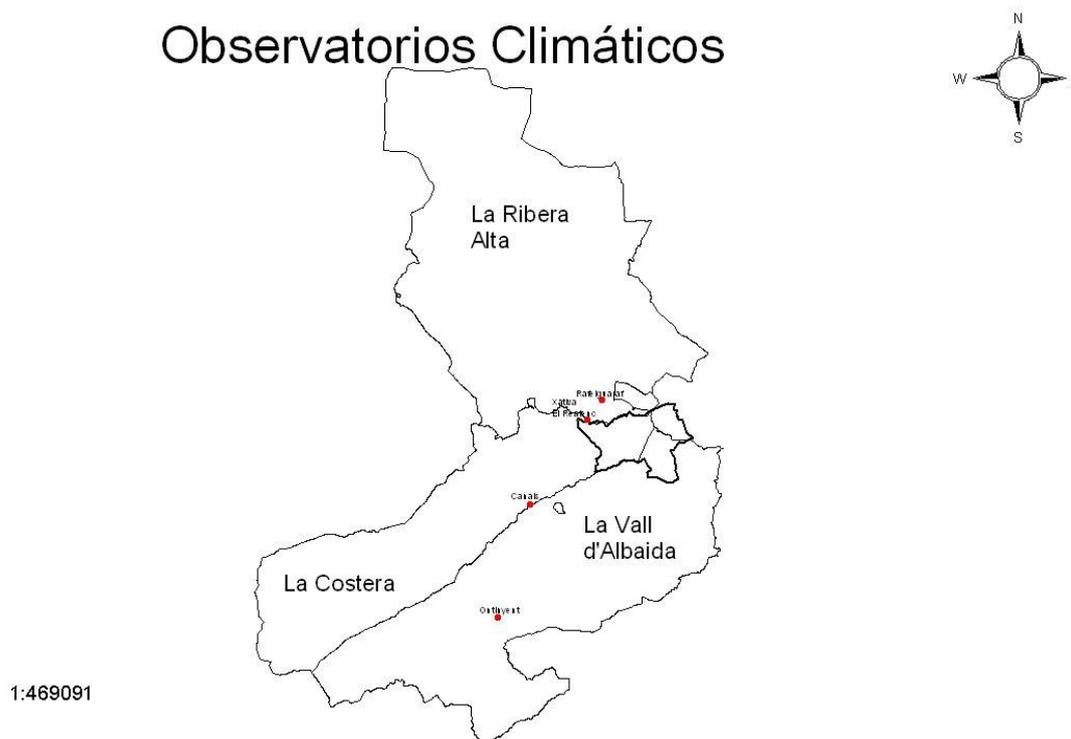


Figura 3: Mapa sobre la situación de los Observatorios Climatológicos

Los datos Termométricos y Pluviométricos se encuentran en el Anexo I del presente trabajo.

3.5.3 Índices climáticos

Índice de agresividad del clima (F. Fournier)

Este índice da una idea de la erosión que se puede producir en la cuenca debido a factores pluviométricos, es decir da una primera impresión de la torrencialidad de la cuenca. El índice se define mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

P: Es la precipitación anual (mm)

pmax: Es la precipitación del mes más lluvioso (mm)

Los resultados para los observatorios elegidos son:

Observatorio	Pmax (mm)	P (mm)	F
Canals	74,9	529,9	10,6
Ontinyent	81,1	540,9	12,26
Rafelguaraf	107,8	684	17,00
Xàtiva (El Realenc)	120,9	693,3	21,08

Tabla 3: Resultados de la aplicación del Índice de agresividad del clima de Fournier

Clasificación agroclimática de J. Papadakis

Sistema de clasificación basado en la ecología de los cultivos y que se usa acertadamente para los fines de agroclimatología.

Permite establecer el espectro cultural de una zona y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma, utilizando como base parámetros meteorológicos sencillos.

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

Para caracterizar las estaciones y, por tanto, la cuenca se han usado los datos obtenidos de la publicación "Atlas agroclimático nacional de España" del Ministerio de Agricultura (1979). En esta publicación solo aparece la estación de Ontinyent, por lo que es la única de la que se ha podido definir las características agroclimáticas.

Los resultados obtenidos son los que siguen:

Estación	Ontinyent
Altitud	350
Tipo de Invierno	Ci/Av
Tipo de Verano	O
Régimen térmico	CO/TE
Régimen de humedad	Me
Lluvia de lavado	164,3
Ind. anual de humedad	0,60
Tipo climático	Continental templado

Tabla 4: Resultados de la clasificación agroclimática de Papadakis

Donde:

Ci: Citrus

Av: Avena cálido

O: Oryza (Arroz)

CO: Continental cálido

TE: Templado cálido

Me: Mediterráneo seco

El tipo de invierno Citrus (Ci) viene definido por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre 7 y $-2,5^{\circ}\text{C}$ y una temperatura media de las máximas del mes más frío comprendidas entre 10 y 21°C .

El tipo de invierno Avena cálido (Av) se define por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre $-2,5^{\circ}\text{C}$ y -10°C , y una temperatura media de las máximas del mes más frío mayor de 10°C .

La estación de Ontinyent tiene un tipo de invierno entre los dos anteriores, por lo que la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío oscilan entre 7 y -10°C , y la temperatura media de las máximas del mes más frío es mayor de 10°C .

En cuanto al tipo de verano, este es Oryza (O). Se caracteriza porque precisa una duración de la estación libre de heladas mínima de 4 meses y una media de las medias de las máximas de los seis meses más cálidos comprendida entre 21 y 25°C .

El régimen de humedad es Mediterráneo seco (Me). Se caracteriza por tener agua de lavado menor que el 20% de la evapotranspiración potencial anual. Este régimen de humedad también caracteriza el índice anual de humedad, que está comprendido entre 0,22 y 0,88 y con uno o más meses con temperatura media de las máximas superior a les 15°C , en los que el agua disponible cubre completamente la evapotranspiración potencial.

Índice Climático de Potencialidad Agrícola de Turc

Turc demostró que hay una correlación entre los valores de determinadas variables climáticas a lo largo de un período dado y la producción, expresada en toneladas métricas de materia seca por hectárea, de una planta adaptada y cultivada en condiciones técnicas actuales normales, es decir, sobre suelos bien lavados y fertilizados.

Esto permite establecer y comparar el potencial productivo de las distintas zonas.

Aunque la relación producción-índice sea distinta para los diferentes cultivos, es evidente que el solo valor numérico del índice permite jerarquizar zonas por su mayor o menor capacidad productiva.

La relación factorial básica que sustenta el cálculo es:

Índice Climático = Índice Heliotérmico x Factor sequía, donde:

Índice Heliotérmico = Factor térmico x Factor solar

El valor del Índice Heliotérmico es el que toma el Índice Climático cuando las condiciones de suministro de agua a los cultivos son óptimas, ya sea de forma natural o mediante regadío. En estos casos el Factor Sequía es la unidad.

El Factor Térmico es:

$$\frac{t(60 - t)}{1000} \times \frac{m - 1}{4}$$

Donde:

t: es la temperatura media mensual, en °C

m: es la temperatura media de las mínimas diarias, cuando está comprendida entre 1 y 5°C. Si la temperatura es mayor de 5°C, entonces m=5 y el Factor Térmico es solo la primera fracción; cuando la temperatura media de las mínimas es inferior o igual a 1°C, m=1 y el Factor Térmico se anula.

La expresión $\frac{m-1}{4}$ está en correlación estrecha con la frecuencia de heladas.

El Factor Solar es igual a la más pequeña de estas funciones:

$$f1 = H - 5 - \left(\frac{\lambda}{40}\right)^2$$

$$f2 = \frac{3Ig}{100} - 3$$

Donde:

H: Es la duración astronómica del día, en horas

λ : La latitud, en grados

Ig: Es la radiación global, en calorías/cm², y día

El Factor de Sequía se determina en función de la ETP y las necesidades de agua de los cultivos. Para cada mes, este factor tiene un valor que oscila entre 0 y 1. En casos de sequía muy intensa, el factor toma valores negativos que afectan a las disponibilidades de agua del mes siguiente.

En el “Atlas Agroclimático Nacional de España”, publicado por la Dirección General de la Producción Agraria del M.A.P.A. se ha calculado para diferentes estaciones dicho índice. Para la cuenca en estudio solo se han encontrado los datos para la estación de Ontinyent. Los resultados son los siguientes:

ÍNDICE DE TURC MENSUAL PARA EL SECANO													
Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Ontinyent	1,8	2,6	4,4	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,0	13,8

Tabla 5: Resultado del Índice de Turc para Secano

ÍNDICE DE TURC MENSUAL PARA EL REGADÍO													
Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Ontinyent	1,2	2,6	4,6	5,9	7,3	8,0	7,7	7,0	5,9	4,3	2,4	1,0	57,8

Tabla 6: Resultado del Índice de Turc para Regadío

Índice de déficit de escorrentía de Turc

El déficit de escorrentía, en la práctica, coincide con la evapotranspiración. Se trata de una fórmula experimental cuyos resultados se ajustan a la realidad en todos los climas del mundo. La expresión es:

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

D: Es el déficit de escorrentía en mm

$L = 300 + 25 \cdot T + 0,05 \cdot T^2$ donde T es la temperatura media anual

P: es el módulo pluviométrico en mm

Esta fórmula permite definir el tipo de clima específico de cada año, atendiendo a la relación entre P y L. La clasificación así establecida es poco precisa ya que los climas están clasificados solo en tres categorías:

Húmedo, si $P > 0,632L$

Semiárido, si $0,316L < P < 0,632L$

Árido, si $P < 0,316L$

Estación	T (°C)	P (mm)	L	D (mm)
Canals	17,0	530	739,45	445,75
Ontinyent	16,0	531	712,80	440,22
Rafelguaraf	17,19	684	744,52	517,94
Xàtiva, El Realenc	17,6	682	755,49	520,79

Tabla 7: Resultado del cálculo del Déficit de Escorrentía de Turc

Para todas las estaciones se cumple que $P > 0,632L$, por tanto, para el año elegido, se trata de un clima húmedo.

3.5.4 Balances hídricos

Para el cálculo de los balances hídricos se necesitan datos pluviométricos y termométricos (pluviometrías y termometrías medias mensuales). Se han calculado los Balances Hídricos de las estaciones más representativas de las cuatro elegidas, es decir de Xàtiva, el Realengo y de Ontinyent.

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

- Capacidad de almacenamiento de agua de la zona susceptible a la evapotranspiración, que dependerá de la profundidad del sistema radical

y de la textura del suelo. Para las estaciones escogidas se ha tomado el valor de 200mm por tratarse de zonas con suelos agrícolas profundos evolucionados.

- Temperaturas medias mensuales (T): Obtenidas a partir de las mediciones directas en las estaciones consideradas.
- Evapotranspiración potencial (ETP): Determinada por el método Blaney-Criddle.
- Pluviometría media mensual (P): Obtenida a partir de los registros en las estaciones.
- Pérdidas o adiciones potenciales de la humedad del suelo (P-ETP): Los valores positivos corresponden a adiciones potenciales y los negativos a pérdidas potenciales, ambos relativos al contenido de humedad del suelo. Los meses con valores positivos constituyen el período húmedo y aquellos con valores negativos, el período seco.
- Pérdida potencial acumulada (ppa): Para cada mes se obtiene como suma de las pérdidas potenciales existentes en dicho mes y los anteriores.
- Agua almacenada en el suelo (ST): Es la cantidad de agua capilar obtenida por el suelo, que depende de la capacidad de campo y de las pérdidas potenciales acumuladas.
- Cambios de humedad acumulada en el suelo (ΔST): Se obtiene, para cada mes, por la diferencia entre la humedad que contiene al final del mismo y la de su inmediato anterior.
- Evapotranspiración real (ERT): Para los meses en que las precipitaciones superan a la ETP, su valor es igual al de ésta. Para los meses en que la ETP supera a las precipitaciones su valor es igual al de éstas más las pérdidas de agua almacenada en el suelo.
- Déficit de humedad (D): Es igual a la diferencia entre la ERT y ETP.
- Exceso de humedad (S): Su valor es la diferencia $P-(ETP+ \Delta ST)$. Sólo tiene existencia en los meses en que P-ETP sea positivo y además el suelo alcance su capacidad de campo, pues en caso contrario la diferencia pasa a engrosar el contenido en humedad del suelo.

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

A partir de los datos meteorológicos disponibles y de acuerdo con el proceso de cálculo establecido por Thornthwaite y Matter, se han obtenido los siguientes Balances hídricos (Las tablas con los cálculos de los Balances se encuentra en el Anexo II del presente trabajo):

ESTACIÓN: XÀTIVA, EL REALENGO

ALTITUD: 76m

CAPACIDAD DE CAMPO: 200mm

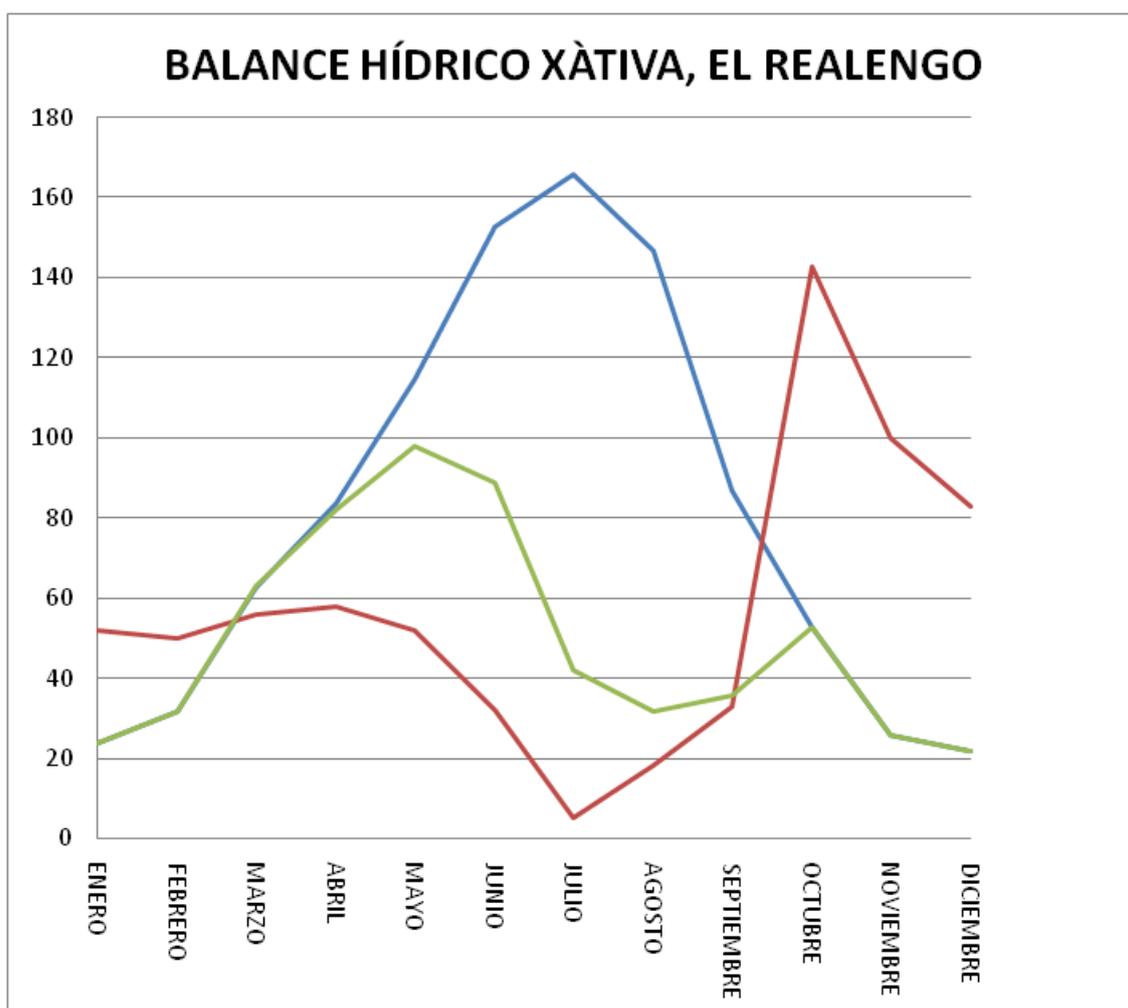


Figura 4: Gráfico del Balance Hídrico de la estación Xàtiva, El Realengo

Como se observa en el diagrama, en esta estación la capacidad de campo del suelo se supera a mediados de Diciembre y se mantiene con exceso de agua hasta finales de Marzo; a continuación comienza el período seco que dura hasta mediados de Octubre. A partir de este mes comienza la recarga de agua hasta alcanzar la capacidad de campo a mediados de Diciembre.

ESTACIÓN: ONTINYENT

ALTITUD: 350m

CAPACIDAD DE CAMPO: 200mm

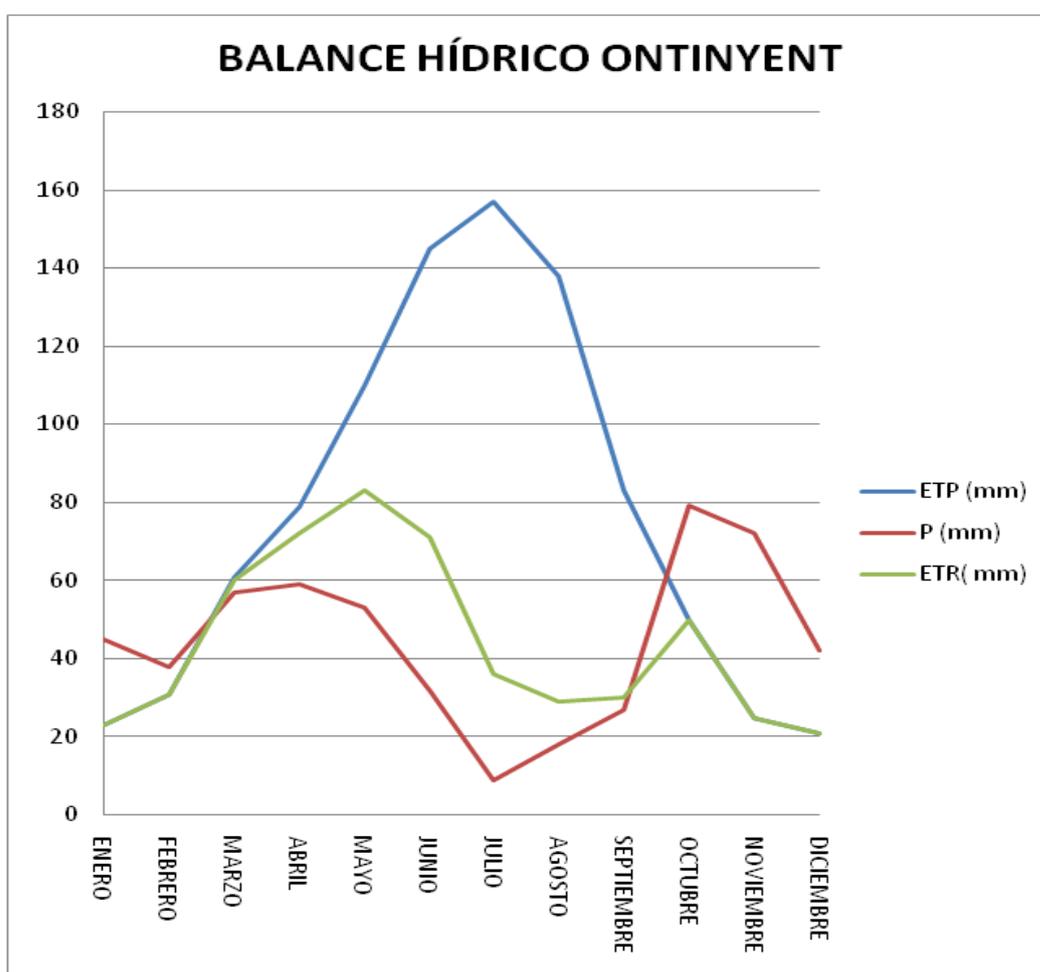


Figura 5: Gráfico del Balance Hídrico de la estación de Ontinyent

En esta estación el suelo no llega a alcanzar la capacidad de campo en ningún momento, por lo que no existe escurrimiento superficial ni subterráneo de agua. El período seco tiene una duración de siete meses, desde mediados de Marzo hasta mediados de Octubre, donde las aportaciones de las precipitaciones empiezan a superar las demandas de la evapotranspiración potencial,

recargando de agua el suelo hasta mediados de Marzo, donde vuelve a comenzar el período seco.

3.6 Vegetación

3.6.1 Vegetación potencial

Según el Mapa de Series de vegetación de España de Salvador Rivas Martínez, la cuenca objeto de estudio se enmarca completamente dentro de la Región Mediterránea.

Las zonas de mayor altitud de la cuenca, se encuentran dentro del *Piso Mesomediterráneo*. Dentro de este se encuentra la Serie *Mesomediterránea manchego y aragonesa basófila de Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae signetum*). La vegetación potencial de esta serie son los encinares. Esta serie se presenta en cotas superiores a los 500m ,mientras que por debajo de esta altitud se encuentra la faciación termófila murciano-manchega con *Pistacia lentiscus*.

El piso Mesomediterráneo se sitúa entre los 13 y los 17°C de temperatura media anual y el invierno es acusado con una $m < 4^{\circ}\text{C}$, ya que la heladas, particularmente en los horizontes medio y superior del piso, pueden acaecer durante cinco o seis meses al año. Algunos cultivos arbóreos exigentes en temperatura aún pueden cultivarse con éxito en este tipo de vegetación, por ejemplo la vid, el almendro y el olivar.

La serie Mesomediterránea de los encinares corresponde, en su etapa madura o clímax, a un bosque denso de encinas que, en ocasiones, pueden albergar otros árboles como Quejigos, Enebros, Alcornoques, etc. y que posee un sotobosque arbustivo no muy denso. La etapa clímax se desarrolla sobre suelos mulliformes sobre sustrato silíceo o calcáreo (pero con suelos que pueden estar descarbonatados).

El termoclina oscila de los 17 a los 12°C y el ombroclima es sobretodo seco, aunque puede llegar a subhúmedo. La etapa de sustitución de maquía o garriga, está generalizada y formada por fanerófitos parennifolios, por ejemplo: *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Jasminum fruticans*, *Arbutus unedo*, *Rhamnus alaternus*. Estos arbustos o árboles desaparecen al incrementarse el

rigor invernal y algunos de ellos son buenos bioindicadores del límite superior del piso, como lo son los árboles cultivados de *Olea europea var. europaea*, *Pinus halepensis*. Cuando las condiciones del suelo aún son favorables y sus horizontes superiores orgánicos no han sido todavía erosionados, las formaciones de altas gramíneas vivaces, como espartales o bercerales, pueden ocupar grandes extensiones de terreno que son susceptibles de aprovechamientos rentables, como la ganadería extensiva o la obtención de fibras.

La degradación profunda del suelo, con la desaparición de los horizontes orgánicos y aparición generalizada de pedregosidad superficial, conlleva la existencia de las etapas subseriales más degradadas de estas series, los tomillares, romerales o aliagares sobre los suelos calcáreos ricos en bases.

En las altitudes más bajas de la cuenca se localiza el *Piso Termomediterráneo*, con la faciación típica de la *serie termo-meso mediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basófila de Quercus rotundifolia* o encina (*Rubio longifoliae-Querceto-rotundifoliae sigmetum*) con vegetación potencial de encinares.

En el Piso Termomediterráneo la termoclina se sitúa, de un modo general entre los 17 y los 19°C y la variante del invierno oscila de templada a cálida. Las heladas aún son estadísticamente posibles de diciembre a febrero, y solamente en áreas de clima muy marítimo no llegan a producirse.

Es el piso más próspero y la base de la economía de la península. Sin embargo, la existencia de extensos territorios de ombroclima semiárido en su areal y el largo verano de matiz extremadamente árido, limita a los regadíos, los cultivos intensivos y los exigentes en humedad.

La naturaleza y distribución de las series de vegetación está condicionada por el ombroclima, ya que la naturaleza química del sustrato parece ser decisiva sólo en áreas algo lluviosas y con valores ombroclimáticos superiores a los 400mm.

La serie termo-mediterránea setabense y valenciano-tarraconense seco-subhúmeda basófila de las carrasca (*Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae*

sigmetum) se caracteriza por un ombroclima variable que oscila desde el tipo seco de Valencia y Castellón (P=440mm), al prácticamente húmedo de Pego (P=975mm).

En esta serie, la explotación agrícola de los suelos más profundos comenzó hace muchos siglos. Por ello, los restos de los carrascales han pasado hasta nuestros días casi inadvertidos, ya que son poco significativos en el paisaje actual. Por el contrario, los bosquetes y garrigas termófilas de lentiscos, palmitos y coscojas, que primitivamente debieron ocupar solamente áreas marginales respecto al encinar, aún se hallan con frecuencia en los biotopos de suelo menos profundos, como laderas abruptas, crestas o suelos de costra caliza, y pueden llegar a ser preponderantes en los territorios de ombroclima semiárido.

La mayor parte del territorio se ha transformado en regadío o secano y, como consecuencia, en cultivos prósperos intensivos o en arboledas de cítricos.

Es probable que, además del complejo de los carrascales con palmitos y de su etapa sustitutiva de *Quercus cocciferae-Pistacietum lentisci*, las garrigas con lentiscos y aladiernos de hoja amplia (*Rhamnus alaternus subsp alaternus, Quercetum cocciferae pistacietosum lentisci*) del piso Mesomediterráneo pertenezcan a esta serie.

El mismo autor también realizó un mapa de la productividad potencial forestal. De esta mapa se sacan las siguientes conclusiones:

El sur-este de la cuenca pertenece a la Clase II. Supone 3.700Ha del total de la cuenca. Son tierras que tienen limitaciones débiles para el crecimiento de bosques productivos. Las débiles limitaciones hacen referencia a una pequeña reducción del período vegetativo por aridez o frío, o, en condiciones climáticas ideales, a inconvenientes relativos al suelo en el que pueden concurrir varias propiedades algo alejadas del óptimo ideal o una de ellas bastante perjudicial. La productividad potencia está comprendida entre 6 y 7,5 Hm³/ha/año.

El este de la cuenca pertenece a la Clase IV, con una superficie de 1.800Ha. Son tierras que tienen limitaciones moderadamente graves para el crecimiento de bosques productivos. En todas esta zona el clima es un factor limitante y las

litofacies dan origen a suelos maduros de calidad intermedia. La productividad potencial está comprendida entre 3 y 4,5 Hm³/ha/año.

Finalmente, el noroeste de la cuenca pertenece a la Clase V con una superficie de 1.500Ha. Son tierras que tienen limitaciones graves para el crecimiento de bosques productivos. Las litofacies en esta zona dan lugar a suelos mediocres en cuanto a sus propiedades. La productividad potencial está comprendida entre 1,5 y 3 Hm³/ha/año.

Se adjunta el correspondiente Mapa de Productividad Potencial Forestal (Mapa N°6)

Según la clasificación “Subregiones Fitoclimáticas de España”, de J.L. Allué Andrade, la cuenca pertenece a dos subregiones fitoclimáticas. Hasta los 100m de altitud, pertenece a la subregión IV₁, mediterráneo subárido, cálido, de estíos secos. Por encima de los 100m de altitud pertenece a la subregión fitoclimática IV₄, mediterráneo genuino, cálido, menos seco, de inviernos cálidos.

Se adjunta el Mapa de Regiones Fitoclimáticas (Mapa N° 7)

3.6.2 Vegetación actual y distribución de usos del suelo

Actualmente, la vegetación ha sufrido un proceso de degradación debido a la puesta de cultivo de la mayor parte del territorio. Por eso, en la actualidad la vegetación existente difiere en gran medida de las descritas por Rivas Martínez.

Los últimos incendios acaecidos en la cuenca (período de 1991-2006) han propiciado un cambio de usos del suelo, de pinar a matorral.

En el Mapa N° 8, se representa el Mapa de Incendios.

Todo esto ha llevado a que en la cuenca haya una transformación de la vegetación potencial que se puede clasificar, a grandes rasgos, en:

Cultivos de regadío: Ocupan las zonas de menor altitud de la cuenca. Se trata de pequeñas zonas alrededor del cauce principal. Destacan los regadíos hortícolas, frutales y, en mayor medida, cítricos. En total suponen 1.145ha

Cultivos de secano: Ocupan 1.174ha del total de la cuenca. Sobre todo se encuentra el olivar y otros frutales de secano. Suponen casi todo el valle que forma el río, hasta las faldas de las montañas.

Superficie forestal cubierta de matorral desarbolado o escasamente arbolado: Supone el mayor porcentaje de superficie de la cuenca, debido a la presencia de las citadas montañas escarpadas. Son fruto de una tala abusiva y, sobretodo, de incendios forestales ocurridos en los últimos años. La mayor extensión se encuentra al sur de la cuenca, donde se observan algunos parches de producción agrícola de secano, pero no suponen un gran porcentaje del total de la superficie forestal. En total son 3.502ha

Superficie forestal arbolada de Pino Carrasco (*Pinus halepensis*): Se observa una parte importante en el este de la cuenca, en el nacimiento del río. También, casi en la desembocadura, aparecen dos pequeños parches. Pero no suponen una gran extensión del territorio. Suman un total de 689ha

A partir de la serie cartográfica temática de la Comunidad Valenciana, editada por la Generalitat Valenciana en 1998 (hojas 770 y 759), se ha realizado el siguiente Mapa de Usos del Suelo, donde se observa los diferentes usos actuales del suelo.

Se adjunta el Mapa de Usos del Suelo (Mapa N° 9)

Dentro de todas las clases del suelo que se observan, para su mejor descripción, se han hecho algunas uniones. La clasificación del suelo es la siguiente:

-  Núcleos urbanos: Se trata tanto del residencial de baja como de media densidad. También se han agrupado en este punto el suelo industrial y el dedicado a equipamientos, por formar todos los núcleos urbanos. Como se observa en el mapa, los asentamientos urbanos se encuentran en los márgenes del río.
-  Cultivos de regadío: Se incluye todos los cultivos que precisen ser regados en parte del año. Se encuentran también muy cerca del río, por necesitar el agua de este, y sobre todo en la parte más baja de la cuenca, en la de menor altitud. Se concentran los regadíos dedicados a

cítricos y, en menor medida, otros frutales. Destaca la presencia de regadíos de cítricos en el nacimiento de la cuenca, alrededor de un núcleo urbano de baja densidad. Esto se debe a que las altitudes en este punto permiten el cultivo de cítricos.

-  Cultivos de secano: Comprende todos los cultivos que no necesitan ser regados, necesitan poco agua para su supervivencia.
-  Forestal Matorral: Se incluye tanto la superficie de matorral con presencia de Pino Carrasco, como las superficies de matorral sin arbolado. Supone la mayor parte del territorio de la cuenca.
-  Forestal arbolado: Zonas con presencia de Pino Carrasco en mayor densidad. Supone una parte muy pequeña del territorio, solo una pequeña mancha en el oeste de la cuenca.

La superficie que supone cada tipo de suelo descrito anteriormente es:

Uso del suelo	Superficie (ha)	% de la superficie total
Improductivo (residencial, industrial, canteras)	103	1,47%
Cultivos de regadío	1.145	16,36%
Cultivos de secano	1.174	16,78%
Forestal Matorral	3.502	50,02%
Forestal Arbolado (Pinar)	689	9,84%
Masas de Agua	387	5,53%
TOTAL	7.000	100%

Tabla 8: Superficie ocupada por los diferentes usos del suelo

Se han considerado las masas de agua que hay en la cuenca. Se trata de la superficie que se destina a ríos, ramblas, balsas de agua para riego, etc.

3.6.3 Montes a cargo de la administración pública

En el Mapa Nº 10 se observan los montes de la cuenca que están gestionados por la comunidad autónoma (en este caso la Comunidad Valenciana) y el paraje natural municipal que envuelve todo el cauce principal y los principales barrancos cuya gestión corre a cargo del Ayuntamiento de Barxeta. También se observa parte del LIC Montdúver-Marxuquera.

3.7 Características socioeconómicas

La cuenca se encuentra ubicada al oeste de la comarca de la Safor, al noreste de la comarca de La Costera y al noreste de la comarca de la Vall d'Albaida.

La Safor es una comarca situada al sureste de la provincia de Valencia, cuya capital es Gandia. Limita al norte con la Ribera Alta y la Ribera baja, al este con el Mar Mediterráneo, al sur con la provincia de Alicante, y al oeste con La Vall d'Albaida y La Costera. Tiene una extensión de 429,60 Km cuadrados con una población de 176.238 habitantes.

Las principales formaciones montañosas que se encuentran en esta comarca son el Monte Safor (altitud de 1.013 metros) y el Montdúver (altitud de 841 metros). Los principales ríos que atraviesan la comarca son el Río Sérpis y el Río Vaca.

La comarca de La Costera se sitúa al suroeste de la provincia de Valencia. Su capital es Xàtiva. Limita al norte con las comarcas de la Canal de Navarrés y la Ribera Alta, al este con La Safor, al sur con La Vall d'Albaida y al oeste con la provincia de Alicante y con Castilla la Mancha (provincia de Albacete). Tiene una extensión de 528,10 Km cuadrados con una población de 72.089 habitantes.

Dentro de esta comarca, de Norte a Sur se encuentran el Valle de Montesa y el de Xàtiva, limitados por las Sierras de Enguera y la Serra Grossa al sur. El Valle de Montesa lo forma el río Canyoles que es un paso natural entre la llanura central valenciana y las tierras altas de la Mancha.

La serra Grossa se inicia en Fontanars del Alforins y recorre medio centenar de kilómetros hasta que conecta con el macizo del Buixcarró y el Montdúver. Destaca la formación de el Estret de les Aigües, por donde pasa el río Albaida hacia la comarca de la Ribera Alta donde desembocará en el Xúquer.

Por último, la comarca de La Vall d'Albaida se encuentra al sur de la provincia de Valencia. Limita al norte con la comarca de La Costera, al este con La Safor, y al sur con la provincia de Alicante. La capital de este comarca es Ontinyent. Tiene una extensión de 721,60 Km cuadrados con una población de 90.783 habitantes.

Recibe el nombre del río Albaida, principal afluente del Río Xúquer. Este fue el encargado de dar la forma a la comarca. En esta comarca también se encuentran importantes formaciones montañosas, destacando la Serra de Mariola, donde destaca el paraje de la Font Roja.

Los términos municipales que se encuentran dentro de la cuenca son los siguientes:

- Barxeta: Comarca de La Costera
- Lloc Nou d'En Fenollet: Comarca de La Costera
- Quatretonda: Comarca de La Vall d'Albaida
- Simat de la Valldigna: Comarca de La Safor

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

Todos los datos que a continuación se muestran han sido facilitados por el Instituto Valenciano de Estadística.

3.7.1 Red de comunicaciones

La cuenca solo dispone, en cuanto a infraestructuras de transporte, con varias carreteras autonómicas en la mitad norte, que cruzan la cuenca de oeste a este, y con una carretera provincial en el sud-oeste de la misma.

Para acceder a la mayor parte de la cuenca, se necesita el uso de caminos agrícolas, que cuentan con una red más extendida debido al carácter agrícola de la zona.

Alrededor del río hay más debido a que la agricultura se asienta alrededor, en la zona de depresión que crea el río. Toda la parte Sur y Sur-Este de la cuenca son zonas más montañosas, donde las explotaciones agrícolas no son tan viables, por este motivo hay menos vías de acceso.

En conclusión, el acceso a esta cuenca es bajo ya que solo cuenta con carreteras secundarias y numerosos caminos.

En el Mapa N^o 11, se encuentra el correspondiente Mapa de Red de Comunicaciones.

3.7.2 Población

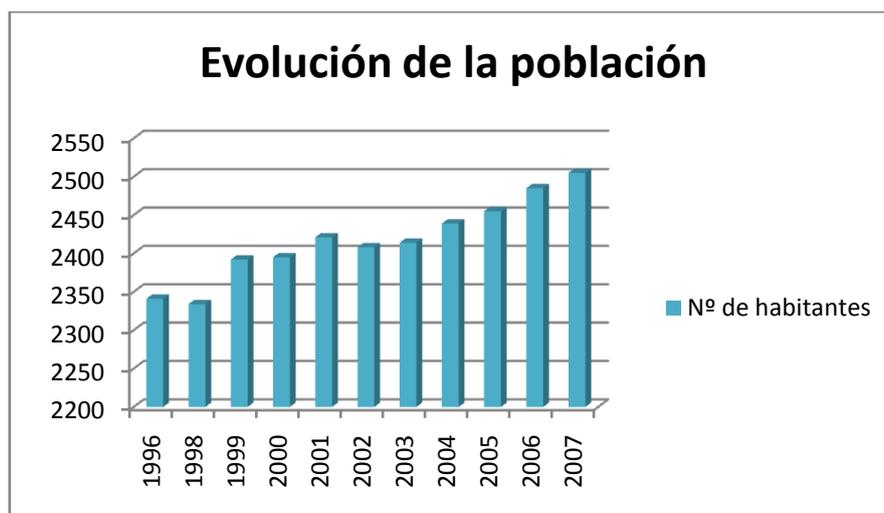


Figura 6: Gráfico de Evolución de la Población

En general, la evolución de la población dentro de la cuenca ha ido aumentando en los últimos 10 años, aunque se observan algunas pequeñas disminuciones en los años 1998 y 2002, pero no son significativas.

Todo indica que el aumento de la población se debe, en parte, a un aumento de la inmigración en los últimos años. Esta afluencia de inmigrantes en busca de oportunidades de trabajo está influyendo positivamente en la evolución de la población.

Mediante el siguiente gráfico se corrobora como ha aumentado la presencia de inmigrantes en la cuenca en estudio en los últimos años.

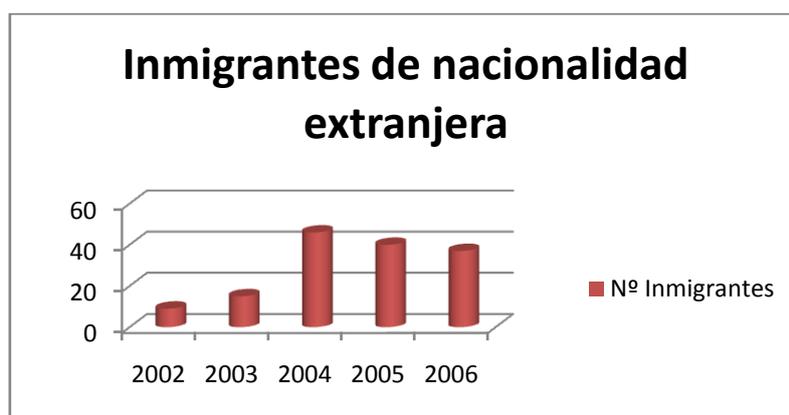


Figura 7: Gráfico de Evolución de los inmigrantes de nacionalidad extranjera

Este aumento de la población no se debe solo a la presencia de inmigrantes de nacionalidad extranjera. También ha habido un aumento de la población con personas procedentes de la misma comunidad autónoma (Comunidad

Valenciana). Este tipo de inmigración ha sido, hasta el momento, mucho menos importante que la debida a residentes de otros países, pero también se debe tener en cuenta a la hora de realizar un análisis de la evolución de la población.

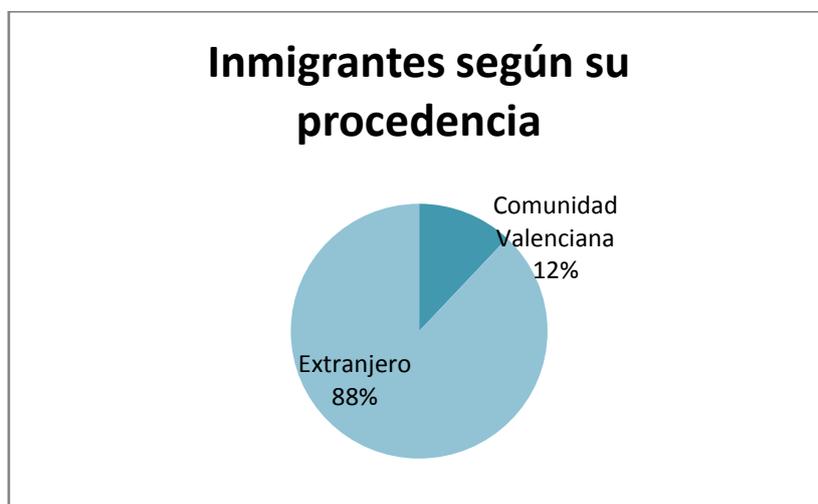


Figura 8: Gráfico del origen de los inmigrantes



Figura 9: Gráfico de la población según su nacionalidad

Aunque la mayor parte de la población (92%) es de origen español, se observa un aumento de la población procedente de la Unión Europea que suponen el 7% de la población actual, frente a un 0,3% de la población de origen africano y un 0,24% de población de origen americano.

De todo esto se concluye con un crecimiento vegetativo positivo en los últimos años, aunque con grandes fluctuaciones.

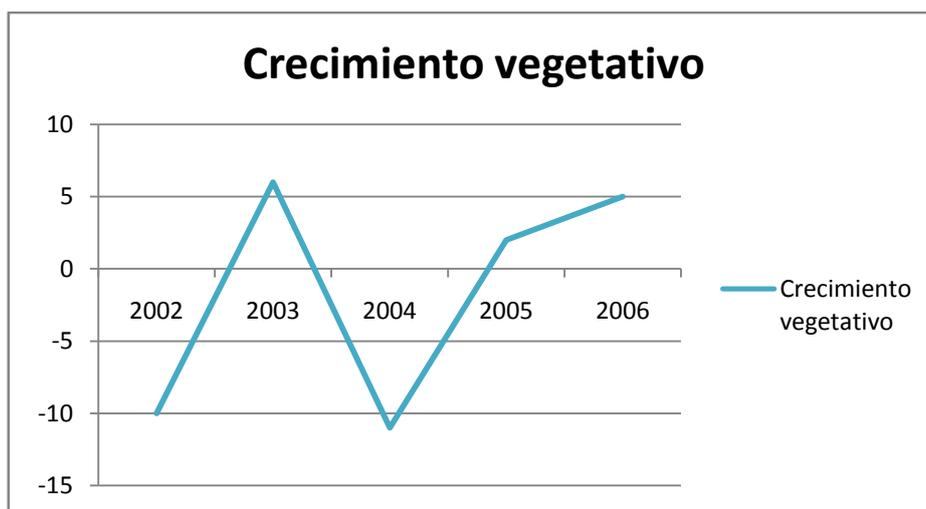


Figura 10: Gráfico del crecimiento vegetativo

3.7.3 Estructura productiva

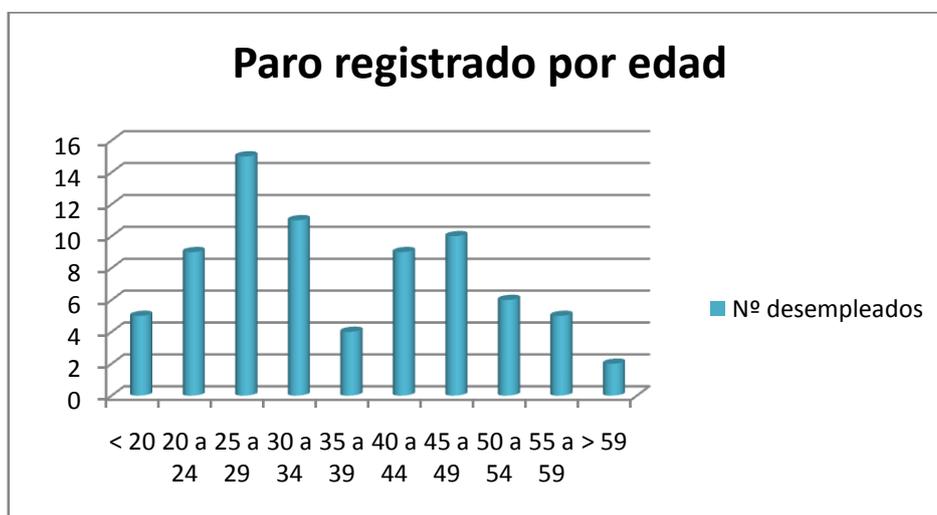


Figura 11: Gráfico del paro según el sector de edad

Los habitantes de esta zona con edades comprendidas entre los 25 y los 29 años son los que tienen mayor número de desempleo. Suelen ser jóvenes que han terminado los estudios universitarios recientemente y no encuentran trabajo de sus especialidades ya que la zona es agrícola. Estos son los jóvenes que deben emigrar en busca de un trabajo adecuado a sus especialidades.

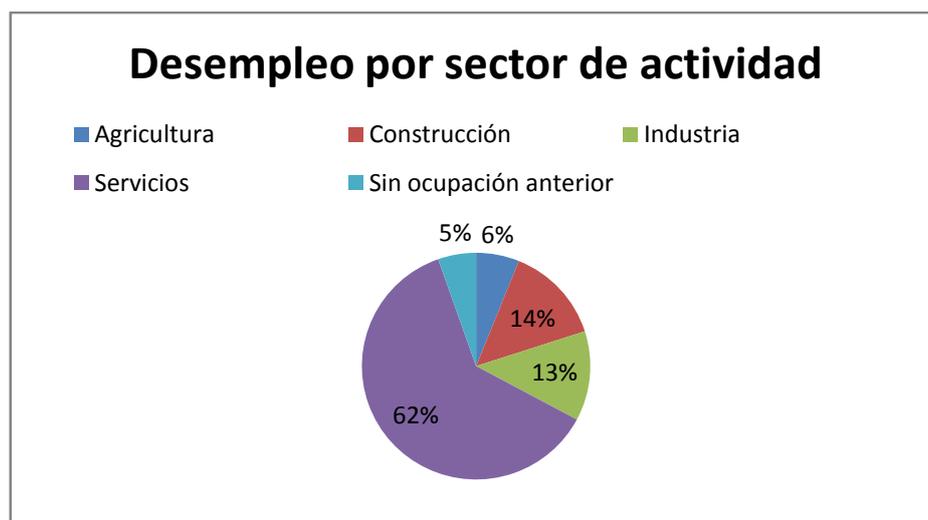


Figura 12: Gráfico del desempleo registrado por cada actividad

Por sector de actividad, el sector servicios es el que mayor número de desempleo ha generado (62%). Esto se debe a que la cuenca no se sustenta con el turismo. No se han creado las infraestructuras necesarias para atraer al turismo. Existen muy pocos restaurantes y ningún hotel donde poder pernoctar. Los únicos turistas que visitan la zona son habitantes de poblaciones cercanas que pasan el día en los alrededores y no consumen nada en los municipios porque ni siquiera van a ellas, se lo traen todo de casa.

El sector primario (agricultura) también presenta un importante índice de desempleo (6%), aunque mucho menor que el sector secundario (industria) que supone un 13% del total de desempleo. Esto se explica porque la industria no es un sector fuerte en la zona. Solo existe un pequeño polígono industrial, que se dedican a producir para los municipios de los alrededores, no exportan a otros países. El sector económico dominante es el sector primario.

La mayor parte del territorio está dedicado a la agricultura (como se observa en el mapa de usos del suelo). Sobre todo, se cultivan frutales tanto de regadío como de secano. Estos se ubican alrededor del río en todo su recorrido. En la depresión que forma el río en el tramo medio y bajo.

Hay muy poco espacio destinado a infraestructuras productivas como son polígonos industriales.

Todo el Sur y el Este de la cuenca es improductivo ya que se tratan de montañas escarpadas donde no es viable económicamente realizar ningún tipo

de instalación para la producción económica. Además se tratan de montañas con valores naturales importantes que deberían estar protegidas legalmente.

4. HIDROLOGÍA FORESTAL

4.1 Reseña hidrográfica

El río Barxeta nace en unos manantiales en el Pla de Corrals a partir de los Barrancos del Hondo, del Buscarró, del Fondó, de l'Aigua, dels Conills, y de l'Avenc, que drenan parte de la Sierra del Buscarró (Sierra Grossa). Su cauce transcurre sobre arcillas triásicas o sobre aluviones del mismo río. Los acarreos que transportan son de pequeño tamaño y no muy numerosos, en su cauce medio, estando bastante colonizado por la vegetación espontánea. La presencia de arcillas y la proximidad de los cultivos al cauce dificultan la ubicación de obras en él.

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

Afluyen al río Barxeta por su margen derecha los Barrancos del Llop y dels Fangars que drenan el norte de la cuenca, que se encuentran dentro de los parajes de els Pilonets, Forgueles, Cocó de la Zapata, la Solana y la loma dels Graus, compuestos fundamentalmente por materiales carbonatados, calizas en su mayor parte del Cretácico Superior. En ambos barrancos existen sendas albarradas de mampostería gavionada que presentan un aterramiento apreciable. El Barranco del Llop lleva abundantes acarreos de tamaño medio, mientras que en el dels Fangars aunque también lleva acarreos, son menos numerosos. Ambos cauces presentan abundante vegetación. La cuenca de este último mantiene un estado forestal en buenas condiciones, con buena cubierta vegetal.

4.2 Características morfológicas

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

4.2.1 Parámetros de forma

Índice de compacidad de Gravelius

Define la influencia del contorno de la cuenca (su forma y su superficie) en la marcha de los hidrogramas.

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el definido por la circunferencia de igual superficie que ésta. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_C = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde:

P: Es el perímetro de la cuenca

R: Es el radio de la circunferencia de igual superficie

Como $A(\text{Superficie de la cuenca}) = \pi R^2$, entonces:

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

Para la cuenca objeto del presente estudio:

Perímetro de la cuenca: 47.851,52m

Área de la circunferencia: 70.000.000,00m²

Por tanto, para la cuenca del río Barxeta:

$$K_C = 0,28 \frac{47851,52}{\sqrt{70000000}} = 1,6$$

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

4.2.2 Parámetros de relieve

Curva hipsométrica

Representa la altimetría de la cuenca, es decir, el porcentaje de superficie de la cuenca que se encuentra a un cota igual o superior. Su cálculo se obtiene a partir de un plano topográfico, calculando la superficie encerrada en curvas de nivel.

Cota (m)	Superficie por encima de la cota correspondiente (ha)	% Acumulado	% Relativo
672	0	0	0
600	84	1,20	1,20
500	1099	15,70	14,50
400	1414	20,20	4,50
300	2961	42,30	22,10
200	4109	58,70	16,40
100	4676	66,80	8,10
60	5950	85,00	18,20
40	7000	100,00	15,00

Tabla 9: Datos de Superficies para la representación de la Curva Hipsométrica

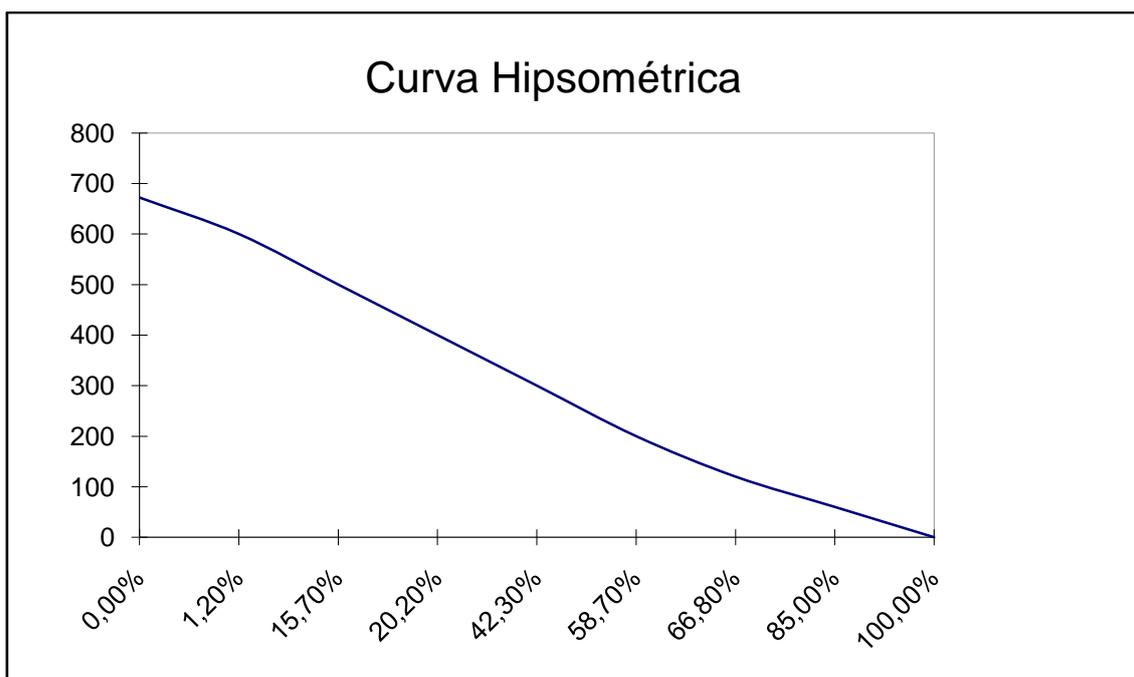


Figura 13: Curva Hipsométrica

Según Strahler, la curva hipsométrica es un reflejo del estado de equilibrio dinámico potencial de una cuenca. Según su clasificación, la cuenca en estudio se encontraría en estado de equilibrio.

Altura media

Se calcula como el cociente entre el volumen de la cuenca y su superficie:

$$h = \frac{V}{A} = \frac{1,3^{10}}{70.000.000} = 185,1m$$

Donde:

h: Altura media (m)

V: Volumen de la cuenca (m³)

A: Superficie de la cuenca (m²)

Altitud media

$$\bar{H} = \bar{h} + h = 185,1 + 38 = 223,1m$$

Donde:

\bar{h} : Altura media en m

h: Altitud mínima

Pendiente de la cuenca

$$I_m = \frac{I_t h}{A} = \frac{883.400 \cdot 20}{70.000.000} = 0,2524 \cdot 100 = 25,24\%$$

Donde:

I_t : Suma de las longitudes de todas las curvas de nivel (m)

h: Intervalo entre dos curvas de nivel consecutivas (m)

A: Superficie total de la cuenca (m)

4.2.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica

Densidad de drenaje

Se define según la siguiente expresión:

$$D = \frac{\sum li}{A} = \frac{2395}{70} = 34,21 km^{-1}$$

Donde:

D: Densidad de drenaje (Km^{-1})

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

A: Superficie de la cuenca (Km^2)

Pendiente media del cauce principal

Se calcula:

$$j = \frac{H_{Máx} - H_{Min}}{L} \cdot 100 = \frac{220 - 50}{15.000} \cdot 100 = 1,13\%$$

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)

Esquema general de la red hidrográfica

Para finalizar la descripción de la red hidrográfica, se adjunta un esquema de la red general hidrográfica en la zona de estudio.

En el Mapa N° 12, se observa el esquema general de la red hidrográfica.

4.3 Cálculo de Caudales

4.3.1 Aplicación de las fórmulas empíricas de García Nájera

Para el cálculo de caudales se va a usar, en primer lugar, la fórmula de García Nájera ya que se trata de una cuenca pequeña torrencial. Esta fórmula se plantea en función de la pendiente, la superficie de la cuenca y la superficie arbolada.

Como la superficie de la cuenca es mayor a 2,5Km²:

$$Q(m^3 \cdot s^{-1}) = \frac{a \cdot p(42 + 0,525 \cdot S) \cdot S^2}{(1 + S)[1 + 0,025 \cdot S][0,5 + \sqrt{S}]}$$

Donde:

S: es la superficie total de la cuenca en Km²

a: Un coeficiente que depende del estado forestal de la cuenca:

$$a = 1 - \frac{0,75S_c}{S} = 1 - \frac{0,75 \cdot 6,89}{70} = 0,93$$

S_c: Es la superficie arbolada de la cuenca.

p: Coeficiente que depende de la pendiente de la cuenca:

Cuencas poco accidentadas: p=0,75

Cuencas medianamente accidentadas: p=1,00

Cuencas muy accidentadas: p=1,25

La cuenca en estudio tiene menos de un tercio de superficie con rango de pendientes menor al 30%, por tanto el coeficiente p=0,75.

$$Q(m^3 \cdot s^{-1}) = \frac{0,93 \cdot 0,75(42 + 0,525 \cdot 70) \cdot 70^2}{(1 + 70)[1 + 0,025 \cdot 70][0,5 + \sqrt{70}]} = 155,47m^3/s$$

4.3.2 Aplicación del Método de la Dirección General de Carreteras (MOPU)

En este método la fórmula que se propone es la siguiente:

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

Donde:

Q: Caudal en m³/s

I: Intensidad en mm/h

A: Superficie en Km²

Cálculo de la Intensidad I

La intensidad I₁/I_d se determina a partir del mapa de isolíneas publicado por la DGC.

Se calcula:

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

Donde:

T_c: Tiempo de concentración en horas

L: Longitud del curso en Km

J: Pendiente del curso principal en tanto por uno

Con I₁/I_d y D se deduce:

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{(28^{0,1-D^{0,1}})}{(28^{0,1}-1)}}$$

Se deduce I para la período deseado multiplicando

I/I_d por I_d=P_d/24

Donde:

P_d : Precipitación máxima diaria en mm, para el período de retorno deseado

Cálculo del coeficiente de escorrentía C

A partir de la estimación del parámetro P_0 en función de las características del suelo (tipo de cultivo, pendiente, características hidrológicas y grupo de suelo), se calcula el coeficiente de escorrentía C multiplicando este parámetro inicial por el factor regional que se obtiene del gráfico que lleva el mismo nombre.

Finalmente, se calcula C mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(P_d - P_0)(P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2}$$

Cálculo del caudal

Con los valores obtenidos de I y de C se calcula el caudal mediante la fórmula descrita anteriormente.

Se ha aplicado el método para el cálculo de los caudales con períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuenc a	I_1/I_d	D	P'_0	P_d10	P_d25	P_d50	P_d100	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}
	11, 3	5, 51	76,1 6	189, 9	244, 0	285, 4	324, 6	122,3 1	215,1 2	297,0 2	381,7 2

Tabla 10: Resultados del Cálculo de Caudales según el Método del MOPU

4.4 Erosión en la zona de estudio

Según el tipo de suelo, este puede ser más o menos erosionable. Los tipos de suelos presentes en la cuenca objeto del presente estudio, presentan erosionabilidad alta y moderada.

Los suelos de erosionabilidad alta son los que pertenecen a la subunidad *Leptosoles*. Estos son suelos que en su propia morfología muestran las consecuencias de la erosión, la cual no permite más que un escaso desarrollo

del perfil, que sólo alcanza a unos pocos centímetros (menos de 30cm) de profundidad.

Los suelos con erosionabilidad moderada se corresponden con los *Fluvisoles*. Estos son suelos desarrollados sobre depósitos aluviales recientes. Se localizan, por lo tanto, sobre los depósitos del Cuaternario aportados por los ríos, ramblas, etc. que constituyen la red fluvial. Se caracterizan por su posición topográfica llana y por su utilización agrícola intensiva.

La textura de estos suelos es variable y, generalmente, tienen una buena permeabilidad y aireación. Sin embargo, como resultado de su dedicación agrícola intensiva, suelen tener poca materia orgánica y la estabilidad de los agregados es baja.

Estas características determinan una erosionabilidad moderada y a veces alta. Sin embargo, debido a su localización en zonas llanas no se observan en ellos procesos de erosión importantes.

Para describir la erosión presente en la cuenca se han realizado dos mapas donde se representa la erosión potencial y la que hay realmente en la cuenca.

La erosión potencial es aquella que, en ausencia de cobertura vegetal, con las mismas condiciones climáticas, cabría esperar que se diese en la cuenca.

Como se observa en la representación, la mayor parte de la cuenca tiene una tasa de erosión potencial muy elevada ($> 100 \text{ Tm/Ha/año}$). Toda la mitad este de la cuenca tiene una erosión potencial muy alta. Esto se debe a la presencia de numerosos barrancos con elevada pendiente debido a las formaciones montañosas y a las características del suelo en cuanto a composición.

La mitad oeste de la cuenca, aunque también tiene dos tramos (que coinciden con las formaciones montañosas) con erosión potencial muy alta, la mayor parte tiene menor riesgo de erosión potencial que la anterior. Esta zona coincide con la desembocadura del río, y con las zonas más llanas de la cuenca. De esta forma, la desembocadura del río tiene erosión potencial moderada.

Cabe destacar el extremo este de la cuenca ya que se encuentran dos manchas en límite de la cuenca donde la erosión potencial pasaría a la fase lítica en caso de ser real.

Se adjunta el correspondiente Mapa de Erosión Potencial (Mapa N° 13)

La erosión actual, aunque es elevada, es menor a la erosión potencial.

Las formaciones montañosas tienen un grado de erosión alto (40-100 Tm/Ha/año). Las laderas escarpadas de las riberas de los valles fluviales se ven afectadas por el caudal y nivel de agua. Durante las crecidas se modifican las condiciones geométricas y erosivas y puede cambiar la posición y extensión del cauce, al tiempo que aumenta la carga hidráulica y la capacidad erosiva del río. De este modo, se inducen una socavación lateral en los márgenes y cambia la morfología inicial de las vertientes, aumentando su verticalidad. Todo ello genera una disminución de su soporte por la base, desarrollándose deformaciones elásticas e incrementándose el esfuerzo de corte sobre los materiales.

En el noreste de la cuenca, se encuentra una franja donde la erosión actual es moderada (15-40 Tm/Ha/año), siendo la erosión potencial muy alta.

La desembocadura del cauce principal tiene una tasa de erosión desde muy baja a baja (< 15 Tm/Ha/año), aunque hay un pequeño tramo con erosión moderada.

Se adjunta el correspondiente Mapa de Erosión Actual (Mapa N° 14)

4.4.1 Índices de relieve relacionados con la erosión

Coefficiente de masividad

La Erosionabilidad de una cuenca está en función de la topografía, a igualdad de los otros factores. Para entender cómo afecta la topografía a la Erosionabilidad de la cuenca se ha calculado el coeficiente de masividad:

$$Tg \propto \frac{\bar{h}}{A} = \frac{185,1}{70} = 2,64$$

Según el resultado obtenido la cuenca no tiene un relieve muy accidentado.

Donde:

\bar{h} : Altura media (m)

A: Superficie de la cuenca (Km²)

Coeficiente orográfico

Este coeficiente da una idea mejor sobre la erosionabilidad de la cuenca en relación con el relieve. Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\bar{h} \cdot Tg \propto = \frac{(Altura\ media)^2(m^2)}{Superficie\ de\ la\ cuenca(Km^2)} = \frac{185,1^2}{70} = 489,45$$

4.5 Hidrogeología

Según la información facilitada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), la cuenca pertenece a dos Unidades Hidrogeológicas, las dos dentro de la Cuenca Hidrográfica del Júcar.

La mitad norte pertenece a la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de las Agujas (Código Unidad Hidro. es 08.31). Esta unidad tiene un perímetro de 65.030,707m con un área de 188,75Km².

La mitad sur pertenece a la Unidad Hidrogeológica de la Sierra Grossa (Código Unidad Hidro. es 08.32), que tiene un perímetro de 177.975,839m y un área de 79.005,42Km².

En general, la cuenca tiene una permeabilidad baja sobretodo los límites del cauce. Los extremos de la cuenca, tanto por el norte como por el sur tienen una permeabilidad alta debido a que son sistema kársticos que infiltran grandes cantidades de agua, son acuíferos muy productivos.

Se adjunta el correspondiente Mapa de Permeabilidad (Mapa N° 15)

La siguiente tabla muestra la permeabilidad en función de la composición geológica del suelo. Es la explicación de la Leyenda del mapa de permeabilidad.

LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD					
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	
CON AGUAS UTILIZABLES	FISURABLES Y SOLUBLES	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
	POROSAS	DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
		DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
	FISURABLES	ÍGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD	SOLUBLES	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB
	POROSAS POR METEORIZACIÓN						

Tabla 11: Permeabilidad del suelo en función de su composición geológica

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

Uno de los Organismos que más ha contribuido en el estudio de la erosión hídrica del suelo y ha tomado medidas para su control es el U.S.D.A. Soil Conservation Service, creado en el año 1935. En un principio, este organismo dedicaba sus estudios específicamente a las áreas de cultivo pero posteriormente se han ampliado a todas las áreas vegetales.

Fueron Wischmeier & Smith los que investigaron y difundieron, para este organismo, los fundamentos del modelo paramétrico U.S.L.E. (*Universal Soil Loss Equation*) o ecuación de pérdidas de suelo. La referencia son sus publicaciones en los años 1972, 1974 y 1978.

La ecuación se dedujo a partir de una investigación de más de 1.000 parcelas en 49 localidades de EE.UU. En su origen fue diseñada para estimar las tasas anuales de erosión en terrenos agrícolas de pendientes suaves.

En la actualidad, por su fácil aplicación, es todavía el modelo de estimación de la pérdida de suelo que más se utiliza aunque se debe tener en cuenta sus restricciones para evitar errores en la interpretación de los resultados. Se basa en una formulación empírica que intenta interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos.

La U.S.L.E. es un modelo paramétrico totalmente empírico y su bondad depende del rigor con que los cinco parámetros de la ecuación reproduzcan las condiciones del medio. Estos parámetros no tienen realidad física

La evaluación de los parámetros es totalmente experimental. Esto limita su capacidad de extrapolación a condiciones ambientales diferentes. Además, basa el cálculo de pérdidas de suelo solo producida por la erosión hídrica en determinadas circunstancias: por arroyada superficial, en regueros y entre regueros. Pero no considera la erosión en cárcavas y barrancos. Tampoco estima el transporte de sedimentos a través de la red fluvial ni la erosión producida por ésta.

Es un modelo que sirve de guía para la selección de medidas o propuestas para la conservación de determinados terrenos. Antes de su aplicación es necesario conocer el concepto de “tolerancia de pérdidas de suelo”. Del contraste de éste valor con las pérdidas de suelo que calcula el modelo, se obtienen los usos más adecuados para la conservación de los distintos tipos de suelos de la cuenca.

El modelo USLE para estimar la erosión potencial del suelo en $t \cdot ha^{-1}$ es la siguiente:

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

Donde:

R ($J \cdot m^{-2} \cdot cm \cdot hora^{-1}$): Es el índice de erosión pluvial

K ($t \cdot m^2 \cdot hora / ha \cdot J \cdot cm$): Es la vulnerabilidad del suelo a la erosión (Factor de erosionabilidad pluvial)

(L·S): Representa la topografía del terreno (Factor longitud de la pendiente·Factor pendiente)

C: Es la cubierta vegetal (Factor cultivo)

P: Son las prácticas de manejo y conservación de suelos (Factor prácticas de cultivo)

El modelo se ha aplicado a cuencas vertientes, donde se han establecido las zonas con los niveles de erosión potencial agrupados en clases homogéneas. Los niveles más utilizados son:

Pérdidas de suelo (t/ha-año)	Código
A<10	1
10<A<25	2
25<A<50	3
50<A<200	4
A>200	5
Improductivo	0

Tabla 12: Niveles de erosión potencial más usados en el Modelo USLE

Esto permite plantear una ordenación de los usos del suelo en las diferentes superficies de una cuenca vertiente, según el valor tolerable de pérdidas de suelo en la cuenca:

Vocación del terreno	Código	Erosión	Uso actual del suelo
Terrenos forestales	1	$A_I < A_T$	Compatible
	2	$A_I > A_T$	No compatible, es preciso mejorar la cubierta vegetal
Terrenos agrícolas	3	$A_I < A_T$	Compatible
	4	$A_I > A_T$ $A_i, P < A_T$	Compatible sólo si se aplican las prácticas de conservación de suelos pertinentes
	5	$A_I > A_T$ $A_i, P > A_T$	Incompatible, terrenos a recalificar
Improductivo	0	-	-

Tabla 13: Ordenación de los Usos del Suelo según los niveles de erosión potencial

El uso generalizado de la ecuación USLE (en unidades americanas) hizo que, en 1981 Foster et al., realizara la conversión a las unidades del Sistema Internacional:

Parámetro	Dimensiones
A	$M/L^2 \cdot T$
R	$L \cdot F \cdot L/L^2 \cdot T \cdot T$
K	$M \cdot L^2 \cdot T/L^2 \cdot L \cdot F \cdot L$
L	Adimensional
S	Adimensional
C	Adimensional
P	Adimensional

Tabla 14: Parámetros de la ecuación USLE

En 1975, Williams realizó una modificación del modelo que permitió establecer el modelo MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) o Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Modificada. Mediante esta modificación se pueden estimar los sedimentos emitidos por una cuenca vertiente (t) para un aguacero concreto, mediante la siguiente expresión:

$$Y = 11,8 \cdot (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot (L \cdot S) \cdot C \cdot P$$

Donde:

El parámetro R es sustituido por $(Q \cdot q_p)^{0,56}$

Q: Representa el volumen de escorrentía

q_p : Representa el caudal punta generado en la cuenca por el aguacero en cuestión.

Los otros parámetros permanecen invariables, ya que sus magnitudes representan los valores medios correspondientes al área de la cuenca vertiente.

Mediante la ecuación MUSLE se amplía el ámbito de la circulación del flujo con sedimentos en cuencas hidrográficas y constituye un punto de referencia para la introducción de subrutinas, relacionadas con el ciclo de los sedimentos, en posteriores modelos hidrológicos.

En las últimas décadas (1991, 1993, 1994), Renard et al. y otros autores han mejorado la ecuación USLE, dando lugar a la ecuación RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) o Ecuación de Pérdidas de Suelo Revisada.

Mediante la RUSLE se mejora la determinación de las pérdidas de suelo, ya que da una mayor precisión en la definición de los parámetros para la situación objeto de análisis. En realidad, su aplicación se reduce a fincas o a situaciones en las que se dispone de una buena información pluviométrica, edáfica y de la cubierta vegetal ya que sólo modifica la forma inicial de estimar los diferentes parámetros del modelo.

En España, la utilización de la ecuación USLE ha sido muy generalizada para la Restauración Hidrológico Forestal. Ha permitido la aportación de cifras importantes por su orden de magnitud, sobre todo en términos relativos, dentro de una misma cuenca o entre cuencas contiguas.

La primera vez fue aplicada en el río Segura en el año 1975 por López Cadenas de Llano. Pero a lo largo del tiempo se ha mantenido, aunque las

herramientas de cálculo de los parámetros han evolucionado. También se ha interpuesto la creación de mapas temáticos elaborados previamente en la etapa descriptiva, que sirve para crear un mapa final, llamado mapa de erosión, de estados erosivos o de paisajes erosivos, donde se representa cartográficamente el modelo.

Dichos 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 agrícolas

El resultado son polígonos con el mismo grado de erosión que se clasifican en función de unos baremos.

El ICONA (instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza) realizó un estudio de las cuencas hidrográficas españolas donde, aplicando el Modelo USLE, se determinó el grado de erosión de las diferentes cuencas. Se publicaron en 1988 con el nombre de "Mapas de Estados Erosivos".

Una vez introducido la metodología que se seguirá en este punto, a continuación se explican los diferentes parámetros que forman el modelo USLE para la determinación de la erosión en la cuenca objeto del presente trabajo.

5.1 Índice de Erosión pluvial (R)

El estudio de la variación de R a lo largo del año permite conocer en qué épocas del año se presentan las lluvias de mayor erosividad, factor importante para la determinación del parámetro C.

Wischmeier dedujo que el mejor parámetro para estimar la pérdida de suelo, era el resultante de multiplicar la energía cinética de la lluvia por la intensidad máxima durante 30 minutos de la precipitación. De esta manera definió el Índice de Erosión Pluvial. De esta forma, la erosividad de la lluvia es el

producto de la energía cinética de un aguacero por la intensidad máxima durante 30 minutos.

La energía cinética se calcula mediante:

$$E = 210,2 + 89 \log_{10} I$$

Donde:

E (J·m²·cm⁻¹): Es la energía cinética del aguacero

I (cm·hora⁻¹): Es la intensidad de la lluvia en el período considerado

De esta forma, el índice de erosión pluvial R (J·m⁻²·cm·hora⁻¹) se define por:

$$R = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^n [210,2 + 89 \log_{10} I_j] [I_j \cdot T_j] I_{30}$$

Donde:

T_j: Período de tiempo en horas para intervalos homogéneos de lluvia durante el aguacero

I₃₀: Máxima intensidad de lluvia durante treinta minutos del aguacero

j: Son los intervalos homogéneos del aguacero

n: Es el número de intervalos

El valor de R correspondiente a un año será la suma de los valores de R de cada una de las lluvias registradas en ese tiempo. Para obtener un valor representativo es necesario computar un ciclo de al menos 10 años.

Para el cálculo de la R se necesita un análisis de la banda del pluviógrafo. Se considera como valor umbral para la erosión una precipitación de 13mm en un intervalo de 6 horas. De este modo, se desprecian todas las precipitaciones con un volumen inferior al umbral, con la excepción de aquellas en la que la intensidad es superior a 24mm/h en 15 minutos.

En España, debido a la escasa e irregular densidad de la red de pluviógrafos existente, el estudio del ICONA-Intecsa, hizo necesario investigar una relación

entre el factor R calculado con los datos suministrados por métrica y los parámetros de lluvia obtenibles en base a datos proporcionados por la red.

El estudio se limitó a la vertiente mediterránea, y la relación que mejor ajustó a los valores de las estaciones básicas, con coeficiente de correlación 0,98, fue:

$$R = 2,375(PD2) + 0,513(PMEX) - 94,4 - 81Z_1 + 37Z_3 + 89Z_4$$

Donde:

PD2: Es la precipitación máxima diaria con un período de retorno de dos años.

PMEX: Es el valor medio interanual de la precipitación del mes más lluvioso de cada año.

Z: Son los factores de zonificación.

También en el mismo estudio se estableció la regresión existente entre el Índice R y el Índice de agresividad del clima (p^2/P) de F. Fournier, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0,93:

$$R = 2,56 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{1,065} \cdot 0,56^{Z2} \cdot 1,66^{Z4}$$

Donde:

p: Es la precipitación del mes más lluvioso del año

P: Es la precipitación de ese año

Z: Son los factores zonales

De esta forma se obtiene el mapa de isolíneas de R.

Para la aplicación a la cuenca del río Barxeta se ha optado por el uso de la ecuación de regresión facilitada por el estudio realizado por ICONA-INTECOSA (1988), de zonificación del Factor R en el territorio español. Esta ecuación se detalla en la Monografía "La agresividad de la lluvia en España. Valores del Factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo", 1988, editado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En la cuenca el Factor R tiene un valor de $254 \text{ J}\cdot\text{cm}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$

5.2 Índice de erosionabilidad del suelo (K)

Este factor K representa la pérdida de suelo cuantificada por unidad de erosividad en una parcela estándar.

La erosionabilidad representa la respuesta del suelo a una determinada fuerza o mecanismo erosivo. Es el esfuerzo cortante e impacto directo de la gota de lluvia. Representa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

De forma general, Wischmeier simplificó el cálculo de este factor determinando la erosionabilidad por medio de un simulador de lluvia. El procedimiento experimental consistió en la aplicación de una serie de lluvias simuladas, combinando trece de 64mm con el suelo moderadamente seco, cuatro de 32mm con el suelo húmedo, y tres de 64mm con el suelo húmedo, todas ellas con una intensidad de 64mm/h. El factor K es, de este modo, un valor medio que incluye una gran variabilidad apreciable de tormentas y antecedentes de humedad del suelo.

En el estudio del ICONA-Intecsa, 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 ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) 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:

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

Donde:

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

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

a: Es el porcentaje de materia orgánica.

b: Es el número correspondiente a la estructura del suelo según la siguiente codificación:

1: Gránulo muy fino y grumo muy fino (< 1mm)

2: Gránulo fino y grumo fino (1-2mm)

3: Gránulo y grumo medio (2-5mm) y gránulo grueso (5-10mm)

4: Gránulo liso, prismático, columnar y muy grueso (> 10mm)

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 15-20cm superiores del suelo, y los de permeabilidad a todo su perfil.

Para tener en cuenta la abundancia de fragmentos gruesos que presenta el suelo se reducen los valores de K obtenidos por la ecuación desde 0,03 a 0,09.

Para la aplicación se ha hecho una estimación del factor por asociación de los substratos superficiales que se han formado con el grupo geológico, según se recoge en la siguiente tabla:

SUSTRATO GEOLÓGICO	VALOR DEL FACTOR K
Cretácico	0,34
Cuaternario	0,34
Terciario	0,45
Triásico	0,45

Tabla 15: Resultados del cálculo del Factor K de la ecuación USLE

5.3 Factor topográfico (L-S)

Wischmeier experimentó con valores máximos de 192m en la longitud de ladera y de 22% de pendiente, de forma que, en la ecuación general, no hay datos suficientes para establecer los límites de aplicabilidad de la ecuación. Pero, en la bibliografía es muy corriente encontrar numerosas publicaciones con la representación gráfica del efecto de la pendiente deducida a partir de la expresión de este autor, que permite la obtención del factor LS para pendientes hasta del 50%.

En el estudio realizado en España por ICONA-Intecsa, los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

El factor L (Longitud del declive) viene definido por:

$$L = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^m$$

Donde:

λ : Es la longitud del declive en metros. Se define como la distancia desde el origen de la escorrentía superficial hasta el inicio del depósito de sedimentos, o que la escorrentía se concentre en un cauce.

m: Es un exponente influenciado por la interacción entre la longitud del declive y la pendiente.

El factor pendiente S viene definido por:

$$S = \frac{0,43 + 0,30 \cdot s + 0,043 \cdot s^2}{6,613}$$

Donde:

s: Es la pendiente en porcentaje

La ecuación que se obtiene del análisis estadístico de los datos para representar el producto LS es:

$$L \cdot S = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^m \cdot \left[\frac{0,43 + 0,30 \cdot s + 0,043 \cdot s^2}{6,613} \right]$$

Simplificaciones:

Para pendientes menores del 20% y longitudes de declive menores de 350m:

$$L \cdot S = \lambda^{0,5} \cdot (0,0318 + 0,00965 \cdot s + 0,00138 \cdot s^2)$$

Para pendientes mayores del 20%:

$$L \cdot S = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,6} \cdot \left[\frac{S}{9} \right]^{1,4}$$

Para pendientes menores del 9%:

$$L \cdot S = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,3} \cdot \left[\frac{0,43 + 0,30 \cdot s + 0,043 \cdot s^2}{6,613} \right]$$

Para pendientes iguales o mayores al 9%:

$$L \cdot S = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,3} \cdot \left[\frac{S}{9} \right]^{1,3}$$

Son ecuaciones aplicables en el caso de laderas de pendiente uniforme con un mismo tipo de suelo y vegetación en toda su longitud, debiendo utilizarse factores correctores para el caso en que a lo largo del recorrido de la lámina de escurrimiento se produzcan cambios sensibles de pendiente o de algunos otros factores.

La caracterización de las longitudes de pendiente para esta cuenca es compleja debido a la gran cantidad de interrupciones debido a caminos, cursos

de agua, etc. en las laderas que componen la cuenca. Se dispone de un mapa del pendientes creado a partir de un Modelo Digital del Terreno, se puede correlacionar directamente la pendiente con la longitud de declive.

En los proyectos de Restauración Hidrológico Forestal se sigue el siguiente criterio:

Rangos de pendientes del 12% es el inicio de la erosión

A partir del 24% es el arrastre total, que tiene mucho que ver con la erosión en laderas

Además, el 12% es el límite superior máximo admitido para las prácticas agrícolas

Así, se han obtenido los valores de L-S para los diferentes rangos de pendientes:

PENDIENTES (%)	L-S
0-12%	0,85
12-24%	4,55
> 24%	8,7

Tabla 16: Resultados del cálculo del Factor (L-S) de la ecuación USLE

5.4 Factor de cultivo C

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

Este factor se define como la relación entre las pérdidas de suelo que se producen bajo una alternativa y con unas determinadas técnicas de cultivo y las pérdidas correspondientes al barbecho continuo.

En una parcela determinada, las pérdidas en barbecho continuo vienen dadas por el producto de R·K·SL. Las pérdidas reales son menores y esta disminución depende de la secuencia de cultivos y de las técnicas utilizadas, así como del estado de la vegetación en el momento de producirse las lluvias. El factor C permite ajustar esta disminución.

De forma general, para el cálculo de C se establecieron cinco períodos de cambios de efectividad defensiva de la cubierta vegetal:

- Período F o 0: Barbecho de preparación, que va desde la labor de alzar hasta la siembra, o labores inmediatas a la siembra.
- Período 1: Siembra, desde la siembra o labores preparatorias hasta un mes después de la siembra.
- Período 2: Establecimiento, desde uno o dos meses después de la siembra, cuando ésta es de primavera o verano. En las siembras de otoño incluye los meses de invierno con parada invernal, finalizando cuando vuelve a iniciarse el crecimiento en primavera.
- Período 3: Crecimiento y maduración desde el final del período 2 hasta la recolección.
- Período 4: Residuos o rastrojos, desde la recolección hasta la labor de alzar o nueva siembra. Cuando se establecen praderas de cereales, este período se considera de dos meses después de la recolección. A partir de este momento se considera como pradera establecida.

Este factor se obtiene, para un cultivo o una determinada rotación de cultivos, dividiendo el año según las fechas locales de labranza, siembra y recolección, y considerando los períodos señalados. A partir de la curva acumulativa de distribución de la erosividad, factor R, se obtiene el porcentaje de R esperado dentro de cada período vegetativo. El período C deducido de la tabla multiplicado por el porcentaje obtenido de la curva de distribución del factor R nos da el factor C para ese período. El valor que se ha de reflejar en el modelo USLE es el promedio, que se obtiene agregando los valores de C correspondientes a cada período de cultivo y dividiendo entre el número de años que dura la rotación.

Según el autor del modelo (Wischmeier), se tiende a usar este factor con demasiada generalización, sin considerar que estos factores están sujetos a la influencia de:

- Las variaciones en el desarrollo del cultivo
- Las desviaciones en la distribución de la lluvia a lo largo del año
- La efectividad de las prácticas de conservación.

En la actualidad ya existen tablas adaptadas a las alternativas de uso y cubierta vegetal.

El trabajo realizado por el ICONA-Intecsa relaciona cada período con las técnicas de cultivo, pero solo para zonas húmedas.

Para zonas semiáridas, donde es difícil establecer pastos permanentes y las tormentas son frecuentes en los períodos secos en que el suelo está desprotegido, no existen tablas.

La solución pasa por utilizar las tablas de las zonas húmedas, elevando algo los porcentajes de los períodos de cultivo que coincidan con la época más tormentosa de la zona.

Salvo que el cultivo sea anual, el C debe determinarse para la alternativa completa. Para esto se empieza por establecer una lista de las fechas que limitan los períodos de cada cultivo incluido en la alternativa.

Frente a cada uno de ellos, se coloca el porcentaje de R sacado de la curva de valores porcentuales, y en la columna siguiente los porcentajes de pérdidas con respecto al barbecho limpio sacándolo, según la clase, el tipo de cultivo y su nivel de producción.

Se hace el producto de estas dos columnas y se suman los resultados. El total se divide por el número de años de la alternativa y se obtiene el valor de C para la misma.

Los valores obtenidos para este factor han sido el resultado de la base de datos que proporciona el estudio de los Estados Erosivos de las cuencas hidrográficas de España (ICONA, 1986-1990)

USO DEL SUELO	VALOR DEL FACTOR C
Improductivo	0
Regadío	0,2
Secano	0,4
Matorral	0,2
Pinar	0,02
Cauces	0

Tabla 17: Resultados del cálculo del Factor C de la ecuación USLE

5.5 Factor prácticas de conservación P

Se considera como una variable independiente, por tanto, no se incluye dentro del factor C, solo cuando se trata de las prácticas siguientes: cultivo a nivel, cultivo por fajas y terrazas. Otras prácticas de conservación como la rotación con cultivos herbáceos, tratamientos 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.

El factor P varía según la pendiente del terreno. Para las prácticas de cultivo en terrazas, además del coeficiente P considerado, debe modificarse el factor L de longitud de declive, adoptando para λ la longitud entre terrazas consecutivas, cuando se quieran calcular los sedimentos que salen fuera del terreno aterrazado o para estimar su contribución al conjunto de sedimentos producidos en la cuenca.

Par calcular las pérdidas de suelo con vista a su control en el terreno cultivado entre terrazas, debe utilizarse el valor de P, correspondiente al cultivo por curvas de nivel, con la L correspondiente al intervalo entre terrazas.

Para las zonas abancaladas se utilizará el factor P correspondiente al cultivo por curvas de nivel, salvo que no se are de esta forma, y el efecto principal del abanalamiento se recogerá en la modificación del factor L, que será el correspondiente a la distancia entre escarpes de los banales, y S, que se calculará por la pendiente propia del banal.

La estimación del modelo USLE en el estudio realizado por ICONA-Intecsa para determinar el mapa de estados erosivos en la cuenca hidrográfica del Júcar, se realizó con las medias de 189 parcelas-testigo, de las que se obtuvieron 2.300 datos parcela-año. Se encontró un error medio del 12%, alcanzándose desviaciones de poco más del 40% en sólo el 5% de los casos.

Se puede usar este modelo para los siguientes casos:

- Para predecir la pérdida media anual de suelo en una parcela concreta con un uso y ordenación determinados.
- Para servir de guía en la selección de las medidas de conservación de un terreno determinado. Para este tipo de aplicación es necesario el

previo conocimiento de la tolerancia de pérdidas del suelo del terreno, definido anteriormente. Del contraste de este valor con las pérdidas de suelo, calculadas mediante la ecuación para las distintas alternativas de usos posibles del terreno, se obtiene cuáles son los más adecuados para su conservación. Este caso tiene gran importancia en la ordenación agrohidrológica de cuencas torrenciales y en la de aquellos territorios que puedan presentar problemas de erosión.

- Para estimar la reducción en las pérdidas del suelo que puede obtenerse con distintas alternativas de cultivo.
- Para definir cuál de las prácticas de conservación incluidas en el factor P es la más adecuada para un terreno.
- Para determinar las longitudes máximas de ladera en que un determinado cultivo y sistema de ordenación puede ser admisible.

El resultado obtenido para la cuenca del río Barxeta, teniendo en cuenta que se trata de zonas abancaladas siguiendo las curvas de nivel, es de 0,8.

5.6 Tolerancia de pérdidas de suelo

Es un factor básico para la utilización del modelo en la ordenación agrohidrológica. 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, las pérdidas de nutrientes y sementeras, etc.

Algunos autores han determinado los valores admisibles de este parámetro:

Wischmeier: pérdidas de $12,5t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, son admisibles como máximo en un suelo profundo, de textura media, permeabilidad moderada y con un subsuelo favorable a la vida de las plantas.

Hudson: Para suelos arenosos profundos son admisibles pérdidas de $4-6t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ y en los francos profundos y fértiles de $13-156t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$.

Para suelos agrícolas se dan valores de $4-66t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en suelos arenosos poco profundos, de $6-86t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en suelos entre arenosos y arcillosos y de $12,56t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ y mayores para suelos arcillosos, profundos y fértiles.

Si no existen experiencias propias, se puede utilizar la siguiente tabla, que desarrolló López Cadenas de Llano et al. en 1991, para establecer la pérdida de suelo tolerable en función de la profundidad de los sistemas radicales:

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

Tabla 18: Valores de pérdida de suelo tolerable en función de los sistemas radicales

Donde:

a: Son los suelos con substrato favorable que pueden ser renovados por labores, fertilizantes, adición de materia orgánica y otras prácticas de cultivo.

b: Son suelos con un substrato desfavorable como es el caso de rocas descompuestas en las que no resulta económica su renovación artificial.

En función de la pérdida tolerable la FAO, PNUMA y UNESCO, en 1981, confeccionaron una Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos que propone los siguientes baremos:

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

Tabla 19: Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos

Para calcular la tolerancia de pérdidas de suelo se ha seguido la “Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos” realizada por la FAO, PNUMA y UNESCO (1981).

La representación del modelo USLE, se realiza mediante la intersección de los mapas temáticos de litofacies, pendiente y usos del suelo.

5.7 Resultados de la aplicación del modelo USLE

Los resultados de la aplicación de la ecuación USLE para la cuenca del río Barxeta son:

NIVEL DE EROSIÓN	SUPERFICIE (ha)
$A < 10 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	3.295
$10 < A < 25 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	1.500
$25 < A < 50 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	244
$50 < A < 100 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	1.354
$100 < A < 200 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	536
$A > 200 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$	71

Tabla 20: Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca del río Barxeta

Se adjunta la correspondiente representación de las pérdidas de suelo en la cuenca del río Barxeta en el Mapa N° 16.

La FAO, PNUMA Y UNESCO estableció como pérdida tolerable o admisible el valor de $10 \text{ Tn/ha}\cdot\text{año}$.

Según este valor, será necesario conservar el uso actual en las áreas donde las pérdidas del suelo sean menores o iguales a este valor, y intentar llevar a este valor aquellos terrenos donde actualmente se están soportando valores más altos. Para esto se realizarán prácticas de conservación de suelo agrícola o cambios en los usos del suelo según se indica en la siguiente tabla:

USO ACTUAL	NIVEL DE EROSIÓN	USO FUTURO
Terrenos forestales	$A < A_t$	Uso actual del suelo compatible
	$A > A_t$	Uso actual incompatible (es preciso sustituir o mejorar)
Terrenos agrícolas	$A < A_t$	Uso actual compatible
	$A > A_t$	Uso compatible si se realizan prácticas de conservación
	$A \cdot P < A_t$	
	$A > A_t$ $A \cdot P > A_t$	Uso incompatible (preciso reclasificar)
Improductivo		

Tabla 21: Ordenación de los Usos del Suelo según las ecuación USLE

A_t : Pérdidas tolerables (10 Tn/ha·año)

A: Pérdidas de suelo

P: Prácticas de conservación

Las actuaciones previstas según los cálculos realizados son:

- Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida de suelo
- Mejorar la masa forestal (frondosa o pinar)
- Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas
- Repoblación (cambio de uso)

En el Anexo IV, Mapa Nº 17, se encuentra la representación de la Ordenación de la cuenca del río Barxeta según la Metodología USLE.

De la aplicación del modelo de la ecuación universal USLE, las actuaciones previstas suponen las siguientes superficies:

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFÍCIE (ha)
1	Mantener uso forestal	3.147
2	Repoblación forestal	797
3	Mejora masa de pinar	900
4	Mantener uso agrícola	1.203
5	Repoblación en terreno agrícola	850
7	Improductivo	103

Tabla 22: Resultados de la Ordenación de la Cuenca según la Metodología USLE

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

Esta metodología de Ordenación es una metodología Agro-hidrológica.

Los principales parámetros que influyen en la ordenación agro-hidrológica son:

- La pendiente del terreno
- La posición geográfica
- El tipo de suelo
- La vegetación
- Índices de protección del suelo por la vegetación
- El modelo USLE
- La geología y la edafología
- Un índice fito-climático

A partir de los Índices de Protección del Suelo por la Vegetación, del modelo USLE y, considerando la vegetación como el elemento fundamental de la gestión en la ordenación de una cuenca ya que es el más manejable, pero teniendo en cuenta las prácticas de conservación en suelos agrícolas que se pueden realizar para no modificar los usos actuales del suelo, J.A. Mintegui estableció unos Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca vertiente.

Estos criterios son los que se recogen en la siguiente tabla:

Pendiente	Uso Actual del suelo		Tipo suelo	Vocación del territorio	Aplicación modelo USLE	Actuaciones en el territorio (Selección de alternativas)
	Estrato de la vegetación	Observaciones				
$i > 24$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: -Denso -Aclarado -No degradado -Afectado o no por razones sociales	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL	Según que: $A < A_t$ O bien: $A > A_t$	Dado que $i > 24\%$, 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.
$12 < i < 24$	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en que se encuentra la vegetación: -Denso -Aclarado -Degradado -No Degradado -Con o sin prácticas de conservación de suelos -Afectado o no por razones sociales	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL Ocasionalmente AGRÍCOLA	Según que: $A < A_t$ O bien: $A > A_t$	Debe existir arbolado se propone su continuidad y mejora. Los matorrales y pastizales no degradados pueden permanecer; pero a los degradados se propone restaurarlos o transformarlos en monte alto arbolado. Debe 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	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	AGRÍCOLA Ocasionalmente FORESTAL	Según que: A<A _t O bien: A>A _t	No existen limitaciones para el uso del suelo en función de la pendiente. Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas.
------	--	---	---	--	---	--

Tabla 23: Criterios de Ordenación según la Metodología de Mintegui

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

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

- Mapa de pendientes
- Mapa de pérdidas del suelo según el Modelo USLE
- Mapa de Usos del Suelo
- Mapa de Espesura de la Cubierta Arbórea
- Mapa de erosión actual

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

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFÍCIE (ha)
1	Repoblación forestal protectora	3.545
2	Mantener/Mejorar uso forestal	582
3	Mantener uso agrícola	1.903
4	Completar espesura en pinar	684,7
5	Improductivo	103
6	Prácticas de conservación	182,3

Tabla 24: Resultados de la Ordenación según la Metodología de Mintegui en la Cuenca del río Barxeta

En el Anexo IV, Mapa Nº 18 se encuentra la representación de la ordenación de la cuenca del río Barxeta según la Metodología propuesta por Mintegui.

7. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Se trata de una metodología propuesta por Tejera (2000).

Mediante esta metodología se trata de dar respuesta a diferentes problemáticas dentro de una cuenca, como son:

El control de la erosión formulando propuestas de conservación y aprovechamiento de los recursos suelo y agua que resulten procedentes.

Conservación de los restantes recursos de la cuenca y de la biodiversidad.

Se basa, principalmente en la “capacidad del medio para asumir determinadas actividades”. Ya que cada medio natural o seminatural determinado, posee una aptitud diferente para acoger distintas actividades. También, para una actividad concreta, tanto los ecosistemas, los hábitats, o los medios diferentes, presentan aptitudes distintas según sus características.

En la aplicación de esta metodología, se tomarán decisiones sostenibles a la hora de asignar actividades al medio, analizando la capacidad de éste para acogerlas y si el máximo cuantitativo de ellas no supera los límites a partir de los cuales queda dañado de forma irreparable.

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

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

En resumen, la metodología de ordenación de la cuenca según criterios de sostenibilidad es una metodología de planificación física, convenientemente adaptada para incorporar los objetivos de la protección hidrológico forestal, los

complementarios de la ordenación de cuencas y los de la sostenibilidad. Se trata de un punto de vista holístico del medio natural en la cuenca y se aboga por el aprovechamiento sostenible de sus recursos, previo análisis del grado de conveniencia de las actuaciones que se propongan.

Para la aplicación de esta metodología se deben seguir las etapas siguientes:

- I. Estudio de la problemática de la cuenca
- II. Establecimiento de los objetivos
- III. Definición de actividades para lograr dichos objetivos
- IV. Inventario y análisis del medio: cartografía temática
- V. Estudio de la capacidad de acogida de dichas actividades: Matriz de capacidad
- VI. Estudio del grado de conveniencia en el medio para realizar dichas actividades: Matriz de grado de conveniencia
- VII. Adecuación de Actividades
- VIII. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

A continuación se procede a describir cada etapa.

7.1 Estudio de la problemática de la cuenca

En este punto se describen los principales fenómenos que ocurren en la cuenca y que determinan el grado de deterioro en que se encuentra. Los principales puntos son:

- La agresividad del clima
- La importancia de las pendientes
- El estado de la cubierta vegetal

Estos fenómenos determinan si las tasas de erosión son muy altas y si la cuenca tiene caudales de avenida importantes. Fenómenos que requieren una actuación urgente e integrada para solventarlos.

El primer paso es el recorrido de campo, junto con la recopilación de la información cartográfica necesaria y la bibliografía sobre la zona de estudio.

Del recorrido por la cuenca objeto del presente trabajo los fenómenos que hacen necesario la ordenación de la cuenca son:

- ❖ El fenómeno de la gota fría es el principal agente climático que afecta a la zona. Este fenómeno se caracteriza por ser un corto período de tiempo donde las intensidades de precipitación son muy fuertes. Debido a la sequía estival que precede al fenómeno, los barrancos están secos y con la llegada de fuertes precipitaciones se produce erosión de la parte más alta de la cuenca e inundaciones en la parte más baja.
- ❖ La erosión también se debe a las elevadas pendientes que existen en la parte más alta de la cuenca, acompañada de una ausencia de vegetación arbórea, debido a la deforestación y a los numerosos incendios acaecidos en la cuenca en los últimos años.
- ❖ Otro de los problemas que presenta la cuenca es el aumento de la superficie dedicada a la agricultura. Desde los años 90 se han ido destruyendo zonas forestales para implantar agricultura de regadío. Cada día hay más superficie forestal en peligro de ser transformada en terreno agrícola.

Estos son los principales problemas que dan lugar a la necesidad de realizar la ordenación.

7.2 Establecimiento de los objetivos

Los objetivos dependen de los resultados de la etapa anterior, una vez identificadas las problemáticas de la cuenca.

Los objetivos se deben centrar en:

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

El nivel de detalle de la planificación se encuentra muy relacionada con los objetivos que se habrán previsto.

Según el autor Claver et al, es muy habitual en los estudios de planificación física manejar escalas gráficas entre 1:100.000 y 1:25.000, en función de las características de la zona, la superficie y los objetivos que se definan.

Los objetivos concretos para la cuenca del río Barxeta son:

- Objetivos de carácter hidrológico forestal:
 - Disminuir la erosión en los cauces para la protección del suelo
 - Lucha contra la erosión en cauces
- Objetivos para la conservación de ecosistemas:
 - Restauración y protección de los ecosistemas
- Objetivos de carácter socioeconómico:
 - Mantener las actividades agrícolas

7.3 Definición de actividades para lograr los objetivos

Para la cuenca se establecerán las actividades a localizar con el modelo que dependerán de los elementos del medio que puedan representarse mediante mapas temáticos.

El conjunto de actividades seleccionadas debe incluir aquellas zonas que estén actualmente localizadas y otras que puedan potencialmente localizarse en el área.

Las actividades deben definirse clara y exactamente porque una incorrecta definición incidiría en el modelo, provocando restricciones erróneas que podrían falsear los resultados.

Se debe confeccionar una lista de las actividades posibles a_i donde $i=1, 2, 3, \dots, m$) que serán analizadas, evaluadas y localizadas cartográficamente al desarrollar el modelo.

Las actividades propuestas según los objetivos definidos son:

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
<i>De carácter hidrológico forestal</i>	
Disminuir la erosión en los cauces para la protección del suelo	Replacación forestal protectora Completar espesura en masas con espesura defectiva
Lucha contra la erosión en cauces	Hidrotecnias de corrección en cauces
<i>De conservación de ecosistemas</i>	
Restauración y protección de los ecosistemas	Restauración de riberas Replacaciones para aumentar la biodiversidad Conservación de enclaves de interés
<i>De carácter socioeconómico</i>	
Mantener las actividades agrícolas	Mantenimiento del uso agrícola

Tabla 25: Actividades propuestas para la cuenca del río Barxeta

7.4 Inventario y análisis del medio: Cartografía temática

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

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

Todos los elementos se cartografiaran por separado en forma de recintos homogéneos, para obtener así los mapas temáticos necesarios. Cada elementos se divide en un número K, de tipos que no tiene por qué ser el mismo para cada uno de los elementos.

Mediante la superposición cartográfica, a partir de un Sistema de Información Geográfica, de los mapas temáticos correspondientes a los elementos asociados, se obtienen las unidades territoriales homogéneas.

Para el análisis del medio físico se han seleccionado una serie de elementos del medio estudiado en el capítulo 2, que influyen para la consecución de las actividades propuestas. Cada elemento queda dividido en sus correspondientes clases.

Los elementos del medio necesarios para llevar a cabo las actividades son:

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

Cada elemento del medio es un mapa temático compuesto por coberturas. Todas las coberturas se han obtenido de la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana facilitada por la Generalitat Valenciana. A partir de la aplicación informática ArcView GIS 3.2^a, se han obtenido los mapas temáticos de la cuenca.

Las coberturas generadas para cada elemento del medio son:

- Pendiente:

A partir de la cobertura “clino” de la cartografía temática de la Comunidad Valenciana editado por la Generalitat Valenciana.

Los resultados obtenidos han sido 3 coberturas:

- 0-15%
- 15-30%
- > 30%

La mayor parte de la superficie de la cuenca tiene una pendiente comprendida entre el 15 y el 30%. Solo el área de influencia del cauce principal tiene una

pendiente menor del 15%. Pendientes superiores al 30% se encuentran en la mitad este de la cuenca, solo en una pequeña superficie.

○ Influencia hídrica:

A partir de las coberturas del cauce y de los principales barrancos, se han obtenido las zonas donde estos influyen y donde no.

La influencia hídrica es alta en toda la zona del cauce principal y al sur de la cuenca, donde se encuentran los principales barrancos que abastecen al río.

○ Usos del suelo:

Se ha obtenido a partir de la cobertura "Geo" de la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana editada por la Generalitat Valenciana. La clasificación resultante para la cuenca es:

- Cauces
- Improductivo
- Regadío
- Secano
- Matorral
- Pinar

La cuenca cuenta con una importante superficie forestal, aunque esta es en su gran mayoría matorral. Solo hay pequeñas extensiones dedicadas a superficie de pinar. La otra gran mayoría de superficie es la que se dedica a terreno agrícola, tanto de regadío como de secano. Estos terrenos se encuentran en la parte con menor pendiente de la cuenca, aunque se van extendiendo por las zonas de más pendiente.

○ Litología:

Se ha obtenido a partir del mapa de Geología a escala 1:50.000 facilitado por el IGME. La clasificación para la cuenca del río Barxeta es:

- Cuaternario
- Terciario
- Cretácico

- Triásico

Aunque la clasificación del IGME es mucho más completa, esta simplificación es válida para el uso que se le ha dado.

La mayor parte de la cuenca pertenece al Cretácico, con afloramientos de las otras épocas en la mitad norte de la cuenca.

- o Pérdidas del suelo:

Calculadas a partir del Modelo USLE, en el punto dedicado a la Metodología de Ordenación de la cuenca según el Modelo USLE. Las pérdidas se clasifican en:

- Ninguna o ligera >10 T/ha-año
- Moderada 10-50 T/ha-año
- Alta 50-100 T/ha-año
- Muy alta >100 T/ha-año

Las pérdidas de suelo son moderadas en la mitad noroeste de la cuenca y alta en la mitad noreste. Son menores en la mitad sur de la cuenca, aunque también hay zonas donde son moderadas.

- o Propiedad del suelo:

Este mapa temático se ha creado a partir de la cartografía temática de la Comunidad Valenciana, en concreto del tema "Montes de Utilidad Pública", facilitado por la Generalitat Valenciana en su página web.

Existen en la cuenca 3 montes que son gestionados por la Administración pública. También hay una zona de influencia del LIC del Montdúver-Marxuquera, y todo el cauce principal y algunos de sus barrancos están declarados Paraje Natural Municipal.

- o Protección:

Este mapa temático también ha sido creado a partir de la cartografía facilitada por la Generalitat Valenciana, en el apartado que hace referencia a los espacios protegidos de su página web.

En cuanto a protección solo se ha considerado el LIC Montdúver-Marxuquera.

- Espesura de la cubierta arbórea:

Este mapa temático ha sido creado por la autora de la presente Tesina a partir de la Ortofoto de la zona. La clasificación a la que se ha llegado es:

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

La mayor parte del territorio tiene una espesura arbórea menor del 40%. Solo existen pequeñas superficies por toda la cuenca con espesuras mayores del 80%, son pequeños pinares que pertenecieron a grandes extensiones hoy deforestadas.

7.5 Estudio de la capacidad de acogida de las actividades

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

Los elementos del medio que los definen, tienen un significado distinto en orden al desarrollo de las actividades. Así, por ejemplo, una precipitación es más apta para repoblar con una especie, cierto tipo de suelo es más apto para resistir una estructura, etc.

Considerando todo el conjunto de elementos se habla de capacidad del medio para desarrollar una actividad.

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

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

- I. Relación de elementos del medio-actividades
 - II. Relación conjunto del medio-actividades
- I. Relación elementos del medio-actividades:

Antes de comenzar esta etapa ya se han definido un conjunto de actividades a_i ($i=1, 2, 3, \dots, m$) y una serie de elementos del medio e_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$), cada uno dividido en K tipos e_{jh} ($h=1, 2, 3, \dots, K$). Será necesario establecer las relaciones $e_j R a_i$ entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado signifique la capacidad de acogida del territorio para sostener cada una de las actividades propuestas.

La capacidad de acogida para cada actividad, de cada uno de los tipos de cada elemento del medio seleccionado se evalúa con la siguiente escala cuantitativa:

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

Excluyente: ∞

Negativo: -1

Indiferente: 0

Positivo: 1

Muy positivo: 2

La relación elementos del medio-actividades se expresa mediante una matriz de dimensión $m \times n$.

Donde:

m : Es el número de actividades

n : Es el número de elementos

II. Relación conjunto del medio-actividades:

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

En este punto se trata de condensar los valores de ese vector en un escalar que defina la aptitud global del medio para acoger la actividad.

De esta forma se obtiene el primer producto del modelo, es decir un listado donde se le asignan a cada unidad territorial homogénea “m” valores indicativos de su capacidad para las “m” actividades propuestas.

A partir de este punto se necesita agrupar los valores de las capacidades obtenidos en un número de clases manejable, por ejemplo: capacidad alta, media, baja, nula o excluyente. Las clases definidas permitirán obtener recintos equivalentes en cuanto a la capacidad de acogida de la actividad considerada.

Las superficies obtenidas se cartografían y se obtiene como producto tantos mapas como actividades se han considerado anteriormente.

La capacidad de acogida del medio para las actividades propuestas en la cuenca del río Barxeta son:

ELEMENTOS	CLASE	ACTIVIDADES (a)						
		1	2	3	4	5	6	7
PENDIENTE	0-15%	0	0	0	0	2	0	2
	15-30%	2	0	1	0	1	0	1
	> 30%	2	0	2	0	-1	0	-∞
INFLUENCIA HÍDRICA	SI	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	-∞	-∞	0	0	0
USO DEL SUELO	CAUCES	-∞	-∞	2	2	-∞	0	-∞
	IMPRODUCTIVO	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞	-∞
	REGADÍO	1	-∞	-∞	-∞	-∞	0	2
	SECANO	1	-∞	-∞	-∞	-∞	0	2
	MATORRAL	2	-∞	-∞	-∞	1	0	-∞
	PINAR	-∞	2	-∞	-∞	2	1	-∞
LITOLOGÍA	CUATERNARIO	2	0	0	2	0	0	2
	TERCIARIO	1	0	0	0	0	0	0

	CRETÁCICO	1	2	0	0	0	0	0
	TRIÁSICO	1	2	0	0	0	0	0
PÉRDIDAS DE SUELO	Ninguna o ligera <10	0	2	0	0	2	0	2
	Moderada 10-50	1	1	1	0	1	0	-1
	Alta 50-100	1	1	2	0	-∞	0	-∞
	Muy alta >100	2	2	2	0	-∞	0	-∞
PROPIEDAD DEL SUELO	MONTE PÚBLICO	2	2	2	2	2	0	0
	PARTICULAR	0	0	0	0	0	0	0
PROTECCIÓN	LIC	0	0	0	0	2	2	0
	NINGUNA	0	0	0	0	0	0	0
ESPESURA DE LA CUBIERTA ARBÓREA	COMPLETA >80%	-∞	-∞	0	0	-∞	0	-∞
	DEFECTIVA 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	RALO <40%	2	1	0	0	2	0	0

Tabla 26: Matriz de Capacidad de la cuenca del río Barxeta

(a) Actividades:

1. Repoblación forestal protectora
2. Completar espesura en masas con espesuras defectiva
3. Hidrotecnias de corrección en cauces
4. Restauración de riberas
5. Repoblación para aumentar la biodiversidad
6. Conservación de enclaves de interés
7. Mantenimiento del uso agrícola

El procedimiento informático que se ha seguido para calcular el valor que representa la capacidad de un recinto del medio para acoger una actividad determinada ha sido el que se explica a continuación, teniendo en cuenta que todos los elementos del medio tienen el mismo peso.

Cada cobertura del medio genera siete variables, una para cada actividad. Por ejemplo, para la cobertura “Usos del suelo”, se crean las siguientes variables: uso-actv1, uso-actv2,.....,uso-actv7. De esta forma para las ocho coberturas.

De la aplicación informática ArcView GIS 3.2a, se ha seleccionado cada cobertura, con sus tipos y se ha asignado el valor correspondiente a las 7 variables. Por ejemplo, para la cobertura “Usos del suelo”, se han seleccionado los polígonos con tipo de suelo regadío y se le da el valor 1 a uso-actv1, $-\infty$ a uso-actv2, $-\infty$ a uso-actv3,... y así sucesivamente para todas las variables. Después se selecciona los polígonos de otro uso del suelo, por ejemplo seco y se realizan las mismas operaciones. A las capacidades excluyentes se les asigna el valor -999 en vez de $-\infty$ para que el programa pueda realizar los cálculos.

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

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

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

Capacidad EXCLUYENTE

Capacidad BAJA

Capacidad MEDIA

Capacidad ALTA

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

Los Mapas del N° 19 al 25 representan la capacidad para cada una de las actividades propuestas.

7.6 Estudio del Grado de Conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: Matriz del grado de conveniencia

Las unidades territoriales, las unidades ambientales o los elementos que las constituyen serán en mayor o menor medida favorecidos por las actividades que se implanten con el objetivo de conseguir la ordenación de la cuenca.

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

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

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

- I. Relación elementos del medio-actividades
 - II. Relación conjunto del medio-actividades
- I. Relación elementos del medio-actividades:

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

r_{jh}^i (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i)	Significado
2	Actividad muy conveniente
1	Actividad conveniente

0	Actividad indiferente
-1	Actividad poco conveniente
-1	Actividad muy poco conveniente
$-\infty$	Actividad no conveniente
--	El elemento j no influye en la conveniencia sobre el territorio de la actividad i, o el tipo h del elemento j tiene una capacidad nula para la actividad i, por lo que no es necesario estimar el grado de conveniencia.

De esta forma, la relación elementos del medio-territorio se vuelve a expresar mediante una matriz de dimensión m x n.

Donde:

m: Es el número de actividades definidas

n: Es el número total de tipos del total de los elementos considerados

II. Relación conjunto del medio-actividades:

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

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

La ponderación de los elementos se realiza de la misma forma que en el punto anterior, es decir mediante la opinión de un grupo de expertos en las actividades propuestas y en los elementos ambientales seleccionados.

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

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

Donde:

t_i : Es el valor del grado de conveniencia para la actividad i

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

Cuando se acaba esta etapa, se obtiene un nuevo producto del modelo, que es para cada unidad territorial un listado de m valores indicativos de los m grados de conveniencia producidos por las actividades.

Para finalizar, se hace necesario clasificar los valores de conveniencia obtenidos en un pequeño número de clases para facilitar el manejo de los datos. Una clasificación posible es:

Muy conveniente

Conveniente

Poco Conveniente

No conveniente o inadmisible

Esta clasificación origina superficies homogéneas ante la actuación considerada.

Como resultado de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica, se obtienen los mapas de clases de conveniencia y los mapas de las actividades consideradas en el análisis.

El grado de Conveniencia de las actividades en la cuenca objeto de estudio es:

ELEMENTOS	CLASE	ACTIVIDADES						
		1	2	3	4	5	6	7
PENDIENTE	0-15%	0	0	0	1	2	0	2
	15-30%	1	0	0	1	2	0	-
	> 30%	2	1	1	2	2	0	-
INFLUENCIA HÍDRICA	SI	0	0	0	2	0	0	0
	NO	0	0	-	-	0	0	0
USO DEL SUELO	CAUCES	-	-	2	2	-	0	-
	IMPRODUCTIVO	-	-	-	-	-	-	-
	REGADÍO	-1	-	-	-	-	0	2
	SECANO	-1	-	-	-	-	0	2
	MATORRAL	2	-	-	-	2	0	-
	PINAR	-	2	-	-	2	2	-
LITOLOGÍA	CUATERNARIO	2	-1	0	2	2	0	2
	TERCIARIO	1	-1	0	0	0	0	0
	CRETÁCICO	1	2	0	0	0	0	0
	TRIÁSICO	1	2	0	0	0	0	0
PÉRDIDAS DE SUELO	Ninguna o ligera <10	0	0	0	1	1	0	2
	Moderada 10-50	1	1	1	1	1	0	-1
	Alta 50-100	2	2	2	2	-	0	-
	Muy alta >100	2	2	2	2	-	0	-
PROPIEDAD DEL SUELO	MONTE PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0
	PARTICULAR	0	0	0	0	0	0	2

PROTECCIÓN	LIC	0	0	0	2	2	2	0
	NINGUNA	0	0	0	1	1	0	0
ESPESURA DE LA CUBIERTA ARBÓREA	COMPLETA >80%	-	-	0	0	-	0	-
	DEFECTIVA 40-80%	1	2	0	0	1	0	0
	RALO <40%	2	1	0	0	2	0	0

Tabla 27: Matriz de Conveniencia de la cuenca del río Barxeta

(a) Actividades:

1. Repoblación forestal protectora
2. Completar espesura en masas con espesuras defectiva
3. Hidrotecnias de corrección en cauces
4. Restauración de riberas
5. Repoblación para aumentar la biodiversidad
6. Conservación de enclaves de interés
7. Mantenimiento del uso agrícola

Se ha procedido de la misma forma que en la matriz de capacidad para obtener la conveniencia de la realización de cada actividad sobre el medio.

Los Mapas Nº 26-32 representan la conveniencia del medio para cada una de las actividades propuestas.

7.7 Adecuación de actividades

Llegados a este punto ya se tiene para cada unidad territorial homogénea la capacidad y el grado de conveniencia para cada actividad. A partir de este punto, se deben englobar los dos conceptos en uno solo que se refiera a la aceptación de la actividad y al efecto que produce: La Adecuación.

El grado de adecuación se expresa como muestra la tabla siguiente:

	Muy conveniente	Conveniente	Poco Conveniente	No Conveniente
Capacidad alta	Muy adecuado	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado
Capacidad media	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado
Capacidad baja	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado
Capacidad nula	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado

Tabla 28: Matriz de adecuación según la Metodología de Sostenibilidad

Utilizando la tabla, mediante la ayuda de un Sistema de información Geográfica, se determina la adecuación global del territorio para cada actuación y en cada unidad territorial homogénea; determinándose superficies homogéneas de adecuación para cada actividad. Se obtienen así tantos mapas de adecuación como actividades se han considerado.

Para la obtención de la adecuación de cada actividad sobre el medio se ha realizado una superposición de la capacidad y la conveniencia de cada actividad.

A continuación se ha ido seleccionando cada variable de capacidad y de conveniencia y se ha dado un valor. Por ejemplo, para la actividad 1 se ha unido la cobertura de Capacidad1 y de Conveniencia1. Después, se han seleccionado los polígonos con, por ejemplo, capacidad baja y poco conveniente y se les ha dado el valor 5, que es No adecuado. De esta forma se ha realizado para cada variable y cada actividad.

Se ha obtenido la adecuación global del territorio , expresada en cada unidad territorial homogénea, para cada actividad.

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

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

La adecuación para cada una de las actividades propuestas se encuentra representada en los Mapas N° 33-39

7.8 Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

Cuando se llega a esta última etapa se tiene para cada unidad territorial homogénea la adecuación que presenta para cada una de las actividades. El último paso consiste en superponer los mapas de adecuación para localizar todas las actividades que puedan coexistir a la vez en el terreno. Se hace necesario analizar la compatibilidad de actividades distintas coincidentes en el mismo espacio.

Para esto se construye una matriz dos a dos de todas las actividades y se analiza la posibilidad o no de coexistir geográficamente. Las actividades compatibles en el medio se podrán promover a la vez. Las incompatibles deberán separarse.

El criterio para seleccionar actividades será el de mayor grado de adecuación, es decir las actividades que sean muy adecuadas se propondrán para su realización. Si coinciden varias actividades compatibles en un mismo espacio se realizarán todas.

Las actividades incompatibles que, con idéntico grado de adecuación coincidan en algún polígono, deberán separarse mediante algún criterio, de forma que se escoja entre actividades incompatibles que coincidan geográficamente.

Para esto se propone considerar la pérdida de suelo tolerable obtenida en el recinto o polígono de coincidencia de actividades. De la comparación de su valor con el valor que toma la pérdida de suelo que proporciona el modelo

USLE, se seleccionará la actividad que contribuya al logro de los objetivos de restauración hidrológico-forestal de la cuenca.

Una vez aplicado este último criterio, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica, se obtiene un mapa final de la ordenación de la cuenca donde se representan todas las combinaciones de actividades compatibles que se localizan en el medio.

a) Relaciones entre actividades

Las relación de compatibilidad entre las actividades seleccionadas para la cuenca del río Barxeta se muestra en la siguiente tabla:

ACTIVIDADES \ ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
1	-	I	C	C	I	C	I
2	I	-	C	C	C	C	I
3	C	C	-	C	C	C	C
4	C	C	C	-	C	C	I
5	I	C	C	C	-	C	I
6	C	C	C	C	C	-	C
7	I	I	C	I	I	C	-

Tabla 29: Compatibilidad entre actividades

Donde:

1 Repoblación forestal protectora

2 Completar espesura en masas defectivas

3 Hidrotecnias de corrección de cauces

4 Restauración de riberas

5 Repoblaciones para aumentar la biodiversidad

6 Conservación de enclaves de interés

7 Mantenimiento del uso agrícola

I: Incompatible

C: Compatible

b) Asignación de actividades

Para realizar la asignación de actividades en la cuenca se tiene en cuenta el mayor grado de adecuación que presenten, siempre teniendo en cuenta que las actividades que coincidan en un territorio sean compatibles para que se puedan realizar todas a la vez. Pueden darse las siguientes situaciones:

- Que en el mismo polígono coincidan actividades adecuadas compatibles, en cuyo caso se pueden realizar todas ellas.
- Que en el mismo polígono coincidan actividades adecuadas pero incompatibles. En este caso se escogerá la actividad que tenga mayor grado de adecuación. Si los grados de adecuación de dichas actividades fuesen idénticos, se establece un criterio para decidir qué actividad se propone. El criterio elegido tendrá en cuenta los siguientes caracteres del territorio:
 - Pérdidas de suelo potencial según el Modelo USLE
 - El uso actual del suelo

c) Actividades que entran en conflicto

Para determinar las actividades que se asignan en los polígonos donde el grado de adecuación sea el mismo y haya incompatibilidad de actividades, se analiza la pérdida potencial que proporciona el modelo USLE, y se opta por la actividad que proporciona un uso del suelo que ofrece mayor protección al suelo y contribuye a la disminución de sus pérdidas.

A la vez se tiene en cuenta el uso actual del suelo para la elección de la actividad.

Las actividades 1 (Repoblación forestal protectora) y (Repoblación para aumentar la biodiversidad) tienen incompatibilidad en parte de la cuenca. En este caso se opta por la actividad 1, ya que los polígonos donde se da la incompatibilidad tienen uso forestal y la actividad 1 proporciona mayor protección al suelo frente a las pérdidas calculadas mediante el modelo USLE.

d) Actividades propuestas

Las superficies de actuación en la ordenación según la metodología de Sostenibilidad son las siguientes para cada actividad.

CÓDIGO	ACTIVIDAD	SUPERFICIE (ha)
1	Repoblación Forestal Protectora	3.390ha
2	Completar espesura en masas con espesura defectiva	506,8ha
3	Hidrotécnicas de corrección de cauces	10ha
4	Restauración de Riberas	98ha
5	Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	458,7ha
6	Conservación de enclaves de interés	155,3ha
7	Mantenimiento del uso agrícola	826,2ha
8	Sin actividad	1.555ha

Tabla 30: Superficie que ocupan las actividades de la aplicación de la Metodología de Sostenibilidad

En el Anexo IV, Mapa Nº 40 se encuentra la Ordenación de la Cuenca del río Barxeta según la Metodología de Sostenibilidad.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Resultados de la aplicación de las 3 metodologías

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos, en superficies de actuación, de los tres métodos trabajados en la presente Tesina.

Metodología USLE

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFÍCIE (ha)
1	Mantener uso forestal	3.147
2	Repoblación forestal	797
3	Mejora masa de pinar	900
4	Mantener uso agrícola	1.203
5	Repoblación en terreno agrícola	850
7	Improductivo	103

Tabla 31: Ordenación según Metodología USLE

Metodología MINTEGUI

CÓDIGO	USO FUTURO	SUPERFÍCIE (ha)
1	Repoblación forestal protectora	3.545
2	Mantener/Mejorar uso forestal	582
3	Mantener uso agrícola	1.903
4	Completar espesura en pinar	684,7
5	Improductivo	103
6	Prácticas de conservación	182,3

Tabla 32: Ordenación según Metodología de Mintegui

Metodología de SOSTENIBILIDAD

CÓDIGO	ACTIVIDAD	SUPERFICIE (ha)
1	Repoblación Forestal Protectora	3.390ha
2	Completar espesura en masas con espesura defectiva	506,8ha
3	Hidrotécnicas de corrección de cauces	10ha
4	Restauración de Riberas	98ha
5	Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	458,7ha
6	Conservación de enclaves de interés	155,3ha
7	Mantenimiento del uso agrícola	826,2ha
8	Sin actividad	1.555ha

Tabla 33: Ordenación según Metodología de Sostenibilidad

8.2 Estudio comparativo de superficies de actuación

La comparación de las superficies de actuación según las diferentes metodologías analizadas se ha realizado superponiendo cada una de las coberturas generadas con los diferentes métodos. La actividad de Hidrotecnias de corrección de la metodología de Ordenación según criterios de Sostenibilidad coincide territorialmente con los otros métodos por lo que no necesita de comparación.

Las superposiciones se han representado de forma matricial comparando la metodología USLE y la de Mintegui con la de Sostenibilidad.

Comparación del Modelo USLE (tabla 34) y de la Metodología de Ordenación de Mintegui (tabla 35) con la Metodología según criterios de Sostenibilidad:

USLE	1. Mantener Uso Forestal	2. Rep. Terreno forestal	3. Mejora en masa de pinar	4. Mantener uso agrícola	5. Repoblación en terreno agrícola	7. Improductivo
SOSTENIBILIDAD						
1. Repoblación protectora	2.486ha	37,7ha	892,7ha	8,3ha	467,7ha	1,7ha
2. Completar espesura	0ha	396,7ha	0ha	0ha	0ha	7,5ha
4. Restauración de riberas	0ha	98ha	0ha	0ha	0ha	0ha
5. Repoblaciones para aumentar biodiversidad	620,15ha	108ha	0ha	35,6ha	91ha	0ha
6. Conservación de enclaves	0ha	55,3ha	0ha	0ha	0ha	0ha
7. Mantenimiento uso agrícola	0ha	0ha	0ha	826,2ha	0ha	32,3ha
8. Sin actividad	40,85ha	101,3ha	7,3ha	332,9ha	291,3ha	61,5ha
Total	3.147ha	797ha	900ha	1.203ha	850ha	103ha

Tabla 34: Matriz de comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad

MINTEGUI	1. Repoblación Forestal Protectora	2. Mantener/Mejorar uso forestal	3. Mantener uso agrícola	4. Completar espesura en pinar	5. Improductivo	6. Prácticas de conservación
SOSTENIBILIDAD						
1. Repoblación protectora	3.190ha	0ha	95,6ha	157,7ha	1,7ha	64,3ha
2. Completar espesura	206ha	0ha	0ha	296,8ha	7,5ha	4,2ha
4. Restauración de riberas	0ha	98ha	0ha	0ha	0ha	0ha
5. Repoblaciones para aumentar biodiversidad	0ha	428ha	127,5ha	94,8ha	0ha	34,7ha
6. Conservación de enclaves	1,2ha	0ha	0ha	135,4ha	0ha	0ha
7. Mantenimiento uso agrícola	0ha	0ha	826,2ha	0ha	32,3ha	24,3ha
8. Sin actividad	147,8ha	56ha	853,7ha	0ha	61,5ha	54,8ha
Total	3.545ha	582ha	1.903ha	684,7ha	103ha	182,3ha

Tabla 35: Matriz de comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad

Para poder efectuar un análisis cuantitativo de las superficies de actuación según cada método, se agruparán las actividades de cada una de las metodologías en bloques de actuación asimilables.

Se consideran los siguientes bloques para establecer correspondencias entre las actividades de cada método:

BLOQUES	MET. SOSTENIBILIDAD	MET. USLE
Replantaciones	Actv. 1	Actv. 2 y 5
Mantener/Mejorar uso forestal	Actv. 2, 4 y 5	Actv. 1, y 3
Conservación de enclaves	Actv. 6	-
Mantenimiento del uso agrícola	Actv. 7	Actv. 4
Sin actividad	Actv. 8	Actv. 7

Tabla 36: Bloques de correspondencias entre actividades USLE y Sostenibilidad

En la primera fila aparecen las actividades de los dos métodos destinadas a la repoblación. Según la metodología de sostenibilidad, solo la actividad 1 tiene como finalidad la repoblación, mientras que con la metodología USLE son las actividades 2 y 5 las que tienen como finalidad la repoblación.

En la segunda fila se esquematizan las actividades destinadas a mantener o mejorar el uso forestal. En este caso, según la metodología con criterios de Sostenibilidad, son las actividades 2, 4 y 5 las que tienen esta finalidad, mientras que, según la metodología USLE, las actividades 1 y 3 están destinadas a dicha finalidad.

En la tercera fila aparece un bloque que solo se ha considerado en la metodología según criterios de sostenibilidad, y aparece en la actividad 6.

El mantenimiento del uso agrícola, en la cuarta fila, se realiza a partir de la actividad 7 en el caso de la metodología de sostenibilidad y, mediante la actividad 4 según la metodología USLE.

Finalmente se comparan las actividades que no tienen prevista el desarrollo de una actividad.

BLOQUES	MET. SOSTENIBILIDAD	MET. MINTEGUI
Repoblaciones	Actv. 1	Actv. 1
Mantener/Mejorar uso forestal	Actv. 2, 4 y 5	Actv. 2 y 4
Conservación de enclaves	Actv. 6	-
Mantenimiento del uso agrícola	Actv. 7	Actv. 3 y 6
Sin actividad	Actv. 8	Actv. 5

Tabla 37: Bloques de correspondencias entre actividades Mintegui y Sostenibilidad

Como en el caso anterior, en esta tabla también se han comparado las actividades de las metodologías según criterios de Sostenibilidad y según Mintegui.

Tampoco en el caso de la Metodología de Mintegui se ha considerado la conservación de enclaves de interés.

A partir de estas tablas se construyen las matrices cuadradas que enfrenten los bloques y recojan las superficies de coincidencia de cada método con la metodología según criterios de Sostenibilidad.

	Repoblación protectora	Mantener y mejorar uso	Conservación de enclaves	Mantenimiento del uso agrícola	Sin actividad	
Repoblación protectora	505,4	3.378,70	0	8,3	1,7	3894,1
Mantener y Mejorar uso forestal	693,7	620,15	0	35,6	7,5	1356,95
Conservación de enclaves	55,3	0	0	0	0	55,3
Mantenimiento del uso agrícola	0	0	0	826,2	32,3	858,5
Sin actividad	392,6	48,15	0	332,9	61,5	835,15
Totales	1647	4047	0	1203	103	7000

Tabla 38: Matriz de comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad

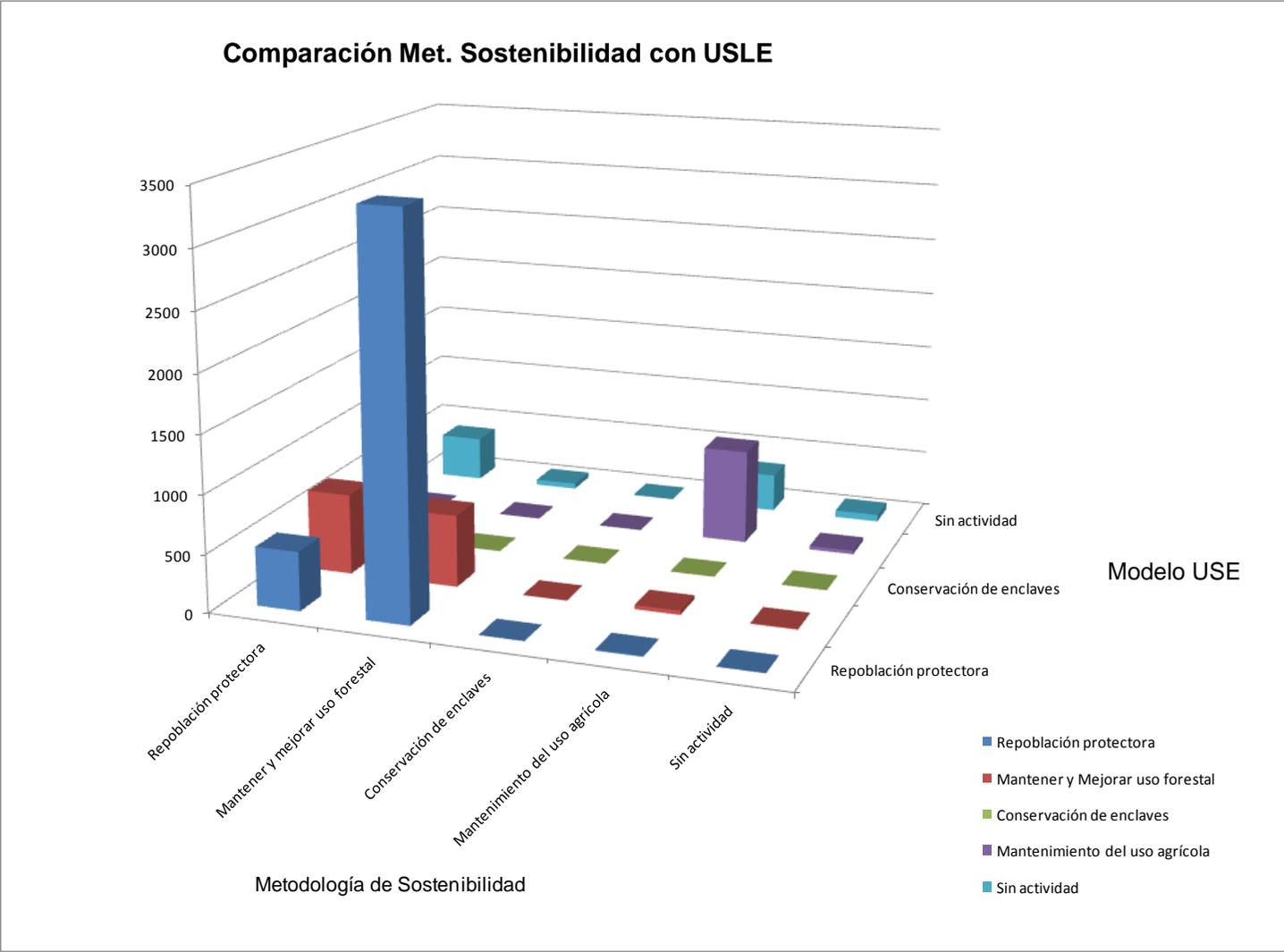


Figura 14: Comparación de la Metodología USLE con la Metodología de Sostenibilidad

	Repoblación protectora	Mantener y mejorar uso	Conservación de enclaves	Mantenimiento del uso agrícola	Sin actividad	
Repoblación protectora	3190	157,70	0	159,9	1,7	3509,3
Mantener y Mejorar uso forestal	206	917,6	0	166,4	7,5	1297,5
Conservación de enclaves	1,2	135,4	0	0	0	136,6
Mantenimiento del uso agrícola	0	0	0	850,5	32,3	882,8
Sin actividad	147,8	56	0	908,5	61,5	1173,8
Totales	3545	1266,7	0	2085,3	103	7000

Tabla 39: Matriz de comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad

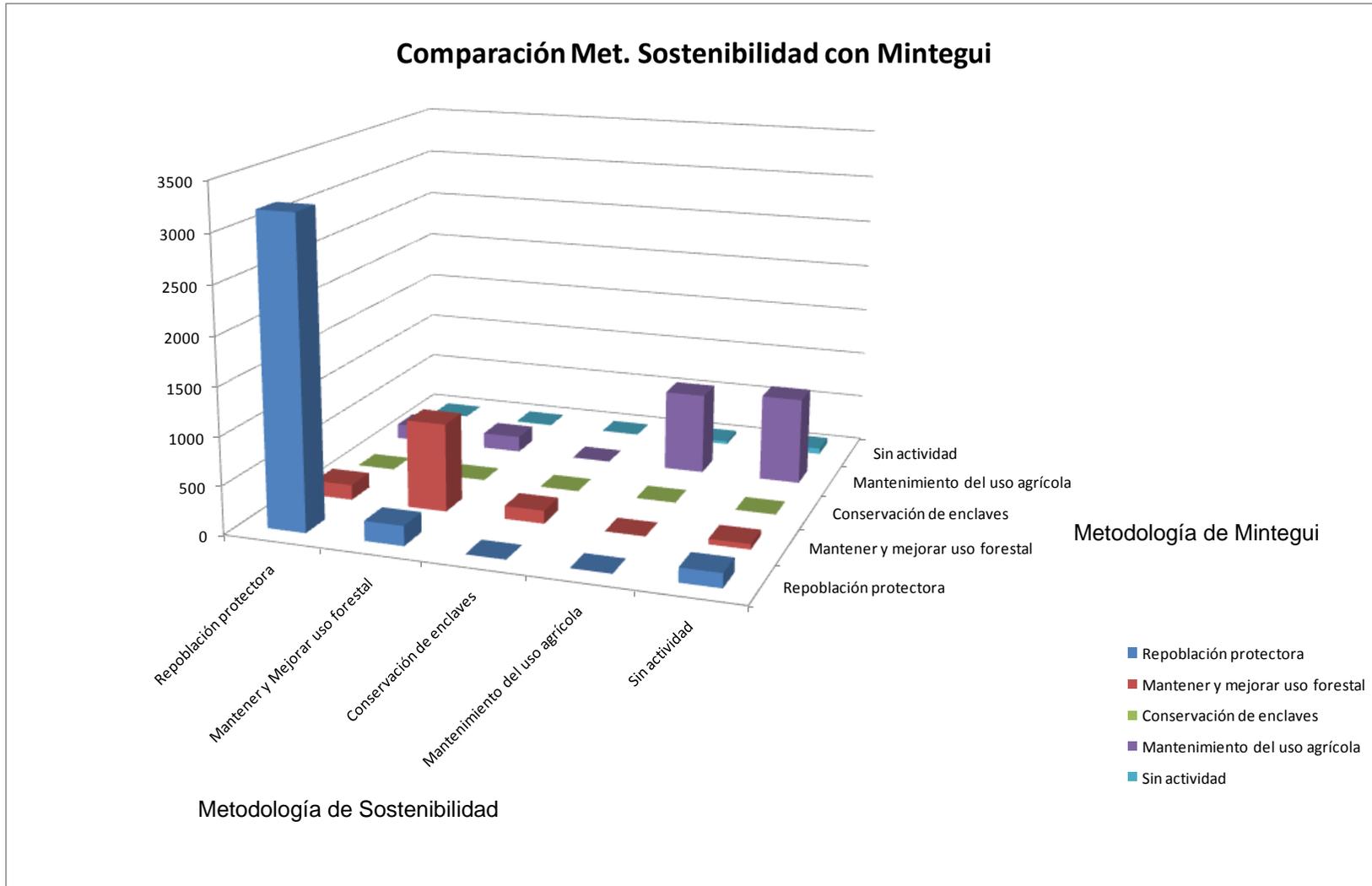


Figura 15: Comparación de la Metodología de Mintegui con la Metodología de Sostenibilidad

De la comparación de las matrices de las dos metodologías las conclusiones a las que se llega son las siguientes:

Las cifras que aparecen en la diagonal principal de cada matriz expresan la superficie de coincidencia de actuaciones homólogas de los dos métodos comparados.

Las coincidencias entre las actividades con los dos métodos no son muy altas. Esto es debido al hecho de promover actividades diferentes que da como resultado en una mayor diversificación de actuaciones en el medio y una menor asignación de superficies destinadas a una misma actividad.

La superficie destinada a Repoblación mediante la metodología de Mintegui tiene una alta coincidencia con la metodología según criterios de Sostenibilidad (3.190ha). No ocurre lo mismo con el modelo USLE, donde solo hay 500ha de coincidencia entre la metodología según criterios de Sostenibilidad y esta última.

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

Se trata de un Índice muy usado para el análisis no paramétrico de datos categóricos. Se expresa de la siguiente forma:

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

Donde:

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

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

X_{kk} Cada valor de la diagonal principal

Este Índice se acerca más a la unidad cuanto mayor es la similitud entre los dos criterios de clasificación.

Para cada matriz anterior el resultado del Índice de Kappa es el siguiente:

- De la comparación de la Metodología de Sostenibilidad con la Metodología USLE el Índice toma un valor de $K=0,28$
- De la comparación de la Metodología de Sostenibilidad con la Metodología de Mintegui el Índice toma un valor de $K=0,79$

Czaplewski (1994) recoge diferentes interpretaciones que se han hecho del Índice de Kappa:

K	Landis and Koch (1977)	Fleiss (1981)	Monserud and Leemans (1992)
0,59	Muy bueno	Bueno	Bueno
0,26	Aceptable	Bajo	Bajo
0,62	Muy bueno	Bueno	Bueno

Tabla 40: Interpretaciones del Índice de Kappa

La coincidencia de la Metodología de Sostenibilidad con la Metodología de Mintegui, según estos autores, sería muy buena, mientras que la coincidencia de la primera con la Metodología USLE sería aceptable o baja.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

Para concluir el presente trabajo se realizan una serie de reflexiones sobre los resultados obtenidos y las metodologías obtenidas.

- Se han cumplido los objetivos propuestos al inicio de la Tesina.
- Las tres metodologías propuestas se han podido aplicar en la cuenca del río Barxeta. No obstante, los resultados han sido diferentes dependiendo de la metodología usada. Esto se debe a que cada metodología usa unos criterios más o menos específicos.
- Tanto la Metodología según criterios de Sostenibilidad como la de Mintegui necesitan en primer lugar la realización de la Metodología según el Modelo USLE para su aplicación. La Metodología de Mintegui es, en último término, un poco subjetiva ya que tiene que ser el que está aplicando la metodología el que decida las actuaciones a realizar en el territorio según unos criterios.
- Tanto la Metodología según criterios de Sostenibilidad como la Metodología según el Modelo USLE son más objetivas, tienen unos criterios de aplicación que no plantean dudas a la hora de seleccionar las alternativas.
- Entre la Metodología según criterios de Sostenibilidad y la Metodología según el Modelo USLE, la primera tiene en consideración muchos más criterios que la segunda, de ahí que los resultados sean mucho más específicos.
- La Metodología según criterios de Sostenibilidad tiene más diversificación de alternativas para los usos del territorio lo que proporciona una menor superficie de actuación de cada actividad. Considera un número elevado de criterios (Pendiente, Influencia hídrica, usos del suelo, litología, Pérdidas del suelo, Propiedad del suelo, Protección y Espesura forestal), cuando se aplica se generan un gran número de polígonos de pequeña superficie, lo que hace más difícil su análisis posterior.
- La Metodología según el Modelo USLE es la más apta para la aplicación en la cuenca objeto del presente estudio ya que tiene en cuenta los factores que más problemas causan en toda la vertiente mediterránea.

Estos son: La erosión debida a la lluvia, la erosionabilidad del suelo, el factor topográfico, el factor vegetación y el factor prácticas de conservación. Estos son los factores que generan pérdidas del suelo y posteriores problemas en las cuencas mediterráneas y son los que se tienen que tener en cuenta a la hora de ordenar la cuenca.

- Tras la aplicación de las tres metodologías es necesario destacar que en la cuenca del río Barxeta es fundamental la Repoblación Forestal ya que, debido a los incendios y a la deforestación, cuenta con zonas montañosas de elevada pendiente con matorral pero sin superficie arbolada. También es necesario el mantenimiento y la mejora del uso agrícola sin incrementar su superficie, fundamentalmente en las partes más elevadas de la cuenca.
- El mantenimiento de la superficie forestal es básico para disminuir el riesgo tanto de erosión como de inundaciones.

Noviembre de 2009

Fdo.: Elena Gómez Moscardó

CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE ANDRADE, J.L. *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones agrarias.
- ALMOROX, J.; DE ANTONIO, R.; SAA, A.; DÍAZ, MC.; GASCÓ, JM. *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Madrid: Agrícola Española, S.A.
- ANTOLÍN TOMAS, C. (COORDINADORA) *El suelo como recurso natural en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana
- DEL PALACIO, E. *La restauración hidrológico-forestal en España: Gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, O. A. Parques Nacionales.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA, U.V., UNIVERSIDAD DE CANTABRIA *Mapa Geocientífico de la provincia de Valencia*. Madrid: Diputación provincial de Valencia, Universidad de Valencia, Universidad de Cantabria.
- GENERALITAT VALENCIANA *Catálogo de suelos de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana
- MARTÍNEZ GALLEGO, J.; BALAGUER CARMONA, J. *Litología, Aprovechamientos de rocas industriales y riesgo de deslizamiento en la Comunidad Valenciana (5)*. Valencia: Serie Cartográfica Temática. Generalitat Valenciana
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN *Agresividad de la lluvia en España: Valores del factor R de la Ecuación Universal de pérdidas de suelo*. Madrid: ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN *Mapa de los estados erosivos. Cuenca Hidrográfica del Júcar*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, TRAGSA Y TRAGSATEC *Restauración hidrológico forestal en cuencas y control de la erosión. Ingeniería Medioambiental*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, TRAGSA y TRAGSATEC

- MINTEGUI AGUIRRE, JA.; ROBREDO SÁNCHEZ, JC *Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas, suelos y bosques de las cuencas de montaña*. Madrid: PHILAC y UNESCO
- PEREZ CUEVA, AJ *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. *Mapa y Memoria del Mapa de series de vegetación de España 1:400.000*. Madrid: ICONA
- TEJERA GIMENO, R. *Tesis Doctoral: Metodología para la Ordenación de una Cuenca Hidrográfica. Aplicación al Tramo medio del Jarama*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes
- www.igme.es
- www.ive.es

ANEXO 1: DATOS CLIMATOLÓGICOS

TERMOMETRÍA

TEMPERATURAS MEDIAS

Observatorio	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	16,0	9,2	9,8	11,7	13,5	17,3	20,8	24,2	24,2	21,8	16,7	12,4	10,0
Rafelguaraf	17,19	9,4	10,7	12,5	14,8	18,6	22,5	26,2	26,3	23,6	18,5	13,2	10
Xàtiva, El Realenc	17,6	10,0	10,9	12,9	15,3	18,9	22,9	26,7	26,9	24,0	18,7	13,6	10,6

AMPLITUDES TÉRMICAS DIARIAS MEDIAS ANUALES Y MENSUALES

Observatorio	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	12,19	10,2	10,7	12,1	12,4	13,4	13,8	14,9	13,9	13,1	11,2	10,3	10,2
Rafelguaraf	13,84	12,6	13,3	14,7	14,5	14,6	14,4	15,4	14,4	14,4	13,4	12,5	11,9
Xàtiva, El Realenc	14,7	13,1	13,7	15,1	15,1	15,7	16	16,7	15,4	15,3	13,9	13,4	12,8

TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIAS

Observatorio	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	22,08	14,3	15,4	17,7	19,7	23,8	27,9	31,9	31,3	28,3	22,4	17,4	14,8
Rafelguaraf	24,11	15,7	17,3	19,8	22,1	25,9	29,7	33,9	33,5	30,8	25,2	19,4	15,9
Xàtiva, El Realenc	25,09	16,7	18,1	20,5	22,8	27	31,2	35	34,5	31,8	25,9	20,5	16,9

TEMPERATURAS MÍNIMAS MEDIAS

Observatorio	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	9,89	4,1	4,7	5,6	7,3	10,4	14,1	17	17,4	15,2	11,2	7,1	4,6
Rafelguaraf	10,27	3,1	4	5,1	7,6	11,3	15,3	18,5	19,1	16,4	11,8	6,9	4
Xàtiva, El Realenc	10,39	3,6	4,4	5,4	7,7	11,3	15,2	18,3	19,1	16,5	12	7,1	4,1

MÁXIMA ABSOLUTAS DE TEMPERATURA

Observatorio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	28,5	27	32	31,5	36,8	41	45	43	39,5	34	32,5	27,5
Rafelguaraf	26	27,8	33,4	34	37,6	39,8	44	44,4	40	37	29,6	25,5
Xàtiva, El Realenc	29	30	39	39	41	42	47	47	44	36	34,6	30

MÍNIMAS ABSOLUTAS DE TEMPERATURA

Observatorio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	-8	-8,5	-5,6	-1,5	3	7	9	10	5,6	-0,1	-3,9	-8,4
Rafelguaraf	-6,5	-5	-7	-2	3	1,2	10	10	5	0,5	-3,8	-6,2
Xàtiva, El Realenc	-9	-8,2	-7	-2	3	8	10	10	5	0	-2	-9

NÚMERO MEDIO ANUAL DE DIAS CON HELADAS, CON MÍNIMAS POR ENCIMA DE 20°C Y CON MÁXIMAS POR ENCIMA DE 25°C

Observatorio	Mín <20°C	Mín > 20°C	Máx. > 25°C
Ontinyent	13,5	11,7	137,7
Rafelguaraf	29,2	27,4	163,9
Xàtiva, El Realenc	26,5	28,9	185,6

PLUVIOMETRÍA

MEDIAS DE PRECIPITACIÓN ANUALES Y MENSUALES

Observatorio	Media Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Canals	530	46,2	35,9	45,9	48,2	43	26,4	7,6	24,5	56,1	74,9	52,9	68,5
Ontinyent	531	45	38	57	59	53	32	9	18	27	79	72	42
Rafelguaraf	684	64,9	42,7	62,2	50,2	55,5	29,1	7,8	16,5	61,8	107,8	98,1	87,5
Xàtiva, El Realenc	682	52	50	56	58	52	32	5	18	33	143	100	83

PRECIPITACIÓN MEDIA Y DIAS DE PRECIPITACIÓN ESTACIONALES

Observatorio	PP. Pri	PP. Ver	PP. Oto	PP. Inv	DPP. Pri	DPP. Ver	DPP. Oto	DPP. Inv
Canals	137,1	58,5	183,9	150,6	16,6	8,8	16	15,2
Ontinyent	151,5	59,5	190,2	140	19,4	9,8	16,8	18,3
Rafelguaraf	167,9	53,4	267,7	195,1	17	7,4	10,4	12,7
Xàtiva, El Realenc	163,1	46,1	287,3	196,9	15,8	6,7	14,8	14,6

MEDIAS ANUALES Y MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

Observatorio	Mediana Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	508,7	28,1	30,6	32,2	39,8	45,3	22,5	4	9	21,9	39,4	43,4	24
Xàtiva,	597,8	36,8	30,5	26,8	32,8	35,3	24,8	1	8,8	22,8	65,5	63,5	39,8

QUARTILES ANUALES DE PRECIPITACIÓN

Observatorio	Mediana	Q1	Q3	D1	D2	D3	D4	D6	D7	D8	D9
Ontinyent	508,7	355,4	673,6	278,9	338,2	385,9	469,2	583,1	657,6	728,4	868,3
Xàtiva, El Realenc	597,8	478,4	875,7	343,1	434,1	517,1	530,4	770,8	843,8	1001,2	1162

Q: Cuartiles de la pp anual

D: Deciles de la pp anual

NUMERO MEDIO DE DIAS DE PRECIPITACIÓN (ANUALES Y MENSUALES) Y COCIENTE DE INTENSIDAD DIARIA (CID) DE LAS LLUVIAS

Observatorio	Media Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	CID
Canals	56,5	4,3	4,4	5,1	6,1	5,4	4,9	1,1	2,8	4,6	6,4	5	6,5	9,4
Ontinyent	64,2	5,8	5,7	5,1	7,3	7	4,7	1,8	3,3	4,5	6,1	6,2	6,8	8,4
Rafelguaraf	47,5	4,1	3,9	4,3	6,7	6	4	1,2	2,2	2,5	4,1	3,8	4,7	15
Xàtiva, El Realenc	52	4,8	4,2	4,4	5,7	5,7	3,6	1,1	2	3,5	5,7	5,6	5,6	13

COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LA PRECIPITACION ANUAL, ESTACIONAL Y MENSUAL

Observatorio	Variación anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ontinyent	37	107,6	100	103,4	79,2	81,7	86	140,4	96,8	149,4	114,3	117,5	117,2
Xàtiva, El Realenc	41,2	124,2	109,6	116,1	93,4	85,8	88,3	196,1	122,5	168,7	111,8	119,3	119,6
Observatorio	Primavera	Verano	Otoño	Invierno									
Ontinyent	54,8	54,8	74,7	62,2									
Xàtiva, El Realenc	61,8	67,5	74,3	68,8									

MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS, SEGÚN PERIODOS DE RECURRENCIA (EN AÑOS)

Observatorio	2	5	10	20	30	50	100
Canals	76,5	122,4	152,8	182	198,7	219,7	248
Ontinyent	75,9	119,9	149	176,9	193	213,1	240,2
Xàtiva, El Realenc	106,4	171,2	214,1	255,2	278,9	308,5	348,4

NÚMERO MEDIO ANUAL DE NEVADAS, GRANIZO, TORMENTAS Y TORMENTAS ESTIVALES

Observatorio	Nevadas	Granizo	Tormentas	Tormentas Estivales
Canals	0,5	0,8	16,4	6,3
Ontinyent	0,8	1,9	17	6,8
Rafelguaraf	0,1	1,2	20,8	9,2
Xàtiva, El Realenc	0,3	0,3	4,6	1,6

FECHA MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA DE LA PRIMERA Y ÚLTIMA NEVADAS, Y DURACIÓN DEL PERIODO CON NEVADAS

Observatorio	N	D	Fecha Nevada 1ª	Fecha última nevada	Var. 1ª	Var. Última
Ontinyent	0,8	12,9	09-ene	28-ene	33,5	33,8
Xàtiva, El Realenc	0,3	0,5	04-feb	05-feb	26,1	24,9

ANEXO 2: BALANCES HÍDRICOS

ESTACIÓN: XÀTIVA, EL REALENGO

ALTITUD: 76m CAPACIDAD DE CAMPO: 200mm

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
T (°C)	10,0	10,9	12,9	15,3	18,9	22,9	26,7	26,9	24,0	18,7	13,6	10,6	
ETP (mm)	24	32	63	84	115	153	166	147	87	53	26	22	972
P(mm)	52	50	56	58	52	32	5	18	33	143	100	83	682
P-ETP	28	18	-7	-26	-63	-121	-161	-129	-54	90	74	61	-290
ppa (mm)	-	-	-7	-33	-96	-217	-278	-507	-561	-	-	-	
ST (mm)	200	200	197	169	123	66	29	15	12	102	176	200	
ΔST (mm)	0	0	-7	-24	-46	-57	-37	-14	-3	90	74	24	
ETR (mm)	24	32	63	82	98	89	42	32	36	53	26	22	599
D (mm)	0	0	0	-2	-17	-64	-124	-115	-51	0	0	0	-373
S (mm)	28	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	83
R (mm)	23	21	10	5	3	1	1	0	0	0	0	19	83
DT (mm)	224	220	204	174	125	68	29	16	12	102	176	181	

ESTACIÓN: ONTINYENT

ALTITUD: 350m CAPACIDAD DE CAMPO: 200mm

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
T (°C)	9,2	9,8	11,7	13,5	17,3	20,8	24,2	24,2	21,8	16,7	12,4	10,0	
ETP (mm)	23	31	61	79	110	145	157	138	83	50	25	21	923
P(mm)	45	38	57	59	53	32	9	18	27	79	72	42	531
P-ETP	22	7	-4	-20	-57	-113	-148	-120	-56	29	47	21	-392
ppa (mm)	-	-76	-80	-100	-157	-270	-418	-538	-594	-	-	-	
ST (mm)	129	136	133	120	90	51	24	13	10	39	86	107	
ΔST (mm)	22	7	-3	-13	-30	-39	-27	-11	-3	29	47	21	
ETR (mm)	23	31	60	72	83	71	36	29	30	50	25	21	531
D (mm)	0	0	-1	-7	-27	-74	-121	-109	-53	0	0	0	-392
S (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
R (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DT (mm)	129	136	133	120	90	51	24	13	10	39	86	107	

ANEXO 3: GALERÍA FOTOGRÁFICA



Figura 16: Nacimiento del río Barxeta



Figura 17: Sierra Buixarró



Figura 18: Curso alto del río Barxeta



Figura 19: Cauce del río en el curso alto



Figura 20: Apertura de caminos en una zona montañosa



Figura 21: Cambio de uso del suelo, de forestal a agrícola



Figura 22: Destrucción de la cubierta forestal para plantación de naranjos



Figura 23: Vegetación

ANEXO 4: MAPAS
