



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Máster en Ingeniería  
Hidráulica y Medio  
Ambiente

---

Título del Trabajo Fin de Máster:

***ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE  
METODOLOGÍAS DE ORDENACIÓN DE  
CUENCAS HIDROGRÁFICAS.  
APLICACIÓN A LA CUENCA DE LA  
RAMBLA GALLINERA (ALICANTE)***

Intensificación:

***ORDENACIÓN, RESTURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS***

Autor:

***GONZÁLES CARRASCO, ANA LÍA***

Director/es:

***DRA. LÓPEZ SARDÁ, LETICIA***

***DR. TORRENT BRAVO, JOSÉ ANDRÉS***

Fecha: OCTUBRE, 2011







Título del Trabajo Fin de Máster:

**ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS DE ORDENACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. APLICACIÓN A LA CUENCA DE LA RAMBLA GALLINERA (ALICANTE)**

Autor: **GONZÁLES CARRASCO, ANA LÍA**

Tipo	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	LÓPEZ SARDÁ LETICIA		Fecha de Lectura	NOV, 2011
Codirector1	TORRENT	BRAVO		
Codirector2	ANDRÉS	JOSÉ		
Tutor				

**Resumen:**

*El agua y el suelo son recursos naturales claves para el desarrollo y mantenimiento de los ecosistemas. Las cuencas hidrográficas son unidades de gestión, en las que el objetivo del ordenamiento y manejo de la misma es evitar que se erosione el suelo, se pierda la vegetación y que el agua que discurre y descarga sea un proceso rápido pudiendo provocar daños humanos y en el medio.*

*El presente trabajo analiza y compara tres metodologías de ordenación de cuencas: ordenación según la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE), ordenación basada en los criterios Mintegui (1990) y la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad (MOCS). Estas metodologías fueron aplicadas a la cuenca de la rambla Gallinera (Alicante).*

*En primer lugar se describió y caracterizó a la cuenca en estudio y posteriormente se aplicaron las metodologías de ordenación, cada una desarrollada según las necesidades de información y procedimientos requeridos para el caso, obteniendo como resultado mapas temáticos de las actividades propuestas para el ordenamiento de la cuenca, así como los valores de superficies territoriales de actuación según las diferentes propuestas.*

*A continuación, se compararon los resultados cuantitativos mediante el análisis de coincidencia superficial de actividades de ordenación entre cada metodología. Finalmente, se realizó el análisis de las fortalezas y debilidades de cada metodología, lo cual sirvió para extraer las conclusiones pertinentes en cuanto a la futura aplicación y desarrollo de estas metodologías.*

**Abstract:**

*Water and soil are important natural resources for development and maintenance of ecosystems. Watersheds are management units in which the objective of the regulation and management of them is to prevent soil erosion, vegetation lost and the quick water running and downloading that can cause human and environmental damage.*

*This work analyzes and compares three methods of watershed management: management according*



*to the Universal Soil Loss Equation (USLE), criteria-based management Mintegui (1990) and management methodology based on sustainability criteria (MOCS). These methodologies were applied to the basin of the Gallinera ravine (Alicante).*

*First, the basin under study was described and characterized. Then the three management methodologies were applied, each developed according to the required information and procedures. The result, are thematic maps of the proposed activities for the management of the basin, as well as the values of surface area to act as the different proposals.*

*The following quantitative results were compared by an analysis of surface matching management activities between each methodology. Finally, it has done the analysis of the strengths and weaknesses of each methodology, which served to draw conclusions for future application and development of these methodologies.*

**Resum:**

*L'aigua i el sòl són recursos naturals claus per al desenvolupament i manteniment dels ecosistemes. Les conques hidrogràfiques són unitats de gestió, en les que l'objectiu de l'ordenament i maneig de la mateixa és evitar que s'erosione el sòl, es perda la vegetació i que l'aigua que discorre i descàrrega siga un procés ràpid podent provocar danys humans i en el mig.*

*El present treball analitza i compara tres metodologies d'ordenació de conques: ordenació segons l'Equació Universal de Pèrdues de Sòl (USLE), ordenació basada en els criteris Mintegui (1990) i la metodologia d'ordenació amb criteris de sostenibilitat (MOCS). Estes metodologies van ser aplicades a la conca de la rambla Gallinera (Alicant).*

*En primer lloc es va descriure i va caracteritzar a la conca en estudi i posteriorment es van aplicar les metodologies d'ordenació, cada una desenvolupada segons les necessitats d'informació i procediments requerits per al cas, obtenint com resultat mapes temàtics de les activitats proposades per a l'ordenament de la conca, així com els valors de superfícies territorials d'actuació segons les diferents propostes.*

*A continuació, es van comparar els resultats quantitatius per mitjà de l'anàlisi de coincidència superficial d'activitats d'ordenació entre cada metodologia. Finalment, es va realitzar l'anàlisi de les fortaleses i debilitats de cada metodologia, la qual cosa va servir per a extraure les conclusions pertinents quant a la futura aplicació i desenvolupament d'estes metodologies.*

**Palabras clave:**

*Cuencas hidrográficas, Ordenamiento y Restauración Hidrológico Forestal, Erosion, SIG, Planificación.*

*Watersheds, Water and Forest Management and Restoration, Erosion, GIS, Planification.*

*Conques hidrogràfiques, Ordenació i Restauració Hidrològic Forestal, Erosió, SIG, Planificació*

*Hay un libro abierto siempre para todos los ojos: la naturaleza.*

Jean Jacques Rousseau

*En la naturaleza no existen ni premios ni castigos. Solo existen consecuencias.*

Robert Frost



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y la Virgen sobre todas las cosas, convencida que esta oportunidad se dio por la voluntad de Dios y estaré por siempre agradecida.

A mi familia entera por su amor, apoyo y confianza constante. Papi, Mami y hermanitos, siempre tuve en mente a cada uno de ustedes para en el cumplimiento de este reto. Los amo mucho.

Dante, gracias por darme ánimo para cumplir esta misión y por tu cariño que va más allá de la distancia.

A mis directores de tesina Leticia y José Andrés, muchas gracias por su orientación, información brindada, apoyo y acompañamiento en todo el proceso del trabajo.

Al Programa ARBOPEUE Erasmus Mundus el cuál brindó la oportunidad de la beca para realizar el Máster. Así también a las personas encargadas de su gestión, entre ellas personal de la Oficina de Acción Internacional de la UPV, en especial a Begoña Lluzar Julian quien nos atendió de la mejor manera a lo largo de los meses de estadía en Valencia.

A mis amigos y compañeros, a los antiguos gracias por el apoyo en la lejanía y a los amigos que hice en esta etapa, gracias por su compañía y colaboración desde los pequeños detalles hasta las grandes misiones.



## INDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1. OBJETO Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
1.3. ANTECEDENTES - ESTADO DEL ARTE .....	3
<b>CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
2.1. ELECCIÓN CUENCA DE ESTUDIO .....	15
2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO .....	15
2.2.1. Situación .....	15
2.2.1.1. Localización geográfica.....	16
2.2.1.2. Caracterización general de la cuenca.....	17
2.2.2. Geología y Litología .....	20
2.2.2.1. Litoestratigrafía .....	21
2.2.2.2. Clasificación de las litofacies según su repercusión en los procesos erosivos	23
2.2.3. Descripción de los suelos.....	24
2.2.4. Clima.....	25
2.2.4.1. Elección de observatorios meteorológicos .....	26
2.2.4.2. Balance hídrico .....	27
2.2.4.3. Clasificación climática .....	29
2.2.5. Vegetación y cultivos.....	32
2.2.5.1. Vegetación potencial .....	32
2.2.5.2. Vegetación actual y distribución de usos del suelo en la zona de estudio.....	34
2.2.5.3. Mapa Forestal .....	37
2.2.5.4. Espacios Protegidos .....	37
2.2.5.5. Montes a cargo de la administración .....	38
2.2.6. Características socioeconómicas.....	39
2.2.6.1. Datos geográficos .....	39
2.2.6.2. Demografía y análisis de la población.....	39
2.2.6.3. El mercado de trabajo .....	41
2.2.6.4. Análisis de cada uno de los sectores económicos.....	42
2.3. HIDROLOGÍA FORESTAL.....	46
2.3.1. Reseña Hidrográfica.....	46
2.3.2. Características morfológicas .....	48

2.3.2.1.	Parámetros de forma.....	48
2.3.2.2.	Parámetros de relieve.....	49
2.3.2.3.	Parámetros relativos a la red hidrográfica .....	51
2.3.3.	Cálculo de caudales.....	52
2.3.3.1.	Aplicación de la fórmula empírica de García Nájera .....	52
2.3.3.2.	Aplicación del método de la dirección general de carreteras del MOPU.....	53
2.3.4.	Erosión en la zona de estudio.....	59
2.3.4.1.	Índices de protección del suelo por la vegetación .....	60
2.4.	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN.....	62
2.4.1.	Métodos de cálculo factores USLE.....	63
2.4.1.1.	Factor erosividad de la lluvia (R) .....	63
2.4.1.2.	El factor erosionabilidad (K) .....	64
2.4.1.3.	El factor longitud-inclinación LS .....	67
2.4.1.4.	Factor cubierta vegetal o factor C.....	68
2.4.1.5.	El factor de prácticas de conservación P .....	70
2.4.2.	Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE .....	70
2.4.3.	Mapa de usos futuros en base a la ordenación de la cuenca .....	73
2.5.	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990) .....	75
2.6.	METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	78
2.6.1.	Estudio de la problemática de la cuenca .....	79
2.6.2.	Establecimiento de los objetivos y selección de actividades .....	80
2.6.3.	Inventario y análisis del medio: cartografía temática .....	82
2.6.4.	Estudio de la capacidad de acogida de las actividades .....	84
2.6.5.	Estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz de grado de conveniencia.....	93
2.6.6.	Adecuación del medio para la realización de actividades: matriz de adecuación	102
2.6.7.	Relaciones entre actividades .....	108
2.6.8.	Propuesta de actividades para optimizar los objetivos .....	108
2.6.8.1.	Asignación de actividades .....	108
2.6.8.2.	Actividades propuestas .....	109
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>111</b>
3.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	111
3.2.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SUPERFICIES DE ACTUACIÓN .....	113
3.2.1.	Comparación Modelo USLE y MOCS .....	113



3.2.2.	Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y MOCS .....	115
3.2.3.	Comparación ordenación según criterios de Mintegui (1990) y modelo USLE..	117
3.3.	ESTUDIO CUANTITATIVO DE LAS COINCIDENCIAS DE LOS MÉTODOS: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE KAPPA. ....	120
3.3.1.	Cálculo del índice de Kappa .....	125
3.4.	DISCUSIÓN.....	127

**CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES ..... 134**

4.1.	CONCLUSIONES .....	134
4.2.	APORTES DEL TRABAJO .....	137
4.3.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	138

**CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA ..... 139**

**ANEJOS**

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Situación de la cuenca de la rambla Gallinera. ....	16
<b>Figura 2.</b>	Proyecto constructivo de las obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera. ....	19
<b>Figura 3.</b>	Clasificación de las litofacies según su repercusión en los estados erosivos.....	24
<b>Figura 4.</b>	Balace Hídrico estación meteorológica Pego Convento. ....	28
<b>Figura 5.</b>	Evolución de la población por Municipio.. ....	40
<b>Figura 6.</b>	Variaciones residenciales por Municipio. ....	41
<b>Figura 7.</b>	Evolución de las plazas de alojamiento.....	46
<b>Figura 8.</b>	Curva hipsométrica de la cuenca.....	50
<b>Figura 9.</b>	Mapa de isólineas de España.....	54
<b>Figura 10.</b>	Mapa del coeficiente corrector regional del umbral de escorrentía.. ....	56
<b>Figura 11.</b>	Capacidad para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	88
<b>Figura 12.</b>	Capacidad para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva .....	89
<b>Figura 13.</b>	Capacidad para la actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad ...	90
<b>Figura 14.</b>	Capacidad para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés .....	91
<b>Figura 15.</b>	Capacidad para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.....	92
<b>Figura 16.</b>	Conveniencia para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	96
<b>Figura 17.</b>	Conveniencia para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva .....	97
<b>Figura 18.</b>	Conveniencia para la actividad 4: Restauración de riberas .....	98
<b>Figura 19.</b>	Conveniencia para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad .....	99
<b>Figura 20.</b>	Conveniencia para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés .....	100
<b>Figura 21.</b>	Conveniencia para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola.....	101
<b>Figura 22.</b>	Adecuación para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora.....	103
<b>Figura 23.</b>	Adecuación para la actividad 2 Completar espesura en masas con espesura defectiva .....	104
<b>Figura 24.</b>	Adecuación para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad .. ..	105
<b>Figura 25.</b>	Adecuación para la actividad 6: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad .. ..	106
<b>Figura 26.</b>	Adecuación para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola .....	107
<b>Figura 27.</b>	Comparación MOCS con Modelo USLE.....	121
<b>Figura 28.</b>	Comparación MOCS con metodología con criterios de Mintegui (1990) .....	122
<b>Figura 29.</b>	Comparación Metodología USLE con metodología con criterios de Mintegui (1990) .....	123
<b>Figura 30.</b>	Interpretaciones del índice K.....	126

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Factores a considerar en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca hidrográfica. ....	8
<b>Tabla 2.</b>	Clasificación litológica según nivel de erosión .....	23
<b>Tabla 3.</b>	Resultados de Análisis Granulométricos del suelo .....	25
<b>Tabla 4.</b>	Observatorios Meteorológicos .....	26
<b>Tabla 5.</b>	Balance Hídrico de los datos de la estación meteorológica de Pego Convento. ....	27
<b>Tabla 6.</b>	Clasificación Climática de Thornthwaite .....	29
<b>Tabla 7.</b>	Índices Climáticos para la zona en estudio .....	31
<b>Tabla 8.</b>	Usos de Suelo .....	35
<b>Tabla 9.</b>	Especies forestales en la cuenca Vall de Gallinera .....	37
<b>Tabla 10.</b>	Montes a cargo de la Administración en la cuenca Vall de Gallinera .....	38
<b>Tabla 11.</b>	Municipios incluidos en la cuenca Gallinera .....	39
<b>Tabla 12.</b>	Ocupación por Municipios (personas) .....	41
<b>Tabla 13.</b>	Superficies de principales cultivos por Municipios .....	43
<b>Tabla 14.</b>	Unidades Ganaderas por municipio .....	44
<b>Tabla 15.</b>	Relación entre altitudes y superficies de la cuenca Vall de Gallinera .....	49
<b>Tabla 16.</b>	Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm) .....	57
<b>Tabla 17.</b>	Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía .....	58
<b>Tabla 18.</b>	Datos utilizados para el cálculo de caudales .....	59
<b>Tabla 19.</b>	Cálculo de caudales para distintos periodos de retorno .....	59
<b>Tabla 20.</b>	Índices de protección del suelo por la vegetación para la cuenca en estudio.....	61
<b>Tabla 21.</b>	Cálculo del Factor K según datos de muestras de suelo .....	66
<b>Tabla 22.</b>	Valor de K para combinación suelo-vegetación existente en la cuenca .....	67
<b>Tabla 23.</b>	Valor del Factor LS según pendientes.....	68
<b>Tabla 24.</b>	Valor del Factor C según uso de suelo .....	69
<b>Tabla 25.</b>	Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos.....	71
<b>Tabla 26.</b>	Pérdida de suelo por estrato de vegetación .....	72
<b>Tabla 27.</b>	Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca Vall de Gallinera .....	73
<b>Tabla 28.</b>	Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE.....	73
<b>Tabla 29.</b>	Superficies de los usos de suelo asignados según el modelo USLE .....	74
<b>Tabla 30.</b>	Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora .....	76
<b>Tabla 31.</b>	Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agrohidrológica con criterios de Mintegui Aguirre.....	77
<b>Tabla 32.</b>	Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.....	81
<b>Tabla 33.</b>	Matriz de capacidad de acogida de las actividades .....	86

<b>Tabla 34.</b>	Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades.....	94
<b>Tabla 35.</b>	Adecuación del medio para la realización de actividades.....	102
<b>Tabla 36.</b>	Clases de Adecuación establecidas .....	102
<b>Tabla 37.</b>	Compatibilidad entre actividades .....	108
<b>Tabla 38.</b>	Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas.....	109
<b>Tabla 39.</b>	Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca .....	110
<b>Tabla 40.</b>	Resultados de la ordenación según modelo USLE.....	111
<b>Tabla 41.</b>	Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990).....	112
<b>Tabla 42.</b>	Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad... .....	112
<b>Tabla 43.</b>	Superficies de superposición Modelo USLE y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km <sup>2</sup> ) .....	114
<b>Tabla 44.</b>	Superficies de superposición Metodología según criterios de Mintegui y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km <sup>2</sup> ) .....	116
<b>Tabla 45.</b>	Superficies de superposición Metodología con criterios de Mintegui (1990) y Modelo USLE. (km <sup>2</sup> ) .....	118
<b>Tabla 46.</b>	Bloques de actuaciones asimilables entre Metodologías .....	120
<b>Tabla 47.</b>	Comparación MOCS con USLE (en km <sup>2</sup> ) .....	121
<b>Tabla 48.</b>	Comparación MOCS con Metodología con criterios de Mintegui (1990)(en km <sup>2</sup> ) .....	122
<b>Tabla 49.</b>	Comparación Método USLE con Metodología con criterios de Mintegui (1990)(en km <sup>2</sup> ) .....	123
<b>Tabla 50.</b>	Fuerza de concordancia del índice K .....	126
<b>Tabla 51.</b>	Fuerza de concordancia del índice K según los valores obtenidos .....	127
<b>Tabla 52.</b>	Tabla Resumen de Comparación de Metodologías. Análisis de fortalezas y debilidades.....	128

# **CAPÍTULO 1. OBJETO Y ANTECEDENTES**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Las acciones de la población humana a lo largo del tiempo y del espacio han ido alterando el ambiente, produciendo fragmentación de hábitats y su consecuente pérdida de biodiversidad. Los recursos naturales por su parte, sustentan la vida por medio de sus diversos procesos. El mantenimiento de los recursos naturales es uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenible.

Es preciso considerar los recursos naturales agua, suelo, vegetación, de forma integrada en el marco de una cuenca hidrográfica, porque esos recursos forman un sistema complejo, interdisciplinario, sintetizado matemáticamente en el ciclo hidrológico y definido territorialmente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación afecta al sistema (López Cadenas, 1994).

Es necesario por tanto, promover el manejo de los recursos naturales y el estudio de los factores naturales y humanos que actúan sobre las características hidrológicas de los cursos de agua superficiales. Dicho estudio permite identificar situaciones de déficit y/o excesos de agua, erosión hídrica superficial, sedimentación y denudación de la cubierta vegetal. Por medio de pautas de gestión y toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales en dichas situaciones, se induciría a la sustentabilidad del ambiente.

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

La Restauración Hidrológica Forestal (RHF) y la Ordenación Agro-hidrológica son las herramientas técnicas con las que, por un lado, se planifica el uso al que deben dedicarse los diferentes terrenos que constituyen la cuenca vertiente para conseguir el mejor aprovechamiento de la misma; y por otro, llevar a cabo el conjunto de actuaciones de

restauración de la vegetación, prácticas de conservación de suelos e hidrotecnias de corrección en la red de drenaje, conducentes a mitigar las consecuencias negativas de la dinámica torrencial y de sus manifestaciones (erosión, transporte y sedimentación), con el fin de reducir sus efectos catastróficos: pérdidas de productividad, destrucción de bienes, sedimentación de embalses, desertificación e, incluso pérdidas de vidas humanas.

El presente trabajo, analiza y compara tres metodologías de ordenación de cuencas, las cuales están dentro de un marco de planificación física destinada a la conservación y buen uso de los recursos naturales.

Las metodologías a comparar son: el modelo de ordenación según la Ecuación de Pérdidas de Suelo (USLE), la metodología de ordenación agro-hidrológica según criterios de Mintegui (1990) y una nueva metodología de ordenación de cuencas según criterios de Sostenibilidad (MOCS). Su aplicación en una cuenca típica del mediterráneo español, culmina en la propuesta de la aplicación de diferentes actividades de protección y/o restauración del territorio, la misma que se releja en mapas temáticos realizados con la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Realizar un estudio comparativo de metodologías de ordenación de cuencas para investigar las fortalezas y debilidades de las mismas y determinar cuáles son más aptas en el ámbito del mediterráneo y su aplicación en la cuenca de la rambla Vall de Gallinera (Alicante).

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar las metodologías de ordenación de cuencas según el modelo USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), ordenación basada en los criterios de ordenación de Mintegui y la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad (MOCS).

- Aplicar las metodologías de ordenación de cuencas a la cuenca de la rambla Vall de Gallinera (Alicante).
- Comparar y analizar los resultados de las metodologías aplicadas a la cuenca en estudio.
- Aportar conclusiones para la futura aplicación de las metodologías.

### **1.3. ANTECEDENTES - ESTADO DEL ARTE**

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

Contrariamente, suelos desprotegidos encuentran en el agua uno de los agentes erosivos más enérgicos, produciendo un fenómeno conocido como erosión hídrica. Este proceso comienza con el arrastre de sus componentes más finos y ricos en nutrientes y culmina en el estado de desertificación, con su desaparición y transporte a las zonas bajas donde se deposita. Entre los factores que condicionan el fenómeno erosivo, se encuentran los factores climáticos, representados en precipitaciones con características particulares de intensidad, duración y frecuencia; factores edáficos, respondiendo al tipo de suelo; el relieve (pendiente) y la vegetación que protege al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, contribuye a disminuir la escorrentía superficial, decrecer caudales punta y cuyas raíces protegen al suelo de no disgregarse.

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

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

### **Antecedentes históricos**

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

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

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



En esta época, García Nájera estableció y publicó su ecuación de “Pendiente máxima admisible en cultivos (1954) y pastizales (1955)”, a fin que debían ser destinadas a vegetación permanente, preferentemente arbolada, para que quedaran de este modo defendidas de la erosión hídrica acelerada, protegiendo al mismo tiempo todas las áreas situadas aguas abajo. El desarrollo posterior de estas ecuaciones permitió el establecimiento de los “índices de protección del suelo por la vegetación” por parte de López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1968).

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

A continuación de esta etapa, en los setenta, en España se empezó a utilizar el modelo paramétrico USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), el que establece la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca determinada a través de la aplicación del mismo, aportando un valor cuantitativo de la erosión hídrica superficial potencial expresado en t/ha·año a diferencia de los anteriores criterios que aportaban un valor cualitativo. Es un buen instrumento para planificar el uso agronómico del territorio, pero no está pensado para mostrar de forma particularizada los efectos de los eventos torrenciales individuales en la cuenca, al menos en las versiones comentadas de Wischmeier & Smith (Mintegui, 2006).

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

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

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

### **La Ordenación y Restauración Hidrológico Forestal**

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

De esta manera, en España, se fue desarrollando y aplicando técnicas de Ordenación Agro-Hidrológica y Restauración Hidrológico Forestal.

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

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

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

En un esquema lógico, la operación previa a todo proyecto de restauración hidrológico forestal de una cuenca vertiente es su ordenación agro-hidrológica. Con dicha ordenación se planifica el uso al que deben dedicarse los diferentes terrenos que constituyen la cuenca vertiente, para conseguir el mejor aprovechamiento hidrológico de la misma.

Según Rábade (2006), el objetivo principal de la ordenación agro-hidrológica es la mejora de la calidad de vida de la población local, actuando en una doble vertiente:

- La mejora del medio natural (protección de los suelos, regulación hídrica y conservación de la biodiversidad) como medio de lucha contra la desertificación.
- La mejora de los recursos económicos, para generar empleo y estabilizar la población como herramienta para evitar las migraciones en origen, potenciando el desarrollo de los sectores económicos basados fundamentalmente en el aprovechamiento ordenado de los recursos naturales propios: sector forestal, turismo rural, caza y pesca, sector agro-ganadero, productos naturales, etc.

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

**Tabla 1.** Factores a considerar en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca hidrográfica.

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

Fuente: Mintegui, 2006.

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

- La retención del suelo mediante el control de la erosión, tratando al mismo tiempo de aprovechar este recurso.
- La regulación de las avenidas y del transporte de materiales, provocado por las mismas, así como la sedimentación de éstos últimos en las áreas dominadas.
- La provisión hídrica.

Así mismo, éstos objetivos se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. La resolución de los problemas generados por los eventos torrenciales acaecidos en la cuenca.
2. La utilización agrícola y forestal de la cuenca aprovechando racionalmente sus recursos hídricos, potenciando la agricultura en los lugares idóneos y concretando las potencialidades vegetativas en las diferentes zonas de misma; de modo que la vegetación permanente no se imponga sólo como protección integral de la cuenca sino que se instale ajustada a la realidad física del territorio y su clima, en función del comportamiento del ciclo del agua en la zona.

Como consecuencia de éstos objetivos, se tiene la planificación dinámica de las cuencas hidrográficas.

### **Manejo y Planificación de cuencas hidrográficas.**

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

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

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

La Organización para la Alimentación y la Agricultura [FAO] en 1992, define la planificación de cuencas hidrográficas como la ordenación de los recursos naturales y la restauración de ecosistemas degradados, en función del mejoramiento del bienestar y de la calidad de vida de la comunidad.

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

Por otra parte, los métodos de planificación física, cuentan actualmente con potentes herramientas para el tratamiento de la información georreferenciada vinculada al territorio. Las mismas, son compatibles en su aplicación a las técnicas desarrolladas por las áreas de la ingeniería. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten incorporar métodos procedentes de la planificación física a las áreas de la ingeniería que tratan sobre la hidrología forestal y la misma ordenación de las cuencas hidrográficas.

### **Ordenación del territorio**

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

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

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

definición de la estrategia de desarrollo y cuando se vinculan a él las actividades que configuran dicha estrategia.

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

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

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

### **Metodologías y modelos para el ordenamiento de cuencas**

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

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

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

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

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

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

El uso de modelos, cada día más complejos, se ha hecho posible gracias al desarrollo experimentado por los ordenadores, que ha permitido el tratamiento matemático, rápido y seguro de la multitud de datos que conlleva la problemática que se está considerando, y por otra parte, a las grandes innovaciones en el análisis de sistemas que permiten la utilización de modelos para integrar diversas disciplinas.

Por su parte, los modelos cartográficos han adquirido gran importancia en el área del manejo de los recursos naturales, ya que existe una gran disponibilidad de información cartográfica digital, la cual puede ser manipulada y analizada mediante la realización de combinaciones oportunas de dicha información disponible en diversos formatos. Los modelos que expresan relaciones espaciales y que se emplean en la práctica deberán ser sencillos y fáciles en su manejo, velando por la utilidad en su aplicación.

La metodología clásica para la asignación de usos del suelo, es decir, para la ordenación de la cuenca, más aplicada en España parte de un mapa de erosión del suelo (Rojo,



1995). El procedimiento de cartografía de la erosión mas empleado, está inspirado en la generalización de los factores de erosión de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE). El uso de este modelo de la ecuación universal con objetivos de planificación, se basa en la comparación de la cifra de pérdida de suelo que proporciona el mapa con una cifra de pérdidas admisibles fijada de antemano. En aquellas áreas en las que las pérdidas de suelo son superiores a las admisibles, el uso del suelo es considerado incompatible con su conservación y por tanto, se proponen medidas y prácticas de conservación de suelos o acciones que proporcionasen una mejora de la cubierta vegetal protectora frente a la erosión.

A pesar de las simplificaciones que se asumen en cualquier ejercicio de cartografía de la erosión, el procedimiento de ordenación es válido para establecer un mapa en el que las áreas afectadas se pueden agrupar en distintas categorías de intensidad de erosión. En la mayoría de los proyectos de restauración hidrológico forestal el mapa de erosión es considerado como una valiosa herramienta para asignar prioridades de actuación y definir estrategias de planificación en la restauración y gestión.

El proceso de planificación debe cumplir con un conjunto de objetivos, que en este caso, será el cumplimiento de los objetivos de la ordenación de una cuenca hidrográfica, que pasan por el conocimiento del estado y comportamiento de la cuenca vertiente y posteriormente prever su evolución, detectar sus carencias y finalmente proponer las medidas pertinentes para tratar de subsanarlas.

En el campo de la ordenación agro-hidrológica, los modelos hidrológicos han desempeñado una importante función clarificadora en cuanto a la orientación que los proyectos han ido utilizando, la cual se ha centrado más en el enfoque de protección del suelo sin tomar mucho en cuenta el estudio del curso torrencial y su repercusión en la cuenca. Por este hecho, los modelos hidrológicos resaltan los aspectos hidráulicos en los cauces y del uso del suelo en la cuenca vertiente, en especial la importancia de las superficies dedicadas a la vegetación arbolada permanente.

Por este motivo, actualmente, se tiende a utilizar modelos hidrológicos integrados en la ordenación agro-hidrológica de una cuenca objeto de restauración conjugando 1) la ordenación del territorio tomando en cuenta las pérdidas de suelo por erosión y 2) la ordenación de los usos de la cuenca dependiendo de sus potencialidades hídricas y

bioclimáticas y tratando de potenciar sus capacidades productivas y reguladoras de los recursos hídricos.

La posibilidad de obtener con un solo modelo la mayor parte de la información necesaria para abordar la restauración de la cuenca, podría conducir a adoptar modelos distribuidos.

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

## **CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. ELECCIÓN CUENCA DE ESTUDIO**

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

### **2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

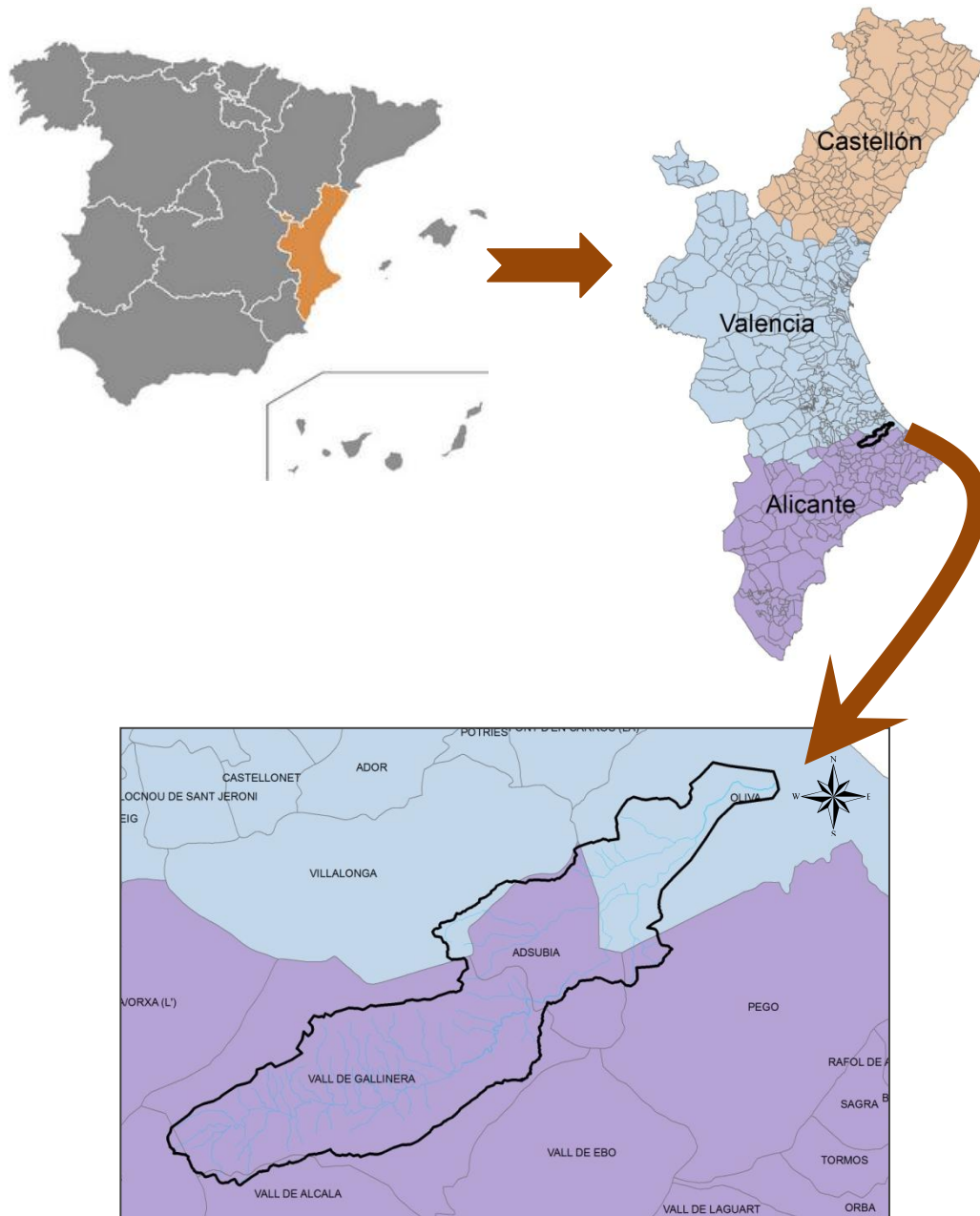
#### **2.2.1. Situación**

La cuenca de la rambla Vall de Gallinera, se encuentra situada al Noroeste de la provincia de Alicante, perteneciendo una parte del territorio a la provincia de Valencia (España).

Situada al sur de la comarca de La Safor y parte de la comarca de la marina Alta, cuya superficie total en estudio es de 59,65 Km<sup>2</sup> aguas arriba de la carretera N-332.

La zona de estudio, dentro de la Comunidad Valenciana, se asienta sobre los términos municipales Vall de Gallinera, Adsubia y Pego de la Provincia de Alicante y Villalonga y Oliva de la Provincia de Valencia.

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



**Figura 1.** Situación de la cuenca de la rambla Gallinera. Elaboración propia en base a cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN). 2011.

### 2.2.1.1. Localización geográfica

La cuenca de la rambla Vall de Gallinera queda enmarcada entre los  $38^{\circ} 54' 45,58''$  y  $38^{\circ} 47' 53,42''$  de latitud norte y entre los  $0^{\circ} 17' 55,20''$  y  $0^{\circ} 5' 40,86''$  longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich.

Los límites divisorios de la cuenca son: Al Este con el mar Mediterráneo. Al Sur, con la Sierra de Mustalla, Adsubia, Tozal Pelado (693 m), Almisera (757 m), Alto del Chap (626 m), Sierra de la Foradá, destacando Peñal Gros (862 m) y últimas estribaciones de la Sierra de la Albureca. Al Oeste, con el Tosal de la Cruz, Tosal de Bañón y Tosalet del Lamp (754 m). Finalmente, al norte, con la Sierra de Azafor y toda la Sierra de Gallinera con Las Peñas (400 m.) y el Cerro del Almuchid (200 m). En el extremo occidental de la cuenca se encuentra la altitud máxima en el Pico Azafor (1.013 m).

La base cartográfica perteneciente a la cuenca de Vall de Gallinera está representada en el mapa nº 1 (Anejo III Mapas).

#### **2.2.1.2. Caracterización general de la cuenca**

De Villota et al., (1996) describe la cuenca como un largo y estrecho valle que corre de Oeste a Este entre dos laderas escarpadas, en las que el terreno libre es muy limitado, lo que propicia para su mejor aprovechamiento la disposición de la población en pequeños lugares dispersos en las laderas.

La ladera izquierda del valle, presenta pocas muestras arbóreas, se caracteriza por un fuerte encajamiento de la red fluvial con pendientes muy acusadas, mientras que la derecha rematada por el fuerte escarpe de la Sierra de la Foradá, se ve casi totalmente cultivada en terrazas hasta el cauce del río Gallinera.

Geomorfológicamente, la ladera derecha (umbría) está coronada por la cornisa de la Sierra de la Foradá, correspondiente al frente de cabalgamiento de las calizas sobre las margas, muy escarpado sobre el que se desarrolla escasamente la vegetación ripícola. En él, las vertientes sufren erosión hídrica alta y existen riesgos de desprendimientos y caída de bloques frecuentes. Bajo la cornisa, hay una franja de coluviones de ladera en la que a menudo se presenta vegetación arbórea (generalmente de pino de repoblación “pino carrasco”).

En la ladera media, se desarrolla la mayor parte de la actividad humana del valle. En esta zona la pendiente media es bastante acusada, cultivada en toda su extensión con cultivos arbóreos que se realizan abancalando el terreno. La erosión hídrica en ésta ladera es en general alta por lo que los suelos tienen poco desarrollo y tienen que estar protegidos por las labores de abancalamiento.

La ladera izquierda, solana, labrada sobre materiales calizos, presenta en general pendientes elevadas, con procesos erosivos fuertes por los que los suelos apenas se desarrollan las vaguadas muy encajadas en forma de V, donde en la zona más alta existe vegetación formada por matorral alto y bajo, mientras que en zonas más bajas, con menor pendiente y desarrolladas sobre un piedemonte por cantos de calizas y arcillas, crece el mismo tipo de matorral con árboles dispersos.

Entre ambas laderas discurre el río Gallinera, que nace en el propio valle en la zona Oeste, bajo el collado de Benissili.

La cuenca de la rambla Gallinera es estrecha y alargada, en la cual ocasionalmente se producen importantes crecidas, provocando inundaciones en su parte baja. En 1987 se inundó el pueblo de Oliva y sus playas, llegando el agua a alcanzar los 1,5 m de altura y dejando así el pueblo lleno de barro, ocasionando grandes pérdidas y daños.

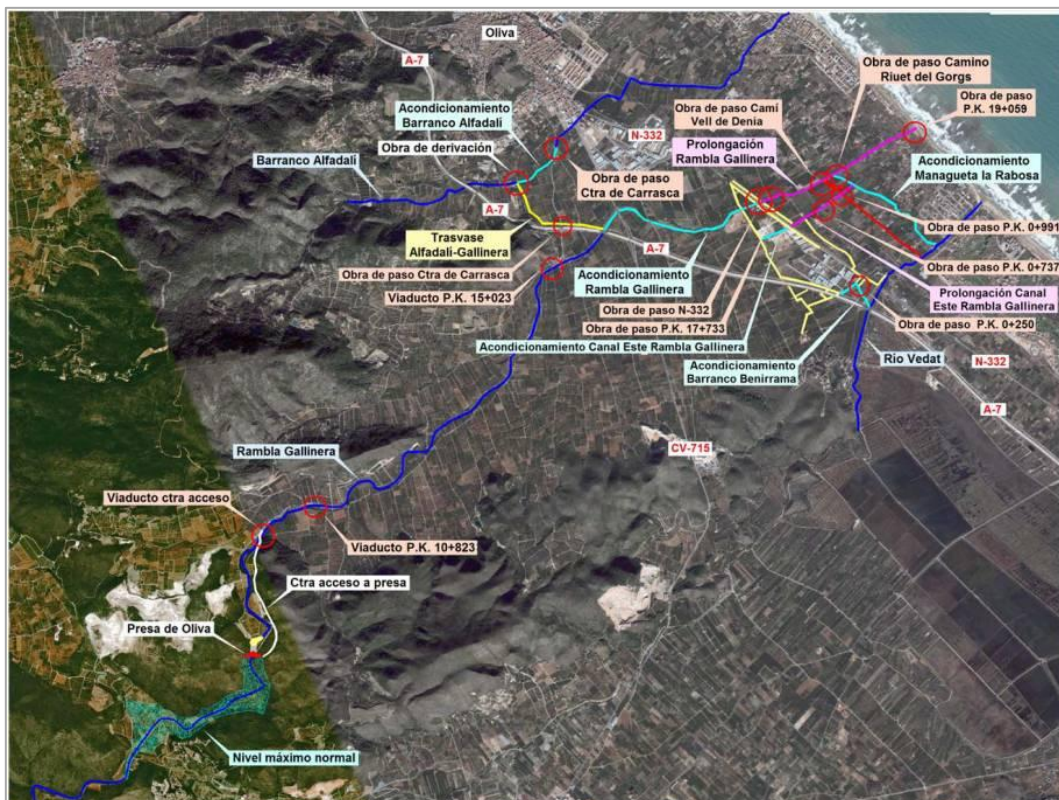
En el curso medio y alto de la cuenca, la problemática torrencial se limita a algunas barranqueras, que en ocasiones de grandes precipitaciones, arrancan materiales de las laderas, con una dinámica erosiva apreciable.

La configuración del terreno y la proximidad del marjal de Pego-Oliva hace que las avenidas de la Rambla Gallinera no provoquen daños muy cuantiosos, más allá del corte temporal de la carretera y desperfectos en campos y caminos agrícolas, gracias a que las aguas se dispersan en la llanura de inundación que configura el marjal.

El “Plan de defensa contra las avenidas” de 1994 de la Confederación Hidrográfica del Júcar, contempló el diseño del proyecto de “Laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla gallinera”, el cual pretende reducir la afección de las inundaciones mediante tres actuaciones: presas de laminación, encauzamientos y desvíos.

Actualmente, se está ejecutando dicho proyecto, con la construcción de:

- Una presa de tipo agujero en la Rambla Gallinera, de tal manera que su efecto laminador reduzca el caudal de las avenidas y por consiguiente los daños que ocasionan (inundaciones en la carretera de Pego a Oliva y la carretera N-332). Situada sobre el cauce de la Rambla Gallinera en el Término Municipal de Oliva (Valencia), aunque la mayor parte del vaso de la misma se sitúa dentro del Término Municipal de Adsubia (Alicante).
- Una serie de encauzamientos hasta el mar, prolongando los existentes en la actualidad y mejorando la red de drenaje de la zona para reducir los periodos de inundación. Entre ellos la prolongación del cauce actual de la rambla Gallinera, con una sección que permita salvar la carretera nacional N-332 y continúe hasta desaguar al mar. La mejora del drenaje de la zona inundable localizada entre la carretera nacional, la prolongación de la rambla Gallinera, la línea urbanizable de costa y el río Vedat, mediante un conjunto de actuaciones encaminadas a favorecer el desagüe controlado hacia la rambla Gallinera y río Vedat.
- El encauzamiento del barranco Alfadalí, a su paso por el núcleo urbano de Oliva y hasta su desembocadura. El trasvase de caudal del barranco de Alfadalí a la rambla Gallinera, que evite las inundaciones del casco urbano de Oliva, incluso para avenidas de 500 años de período de retorno.



**Figura 2.** Proyecto constructivo de las obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera. Fuente: Aguas de las Cuencas Mediterráneas S.S. [ACUAMED] 2008.

Según el planteamiento de estas obras en el documento técnico (Hijos et al, s.f.) en la rambla Gallinera, aunque se consiguió evitar la inundación del término municipal de Oliva y la carretera nacional N-332 para periodos de retorno de 500 años, en la cuenca baja solo que se logra eliminar completamente el riesgo de inundación para 10 años, ya que se trata de una zona de marjal cuya salida al mar está limitada por un cordón dunar.

### **2.2.2. Geología y Litología**

La información de este apartado se basa en el Mapa Geológico de España escala 1:50.000 hojas nº 795, 796, 821 y 822, editadas por el instituto Tecnológico Geo-Minero de España. También se utilizó información de la clasificación geológica del Mapa Geocientífico de la provincia de Alicante, (Investigaciones Geológicas y mineras SA INGEMISA) en el mapa de Ambientes, Sistemas y unidades morfodinámicas; así como del libro Geología de España (2004).

La cuenca de Gallinera se localiza preferentemente en el dominio externo de la zona prebética de la Cordillera Bética y en su zona de interferencia, se encuentra la llanura costera septentrional.

En la zona de la cuenca se encuentran unidades con predominio de fácies pericontinentales. En la parte septentrional de la Cordillera Bética se localizan las zonas externas béticas formadas por rocas sedimentarias de edad Triásico a Mioceno inferior-medio que se depositaron en el margen continental meridional de la placa ibérica. Estas rocas fueron fuertemente deformadas pero poco o nada afectadas por metamorfismo alpino porque, en ellas, la deformación tuvo lugar esencialmente en los niveles superficiales de la corteza. La estructura corresponde a un plegamiento generalizado a partir de la superficie de despegue triásica, con fracturas y escamas y ausencia de mantos de corrimiento. La dirección dominante de las estructuras es OSO-ENE.

Los sistemas a los que pertenece la cuenca pueden ser distribuidos de la siguiente manera: la mayoría de la superficie de la cuenca pertenece al sistema de relieves carbonatados muy karstificados, tanto en la parte norte como en la parte sur de la cuenca. Existen además sistemas de menor cobertura en medio de la cuenca, como el sistema de relieves intermedios cercanos al valle de Gallinera (donde se encuentran las poblaciones de Benisilí, Patró,



Benisivá, Beniali, Benirrama, Gallinera, Adsubia y Pego). Por otro lado, en Ebo y cerca de la Sierra de Alforadá se encuentra el sistema de relieves suaves de fondo de Valle. Finalmente, en la desembocadura de la cuenca al noroeste de la cuenca, se ubica el sistema aluvial-coluvial.

#### **2.2.2.1. Litoestratigrafía**

Tres son los conjuntos litológicos claramente diferenciables. Uno en el que predomina el componente carbonático, edad cretácica y que forma los macizos estructurales del área occidental de la cuenca. Otro de carácter detrítico continental y marino, edad cuaternaria y que forma las llanuras de la parte oriental. Un tercero de menor extensión superficial de características intermedias entre las dos anteriores, detrítico y carbonático o edad Miocena formando parte de llanuras, fuertes relieves y superficies onduladas.

Dentro de estos conjuntos se diferencian cartográficamente los siguientes afloramientos:

*Arcillas, margas, yesos. Triásico superior.* Escasamente representado por un pequeño afloramiento en Venta de Margoll, de carácter extrusivo y compuesto por arcillas y margas versicolores, con intercalaciones de margas yesíferas.

*Calizas Malm.* Extremo NE de la Sierra de Gallinera, forma parte de un afloramiento que se desarrolla hacia el NW fuera de la Cuenca.

*Calizas y margas. Malm-Cretácico inferior.* En contacto concordante del anterior tramo, se extiende al SN de este, formando la cuenca Barranco de Elca. Forman una serie de calizas microcristalinas, a veces nodulosas y bioclásticas, con algunos lechos subordinados de margas, arenisca caliza y caliza arcillosa.

*Calcarenitas y areniscas. Barriasiense-Valamginiense.* Se presenta en afloramientos estrechos y alargados en la vertiente derecha del Bco. de Elca. Se compone de calcarenitas, calizas arenosas y areniscas calcáreas de desarrollo irregular.

*Arcillitas margosas. Valamginiense-Norreniense.* En concordancia con el tramo anterior, se sitúa al Oeste, en una franja de mayor anchura (250 m.). Constituyen una serie monótona de unos 180 m. de potencia, de arcillitas margosas masivas.

*Calizas y dolomías. Cretácico inferior.* La columna tipo de este tramo comienza en el mismo con unos 100 m. de calizas margosas, calizas y calcarenitas con fauna abundante, sigue con otros 100 m de dolomías calcáreas; 30 m. de calizas progresivamente menos dolomizadas; 120 m de dolomías; terminando con un muro de 20 m. de calizas de contenido fosilífero.

Presenta afloramientos en la ladera sur de la Sierra Gallinera, en el cerro Almuchid y la vertiente izquierda de la cabecera del Bco. de la Coseta.

*Dolomías y calizas masivas. Cenomaniense-Turoniense-Sereniense.* Forman amplios afloramientos, fundamentalmente en la mitad norte, desde el vértice Azafor hasta el del rincón, configurando el cuerpo fundamental de los macizos de Sierra Azafor y Sierra Mustalla.

*Margas. Mioceno superior.* Formando las áreas de relieve menos abruptos del Bco. Retanches, trazo medio de la Rambla Vall de Gallinera, Bco. de Michel y Llanura de Pego al pie de la Sierra Medio día, aflora una potente serie (200 m) alternante de margas blancas y arcillas margosas blancas.

*Arcillas encostradas con cantos. Cuaternario.* En algunas laderas de los relieves cretácicos, se han formado depósitos aluviales que son cortados por barrancos y ramblas.

*Limos eólicos. Cuaternario.* Forman un cordón paralelo litoral que sirve de cierre a las albuferas que desaguan mediante estrechos canales abiertos en estos depósitos.

*Abanicos aluviales. Cuaternario.* Son depósitos en abanico formados en el tramo final del río Vall de Gallinera y Girona, al depositarse la carga sólida de precipitaciones extraordinarias al llegar a zonas de muy escasa pendiente. Están constituidas por arenas arcillosas con cantos redondeados.

*Depósitos aluviales de fondo de rambla. Cuaternario.* Forman el lecho y llanura de inundación de los tramos medios y bajos de los principales cauces, allí donde la capacidad de campo del cauce decrece considerablemente por descenso de la pendiente.

En el Anejo III se adjunta el mapa litológico de la zona de estudio (mapa nº 4).

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

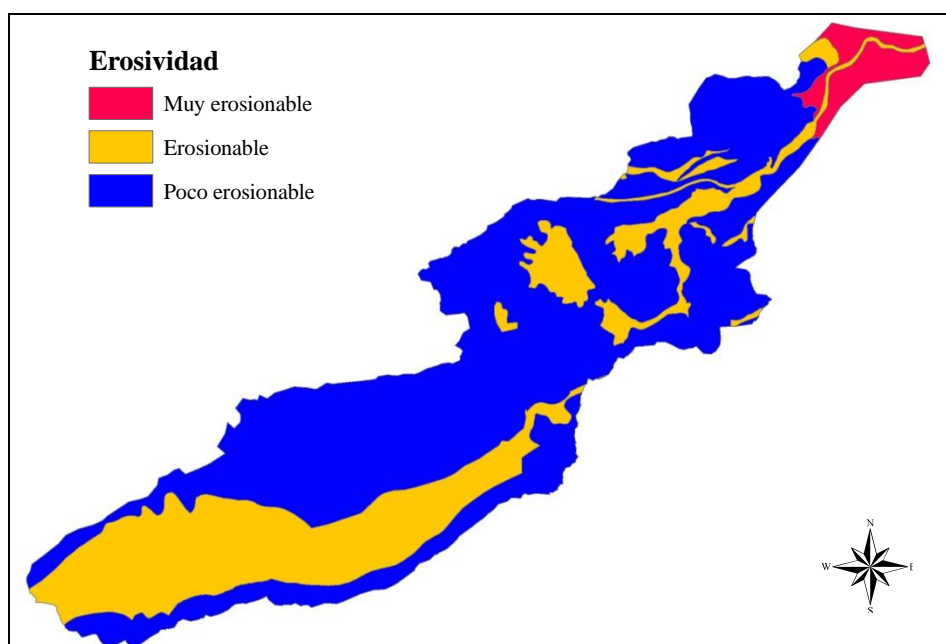
Teniendo en cuenta la erosionabilidad, los materiales anteriormente descritos, pueden ser agrupados en las siguientes clases:

**Tabla 2.** *Clasificación litológica según nivel de erosión*

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

Fuente: Vera, J.A. 2004

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



**Figura 3. Clasificación de las litofacies según su repercusión en los estados erosivos** Fuente: Elaboración propia en base al Mapa Geológico Nacional

### 2.2.3. Descripción de los suelos

En el mapa de suelos de España escala 1: 1.000.000 del Consejo Superior de Investigaciones Científicas [CSIC] (1968), las unidades cartográficas de suelos representadas dentro de la zona de estudio son:

*Suelos aluviales, coluviales y transformados por el riego.* Engloban suelos de origen y morfología muy diversa que se localizan en los niveles más bajos de los valles fluviales y áreas llanas sometidas a regadíos. En la cuenca del Vall de Gallinera, se sitúan preferentemente en la llanura costera y el material originario son depósitos aluviales, coluviare, limos eólicos y de albufera, depósitos de albufera y glacis de deposición.

*Suelos pardos calizos sobre material consolidado.* Ocupan gran parte de la cuenca y se desarrolla sobre los mayores relieves y pendientes de los macizos calcáreos. Dentro de la cuenca los más abundantes son los litosuelos con inclusiones de Terra Rossa y Xerorendzina y los pardos calizos con inclusiones de Litosuelos y Xerorendzinas.

*Suelo pardo calizo sobre material no consolidado.* Esta unidad tiene menor representación desarrollándose sobre margas de los macizos calcáreos y sobre margas, areniscas y arcillas calcáreas de las depresiones y relieve colino. Dentro de la cuenca los regosuelos y los suelos pardos calizos son los más abundantes en esta unidad cartográfica, le siguen los coluviales, mientras que los xerorendzinas son los menos abundantes.

Los resultados de análisis granulométricos realizados en un estudio anterior en la zona de estudio (Instituto para la Conservación de la Naturaleza [ICONA] - Empresa de transformación Agraria, S.A. [TRAGSA], 1990), se deben a la toma de muestras de suelo en tres lugares representativos de la cuenca Vall de Gallinera: cabecera de cuenca, tramo medio y la parte baja de la cuenca. Los resultados de dichos análisis son mostrados a continuación.

**Tabla 3.** *Resultados de Análisis Granulométricos del suelo*

Muestra	Materia orgánica	Composición granulométrica		
		Tamaño entre 2 y 0,1 mm Arena	Tamaño entre 0,1 y 0,002 m Limo	Tamaño menor que 0,002 mm Arcilla
Cabecera de cuenca	1,85%	5,70%	49,38%	44,92%
Tramo medio	3,61%	3,49%	46,35%	50,16%
Tramo bajo	2,29%	44,69%	33,96%	21,35%

*Fuente:* Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

A partir del análisis granulométrico se establece la clasificación textural. En este caso se ha empleado la Clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) de 1951, siendo las texturas de cada zona respectivamente: arcillo-limosa (cabecera de cuenca y tramo medio) y franca (tramo bajo).

#### **2.2.4. Clima**

La zona de estudio tiene el rasgo mediterráneo de la sequía estival. La temperatura media anual es relativamente alta en este sector costero de alrededor de 17,28°C, fruto de la combinación de un invierno muy benigno, con 15,1°C en enero y mínima media para este mes de 7,4°C, y de un verano caluroso de media 30°C en agosto. Las heladas son raras y más aún las nevadas.

Las precipitaciones medias anuales oscilan en torno a los 868,1 mm. En cuanto al ritmo anual, luego del gran pico de otoño, estación que concentra el 42% del total y culmina en noviembre (98,5 mm), el mínimo invernal se difumina y abre paso a un escalón primaveral, a partir del cual, un fuerte declive desciende hasta julio (4,1 mm), para repuntar en agosto, particularmente en la segunda mitad del mes, que preludia el otoño (Pérez, 1994).

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

El número de horas de sol, al año, tiene un valor medio que oscila entre 2.650 y 2.750, aumentando hacia la costa, el valor medio anual registrado en la estación de Pego es de 2.700 horas, de las cuales 291 corresponden al mes de agosto.

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

#### 2.2.4.1. Elección de observatorios meteorológicos

Para realizar el análisis del clima de la zona, se requiere la selección previa de las estaciones meteorológicas con las que se va a trabajar. Por el criterio de proximidad geográfica, los diferentes observatorios meteorológicos cercanos a la zona de estudio son:

**Tabla 4.** *Observatorios Meteorológicos*

Código	Nombre de la Estación	Municipio	Tipo	Altitud (m)	Coordenadas
8068 E	Villalonga	Villalonga	TP	90	742.351,13 O 4.307.403,43 N
8057 A	Pego Convento	Pego	TP	82	749.742,94 O 4.303.004,73 N
8058 A	Oliva SE Agraria	Oliva	P	22	749.391,62 O 4.311.795,92 N

Fuente: Geoportal. Capa de información: Estaciones Meteorológicas Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios [SIGA]. <http://sig.marm.es/geoportal/>

La estación de Pego Convento es la más próxima a la cuenca, de forma que es la más representativa del clima de la misma. Además, presenta una serie de datos larga y completa. Por estos motivos, los datos meteorológicos base utilizados en este estudio son los procedentes de esta estación. Las series climáticas de precipitaciones totales mensuales, precipitaciones máximas en 24 horas y temperaturas medias mensuales, se encuentran en el Anejo I de este documento.

#### 2.2.4.2. Balance hídrico

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

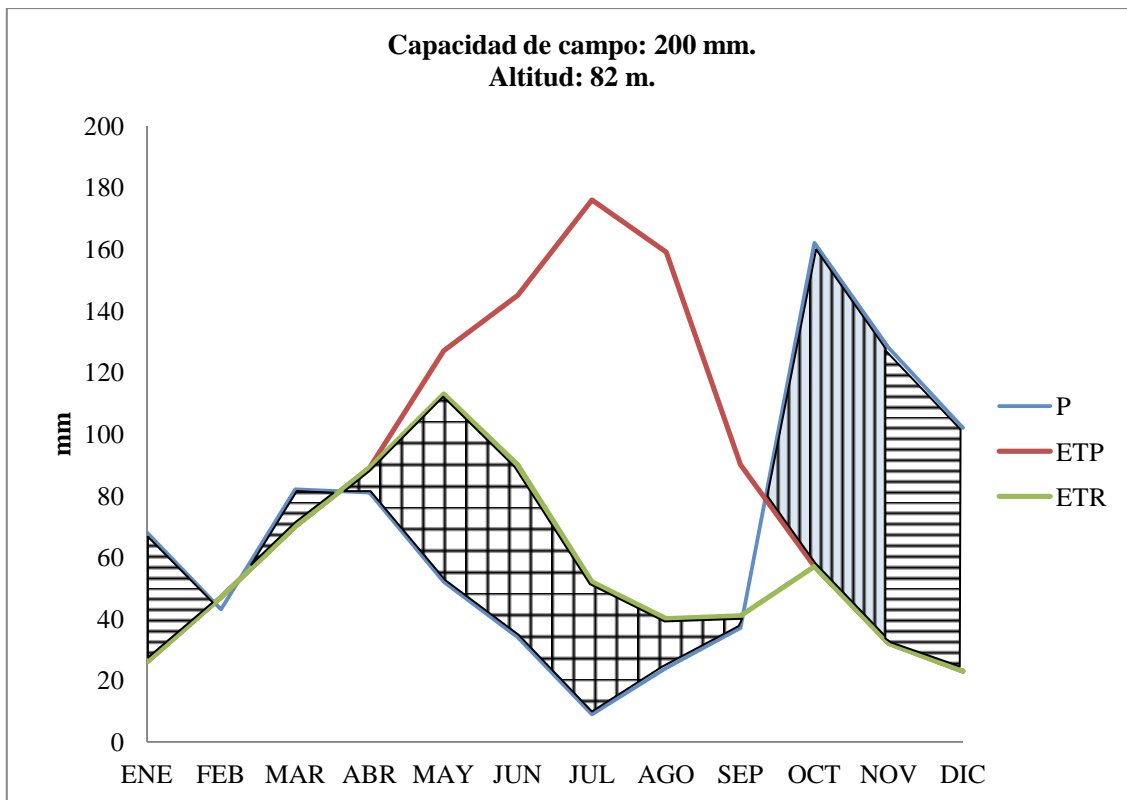
La capacidad de campo que se asigna a la estación de Pego (200 mm), depende de la cubierta vegetal y la textura del suelo que predomina en el área de la cuenca que representa, con altitudes medias donde predomina el matorral, pastizal y el cultivo arbóreo de regadío en suelo franco arcilloso.

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

**Tabla 5.** *Balance Hídrico de los datos de la estación meteorológica de Pego Convento*

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>T°C</b>	11,36	11,66	13,19	14,71	18,03	22,16	25,37	45,49	22,89	18,28	14,24	11,75	
<b>ETP (mm)</b>	26	47	70	89	127	145	176	159	90	57	32	23	1041
<b>P (mm)</b>	68	43	82	81	52	34	9	24	37	162	128	102	822
<b>P-ETP</b>	42	-4	12	-8	-75	-111	-167	-135	-53	105	96	79	-219
<b>ppa (mm)</b>				-8	-83	-194	-361	-496	-549				
<b>ST (mm)</b>	200	196	200	192	131	75	32	16	12	117	200	200	
<b>AST (mm)</b>	0	-4	4	-8	-61	-56	-43	-16	-4	105	83	0	
<b>ETR (mm)</b>	26	47	70	89	113	90	52	40	41	57	32	23	680
<b>D (mm)</b>	0	0	0	0	-14	-55	-124	-119	-49	0	0	0	-361
<b>S (mm)</b>	42	0	8	0	0	0	0	0	0	0	13	79	142
<b>R (mm)</b>	42	21	15	7	4	2	1	1	0	0	7	42	
<b>DT (mm)</b>	241	217	214	199	135	76	33	16	12	117	213	239	

*Fuente:* Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990



**Figura 4. Balance Hídrico estación meteorológica Pegó Convento.** Fuente: Elaboración propia en base a datos del Balance Hídrico.

- |                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| Déficit de agua | Recargo de agua                     |
| Exceso de agua  | Utilización de la humedad del suelo |

En líneas generales, se puede decir que el periodo seco tiene lugar de abril a septiembre, y el periodo húmedo los meses restantes con una pequeña alteración en el mes de febrero, en que la evapotranspiración supera en 4 mm. a la precipitación.

Este déficit es tan pequeño, que se ha optado por no considerar 2 periodos secos, sino uno solo, y luego un periodo húmedo con un déficit poco elevado en febrero.

Así, cuando en octubre comienza el periodo húmedo, los primeros superávits se utilizan en recargar el agua del suelo hasta completar los 200 mm de capacidad de campo. Esto ocurre a finales de noviembre. A partir de entonces, el agua sobra una vez completada la capacidad de campo en el suelo. Es por eso por lo que el nuevo superávit de marzo se emplea en completarla primero, una vez superado el déficit. En el mes de abril comienza el periodo seco que se prolonga hasta septiembre.



Resumiendo, las situaciones que tienen lugar durante el mes de marzo, son las siguientes: 1er tercio: déficit de humedad, 2º tercio: recargo de agua en el suelo. último tercio: exceso de agua.

### 2.2.4.3. Clasificación climática

En este apartado se hará referencia a los índices climáticos que caracterizan a la cuenca de estudio (índice de Thornthwaite) y uno de ellos mostrará la influencia del clima en la erosionabilidad (índice de agresividad del suelo F. Fournier, índice de aridez de Martonne).

- **Clasificación climática de Thornthwaite**

Basada en la consideración de la eficacia térmica, dada por la evapotranspiración (ETP) del mismo autor y la humedad disponible, expresada como índices de humedad y de aridez a partir del balance hídrico. El autor utiliza sus trabajos previos en la estimación de la ETP y el balance de humedad del suelo. Supone un gran avance respecto a otras clasificaciones ya que parte del clima que afecta al suelo y a la planta, es decir, la evaporación, la transpiración y el agua disponible en el suelo; en vez de medias mensuales de parámetros meteorológicos clásicos.

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

**Tabla 6.** *Clasificación Climática de Thornthwaite*

ET Potencial	ET Real	Índ. Humedad	Índ. Aridéz	Índ. Global	Tipo Climático	Código
87,6	57,8	27,1	33,8	6,7	Subhúmedo húmedo, mesotérmicos, déficit importante en verano	C2 B'3 s 2 a'

*Fuente:* Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994

- **Índice de Papadakis**

Papadakis distingue diez grupos fundamentales de climas. Cada grupo se caracteriza por regímenes específicos de temperatura y humedad, subdividiéndose en una serie de tipos climáticos más precisos y detallados (entre 8 y 9).

Estos tipos climáticos están caracterizados por el tipo posible de cultivo, por las localidades y tipo de paisaje en el que aparecen los tipos climáticos.

Según la clasificación agroclimática de J. Papadakis aplicada a la zona de estudio (ICONA, 1990), se distinguen tres zonas en la cuenca. La primera ubicada en la parte oriental de la cuenca que se abre directamente al mar, sin accidentes orográficos que se interpongan, cuyo tipo climático es Mediterráneo marítimo con tipo de invierno Citrus<sup>1</sup> y verano Oryza<sup>2</sup>. La segunda zona, cuya altitud es más elevada (por encima de los 90 m) y donde la influencia del mar ya no es directa porque se interponen la Sierra de Mustalla por el Norte y la Sierra del Mediodía por el Sur; el tipo climático es mediterráneo templado con tipo de verano Oryza y tipo de invierno Avena cálido<sup>3</sup>.

La zona de mayor altitud y la más alejada aún del mar, tiene un clima algo más extremo. El tipo de clima es Mediterráneo continental templado. El tipo de invierno es Avena fresco<sup>4</sup> y el tipo de verano Oryza.

- **Índice de Martonne:**

Este índice se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde,

P      precipitación media anual en mm (868,1mm)

Tm     temperatura media anual en °C (17,28°C)

---

<sup>1</sup> Viene definido por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre 7 y -2,5°C y una temperatura media de las máximas del mes más frío comprendidas entre 10 y 21°C.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Se define por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío comprendida entre -2,5°C y -10°C, y una temperatura media de las máximas del mes más frío mayor de 10°C

<sup>4</sup> Se define por una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío de -10°C, y una temperatura media de las máximas del mes más frío entre 5 a 10°C.

Según el valor calculado, la clasificación a la que pertenece una zona climática determinada es definida a continuación. La zona en estudio es Subhúmeda (ver tabla 7).

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

- **Bioclimas de Gaussen**

Una síntesis muy útil para relacionar clima y cubierta vegetal es la de Gaussen, basada en el número anual de días secos desde el punto de vista fisiológico. Según la clasificación de regiones bioclimáticas de Gaussen (Simplificación del Mapa bioclimático de UNESCO-FAO), la zona de estudio pertenece al Termomediterráneo y Mesomediterráneo, equivalente a clima semiárido con 75 a 100 días secos (Ruiz de la Torre J., 2002).

Respecto a los dos últimos índices climáticos mencionados, el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana presenta los siguientes resultados, además otros índices climáticos de continentalidad y aridez en la zona:

**Tabla 7.** *Índices Climáticos para la zona en estudio*

Observatorio	Martonne	Gaussen	Emberger	Conrad	Gorczynski
Pego Convento	29,9	15,1	96,6	17,6	17,6

*Fuente:* Atlas Climático de la comunidad Valenciana, 1994

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

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

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

Donde,

p precipitación del mes más lluvioso

P módulo pluviométrico (precipitación anual).

El índice se calcula año por año y se toma como resultado final la media de los valores obtenidos. Los cálculos realizados por el Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, incorporan en sus cálculos las estaciones de Pego Convento (67,47), Alcoy (31,18), Oliva SE Agraria (46,50) y Villalonga (82,16). La determinación de éstos índices se encuentra en el Anejo I de la presente memoria.

Respecto a los valores resultantes, los mismos se encuentran en la clasificación de agresividad climática baja o muy baja<sup>5</sup>.

## **2.2.5. Vegetación y cultivos**

### **2.2.5.1. Vegetación potencial**

Según la Memoria del Mapa de las Series de Vegetación de España de S. Rivas Martínez de 1987, dentro de la región mediterránea, la cuenca está incluida en el piso termomediterráneo mayoritariamente, pero a partir de los 400 m. aproximadamente comienza el piso mesomediterráneo. A esto, hay que añadir la estrecha franja pegada al mar, que pertenece a las geomegaseries riparias mediterráneas y regadíos.

Entre las formaciones vegetales climáticas se pueden distinguir:

**Playas y acantilados.** Se deben citar a las comunidades psanmófilas de las dunas costeras, que están prácticamente desaparecidas de las costas a consecuencia de las actividades antrópicas. Se incluyen en el orden Ammophetalia y llevan como especies características: *Convolvulus soldanella*, *Erygium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Medicago litorales*, *Malconia littorea*, *Ontanthus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Silene cerastoides*, *Vulpia membranacea*, etc.

---

<sup>5</sup> (0 – 60) Muy baja, (60 – 90) Baja, (90 – 120) Moderada, (120-160) Alta, (> 160) Muy alta.

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

**Marjal.** A unos 4 km de la costa y rodeada por cultivos de cítricos, se encuentra una superficie de 1.244,5 ha. conocida como el marjal de Pego-Oliva y dividida en dos zonas: el marjal propiamente dicho de 987,5 ha. y un área que primitivamente fue marjal y que en la actualidad se encuentra desecada para cultivos de 257 ha. Esta zona es muy peculiar en el litoral valenciano, siendo una formación palustre, de albuferas y lagunazos, caracterizada por los carrizales, espadañales y juncales. La clase de vegetación más representativa y dominante en el paisaje es *Phragmitetea*, clase cosmopolita que puede estar representada por comunidades de agua dulce (*Pragmitetalia*) y de agua salobre (*Scirpetalia compacti*).

En esta zona litoral son también frecuentes los herbazales nitrófilos que se instalan sobre suelos profundos y húmedos incluíbles en la clase de óptimo eurosiberiano *Artemisietea vulgaris*. Quizás la más original de estas comunidades sea el Ipomoeo *Cynanchetum acuti* en la que son frecuentes las trepadoras de gran belleza como *Cynanchum acutum*, *Ipomoea Sagittata* y *Calystegia sepium* que aunque normalmente utilizan los carrizos como soporte, también pueden trepar por muros y vallas.

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

En la cuenca en estudio, se pueden reconocer dos tipos de carrascal:

- *Piso termomediterráneo, de altitudes inferiores a 400 m.* Se encuentra la serie Rubio longifoliae *Quercetum rotundifoliae*, definida como termomesomediterránea, valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca-basófila de *Quercus rotundifolia* (encina o carrasca).

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

La degradación de estos bosques conduce a la aparición de coscojares con lentisco (*Quercus-Lentiscetum*) y romerales (*Rosmarino – Ericion*) en los que el romero (*Rosmarinus officinalis*), el brezo (*Erica multiflora*), la coronilla de fraile (*Globularia alypum*), la aliaga (*Ulex parviflorus*) y la albaida (*Anthyllis cytisoides*) son las especies más frecuentes. Actualmente, y como consecuencia de la degradación comentada y de las intensas repoblaciones efectuadas, gran parte del área de la carrasca está ocupado por pinares de *Pinus halepensis*.

- *Piso mesomediterráneo, de altitudes a partir de 400 m.* El extremo más occidental del Vall de Gallinera, en la Sierra del Azafor, por encima de 400 m, está inculido en el piso mesomediterráneo.

En esta zona se encuentra la serie castellano aragonesa de la encina: *Bupleuroa rigidi-Querceto rotundifoliae-sigmatum*.

Actualmente estos bosques se encuentran muy alterados, aunque mejor conservados que los termomediterráneos. La uniformidad del carrascal continental se rompe según la topografía o las condiciones climáticas. La degradación de estos carrascales conduce a la aparición de coscojares sin lentisco (*Rhamno Lycioidis – Quercetum coccoiferae*) dominados por la coscoja y el espino negro (*Rhamnus Lycioides*) y a salviares (*Sideritido-Salvion*) en los que son muy característicos, entre otros elementos, la salvia (*Salvia lavandulifolia*) y el rabo de gato (*Sideritis incana*).

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

Para hacer la descripción de estos usos se utilizó el “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado” escala 1:50.000 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, hojas número 795, 796, 821 y 822. Así mismo se confeccionará el Mapa de

Cultivos y Aprovechamiento del Suelo (Mapa n°5 en Anejo III) y a partir de toda la información, incluida visita de campo y fotos aéreas, se han agrupado los usos del suelo en los siguientes estratos:

0. Improductivo. Se incluyen dentro de este estrato las zonas urbanas, playas, ríos y otras superficies sin ningún aprovechamiento agrario.
1. Herbáceo de regadío. Se incluye tanto los huertos como las superficies dedicadas a otros cultivos herbáceos de regadíos.
2. Cultivo arbóreo de secano y viñedo. Los cultivos arbóreos de secano están constituidos fundamentalmente por olivares, también almendros, algarrobos, manzanos y otros.
3. Cultivo arbóreo de regadío. Se incluye en este apartado principalmente los agrios: limonero, frutales de pepita, frutales de hueso y choperas.
4. Forestal arbolado con fracción de cabida cubierta entre el 30 y 70%. Fundamentalmente pinares.
5. Matorral. Se han incluido aquí las superficies invadidas de matorral cuando éste supone más del 90% de cobertura.

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

**Tabla 8.** *Usos de Suelo*

Código	Estrato	Superficie	
		km <sup>2</sup>	%
0	Improductivo	2,0437	3,43
1	Cultivo Herbáceo de regadío	0,1846	0,31
2	Cultivo arbóreo secano y viñedo	8,6803	14,55
3	Cultivo arbóreo de regadío	10,9318	18,33
4	Arbolado con 30% $\leq$ Fcc $\leq$ 70%	4,4773	7,51
5	Matorral	33,2784	55,79
6	Pastizal	0,0533	0,09
<b>TOTAL</b>		<b>59,6495</b>	<b>100</b>

Predomina en la zona de estudio el matorral. Se trata de monte bajo, en el que las limitaciones de suelo, hicieron desistir de su repoblación forestal.

Existen zonas de abundante rocosidad superficial, o zonas en las que existen pinares en los que se han producido incendios y que en la actualidad se encuentran ocupados por matorral con algunos pinos aislados.

Las especies más corrientes son: coscoja (*Quercua coccifera*) aliaga (*Genista scorpius*), tomillo (*Thymus sp*), carrasca (*Quercus ilex ssp rotundipolia*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). Sin aprovechamiento ganadero actualmente, o muy escaso, se dedica fundamentalmente a cotos de caza.

Los cultivos arbóreos de regadío están también muy ampliamente representados en la cuenca (18,33%). Existe un claro predominio del naranjo, cultivándose muchas variedades. Se observa una tendencia a cultivar aquellas que les permitan cubrir toda la campaña de producción, alternando huertos de variedades tempranas, con las de media estación y variedades tardías. El mandarino es la siguiente especie en importancia entre los cultivos de regadíos.

Completan el grupo de agrios, plantaciones de pomelo y limonero, de reducidas dimensiones, que no llegan en ninguna ocasión a las 5 ha.

En las zonas de regadío, dedicadas fundamentalmente al cultivo de ágrios, se han detectado pequeñas plantaciones de manzano, peral, ciruelo, melocotonero, níspero y albaricoquero. Las plantaciones no alcanzan la dimensión mínima cartografiada.

La representación de los cultivos arbóreos a secano, desciende a un 14,43% de la superficie de la cuenca. Un buen número de plantaciones de olivar se encuentra en estado de semiabandono; limitándose las labores a la recolección y a alguna poda esporádica. La representación del viñedo es aún más escasa.

La superficie arbolada con especies forestales, ocupa un 7,51% de la superficie total de la cuenca. El pino carrasco, en estado latizal y fustal, es la especie predominante. Pequeños núcleos de encinas completan la superficie dedicada a este aprovechamiento. En las inmediaciones de la Sierra de Almirante existen repoblaciones en las que se mezclan halepensis con pinaster y algún piñonero aislado.



El cultivo herbáceo de regadío, supone solo un 0,31% de la superficie total de la cuenca, por lo que no es importante. Los cultivos más frecuentes en este aprovechamiento son: maíz, alfalfa, patatas y tabaco.

### 2.2.5.3. Mapa Forestal

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

**Tabla 9.** *Especies forestales en la cuenca Vall de Gallinera*

Código	ESPECIE	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )
24	Pinus halepensis	12,318742
26	Pinus Pinaster	3,460778
89	Juniperus oxycedrus	0,021469
169	Brachypodium retusum	13,736063
378	Garriga media degradada	2,578615
379	Garriga clara, muy degradada o incipiente	3,308099
448	Matorral mixto con predominio de Ulex parviflorus	0,705743
534	Cultivos agrícolas	22,974831
543	Arundo donax	0,392084
552	Áreas en proceso de urbanización o urbanizadas	0,153166
<b>TOTAL</b>		<b>59,64959</b>

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

En el Anejo III (Mapa nº 6) aparecen todas las formaciones presentes en la cuenca.

### 2.2.5.4. Espacios Protegidos

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

El Lugar de Interés Comunitario incluido en la cuenca Vall de Gallinera es el Valls de la Marina con una extensión en la cuenca de 15,45 km<sup>2</sup>. Se trata de un conjunto de pequeños valles de gran interés paisajístico, a lo que contribuyen fuertemente los cultivos de secano que ocupan las laderas de las montañas. Existen planes de puesta en regadío de estos cultivos, lo que ocasionaría un fuerte impacto sobre toda el área. Esta LIC está en una zona afectada por incendios forestales, actuaciones forestales de limpieza de montes y creación de cortafuegos. Asimismo, existe un uso recreativo incontrolado (MARM, 2003).

Contiene más del 15% de los hábitats "prados calcáreos cársticos" y "matorrales de *Laurus nobilis*". Igualmente resulta importante para rapaces y por contener numerosos endemismos vegetales.

Por otro lado, la única Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA<sup>6</sup>) en la cuenca de estudio la conforman las Montañas de la Marina, que a su vez coinciden con el LIC anteriormente mencionado.

En el mapa nº 7 del Anejo III de esta memoria aparece representada la superficie del Valls de la Marina incluida en la cuenca del Vall de Gallinera.

#### 2.2.5.5. Montes a cargo de la administración

Existen tres montes de la Administración (mapa nº 8 del Anejo III), incluidos total o parcialmente en la cuenca. A continuación se hace referencia a la situación administrativa y superficies de éstos dentro del área de estudio:

**Tabla 10.** *Montes a cargo de la Administración en la cuenca Vall de Gallinera*

<b>Código de Monte</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Término Municipal</b>
Al – 3001 (52 UP)	17,20	Vall de Gallinera (Al)
Al – 3002 (consorc)	3,52	Vall de Gallinera (Al)
V – 3046 (consorc)	3,34	Oliva (V)

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

<sup>6</sup> Es una categoría de área protegida catalogada por los estados miembros de la Unión Europea como zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción, de acuerdo con lo establecido en la directiva comunitaria 79/409/CEE y modificaciones subsiguientes («Directiva sobre la Conservación de Aves Salvajes» de la UE).

## 2.2.6. Características socioeconómicas

Considerando que la población de una cuenca es la beneficiaria de las actuaciones que en ella se efectúen, resulta importante conocer su medio de vida, infraestructura que poseen y características socioeconómicas de la zona.

### 2.2.6.1. Datos geográficos

La cuenca de Vall De Gallinera, forma parte de la Comarca de Marina Alta, excepto el término municipal de Oliva que pertenece a la Comarca de La Safor. Los términos municipales incluidos y núcleos de población en la cuenca son: Vall de Gallinera (Benirrama, Beniali, Benitaya, Benisiva, Carroja, Patró, Llombay y Benisili), Adsubia (Forna y una pequeña parte de Adsubia Pinos), Oliva (Jerecull), Villalonga (Cova de Fuster), Pego (no existe núcleo urbano dentro la cuenca).

Los municipios que ocupan mayoritariamente la cuenca, son Vall de Gallinera (la cuenca en estudio ocupa casi la totalidad del municipio), Adsubia (la cuenca ocupa alrededor del 50% de su superficie) y Oliva (la cuenca ocupa alrededor de un 30% del municipio).

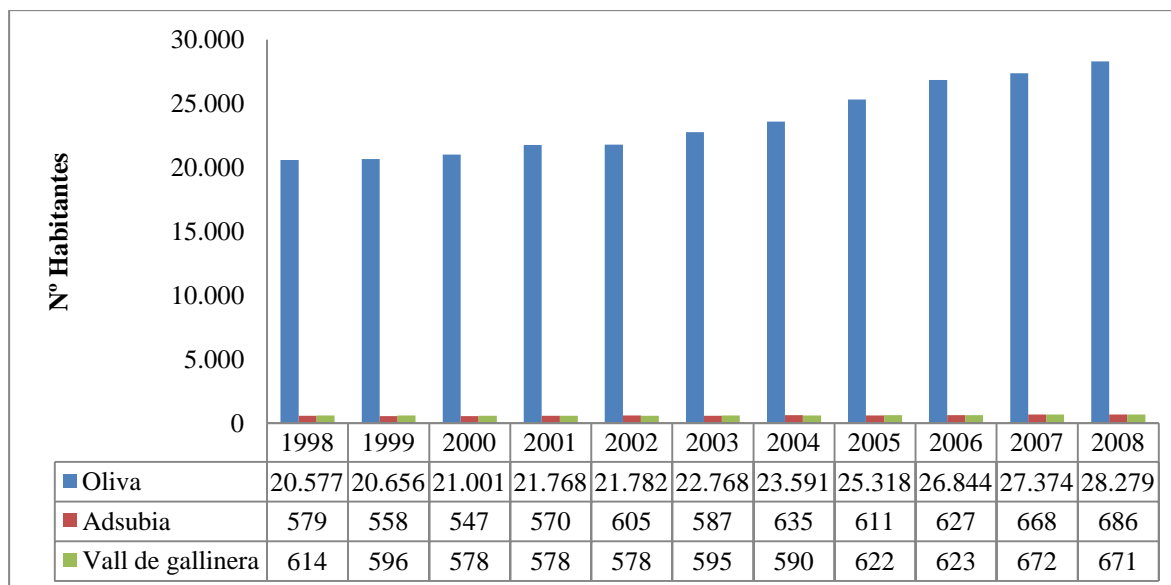
**Tabla 11.** *Municipios incluidos en la cuenca Gallinera*

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	Altitud (msnm)	Distancia a la capital de la provincia (km)
Vall de Gallinera	53,6	295	95
Adsubia	14,7	102	104
Oliva	59,9	25	77

*Fuente:* Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2009).

### 2.2.6.2. Demografía y análisis de la población

La densidad de población es: Oliva (471,9 hab/km<sup>2</sup>), Adsubia (46,8 hab/km<sup>2</sup>) y Vall de Gallinera (12,5 hab/km<sup>2</sup>). La evolución de la población se representa en la siguiente figura.



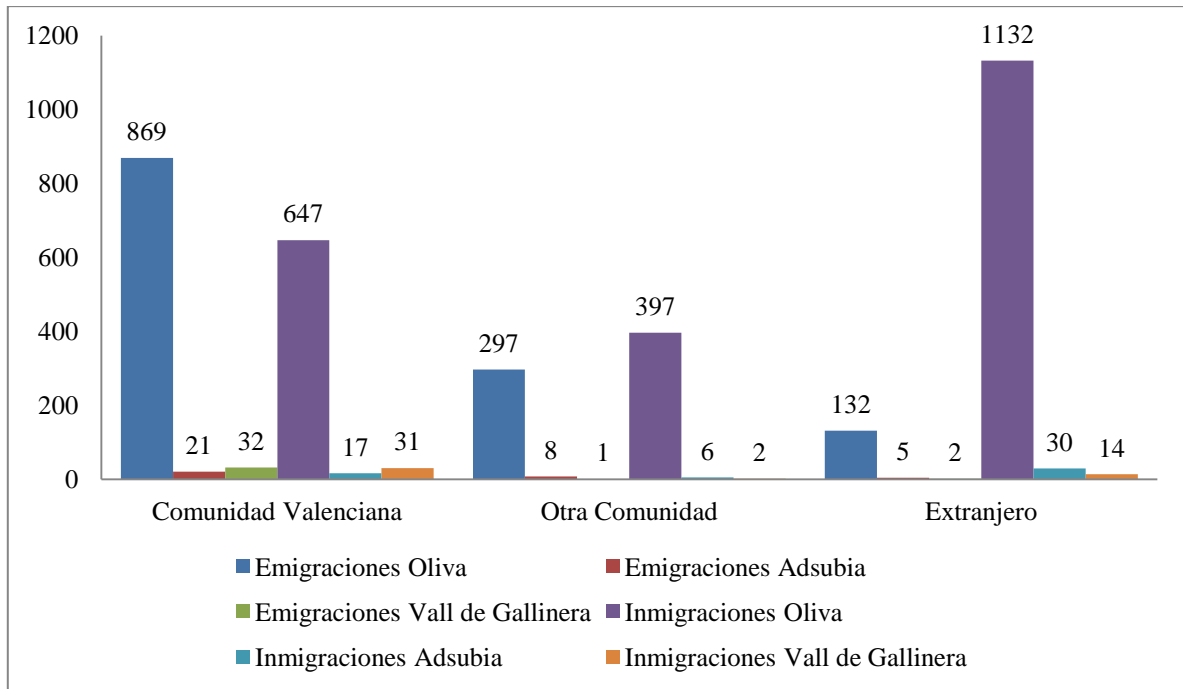
**Figura 5. Evolución de la población por Municipio.** Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2009).

El crecimiento global de la población de la cuenca presenta dos dinámicas claramente opuestas, la mitad oriental incrementa su población mientras que la parte más occidental, zona montañosa, rural, escasamente poblada, mantiene casi el mismo número de habitantes, las causas responden a la variedad de ventajas que presenta el eje costero, mayor capacidad productiva de su agricultura, recursos turísticos, así como mayores posibilidades para la implantación y crecimiento de industrias.

La cuenca Vall de Gallinera comprende zonas altamente regresivas en el crecimiento de la población, ya que cuenta con altas tasas de mortalidad de población envejecida respecto al bajo número de nacimientos.

Dentro de los aspectos más significativos de la población, se encuentra el alto grado de envejecimiento de la comarca, restando posibilidades a la oferta global de recursos y de la capacidad de generar volumen poblacional. Por otro lado, las zonas rurales presentan menores niveles de actividad, lo que viene a corresponder con las escasas posibilidades de su estructura productiva. Por último, se constata la existencia de residentes no activos, que como en toda zona turística, adquieren cierta importancia cuantitativa.

Por otro lado, se registran emigraciones e inmigraciones en los municipios involucrados, los cuales son representados en la siguiente figura:



**Figura 6. Variaciones residenciales por Municipio.** Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. 2007.

### 2.2.6.3. El mercado de trabajo

**Tabla 12. Ocupación por Municipios (personas)**

Ocupación	TOTAL	Adsubia	Oliva	Vall de Gallinera
<b>TOTAL</b>	<b>9693</b>	<b>178</b>	<b>9309</b>	<b>206</b>
0 - Fuerzas armadas	9	0	9	0
1 - Dirección de las empresas y de las administraciones públicas	615	15	588	12
2 - Técnicos y profesionales científicos e intelectuales	838	20	799	19
3 - Técnicos y profesionales de apoyo	564	12	542	10
4 - Empleados de tipo administrativo	680	14	649	17
5 - Trabajadores de los servicios de restauración, personales, protección y vendedores de los comercios	1197	17	1164	16
6 - Trabajadores cualificados en la agricultura y en la pesca	500	21	429	50
7 - Artesanos y trabajadores cualificados de las industrias manufactureras, la construcción, y la minería, excepto los operadores de instalaciones y maquinaria	1943	41	1861	41
8 - Operadores de instalaciones y maquinaria, y montadores	1455	14	1418	23
9 - Trabajadores no cualificados	1892	24	1850	18

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Censos de Población y Viviendas 2001.

#### **2.2.6.4. Análisis de cada uno de los sectores económicos**

- **Sector primario**

El sector agrario es la actividad primaria en la cuenca.

La porción que representan las tierras labradas sobre el total de la superficie, supone el 40%, frente a unos niveles medios en la provincia del 50% y en la Comunidad del 43%. Es importante mencionar, la irregularidad espacial existente en el reparto de las tierras labradas que al mismo tiempo son las que presentan una mayor capacidad agrícola. Así, en las tierras menos pobladas del interior de carácter muy montañoso, los cultivos apenas circundan con los piedemontes. Por el contrario, las mejores tierras, con un aprovechamiento más completo de su superficie se concentran en la parte oriental.

Por otro lado, existe un factor que incide negativamente en la capacidad productiva del sector, que es la insuficiencia del regadío. Sólo el 35% de las tierras labradas son de regadío, porcentaje que se sitúa por debajo del nivel medio de Alicante en su conjunto provincial.

Considerando la zona desde el punto de vista de su división en términos municipales, se dan, a continuación las hectáreas de principales cultivos, así como el total de su superficie.

**Tabla 13.** Superficies de principales cultivos por Municipios

Cultivo	Secano (ha)	Regadío (ha)	Total (ha)
<b>ADSUBIA</b>			
<b>Cítricos</b>	<b>0</b>	<b>234</b>	<b>234</b>
Naranja dulce	0	51	51
Mandarino	0	177	177
Pomelo	0	1	1
Limero y otros cítricos	0	5	5
<b>Frutales</b>	<b>106</b>	<b>0</b>	<b>106</b>
Cerezo y guindo	1	0	1
<b>Olivar</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>29</b>
Olivar de a. Para aceite	29	0	29
Algarrobo	105	0	105
<b>VALL DE GALLINERA</b>			
<b>Cítricos</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>43</b>
Naranja dulce	0	5	5
Mandarino	0	35	35
Pomelo	0	2	2
Limero y otros cítricos	0	1	1
<b>Frutales</b>	<b>403</b>	<b>0</b>	<b>403</b>
Cerezo y guindo	364	0	364
Ciruelo	1	0	1
Almendro	16	0	16
Olivar	248	0	248
Olivar de a. Para aceite	248	0	248
Algarrobo	22	0	22
<b>OLIVA</b>			
<b>Tubérculos c. Humano</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Patata media estación	0	1	1
<b>Flores y p. Ornamentales</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Plantas ornamentales	0	7	7
<b>Hortalizas</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Sandía	0	4	4
Pimiento	0	1	1
Alcachofa	0	2	2
<b>Cítricos</b>	<b>0</b>	<b>2.327</b>	<b>2.327</b>
Naranja	0	1.052	1.052
Mandarino	0	1.244	1.244
Limonero	0	1	1
Pomelo	0	18	18
Limero y otros cítricos	0	12	12
<b>Frutales</b>	<b>8</b>	<b>45</b>	<b>53</b>
Acerolo, serbal y otros	0	45	45
Algarrobo	8	0	8

Fuente: Consellería de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de Valencia, 2010

Para completar la referencia al sector primario, se menciona también al subsector ganadero, cuyas características por municipio se observan en la tabla 14. La ganadería, en conjunto, presenta unos niveles de desarrollo muy bajos. Aunque bien es cierto que los recursos para invertir en esta actividad son escasos.

**Tabla 14.** *Unidades Ganaderas por municipio*

Municipio	Aves	Bovino	Cabrano	Cerdos	Conejas madres	Equinos	Ovino	Unidades ganaderas
Adsubia	929	1	0	1	0	4	0	935
Vall de Gallinera	1	3	4	1	0	2	86	97
Oliva	1	25	3	0	0	10	28	65

*Fuente:* Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo Agrario 1999

- **Sector secundario**

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

Los subsectores de mayor peso en la estructura manufacturera son la alimentación y bebidas, transformados metálicos, madera y muebles.

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

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

En el subsector de maderas y muebles, existen talleres carpinteros bastante diseminados y que suelen desempeñar un papel de actividad auxiliar en la construcción.

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

- **Sector terciario**

Puede afirmarse, en líneas generales, que en esta zona, el peso de las actividades terciarias queda por debajo de los niveles que cabría esperar dada la afluencia turística que se



soporta, esto es debido a, en primer lugar, la inexistencia de una base urbana sólida e importante que va en detrimento de una especialización de servicios de los centros de población más relevantes de la comarca. Otro factor ha sido la demanda turística con connotaciones muy propias, cuya incidencia sobre el sector servicios ha sido muy restringida, canalizando sus efectos hacia el subsector comercio (turismo de paso) y siendo muy limitado el cambio para la hostelería.

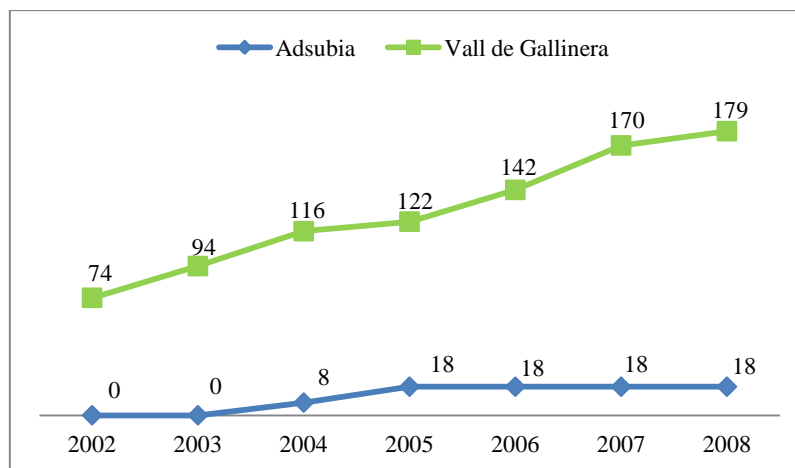
Los subsectores con mayor peso porcentual a nivel comparativo respecto a la provincia y comunidad son el comercio, y el de finanzas, seguros y servicios a las empresas en general.

Se destaca aquí, el subsector del comercio, que adquiere importancia a través de las propias necesidades de la agricultura mediante la comercialización al por mayor de ciertos cultivos de gran extensión, principalmente la naranja. Esta actividad que es estacional se encuentra extendida en la zona más septentrional.

El subsector de hostelería aunque sobrepasa el nivel de participación de la región, no llega a alcanzar en cambio al de la provincia de Alicante. Su mayor desarrollo corresponde a los principales centros de turismo cercanos: Denia y Oliva.

Respecto al equipamiento hostelero, el número de plazas de alojamiento es un índice que detecta de forma bastante fiable el volumen de la actividad terciaria desde la perspectiva turística y también el aprovisionamiento de los servicios que presta.

La clientela turística de esta zona, es fundamentalmente extranjera, y se caracteriza por su estabilidad. La compra de chalets o bungalows, obliga a los turistas a una presencia fija. Por ello el equipamiento hotelero, no alcanza los niveles de desarrollo de otras zonas, donde el turista es eventual y estacional. A continuación (figura 7) se muestra la evolución de las plazas de alojamiento de los municipios de Vall de Gallinera y Adsubia.



**Figura 7. Evolución de las plazas de alojamiento.** Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2009).

En cuanto al equipamiento comercial, el peso de la actividad comercial es muy elevado 29% de la población activa en el sector servicios. En este sentido, a esta actividad, impulsada por el turismo, hay que agregar el relativo distanciamiento de los principales centros comerciales. Al respecto, la zona se sitúa casi equidistante de los núcleos de Valencia y Alicante, con los que mantiene conexiones en este sentido.

## 2.3. HIDROLOGÍA FORESTAL

### 2.3.1. Reseña Hidrográfica

El cauce principal es un barranco o rambla denominada Rambla de Gallinera de 24 km de longitud, situado entre el río Serpis y el Bullens-Vedat. Tiene una cuenca de 59,65 Km<sup>2</sup>, que recoge la escorrentía superficial del Valle del mismo nombre (Vall de Gallinera) y de las Sierras de Albureca, Almirante, Gallinera y Foradá. Su cauce raramente lleva agua, y cuando esto sucede pocas veces llega hasta el mar, pues se infiltra en los materiales detríticos de la franja litoral y en zonas karstificadas y muy fisuradas en la zona de Adsubia, Forna y Oliva. Sin embargo, actualmente con los trabajos de encauzamiento del barranco, el agua llegaría a desembocar al mar.

Vierte directamente al mar, transcurriendo de oeste a este con una ligera inclinación hacia el noroeste. Esta cuenca es de forma alargada, siendo los afluentes al cauce principal de pequeña longitud y gran pendiente, destacan por su mayor tamaño el Barranco de Forna y el de la Loseta, ambos afluentes por el margen izquierdo.

Por su orientación OE-E, existe bastante diferenciación entre la Solana en la vertiente de la margen izquierda y la Umbría en las vertientes de la margen derecha.

A lo largo de todo el cauce principal transcurre una carretera asfaltada, paralela y cercana al río que parte de la población de Pego, pasa por Adsubia y va recorriendo todos los pueblos que se encuentran en la cuenca de Vall de Gallinera (Benirrama, Beniali, Benitaya, Benisiva, Carroja, Patró, Llombay y Benisili).

La cabecera y curso medio de la cuenca transcurre en un valle encajonado con laderas de fuertes pendientes, abancaladas en las zonas más bajas, con cultivos arbóreos de secano (almendro, algarrobo, etc.), destacando el cultivo del cerezo. Las laderas de las vertientes de la margen derecha terminan en cortados de roca prácticamente verticales, que constituyen la divisoria. En el tramo medio el cauce transcurre por un estrecho cañón entre Benirrama y la Adsubia con paisajes de gran belleza y vegetación como helechos y arbustos del género *Viburnum*.

El curso bajo del cauce transcurre entre naranjos, ya en la provincia de Valencia, cambiando las características de la cuenca, que pasa a ser abierta, de vertientes llanas, abancaladas con cultivos arbóreos de regadío (cítricos). En este tramo atraviesa la autopista con gran anchura de cauce y, características típicas de rambla desapareciendo entre los cultivos sin llegar al mar.

El cauce en cabeceras y curso medio, es estrecho y rimoso, con abundantes bolos y rocas provenientes de desprendimientos laterales, observándose en él acarreo. También existe abundante vegetación freatófila constituida principalmente por adelfas (*Nerium oleander*), *Salix*, zarzas y ocasionalmente cañas (*Arundo donax*) y tamarindo (*tamarix canariensis*).

El curso bajo comienza con la afluencia del Barranco de Forná. Hasta este punto, las características de la cuenca son homogéneas, destacando la aridez, falta de vegetación y afloramiento de roca en las laderas de las vertientes por la margen izquierda, con abancalamientos y cultivos, y por el contrario, la relativa frondosidad y cubierta vegetal (arbórea, de matorral) de la otra vertiente situada en umbría y de menor anchura.

El cauce en el curso bajo es ancho, con abundantes acarreos, con características genuinas de rambla propiamente dicha y que le da el nombre a la cuenca. Se encuentra rodeada de cultivos con prácticas de conservación y, las vertientes son horizontales prácticamente.

La torrencialidad de la cuenca provoca inundaciones importantes, que suelen ser bastante esparcidas en el tiempo. Debido a que la mayor superficie de la cuenca es la constituida por las vertientes de las márgenes de la izquierda, que se encuentran desprovistas de vegetación, sin tierra, ni abancalamientos; en los temporales, el agua no encuentra obstáculos en su recorrido, siendo la infiltración muy baja y llegando la escorrentía al cauce principal con rapidez y en gran cantidad, lo que provoca crecidas importantes.

### **2.3.2. Características morfológicas**

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

#### **2.3.2.1. Parámetros de forma**

- **Coefficiente de Gravelius**

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

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

Donde,

Cg    Coeficiente de Gravelius

P    Perímetro de la cuenca (54,42 Km)

A    Superficie de la cuenca (59,65 Km<sup>2</sup>)

El resultado que se obtiene es de  $Cg = 1,99$ , que corresponde a una cuenca alargada, según la clasificación de cuencas en función del valor del coeficiente de Gravelius.

### 2.3.2.2. Parámetros de relieve

- **Curva hipsométrica**

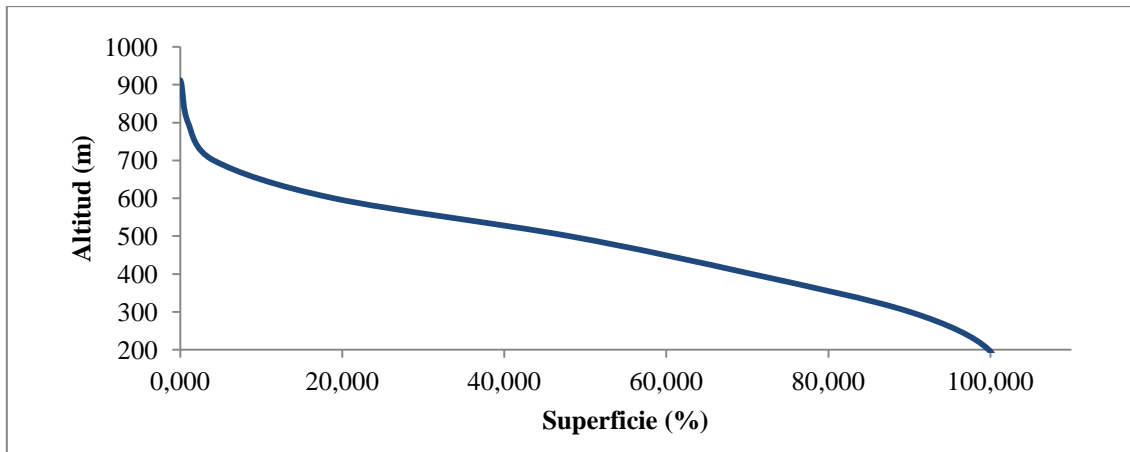
Mediante la curva hipsométrica se define el relieve de la cuenca mediante una gráfica de doble entrada cota-superficie acumulada, acumulando el área de cotas máximas a más bajas.

La curva hipsométrica es construida llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en km<sup>2</sup> o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas.

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

**Tabla 15.** *Relación entre altitudes y superficies de la cuenca Vall de Gallinera*

<b>Cota (m)</b>	<b>Superficie por encima de la cota correspondiente (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Superficie Relativa</b>	<b>%Acumulado</b>	<b>%Relativo</b>
<b>912</b>	0	---	0	0
<b>900</b>	0,094	0,094	0,158	0,158
<b>800</b>	0,565	0,471	0,948	0,790
<b>700</b>	2,450	1,885	4,108	3,160
<b>600</b>	11,272	8,822	18,897	14,789
<b>500</b>	28,605	17,333	47,955	29,058
<b>400</b>	42,035	13,430	70,470	22,515
<b>300</b>	53,684	11,649	89,999	19,529
<b>200</b>	59,508	5,824	99,763	9,764
<b>100</b>	59,650	0,141	100	0,237
<b>0</b>	59,650	0	100	0



**Figura 8. Curva hipsométrica de la cuenca**

- **Altura media**

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

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

Donde,

h Altura media (m)

A Superficie de la unidad hidrológica (km<sup>2</sup>)

V Volumen (km<sup>3</sup>) de la unidad hidrológica, obtenido midiendo el área comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes de coordenadas, aplicando la escala correspondiente.

La altura media de la cuenca de Vall de Gallinera es 298 m.

- **Altitud media**

Se obtiene sumando la altura media y la cota más baja a la que pertenece la cuenca, es decir:

$$H = h + \text{cota mínima}$$

Donde,

H altitud Media (m)

h altura media (m)

La altitud media de la cuenca en estudio es 298 m

- **Pendiente media**

Se calcula por medio de la expresión:

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

Donde,

- S Pendiente media (tanto por ciento)
- $\sum li$  Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km)
- E Equidistancia de las curvas de nivel (km)
- A Superficie de la unidad hidrológica (km<sup>2</sup>)

Siendo la equidistancia entre las curvas de nivel consideradas 100 m. y la suma de sus longitudes 362,075 km, la pendiente media para la cuenca de Vall de Gallinera es de: 25,44 %.

### 2.3.2.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica

- **Densidad de drenaje**

Se define mediante la expresión propuesta por Horton:

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

Donde,

- D Densidad de drenaje (km<sup>-1</sup>)
- $\sum li$  Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km) (121,17)
- A Superficie de la unidad hidrológica (km<sup>2</sup>) (59,64)

La densidad de drenaje en la cuenca Vall de Gallinera es de 2,03 km<sup>-1</sup>

- **Pendiente media del cauce principal**

Se calcula mediante la expresión:

$$j = \frac{Hmáx - Hmin}{1000L} \cdot 100$$

Donde,

- j Pendiente media del cauce (%)
- Hmáx Altitud máxima del cauce (m)
- Hmin Altitud mínima del cauce (m)
- L Longitud del cauce (m)

La pendiente media del cauce principal es de 0,88%.

### 2.3.3. Cálculo de caudales

#### 2.3.3.1. Aplicación de la fórmula empírica de García Nájera

García Nájera ha propuesto las siguientes expresiones que dan, no la avenida máxima posible, sino el valor intermedio entre las pequeñas y las extraordinarias, que es la que debe tomarse en consideración para calcular las obras de corrección. Estas fórmulas son las siguientes:

$$S < 0,4 \text{ km}^2, \quad Q_{\text{máx}} = \frac{a \cdot p(42 + 0,525 \cdot S) \cdot S}{(1+S)[1+0,025 \cdot S][0,5+\sqrt{S}]}$$

$$0,4 < S < 2,5 \text{ km}^2 \quad Q_{\text{máx}} = a \cdot p(12,21S + 5,74)$$

$$S > 2,5 \text{ km}^2 \quad Q_{\text{máx}} = \frac{a \cdot p(42 + 0,525 \cdot S) \cdot S^2}{(1+S)[1+0,025 \cdot S][0,5+\sqrt{S}]}$$

En las que,

$Q_{\text{máx}}$  Caudal máximo estimado ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$S$  Superficie de la cuenca ( $\text{km}^2$ )

$a, p$  Coeficientes para tener en cuenta el estado forestal y lo accidentado de la cuenca.

Designado por  $F_c$  la superficie en  $\text{km}^2$  de vegetación en buen estado (que en este estudio es definida por el área de vegetación cuya fracción de cabida cubierta es mayor a 70%, obtenida del mapa forestal de España y es igual a  $19,31 \text{ km}^2$ ), se tiene:

$$a = 1 - \frac{3F_c}{4S}$$

y en cuanto a “ $p$ ” tiene los siguientes valores:

Cuencas poco accidentadas:  $p = 0,75$

Cuencas medianamente accidentadas:  $p = 1,00$

Cuencas muy accidentadas:  $p = 1,25$

Según que menos de  $1/3$ , más de  $1/3$  ó más de  $2/3$  de la cuenca tenga pendientes superiores al 30%.



Como la superficie de la Cuenca en estudio es mayor a 2,5 km<sup>2</sup>, se aplicó la tercera fórmula. Los resultados de la aplicación de esta expresión, para la cuenca del Vall de Gallinera se muestran a continuación:

<b>F (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Fc (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>p</b>	<b>Qmáx (m<sup>3</sup>/s)</b>
59,65	19,31	0,76	1	158,99

### **2.3.3.2. Aplicación del método de la dirección general de carreteras del MOPU**

Para cada periodo de retorno elegido se necesita calcular los factores que intervienen en la fórmula propuesta:

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

Donde,

- Q Caudal punta (m<sup>3</sup>/s)
- I Intensidad de precipitación (mm/h)
- A Superficie (km<sup>2</sup>)
- C Coeficiente de escorrentía
- K Coeficiente de uniformidad

Para la obtención de valores de caudales según este método, se han tomado como referencia los cálculos del Proyecto de Restauración Hidrológica Forestal de río Vedat (1990), en el cual, se ha dividido la zona de estudio en 2 unidades hidrológicas (I y II), de las cuales la I es una auténtica cuenca y la II es un tramo de conducción. Los límites más significativos de cada unidad, siguiendo el sentido horario, son los siguientes:

Unidad I: Comenzando en el kilómetro 39 de la carretera comarcal 3311, el límite pasa por el Castillo de Gallinera hasta llegar al pico de la Almisera a 757 m. de este punto, parte hacia el alto del Chap, todas las cumbres de la Sierra de la Foradá, Collado de Benisili, Tosal de la Cruz, Tosal del Bañón, Tosalet del Lamp, cumbres de la Sierra Almirante, hasta llegar al punto inicial.

Unidad II: Partiendo del punto donde el cauce del río se pierde (poco después de cruzar la autopista A-7) el límite de esta unidad pasa por la Casa Torreta de Sánchez, Chozo el cautivo (en este punto está entre el Barranco de Benirrama y el Barranco de Gallinera). Continúa subiendo por la sierra de Mustalla, recorriendo sus cumbres. Después de cruzar la carretera comarcal nº 3311 entre los kilómetros 41 y 42, sube hasta el pico de Almisera a 757 m. de ahí baja hasta cortar la Rambla del Vall de Gallinera en el Kilómetro 39 de la comarcal nº 3311 y sube hasta la Sierra del Almirante. Rodeando el Pla de la Llacuna llega a la Sierra de Gallinera, que recorre por su parte alta, perdiendo altura con ella hasta el Cerro de Almuchid. Cruza la autopista y llega al punto inicial.

### *Cálculo de la Intensidad I*

Se determina  $I/I_d$  con el mapa de isolíneas que se adjunta a continuación. El valor identificado en la zona es aproximadamente 11,3.



**Figura 9.** Mapa de isolíneas de España. Fuente: Orden del 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2 IC “Drenaje Superficial”. BOE núm 123, de 23 de mayo de 1990.

Se calcula Tiempo de concentración (D) mediante la siguiente expresión:

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

Donde,

- L Longitud del curso principal (km)
- J Pendiente del curso principal en tanto por uno
- Tc Tiempo de concentración (horas)

Con  $I/I_d$  y D se deduce

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

Finalmente se calculan los valores de Intensidades para los diferentes periodos de retorno, multiplicando  $\frac{I}{I_d}$  por  $I_d = \frac{P_d}{24}$ , siendo  $P_d$  la precipitación máxima diaria en mm para el periodo de retorno deseado.

Los datos de precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno, en el estudio de Restauración Hidrológica del río Vedat, fueron calculados por el método Gumbel partiendo de los datos de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas obtenidas del Instituto Nacional de Meteorología (actualmente Agencia Estatal de Meteorología AEMET).

$$P_{24}^{10} = 126,033 \quad P_{24}^{25} = 153,742 \quad P_{24}^{50} = 174,299 \quad P_{24}^{100} = 194,703 \quad P_{24}^{500} = 241,856$$

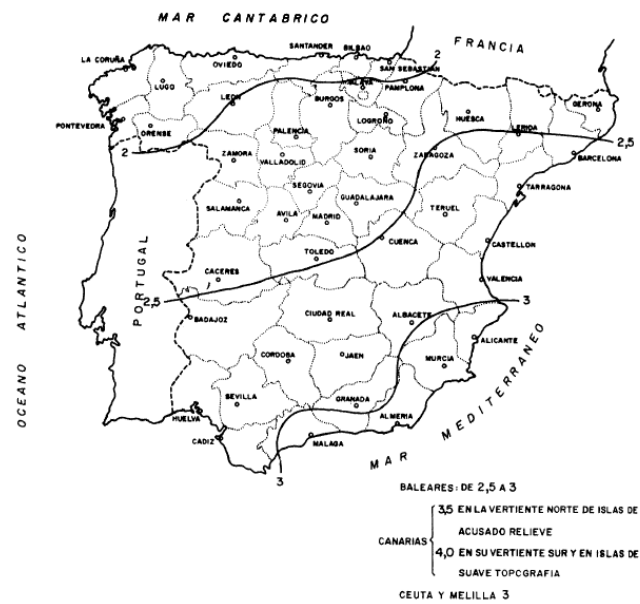
### ***Cálculo del coeficiente de uniformidad***

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

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

## Cálculo del coeficiente de escorrentía

Se analizan las características del suelo y vegetación, y se reduce provisionalmente un valor de  $P_o$ , según las indicaciones de la tabla modificada del US Soil Conservation Service. El umbral de escorrentía  $P_o$  se podrá obtener de la tabla 16, multiplicando los valores en ella contenidos por el coeficiente corrector dado por la figura 10. Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos.



**Figura 10.** Mapa del coeficiente corrector regional del umbral de escorrentía. Fuente: Orden del 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2 IC “Drenaje Superficial”. BOE núm 123, de 23 de mayo de 1990.

Para el uso de la tabla 16, los suelos se clasificarán en los grupos de la tabla 17 de potencia textura, drenaje.

**Tabla 16.** Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm)

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas Forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE(%)	UMBRAL DE ESCORRENTIA(mm)
Rocas Permeables	>3	3
	<3	5
Rocas impermeables	>3	2
	<3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

**Nota:** 1. N: denota cultivo según las curvas de nivel. R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente. 2. \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida. 3. Las zonas abalancadas se incluirán entre las de pendiente menor del 3%.  
(Fuente: Orden del 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2 IC “Drenaje Superficial”. BOE núm 123, de 23 de mayo de 1990).

**Tabla 17.** *Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía*

GRUPO	INFILTRACIÓN (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizonte de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy Pobre

*Fuente:* Orden del 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2 IC “Drenaje Superficial”. (BOE núm 123, de 23 de mayo de 1990).

Se calcula C:

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

### ***Cálculo del caudal punta Q***

Con los valores hallados de I, C, se calcula el caudal mediante la fórmula propuesta al inicio de este apartado.

Se ha aplicado el método de los caudales punta con periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

A continuación se muestran los datos utilizados y los resultados:

**Tabla 18.** Datos utilizados para el cálculo de caudales

Unidad Hidrológica	L (km)	J (m/m)	A (km <sup>2</sup> )	$\frac{I}{I_d}$	tc (h)	Po	K
I	12	0,033	31,645	11,3	3,79	100,08	1,274
II	12	0,015	28,005	11,3	4,40	109,416	1,312

**Tabla 19.** Cálculo de caudales para distintos periodos de retorno

T (años)	Intensidad (I)		Coeficiente de Escorrentía (C)		(C·I)		Caudales punta Q (m <sup>3</sup> /s)	
	UI	UII	UI	UII	UI	UII	UI	UII
10	26,74	21,93	0,057	0,022	1,524	0,482	20,482	6,260
25	32,42	26,17	0,1	0,056	3,242	1,465	43,568	19,012
50	37	30,18	0,132	0,087	4,884	2,625	65,634	34,063
100	41,34	33,67	0,161	0,113	6,656	3,804	89,444	49,360
500	51,36	41,72	0,223	0,168	11,453	7,009	153,916	90,931

Fuente: Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990 corregidos con el coeficiente de uniformidad.

#### 2.3.4. Erosión en la zona de estudio

Una de las principales causas de la desertificación en el ámbito mediterráneo, al que pertenece la cuenca en estudio, es la intensa degradación que sufren los suelos por la erosión hídrica.

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

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

En la publicación “El s3l com a recurs natural a la Comunitat Valenciana” (1998) de la Consejer3a de Obras p3blicas, Urbanismo y Transportes, se identifican los tipos de erosi3n caracter3sticos del Vall de Gallinera.

Por tanto, seg3n mapas de esta fuente, las zonas con mayor altitud topogr3fica de la cuenca presentan una erosi3n actual alta (40 – 100 t/ha·a3o). Las tasas de p3rdida de suelo pertenecientes a esta clase, suponen una importante reducci3n en la capacidad de uso (baja o muy baja). La falta de vegetaci3n es la causa principal del desarrollo del proceso erosivo.

La fisiograf3a y el material original acent3an o aminoran la p3rdida de suelo, en base a la mayor o menor pendiente y/o la consolidaci3n del sustrato geol3gico, as3 sobre material poco consolidado (yesos, margas o arcillas) es muy frecuente que, a m3s de compatibilizar p3rdidas de varios mil3metros de suelo superficial, desarrollen profundas c3rcavas que hacen pr3cticamente inviable el asentamiento de la vegetaci3n.

En la parte baja de la cuenca, situada en la zona costera, existen valores de erosi3n muy baja (0 – 7 t/ha·a3o). Finalmente, existen algunas zonas de menor superficie en el tramo medio-bajo de la cuenca que cuentan con una erosi3n actual muy alta (>100 t/ha·a3o), donde sin existir una causa que acelere la erosi3n, poseen tan escaso cubrimiento en condiciones tan desfavorables del suelo, pendiente y material geol3gico que son proclives a la acci3n m3s intensa de los procesos erosivos.

Por otro lado, respecto a los valores de erosi3n potencial, la mayor parte de la cuenca en estudio se encuentra bajo la clasificaci3n de erosi3n potencial muy alta (>100 t/ha·a3o), salvo la zona costera de la cuenca cuya erosi3n potencial se clasifica como baja (7-15 t/ha·a3o).

#### **2.3.4.1. 3ndices de protecci3n del suelo por la vegetaci3n**

Est3 basado en los criterios relacionados con menor energ3a cin3tica de la vegetaci3n en el r3gimen hidrol3gico:



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

Esta protección se valora mediante un índice que varía entre 0 y 1, para lo cual se tiene en cuenta: El tipo de cubierta vegetal (tanto en cuanto a su parte aérea como en cuanto a su sistema radical), su densidad y espesura, los aprovechamientos a los que se le somete y la pendiente del terreno.

Según la información que se obtuvo de la caracterización de la cuenca y tomando como base la asignación de índices de protección según tipo de vegetación, estado de la vegetación y pendiente, elaborada por López Cadenas de Llano y Blanco Criado (1968); la matriz definidora del mapa de protección del suelo por la vegetación para la cuenca de Vall de Gallinera resulta ser la siguiente:

**Tabla 20.** *Índices de protección del suelo por la vegetación para la cuenca en estudio*

Código	Estrato vegetal	Estrato de Pendientes %					
		0-3	3-12	12-24	24-30	30-40	>40
		1	2	3	4	5	6
0	Improductivo	0	0	0	0	0	0
1	Herbáceo de regadío	0,9	0	0,7	0	0,6	0
2	Arbolado de secano	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
3	Arbolado de regadío	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0
4	Arbolado $30\% \leq F_{cc} \leq 70\%$	1	1	0,9	0,8	0,6	0,4
5	Matorral	1	0,8	0,7	0	0	0

*Fuente:* Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

En el Anejo III, figura el Mapa de Índices de Protección del suelo por la Vegetación (mapa nº 9), el mismo que fue elaborado por superposición de los mapas de cultivos y aprovechamientos del suelo y el mapa de pendientes de la cuenca.

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

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

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

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

Donde,

- A Tasa de pérdidas de suelo (t/ha·año)
- R Índice de erosión pluvial de Wischmeier (J cm/m<sup>2</sup> hora)
- K Factor erosionabilidad del suelo (t m<sup>2</sup> hora/J cm ha)
- LS Factor topográfico (adimensional)
- C Factor cultivo (adimensional)
- P Factor de prácticas de conservación de suelos agrícolas (adimensional)

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

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

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

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

## 2.4.1. Métodos de cálculo factores USLE

### 2.4.1.1. Factor erosividad de la lluvia (R)

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

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

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

$$R = 2,375 (P_{24}^2) + 0,513 (P_{mex}) - 94,4 + 81 Z_1 + Z_2 + 37 Z_3 + 84 Z_4$$

Donde,

- $P_{24}^2$  Precipitación máxima en 24 h. con periodo de retorno de 2 años.  
 $P_{\text{mex}}$  Valor medio interanual de la precipitación del mes más lluvioso de cada año  
 $Z_1$  Área próxima a Grazalema  
 $Z_2$  Cuencas del sur de España y el área costera del río Segura  
 $Z_3$  Vertiente mediterránea  
 $Z_4$  Cuenca de los pirineos orientales

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

#### **2.4.1.2. El factor erosionabilidad (K)**

La erosionabilidad es el esfuerzo cortante e impacto directo de la gota de lluvia. El factor K expresa la susceptibilidad de un suelo para erosionarse. Es función de la textura, estructura, mineralogía de arcillas, velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, entre otras características edáficas. Este factor además, expresa la pérdida anual media de suelo por unidad del factor R, en las condiciones normalizadas para las parcelas tipo establecidas por Wischmeier, en la que los demás factores adquieren el valor unidad.

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

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

Donde,

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

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

a Porcentaje de materia orgánica

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

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

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

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

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

En el Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat (1990) para hallar los parámetros a y M de la ecuación que define K; se han tomado muestras de suelo representativas de toda la cuenca.

El valor de K depende fundamentalmente de la vegetación y la erosionabilidad del suelo. Así, se han realizado todas las combinaciones posibles entre ambos factores y se ha comprobado cuál de éstas existe en la cuenca en estudio y qué superficie ocupan.

Recordando a continuación los códigos de vegetación y erosionabilidad.

Vegetación:

- 0 Improductivo
- 1 Herbáceo de regadío
- 2 Cultivo arbóreo de secano
- 3 Cultivo arbóreo de regadío
- 4 Arbolado con  $30\% \leq F_{cc} \leq 70\%$
- 5 Matorral

Erosionabilidad:

- a Muy erosionable
- b Erosionable
- c Poco erosionable

En el estudio anterior, se han tomado muestras de suelos a lo largo y ancho de la cuenca, cuyos resultados ayudaron a hallar los valores del factor K (Tabla 20) y finalmente se clasifican dichos valores según las combinaciones suelo- vegetación (Tabla 21).

**Tabla 21.** Cálculo del Factor K según datos de muestras de suelo

Nº	Combinación Vegetación-erosionabilidad	100% arcilla	%limo	H	a	K'	Pedregosidad	K (t m <sup>2</sup> hora/ J cm ha)
1	5-c	53,91	49,68	2678,2	4	0,175	Muy alta	<b>0,130</b>
6	4-c	96,93	57,91	5613,2	3,57	0,429	Muy alta	<b>0,310</b>
7	5-b	85,44	48,12	4111,4	4	0,286	Muy alta	<b>0,220</b>
8	3-c	78,65	33,96	2670,9	2,29	0,212	Nula	<b>0,212</b>
9	2-c	49,84	46,35	2310,1	3,61	0,155	Media	<b>0,155</b>
10	2-b	70,68	47,59	3363,6	1,38	0,302	Nula	<b>0,302</b>
12	1-b	55,08	49,38	2719,8	1,85	0,226	Nula	<b>0,220</b>
13	1-a	60,02	54,21	3253,7	3,73	0,226	Nula	<b>0,226</b>

Fuente: Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

**Tabla 22.** Valor de *K* para combinación suelo-vegetación existente en la cuenca

Litofacies	a	b	c
Vegetación			
1. Herbáceo de regadío	0,226	0,220	---
2. Cultivo arbóreo de secano	---	0,302	0,155
3. Cultivo arbóreo de regadío	0,359	0,293	0,212
4. Arbolado con $30\% \leq F_{cc} \leq 70\%$	---	0,315	0,310
5. Matorral	0,330	0,220	0,195

### 2.4.1.3. El factor longitud-inclinación LS

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

- La pendiente, es un factor fácilmente medible en el plano topográfico, ya que la define la distancia entre curvas de nivel.
- La longitud de pendiente, es un factor cuya determinación es difícil. Los métodos que mejor la estiman se basan en la valoración, en un área concreta, de la densidad de drenaje, a través de la cual se deduce una aproximación a la longitud de pendiente media en dicha área.

El método más utilizado es el de Williams y Berndt, que estima los valores medios del factor conjunto LS en subcuencas, para ello se ha calculado el factor en 10 pequeñas subcuencas de muestreo cuyas pendientes medias abarcan el intervalo 15% a 35% y, a la vista de los resultados, se ha intentado establecer una regresión o curva entre pendientes y valores de LS.

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

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

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

**Tabla 23.** Valor del Factor LS según pendientes

Código	Pendiente (%)	Factor LS
1	0-3	2,2909
2	3-12	3,0583
3	12-24	4,6050
4	24-30	8,0117
5	30-40	16,4972
6	>40	30,1173

*Fuente:* Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

#### 2.4.1.4. Factor cubierta vegetal o factor C

Según las experiencias del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en Inglés), se define como la relación entre el valor medio de las pérdidas de suelo en un campo cultivado o con vegetación y las que se pierden en una parcela sometida a barbecho continuo, en idénticas condiciones de lluvia, suelo y topografía para ambas situaciones.

Las pérdidas en barbecho continuo, vienen dadas por el producto RKLS de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Las pérdidas reales son bastante menores, dependiendo de: La secuencia de cultivos, las técnicas utilizadas y el estado de la vegetación en el momento de producirse las lluvias.

La influencia del cultivo en la erosión, depende de:

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



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

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

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

Secano	Cultivos herbáceos	Dehesa	0,23
		Año y vez	0,43
Por semillado		0,36	
	Cultivos leñosos		0,50 a 0,55
Regadío	Cultivos herbáceos	Cultivo hortícola	0,18 a 0,20
		Pradera	0,14 a 0,35
		Remolacha, patata	0,40
	Cultivos leñosos	Goteo ≈secano Cítricos	0,16

A continuación se muestra el resumen de dichos valores para la cuenca en estudio (tabla 24).

**Tabla 24.** Valor del Factor C según uso de suelo

Clase	Estrato de vegetación	Factor C Valor medio
1	Herbáceo de regadío	0,19
2	Cultivo arbóreo de secano	0,52
3	Cultivo arbóreo de regadío	0,16
4	Matorral	0,12
5	Arbolado con cubierta entre 0,3 y 0,7	0,04
6	Pastizal	0,10

Fuente: Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat, 1990

#### **2.4.1.5. El factor de prácticas de conservación P**

Se define como la relación entre las pérdidas del suelo con cultivo a nivel, en fajas y en terrazas; y las pérdidas del suelo correspondientes a un cultivo en surcos según la pendiente.

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

Los valores de P varían con la pendiente del terreno y el tipo de práctica de conservación que se haga. Se comprobó en la cuenca Vall de Gallinera, que la mayor parte de los cultivos existentes, tanto los de secano como los de regadío, han sido sometidos a prácticas de conservación, incluso se han implementado en las zonas de muy baja pendiente con naranjos. Esta es la razón por la que a todos los cultivos en la cuenca se les ha multiplicado por un factor igual a  $P = 0,055$

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

#### **2.4.2. Tolerancia de pérdidas de suelo y tasa de erosión según el Modelo USLE**

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

El concepto de pérdida de suelo tolerable se puede definir como la *cantidad de suelo en t/ha-año que un terreno puede perder sin que se vea afectada su productividad* (Mellerowicz, 1994). La evaluación de dicha tolerancia de pérdida de suelo en un terreno, factor básico para la utilización del modelo USLE en la ordenación, depende de diversos factores tales como la profundidad del suelo, sus propiedades físicas, el desarrollo de los

sistemas radicales de la vegetación, la reducción de la materia orgánica, la pérdida de nutrientes y sementeras, etc.

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

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

En función de las pérdidas de suelo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [FAO-PNUMA-UNESCO] (1981), propone la siguiente clasificación:

**Tabla 25.** *Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos*

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

Fuente: FAO, PNUMA y UNESCO (1981)

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

- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del suelo: definidor de C y P
- Intersección de litofacies según erosionabilidad y usos del suelo: definidor de K

- Líneas iso-R: definidor de R
- Mapa de pendientes: definidor de LS

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

**Tabla 26.** *Pérdida de suelo por estrato de vegetación*

Clase	Estrato de vegetación	Pérdida de suelo (t/ha año)	
		Total	Media
1	Cultivo herbáceo de regadío	809,84	33,74
2	Cultivo arbóreo de secano	1.195,34	7,66
3	Cultivo arbóreo de regadío	1.649,79	6,39
4	Arbolado con cabida cubierta entre 0,3 y 0,7	4.364,55	13,86
5	Matorral	11.495,63	39,78
<b>TOTAL</b>		<b>19.515,15</b>	<b>16,04</b>

Con los cálculos realizados, se pudo calcular la tasa media de pérdidas de suelo en la cuenca que es 16,04 t/ha·año, siendo el grado de erosión moderado.

El estrato de vegetación con mayores pérdidas medias en t/ha año es el matorral que pierde 39,78 t/ha año. Este valor supera con mucha diferencia las pérdidas del estrato de arbolado forestal con  $30\% \leq F_{cc} \leq 70\%$  que son 13,86 t/ha año.

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

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

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

**Tabla 27.** Superficie con diferentes niveles de pérdidas de suelo en la cuenca Vall de Gallinera

Nivel de Erosión	Superficie (km <sup>2</sup> )
A < 10 t/ha año	26,561
10 < A < 25 t/ha año	8,724
25 < A < 50 t/ha año	16,224
50 < A < 100 t/ha año	5,483
100 < A < 200 t/ha año	0,329
A > 200 t/ha año	0,285
Improductivo	2,044

En el Anejo III se adjunta el mapa nº10 con la representación de las pérdidas de suelo calculadas.

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

Siguiendo con el enfoque de ordenación de cuencas en función de la erosión, la forma de utilizar el modelo USLE responde a lo expuesto en la tabla 27, donde  $A_t$  representa las pérdidas de suelo tolerables, que se establecen en 10 t/ha·año por FAO, PNUMA y UNESCO, y A son las pérdidas de suelo genéricas.

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

**Tabla 28.** Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE

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

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

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

1. Mantener el uso actual por ser compatible con la pérdida de suelo (ya sea agrícola o forestal)
2. Realizar prácticas de conservación de suelos agrícolas
3. Repoblación en terreno forestal (cambio de uso)
4. Repoblación (cambio de uso) en el caso de Matorral y Pastizal

De la aplicación de esta tabla se obtienen las siguientes superficies de actuación y el mapa nº 11 resultado de la ordenación (Anejo III).

**Tabla 29.** Superficies de los usos de suelo asignados según el modelo USLE

<b>Código</b>	<b>Uso Futuro</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
1	Mantener uso actual	14,994
2	Mantener uso agrícola	9,820
3	Mantener uso forestal	1,747
4	Realizar prácticas de conservación de suelos	3,456
5	Repoblación en terreno forestal	2,730
6	Repoblación-Cambio de uso	24,859
7	Improductivo	2,044
<b>TOTAL</b>		<b>59,649</b>

## **2.5. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA CON CRITERIOS DE MINTEGUI (1990)**

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

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

**Tabla 30.** Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora

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

Fuente: Mintegui, J. A., 1990

La tabla destaca la utilización agropecuaria del suelo como muy influyente en los procesos hidrológicos que tienen lugar en la cuenca. Por ello se plantea la ordenación



intentando adaptar los usos actuales a los futuros y teniendo en consideración la vocación del territorio, ya que con frecuencia existen fuertes condicionantes sociales de cara a un cambio de uso.

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

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

A partir de la superposición de los mapas temáticos y, aplicando la tabla 29, se ha asignado para cada polígono con las mismas características el uso futuro del suelo. De esta forma se ha realizado la ordenación de la cuenca y las superficies resultantes se muestran en la tabla 30.

**Tabla 31.** *Superficies definitivas de los usos asignados según la ordenación agrohidrológica con criterios de Mintegui Aguirre*

Código	Uso futuro	Superficie (km <sup>2</sup> )
1	Completar espesura con plantaciones mixtas de resinosas y quercíneas	3,878
2	Mantener/Mejorar uso	7,373
3	Conservar Cultivos	8,650
4	Repoblación Forestal	32,929
5	Conservar cubierta actual	4,723
6	Mantener Pastizal	0,053
7	Improductivo	2,044

La ordenación de la cuenca Vall de Gallinera, aplicando estos criterios, es representada cartográficamente en el mapa nº12 del Anejo III.

## **2.6. METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN DE LA CUENCA BASADA EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD**

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

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

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

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

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

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

Esta metodología considera tanto factores de aptitud como de impacto. Según Barredo (1996), la aptitud puede definirse como el potencial que posee un lugar para soportar una actividad determinada, es decir, el conjunto de requisitos que debe poseer un lugar para podrá acoger una actividad determinada; la aptitud varía como es lógico, a medida que varían los factores del medio o las clases de los factores, estableciéndose así un rango de aptitud para una actividad en un territorio dado. Mientras el impacto, puede entenderse como el efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio, o en las unidades ambientales, efecto que puede ser beneficioso o no, es decir , positivo o negativo (MMA, 1996).

### **2.6.1. Estudio de la problemática de la cuenca**

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

- El régimen meteorológico de la zona, próxima a la costa, presenta lluvias torrenciales, como consecuencia de las llamadas gotas frías, los cuáles son fenómenos frecuentes y que exponen a la cuenca a avenidas e inundaciones.
- La zona de planicie litoral de la cuenca presenta grandes dificultades de drenaje de la escorrentía, lo que provoca que las inundaciones sean uno de los riesgos más presentes en la zona, con graves consecuencias para el entorno natural, social y económico de la misma.
- Es una cuenca estrecha y alargada, ocasionalmente tiene importantes crecidas, que anteriormente provocaron inundaciones en su parte baja, al no existir cauce del río hasta el mar. Los caudales máximos han provocado daños en las infraestructuras y cultivos y aún los ponen en riesgo.
- Las características morfológicas, geológicas, climáticas y biológicas de la cuenca en estudio dan lugar a unos fenómenos de erosión y depósito de sedimentos que implican importantes pérdidas de suelo.
- La modificación de la cubierta vegetal natural dificulta la regeneración del bosque natural. Entre las actividades modificadoras están los incendios forestales, cuya frecuencia durante el periodo 1998-2008 en la cuenca se encuentra entre 25 y 50 veces (Mapa de Frecuencia de incendios forestales, 2010).

- Existe una superficie importante de matorral degradado que como consecuencia presenta pérdidas de suelo importantes. La vegetación en su mayor parte es deficiente, con lo que predominaría la escorrentía frente a la infiltración.
- Existen superficies de vegetación arbustiva en terrenos con pendientes muy elevadas (superiores al 30%) que, lejos de proteger el suelo, aportan un elevado caudal sólido al río.

En la actualidad, como se nombró en la caracterización de la cuenca, se está ejecutando el proyecto de “Laminación y mejora del drenaje de la cuenca rambla de Gallinera”, el cual contempla la construcción de la Presa Oliva y encauzamientos del barranco de Gallinera hasta el mar, así como la mejora de la red de drenaje de la zona para reducir los periodos de inundación. Sin embargo, sigue siendo necesaria la incorporación de actividades biológicas, es decir, actividades destinadas a la conservación, mejora e implantación de cubiertas arbóreas debido a que esta zona se encuentra sometida a una erosión activa que origina grandes cárcavas.

### **2.6.2. Establecimiento de los objetivos y selección de actividades**

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

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

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

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

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

Para lograr estos objetivos, se propondrán una serie de actividades a realizar que dependan de elementos del medio y puedan representarse mediante mapas temáticos. Los objetivos y actividades están reflejados en la siguiente tabla.

**Tabla 32.** *Objetivos de la ordenación y actividades propuestas*

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

Es común en los estudios de planificación física trabajar con 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 (Claver et al, 1982). Según esto, la escala gráfica elegida es la de 1:50.000.

Los mapas resultantes de esta investigación se presentan en dicha escala, salvo los mapas del proceso intermedio de aplicación de la Metodología con criterios de sostenibilidad, los cuáles son mostrados gráficamente a escala 1: 100.000.

### **2.6.3. Inventario y análisis del medio: cartografía temática**

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

Los elementos del medio seleccionados son los siguientes:

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

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

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

Utilizando en Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.3 se generaron todas las coberturas necesarias para el análisis de la información y producción de diferentes mapas temáticos, los mismos que ya han sido nombrados y utilizados en apartados anteriores.

Las coberturas generadas son las siguientes:

- **Pendiente:** Se partió de las curvas de nivel correspondientes a las hojas topográficas de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 obtenidas de la página del Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. A partir de las curvas de nivel, se construyó un Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir del cual se creó un mapa en formato Raster en el que cada píxel contiene su cota como variable. Posteriormente, con la ayuda de las herramientas de ArcGis se calcula la pendiente en cada píxel y finalmente se hizo una clasificación de estos resultados para facilitar su representación gráfica.
- **Influencia hídrica:** A partir de la red hidrográfica obtenida en formato digital de la Base Topográfica Nacional, se ha generado buffer de 100 metros de anchura a la red hídrica. De esta manera se obtuvo una cobertura con dos clases de recintos: los de “influencia hídrica” y los de “no influencia hídrica”.
- **Usos del suelo:** Se elaboró esta cobertura a través del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos incluido en la base de datos del Segundo Inventario Forestal Nacional, elaborado por el Servicio de Inventario Forestal en 1996. Esta cobertura, fue debidamente modificada y/o reclasificada con información del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Nacional de 2000 a 2010, el cual se encuentra disponible en formato de imagen a través de servidores WMS (Web Map Service) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- **Litología:** Se obtuvo esta cobertura a partir del mapa Geológico de España escala 1:50.000 elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 2010.
- **Pérdidas de suelo:** Cobertura generada por ArcGIS 9.3, a partir de la superposición de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, como se describe en el apartado correspondiente a su análisis.
- **Propiedad:** Esta cobertura, incluida en el Segundo Inventario Forestal Nacional a escala 1:50.000, fue adquirida del Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de

Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Incluye los montes que tienen alguna relación de dominio con la administración forestal.

- Protección: Cobertura obtenida del Banco de Datos de la Naturaleza, a escala 1:50.000. Recoge los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) susceptibles a ser considerados como parte de la red ecológica “Natura 2000”.
- Espesura cubierta arbórea: Cobertura incluida en el Mapa Forestal de España. Escala 1:200.000 proporcionada en formato digital por el Banco de Datos de la Naturaleza.

#### **2.6.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades**

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

La evaluación de la capacidad de realiza en dos fases:

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

Hasta ahora, en el desarrollo de este estudio, se han definido un conjunto de actividades  $a_i$  ( $i= 1,2,3,\dots,m$ ) y una serie de elementos del medio  $e_j$  ( $j = 1,2,3,\dots,n$ ) cada uno dividido en  $k$  tipos  $e_{jh}$  ( $h= 1,2,3,\dots,k$ ). Es preciso establecer las relaciones  $e_j R a_i$  entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado signifique la capacidad de acogida del territorio para sostener cada una de las actividades propuestas.

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



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

Excluyente	$-\infty$
Negativo	-1
Indiferente	0
Positivo	+1
Muy positivo	+2

Por lo tanto, la relación de elementos del medio-actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión  $m \times n$ , donde m corresponde a las actividades propuestas y n a los elementos del medio, con sus respectivos tipos, cuyas coberturas se han descrito en el inciso 2.6.3.

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

**Tabla 33.** *Matriz de capacidad de acogida de las actividades*

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

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

Cada cobertura de los elementos 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 y de igual forma para las demás coberturas.

Utilizando las herramientas del programa ArcGis 9.3, se ha seleccionado cada cobertura, con sus clases 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 arbolado de secano y se le da el valor 2 a uso-actv1, 1 a uso-actv2,  $-\infty$  a uso-actv3,... y así sucesivamente para todas las variables. A las capacidades excluyentes ( $-\infty$ ) se les asignó el valor -999 para que el programa pueda realizar los cálculos.

Se realizaron las mismas operaciones para las restantes coberturas de la matriz de capacidad: pendientes, influencia hídrica, litología, pérdidas de suelo, propiedad del suelo, protección y espesura de las masas.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se realizó la superposición de las ocho coberturas referidas a los ocho elementos del medio. Esta superposición se efectuó de dos en dos. Posteriormente, se crearon siete variables, correspondientes a las siete actividades. Los valores que toman cada una de dichas variables es la suma de todos los valores de cada polígono. Esta suma es igual a la capacidad del medio para acoger las diferentes actividades y se obtuvo así una cobertura para cada actividad, en la que la única variable que existe es la representación de este valor.

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

Capacidad EXCLUYENTE	-
Capacidad BAJA	valores comprendidos hasta el percentil 25%
Capacidad MEDIA	valores entre el percentil 25 y el 75%,
Capacidad ALTA	valores mayores del percentil 75%.

Los valores de capacidad de acogida para las actividades y el resultado gráfico de los mismos se presentan en las siguientes figuras (11 a 15).

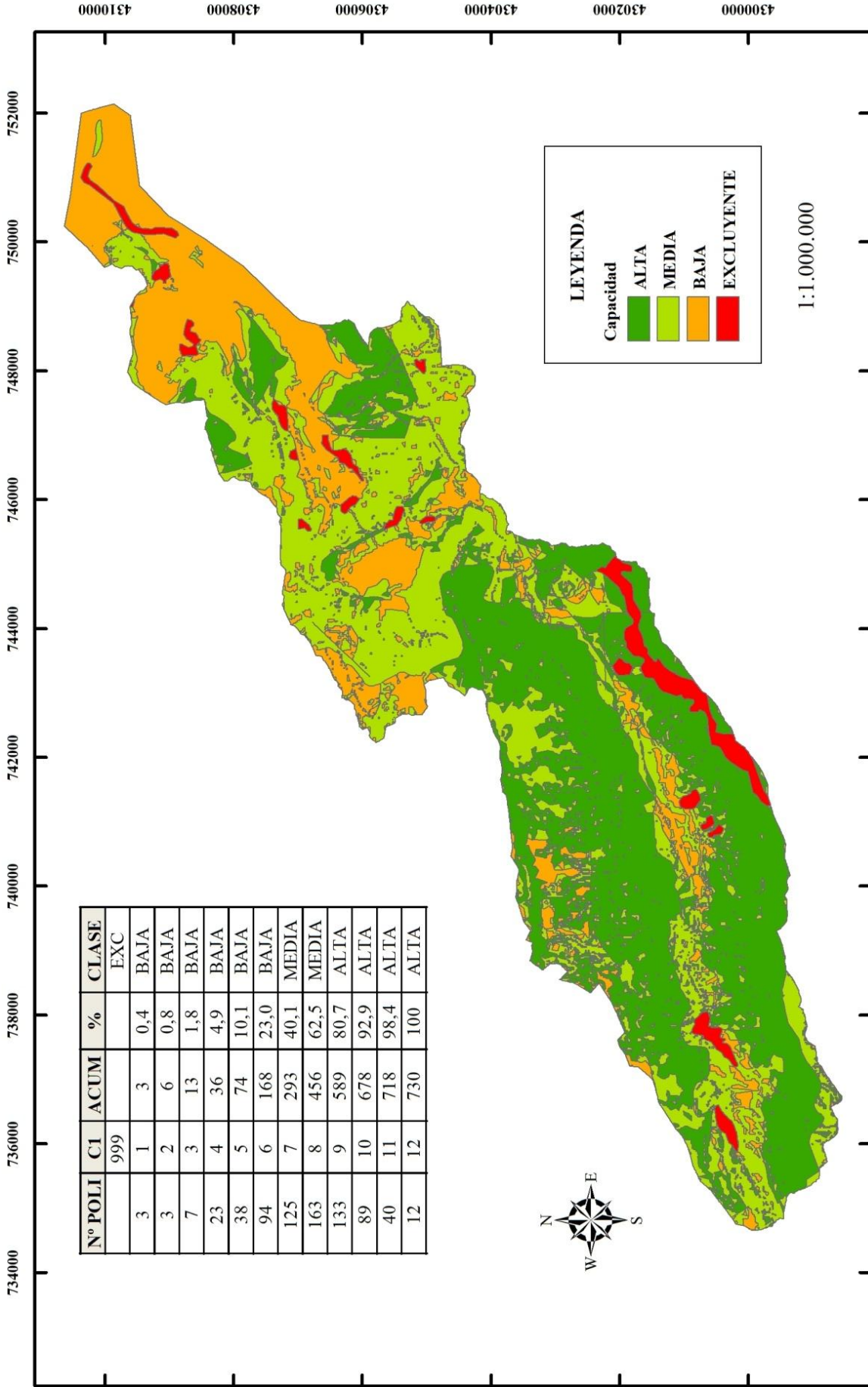


Figura II. Capacidad para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora

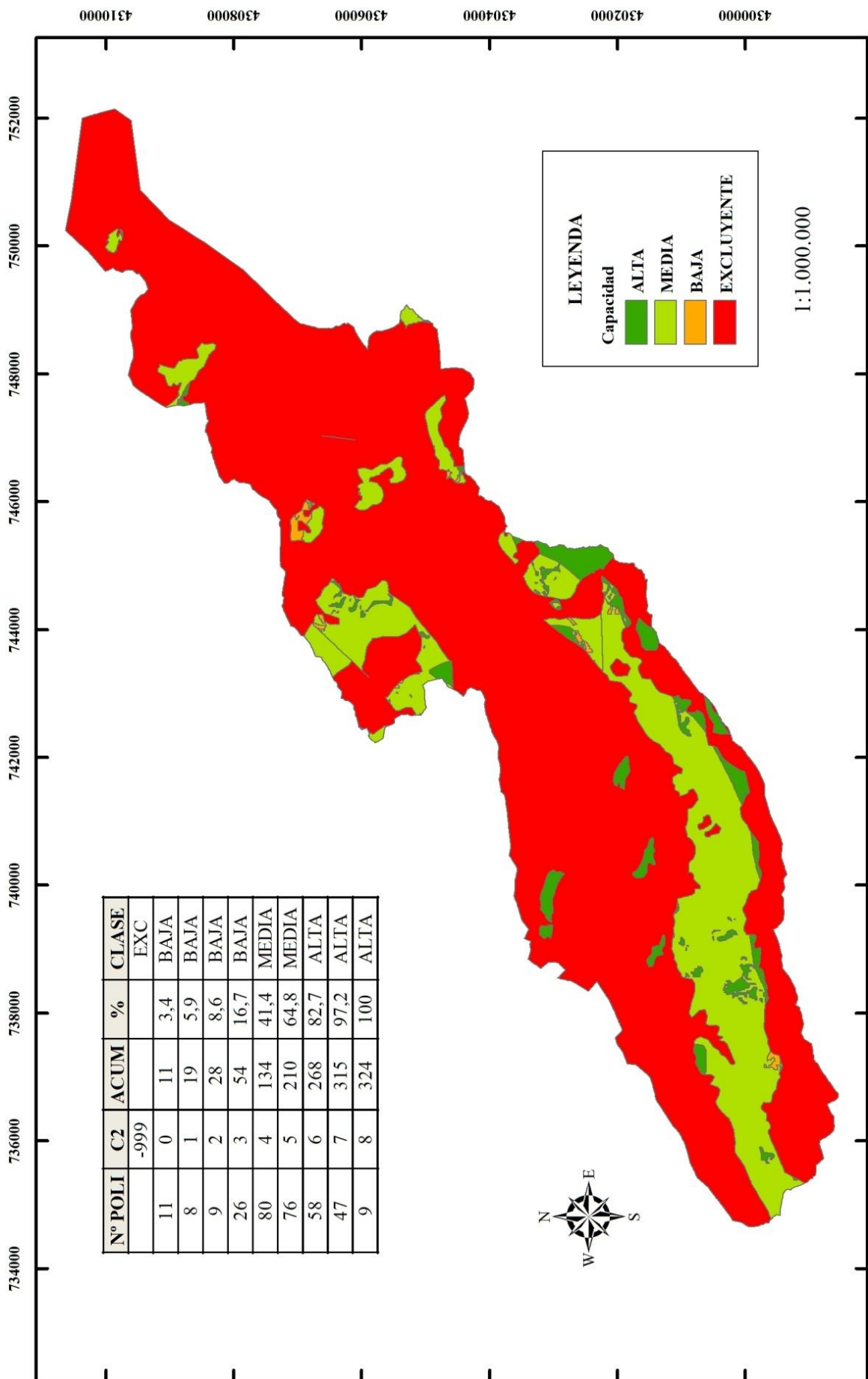


Figura 12. Capacidad para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva

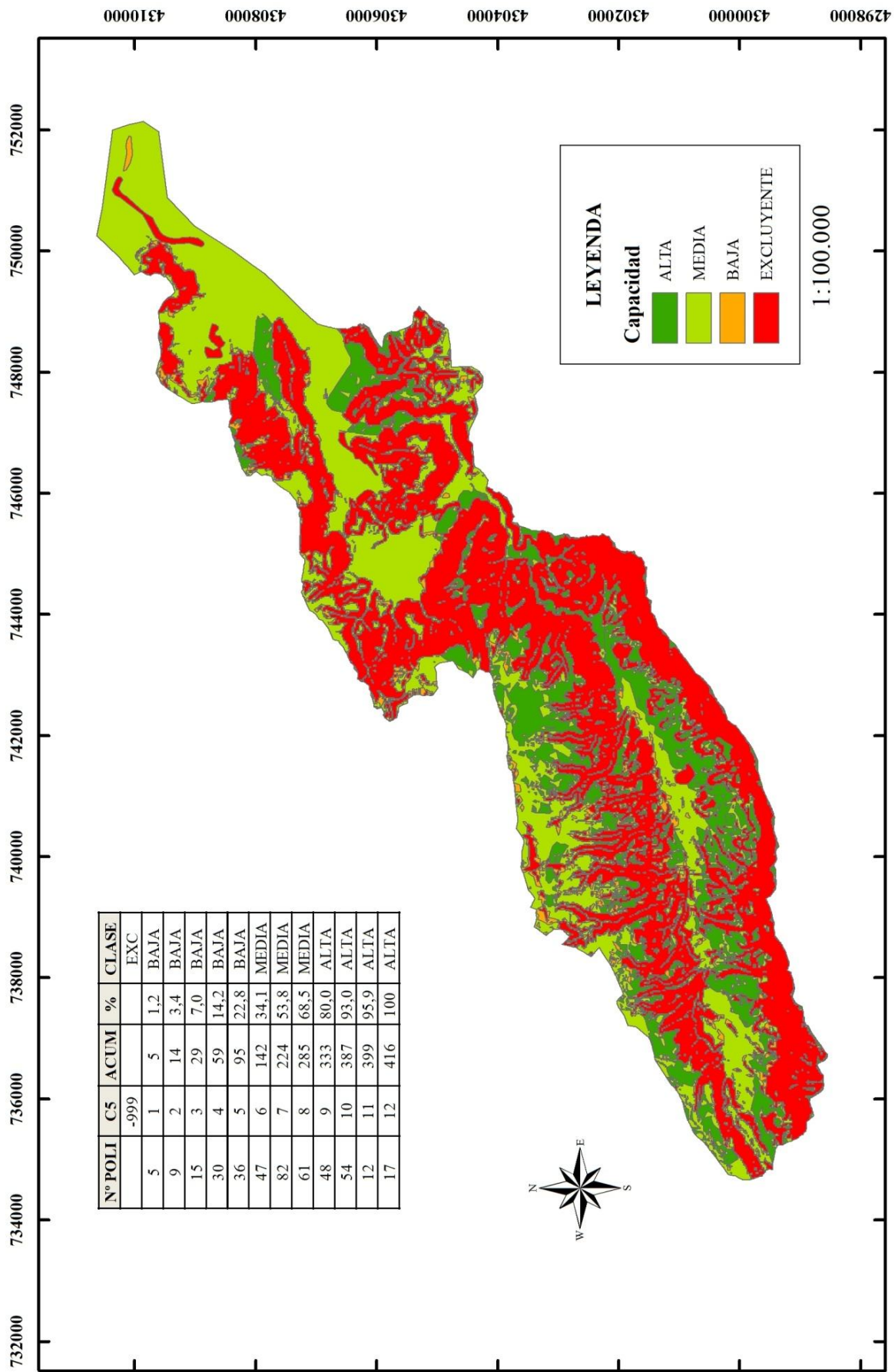


Figura 13. Capacidad para la actividad 5: Repoblación para aumentar la biodiversidad



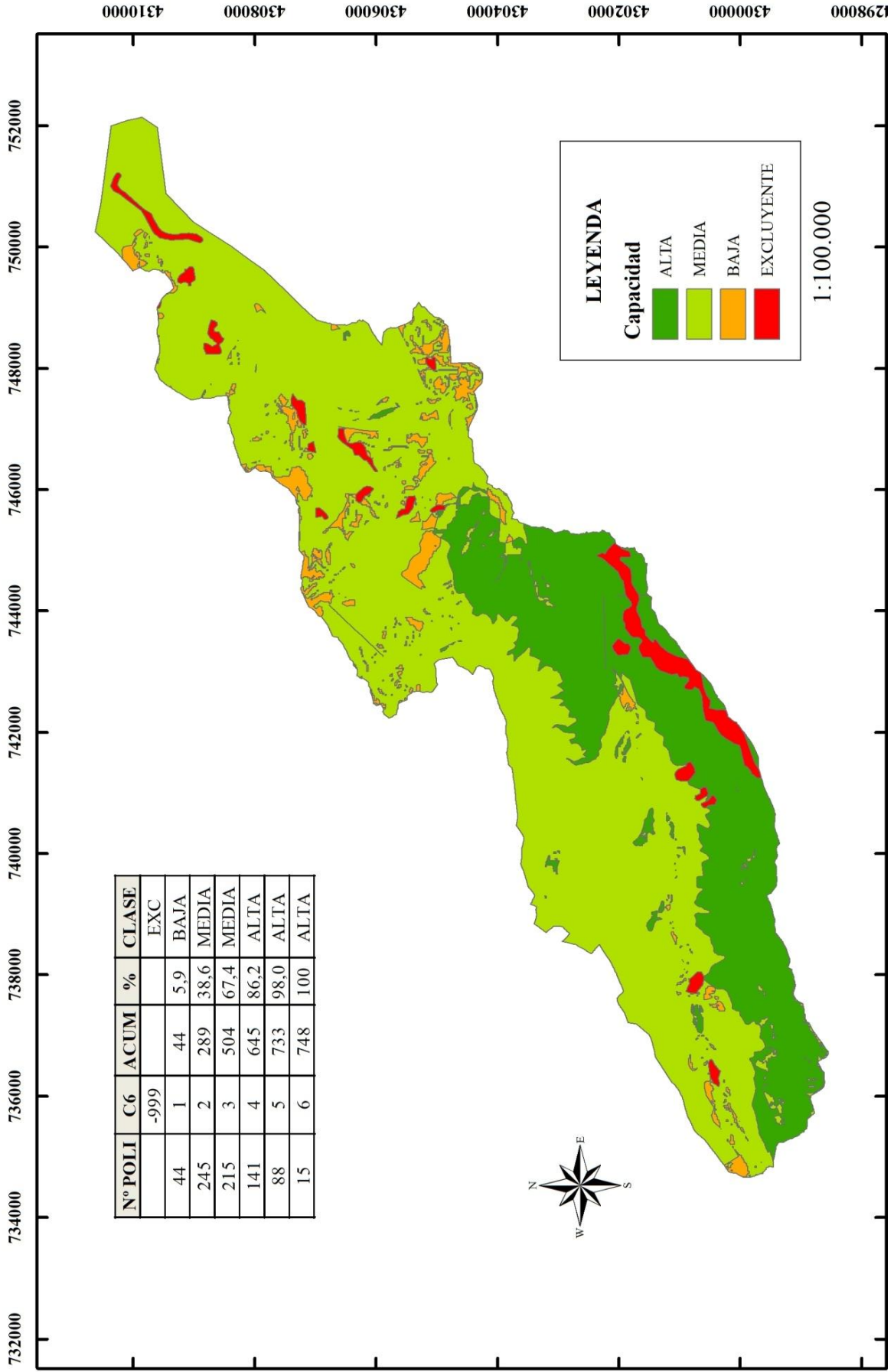


Figura 14. Capacidad para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés

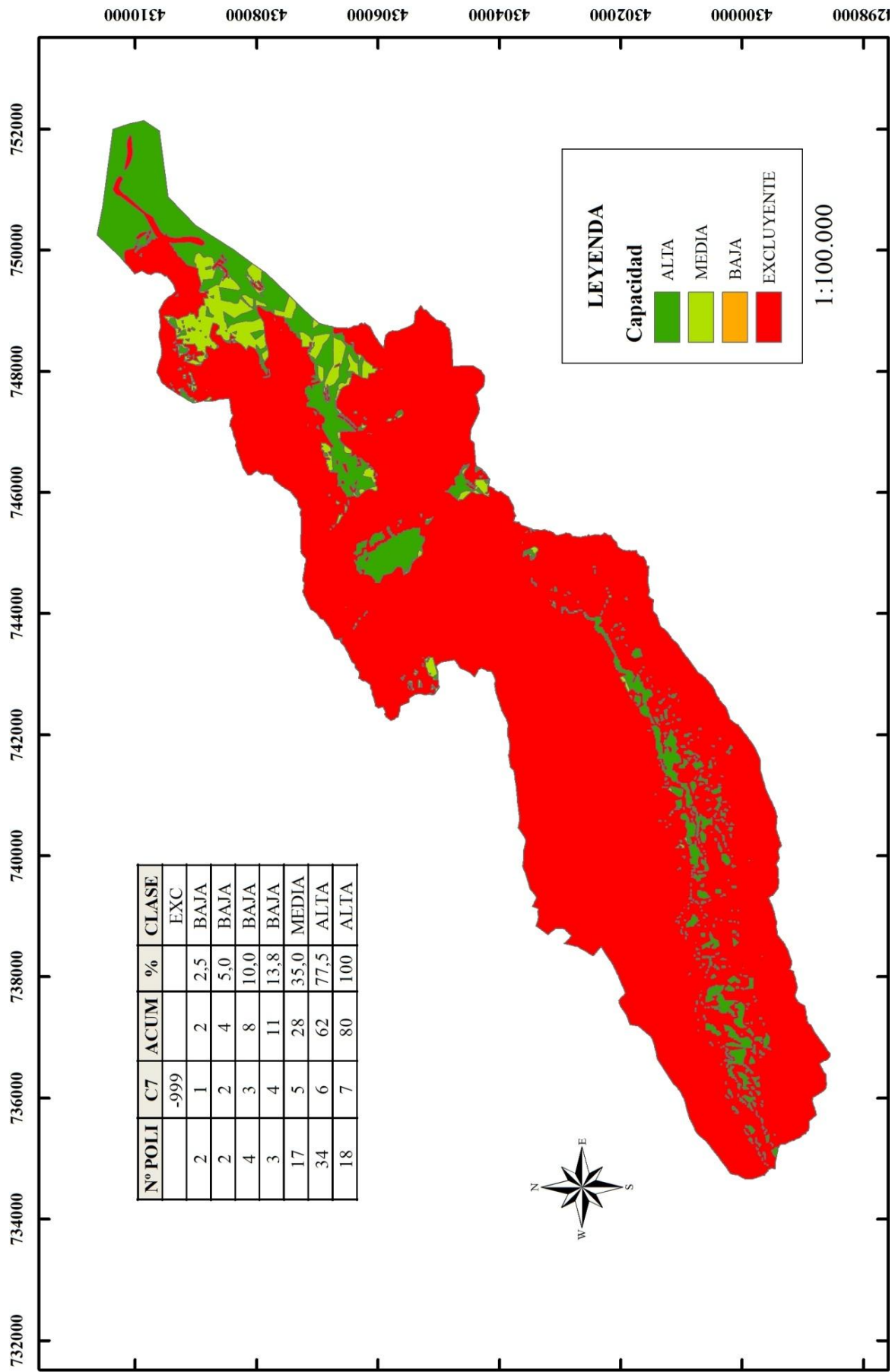


Figura 15. Capacidad para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola



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

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

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

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

2	Actividad muy conveniente
1	Actividad conveniente
0	Actividad indiferente
-1	Actividad poco conveniente
-2	Actividad muy poco conveniente
$-\infty$	Actividad no conveniente
-	El elemento “j” no influye en el desarrollo sobre el territorio de la actividad “i” o no existe capacidad para la actividad por lo que no se evalúa el grado de conveniencia.

La relación entre los elementos del medio y actividades de cara a evaluar el beneficios que producen las mismas, se vuelve a expresar por medio de una matriz de dimensión mxn donde m= 7 actividades y n=8 elementos.

**Tabla 34.** *Matriz de Conveniencia del medio para realizar actividades*

Elementos	Clase	Actividades						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Pendiente</b>	0-3%	0	0	0	1	2	0	2
	3-12%	0	0	0	1	2	0	1
	12-24%	1	1	1	1	1	0	-
	24-30%	2	1	1	2	1	0	-
	30-40%	2	2	2	2	-	0	-
	>40%	2	2	2	2	-	0	-
<b>Influencia Hídrica</b>	SI	0	0	2	2	0	0	0
	NO	0	0	0	0	0	0	0
<b>Usos del suelo</b>	Herbáceo de regadío	0	-	-	0	1	0	2
	Arbolado de secano	-1	1	-	0	1	1	1
	Arbolado de regadío	0	1	-	0	1	1	1
	Matorral	2	-	-	0	1	0	-
	Arbolado con cc 0,3 - 0,7	0	1	-	0	0	0	-
	Improductivo	-	-	-	-	-	-	-
<b>Litología</b>	a. Muy erosionable	1	2	0	1	1	0	1
	b. Erosionable	1	1	1	1	1	0	1
	c. Poco Erosionable	0	1	0	0	0	0	0
<b>Pérdidas de suelo</b>	Ninguna o ligera <10	0	0	0	1	0	0	2
	Moderada 10-50	1	1	1	1	1	0	-1
	Alta 50-100	2	2	2	2	-	0	-
	Muy alta >100	2	2	2	2	-	0	-
<b>Propiedad del suelo</b>	Monte Público	0	0	0	0	0	0	0
	Particular	1	1	0	0	0	0	2
<b>Protección</b>	Zona LIC	0	0	0	2	2	2	0
	Ninguna	1	0	0	1	1	0	0
<b>Espesura de la cobertura arbórea</b>	Completa >80%	-	0	-	0	0	0	-
	Defectiva 40-80%	1	2	-	0	0	0	0
	Ralo < 40%	2	1	-	0	0	0	0

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

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

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

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

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

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

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

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

Los valores de Conveniencia del medio para realizar actividades obtenidos y el resultado gráfico de los mismos se presentan en las siguientes figuras (16 a 21).

La conveniencia para la Actividad 3 es inadmisibles en toda su superficie, por lo que no se mostró en los resultados.

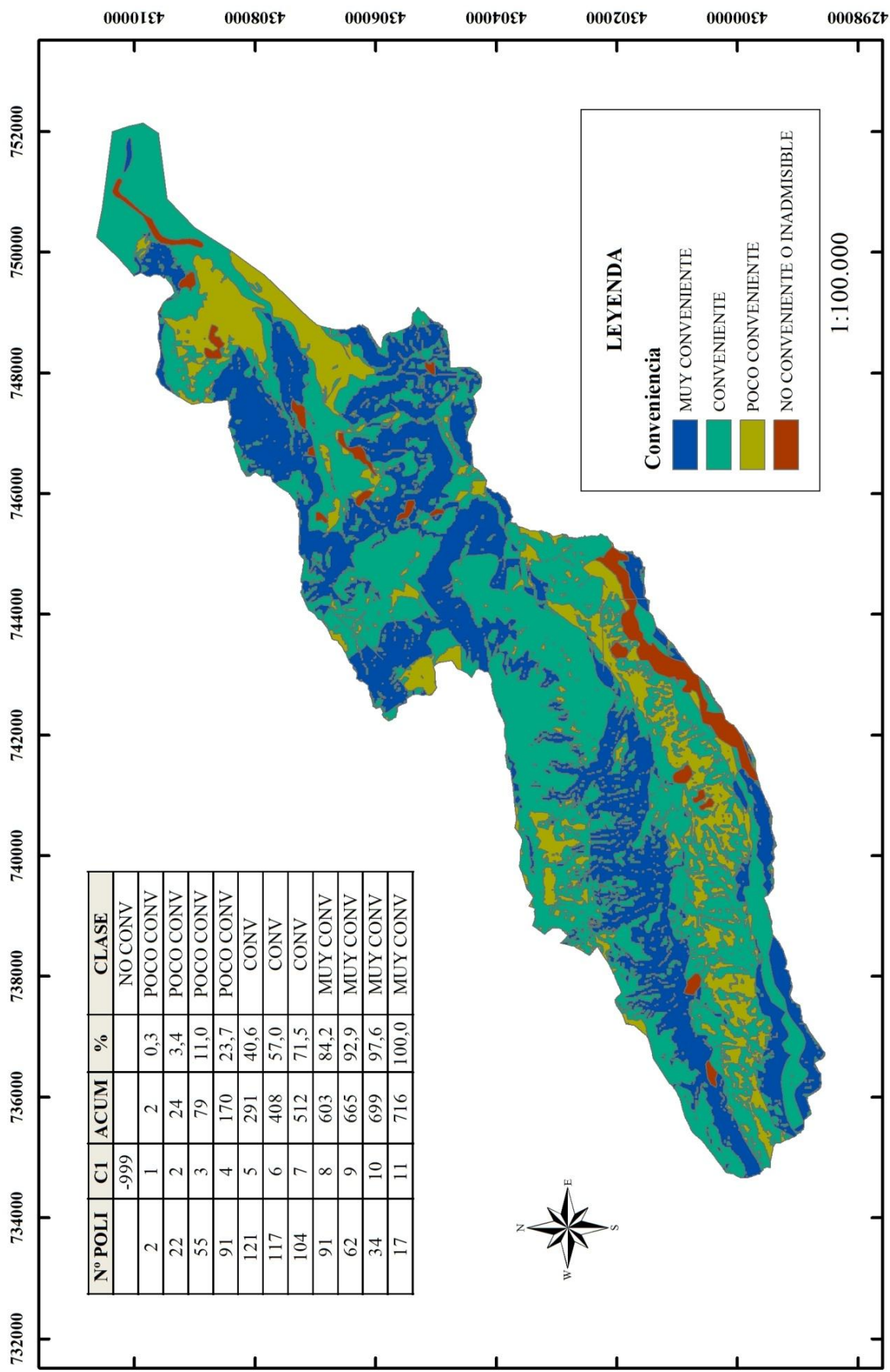


Figura 16. Conveniencia para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora

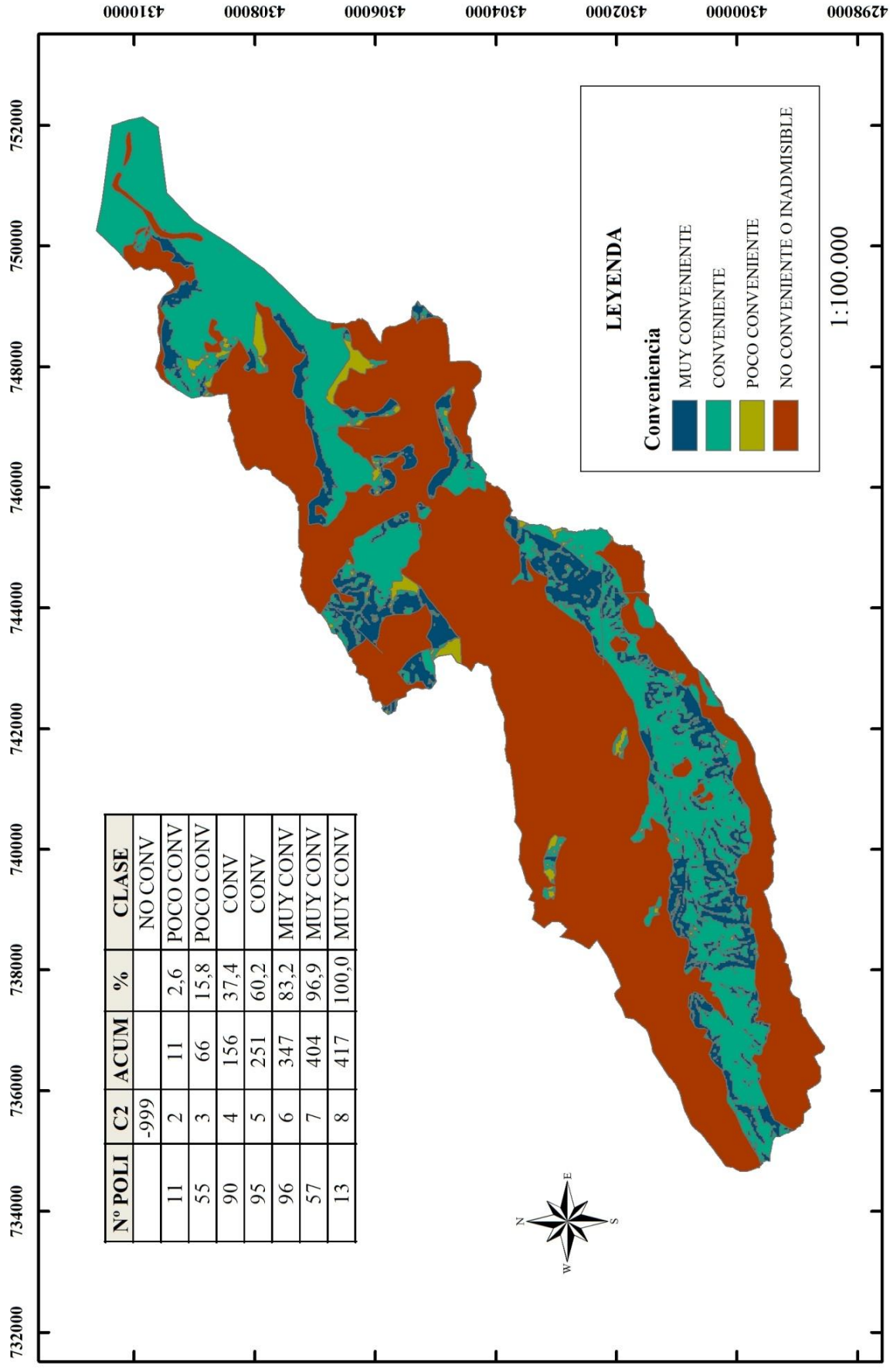


Figura 17. Conveniencia para la actividad 2: Completar espesura en masas con espesura defectiva

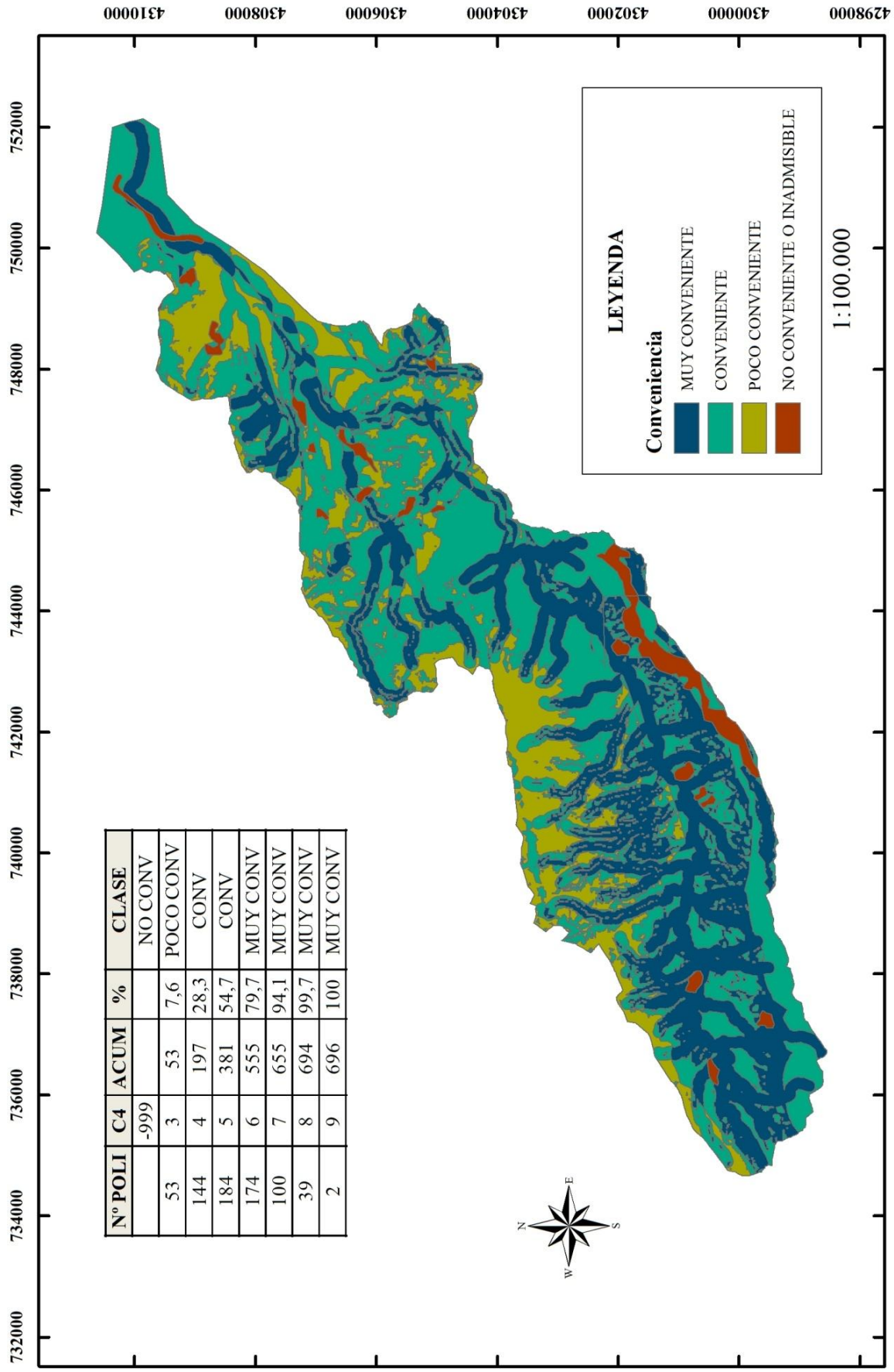


Figura 18. Conveniencia para la actividad 4: Restauración de riberas



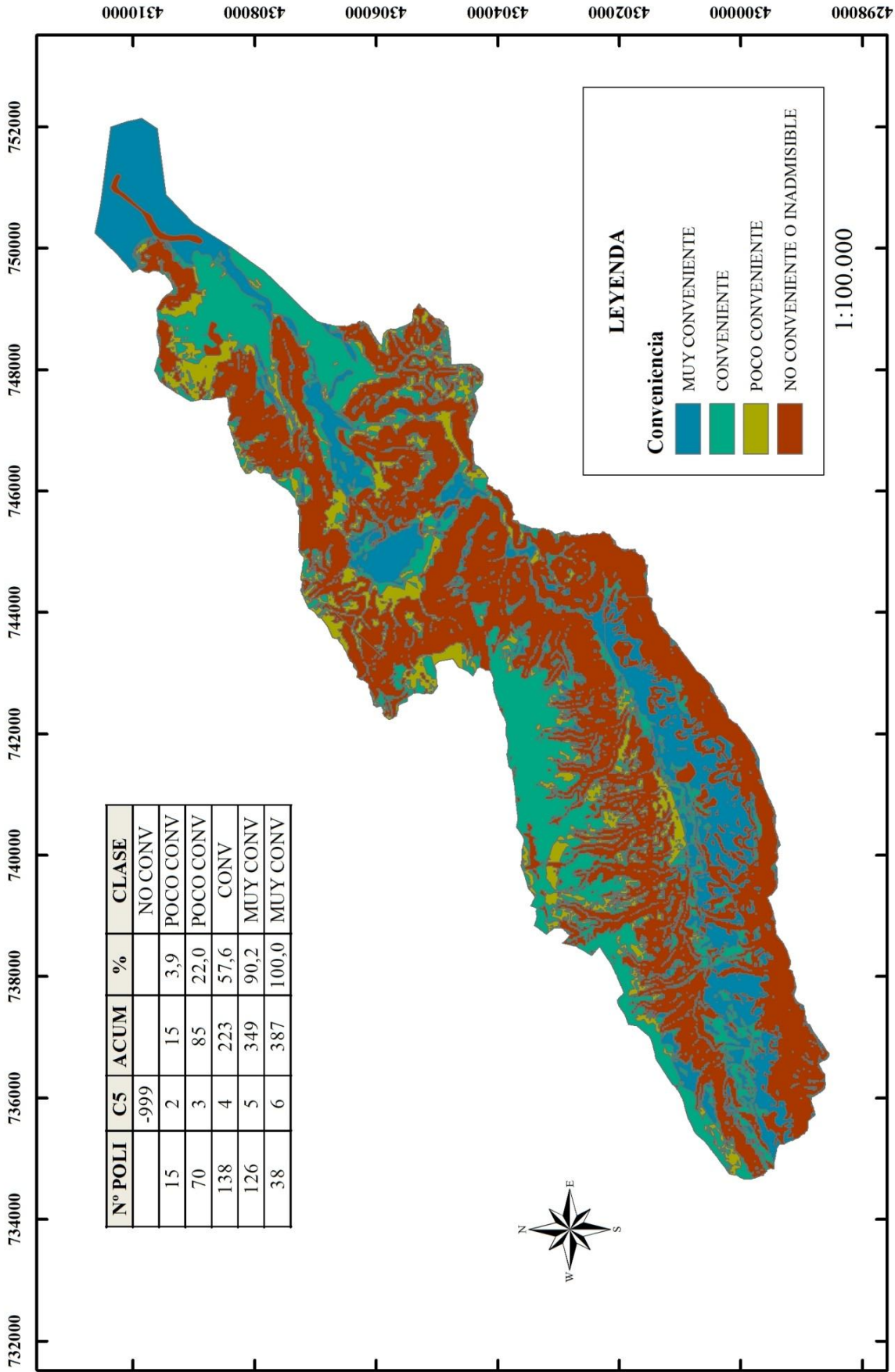


Figura 19. Conveniencia para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad

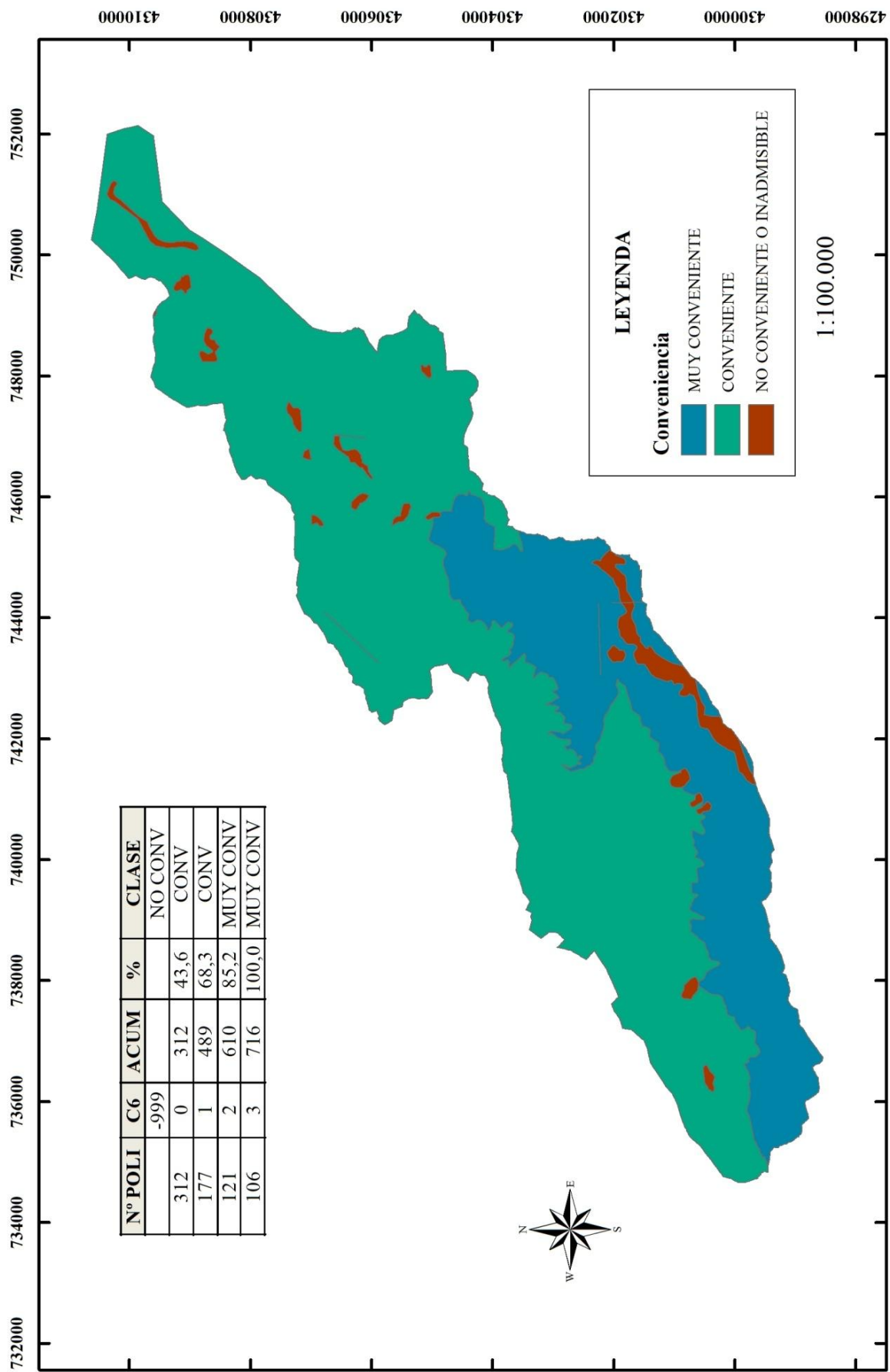


Figura 20. Conveniencia para la actividad 6: Conservación de enclaves de interés



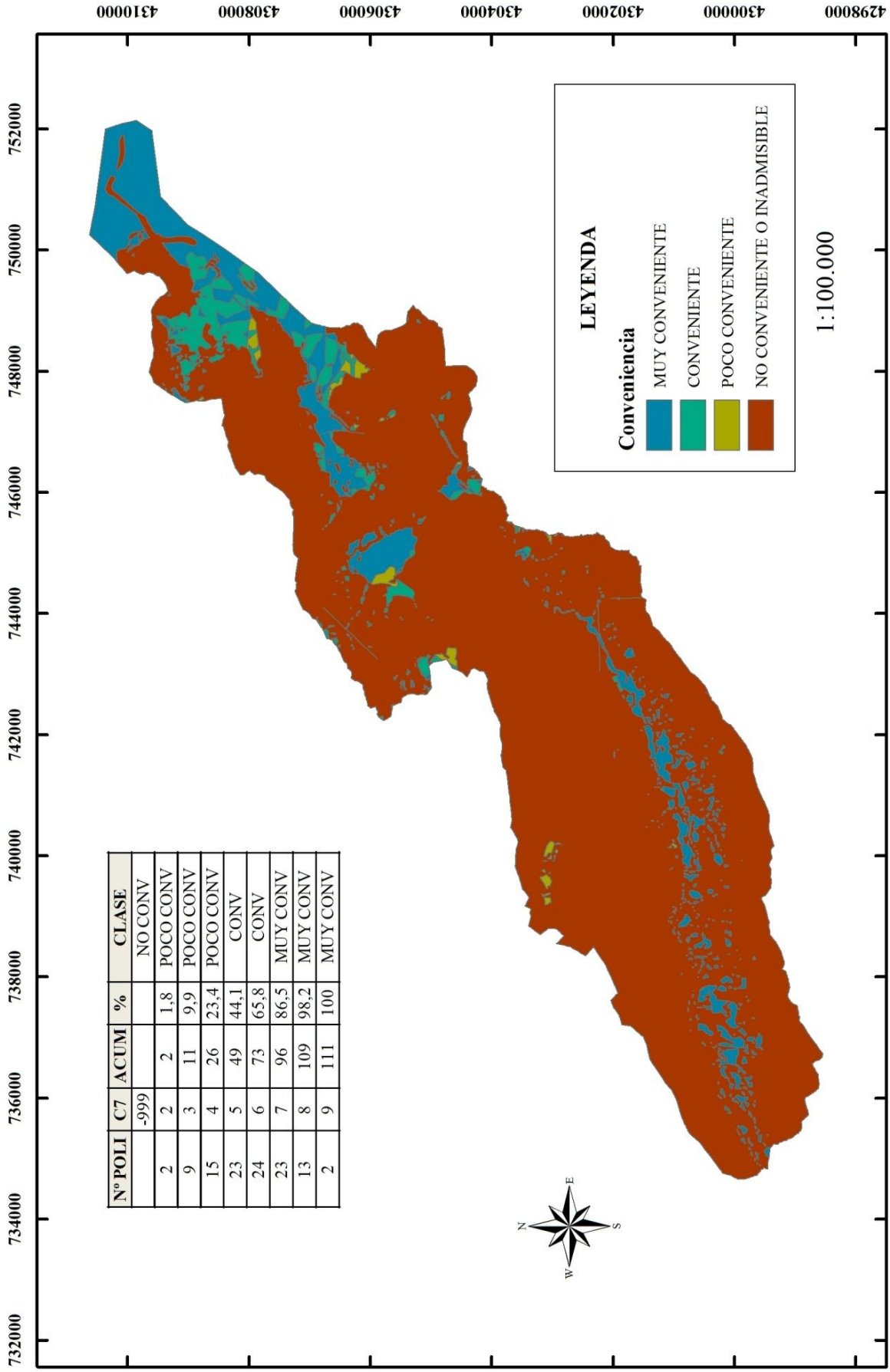


Figura 21. Conveniencia para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola

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

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

**Tabla 35.** *Adecuación del medio para la realización de actividades*

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

Utilizando esta tabla, y la superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia se ha determinado la adecuación global del territorio, expresada en cada unidad territorial homogénea, para cada actividad.

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

**Tabla 36.** *Clases de Adecuación establecidas*

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

Los resultados de la superposición de capas para conseguir el grado de adecuación de cada actividad, son representados en las figuras a continuación (Figuras 22 a 26).

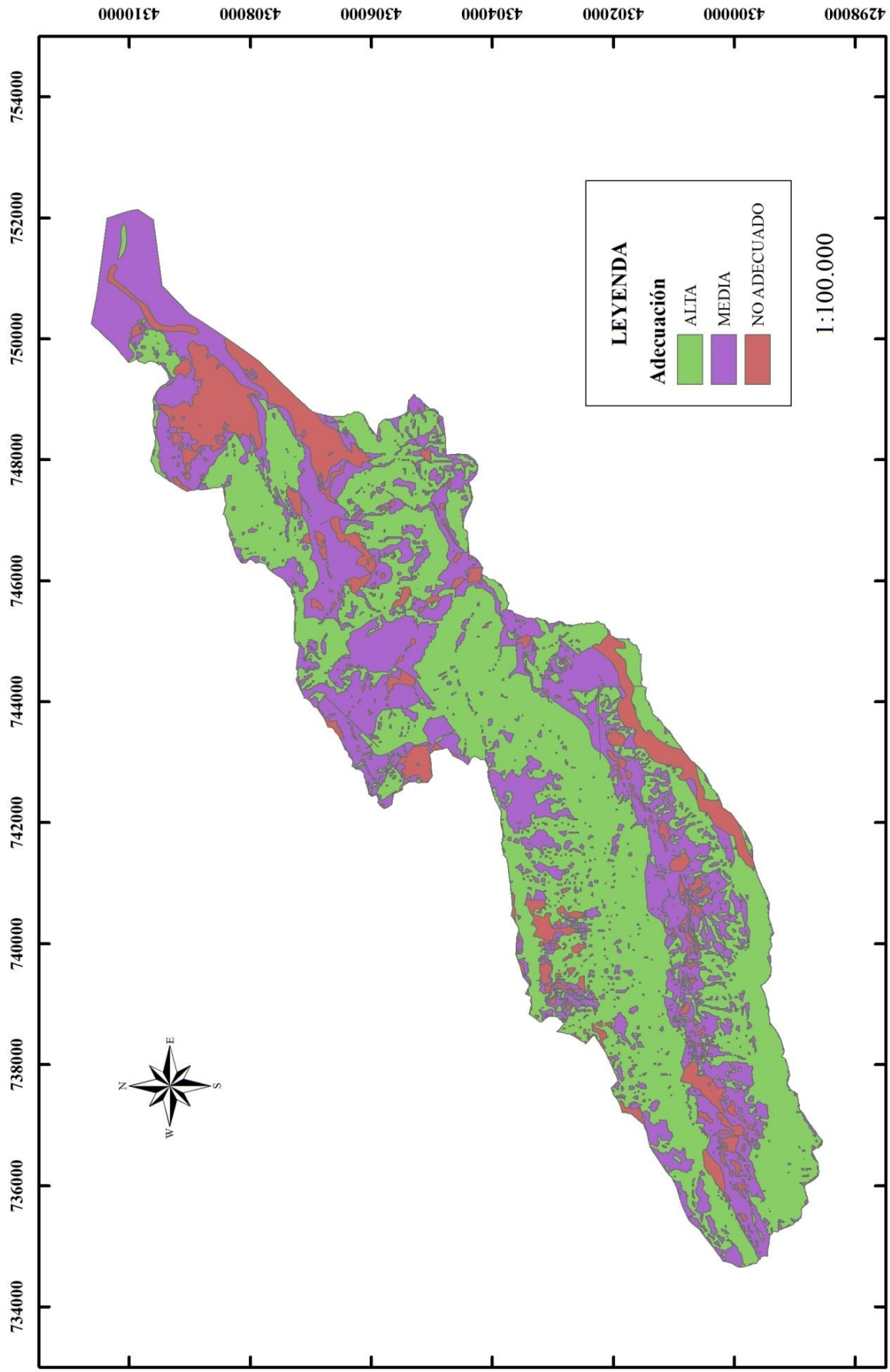


Figura 22. Adecuación para la actividad 1: Repoblación Forestal Protectora

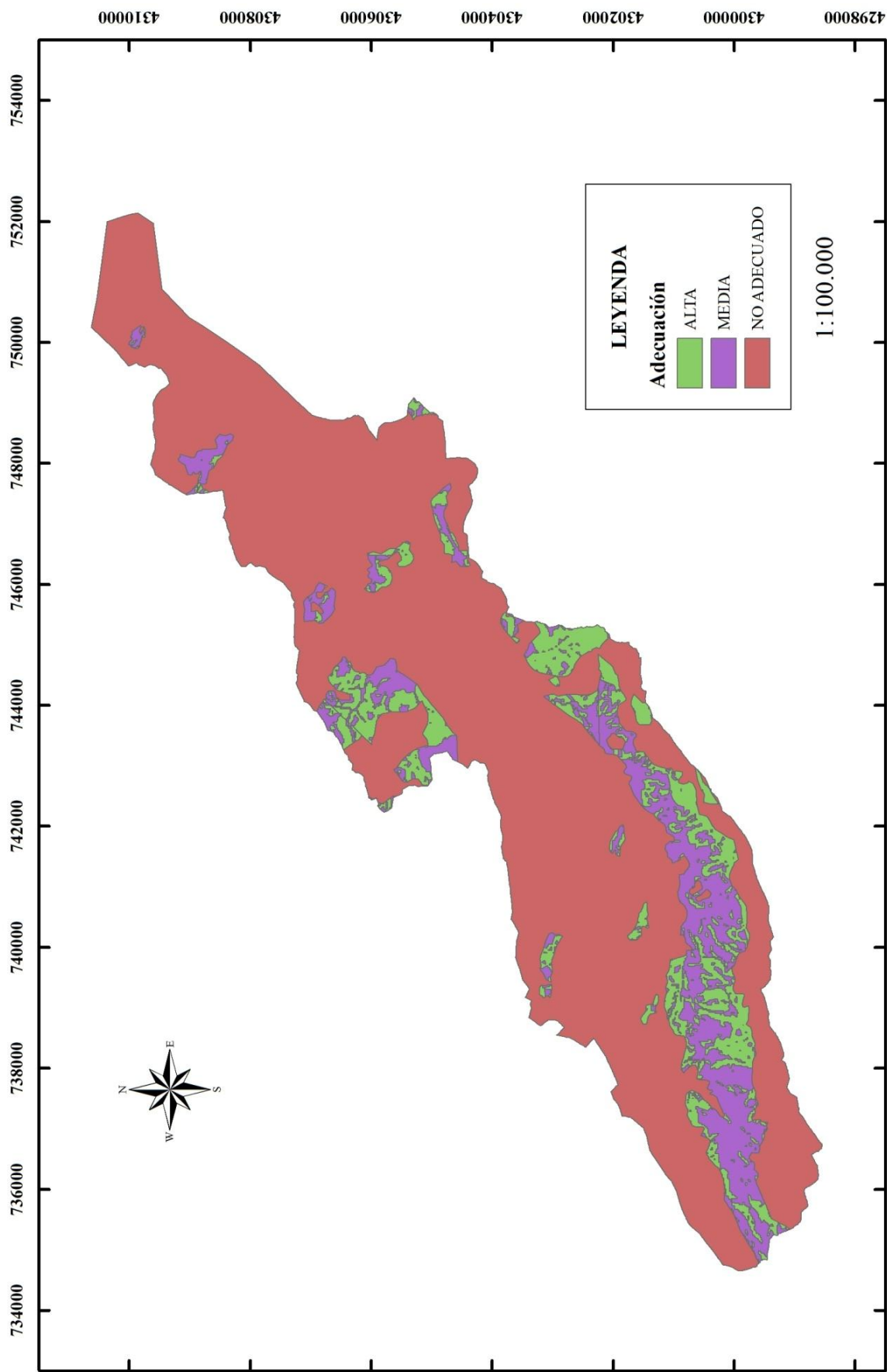
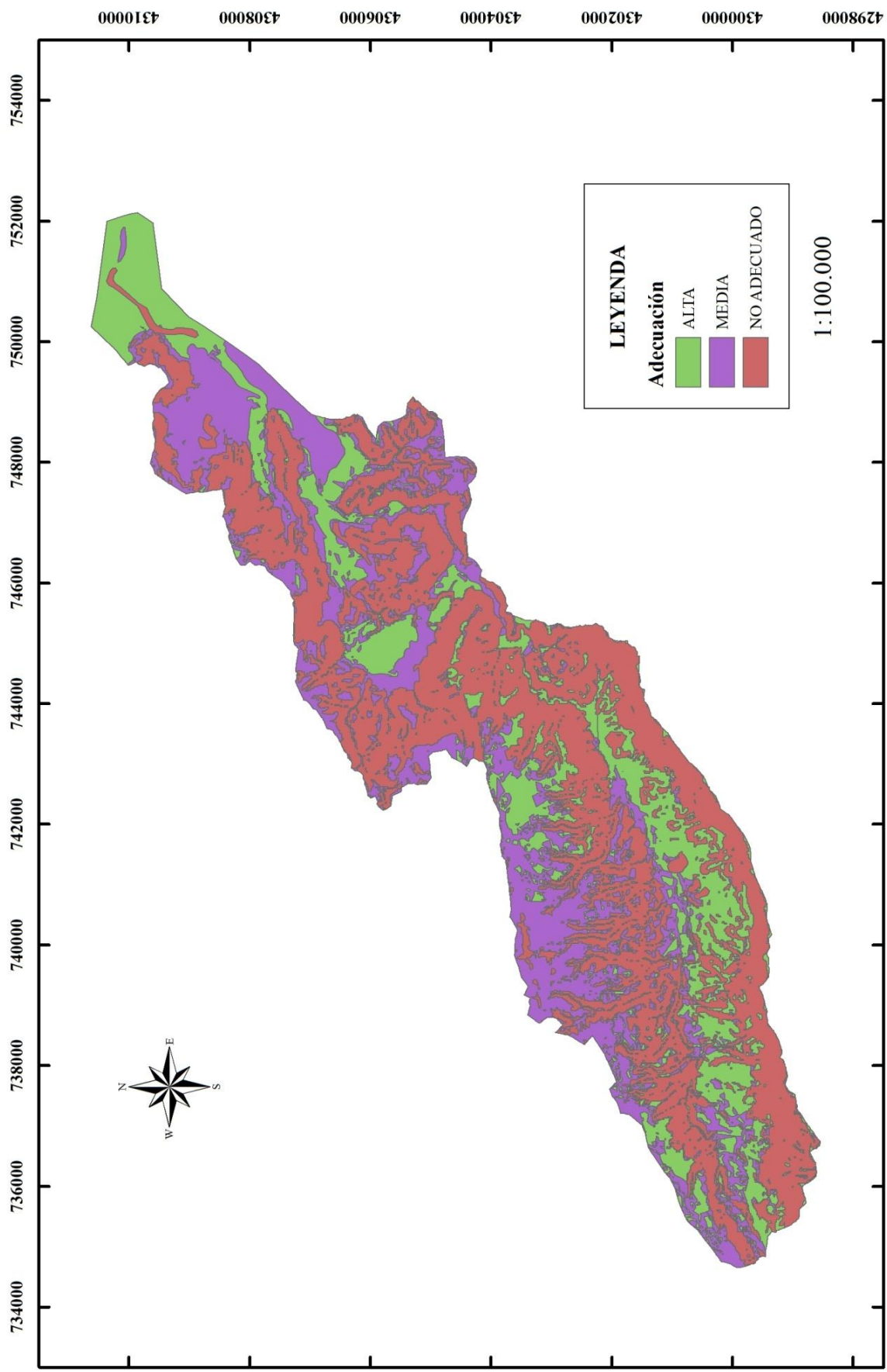


Figura 23. Adecuación para la actividad 2 Completar espesura en masas con espesura defectiva



**Figura 24.** Adecuación para la actividad 5: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad



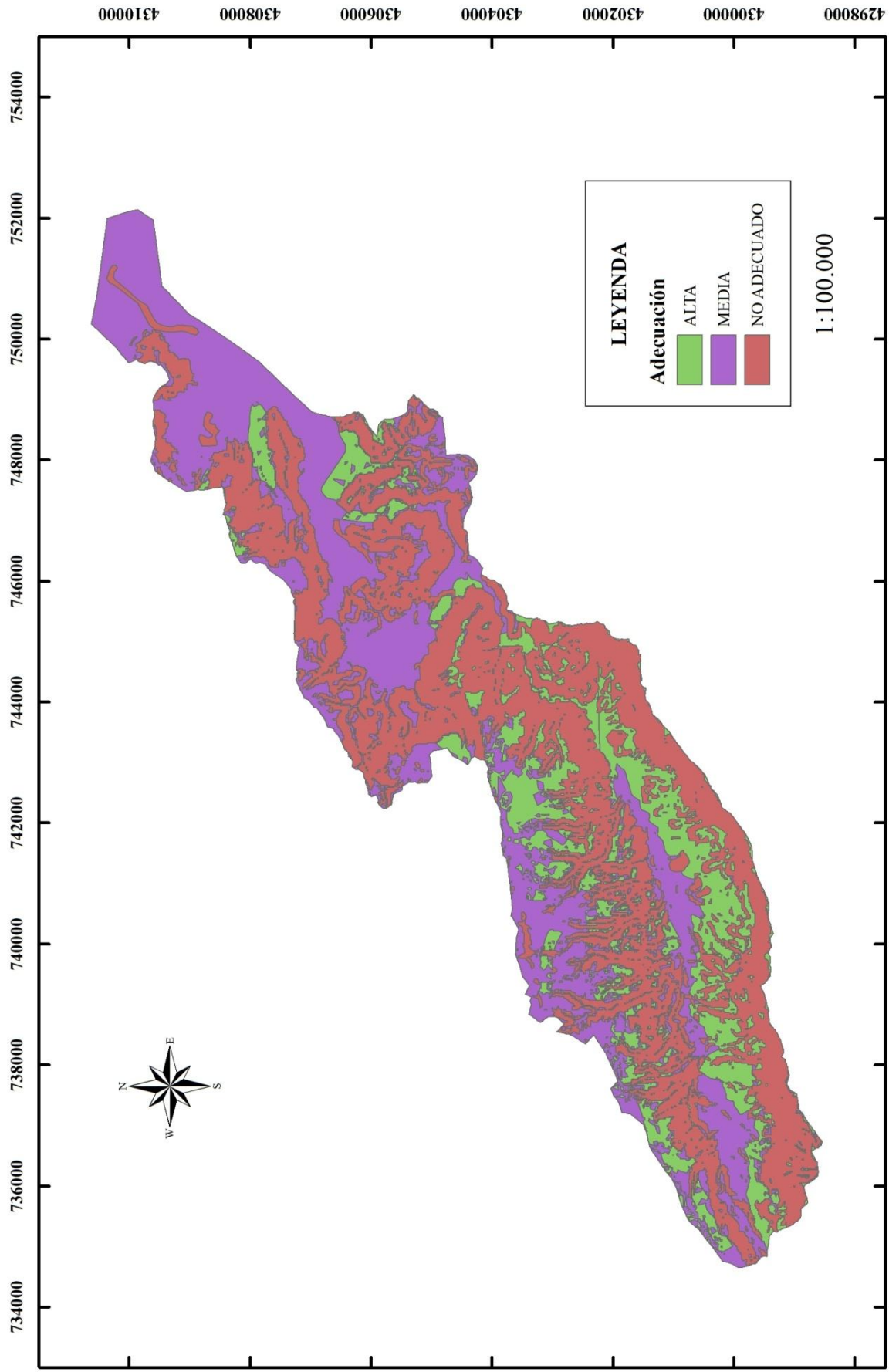


Figura 25. Adecuación para la actividad 6: Repoblaciones para aumentar la biodiversidad

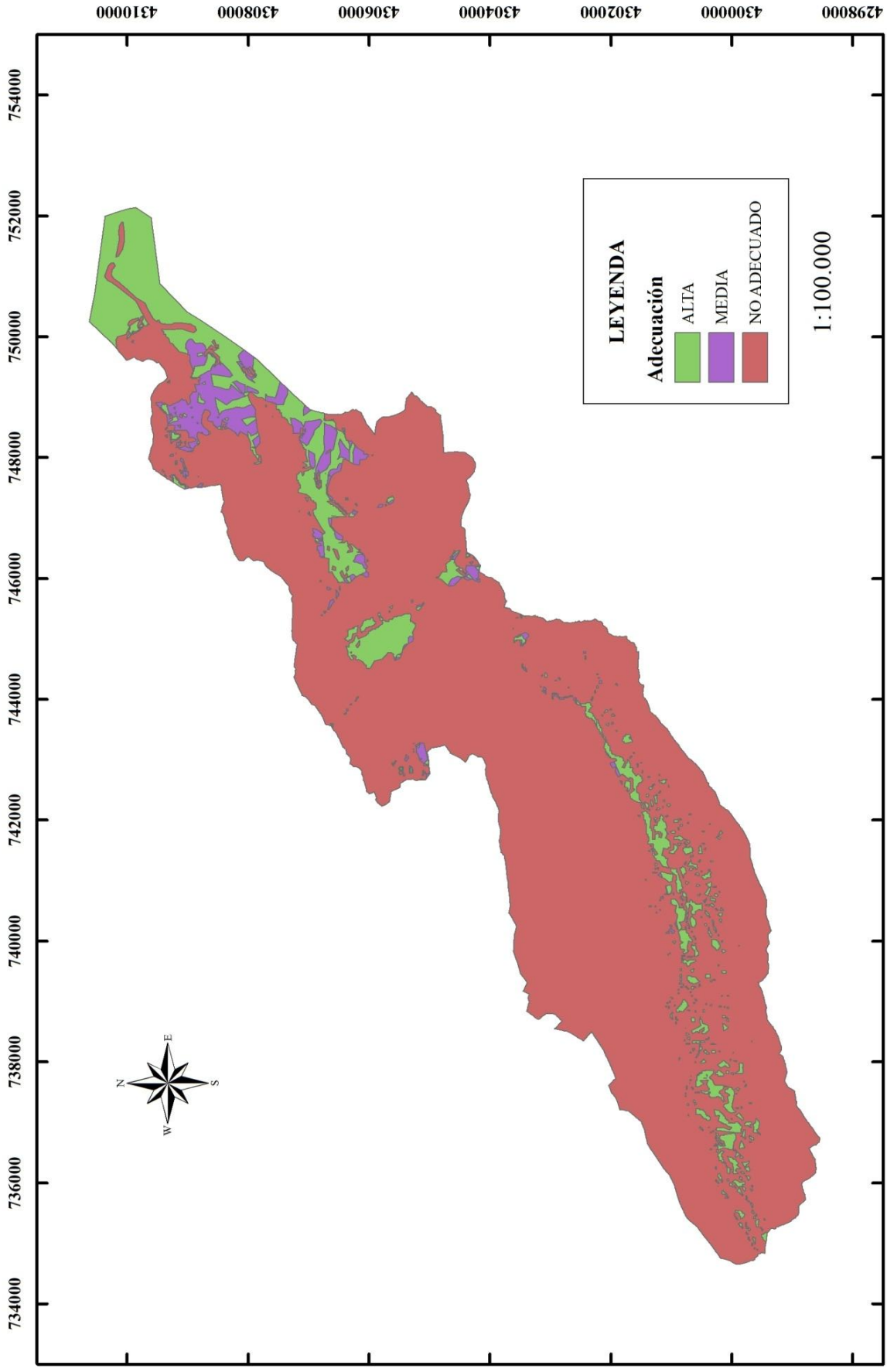


Figura 26. Adecuación para la actividad 7: Mantenimiento del uso agrícola

### 2.6.7. Relaciones entre actividades

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

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

**Tabla 37.** *Compatibilidad entre actividades*

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

Donde,

C Compatible

I Incompatible

### 2.6.8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

#### 2.6.8.1. Asignación de actividades

En principio, la asignación de actividades en la cuenca se establece en base al mayor grado de adecuación que presenten y teniendo en cuenta que las actividades que coincidan en el territorio y sean compatibles se puedan realizar todas a la vez. Pueden darse los siguientes casos: 1. Que en el mismo polígono coincidan varias actividades adecuadas compatibles, en



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

Para resolver este último caso, se van a tener en cuenta los siguientes caracteres del territorio, la pérdida de suelo potencial (modelo USLE) y el uso actual del suelo.

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

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

### 2.6.8.2. Actividades propuestas

Con la información antecedente, en este punto, se tiene la adecuación para cada actividad en la cuenca de Vall de Gallinera, indicada en la siguiente tabla.

**Tabla 38.** *Superficies de la Adecuación para las actividades propuestas*

Actividad	Adecuación	Superficie (km <sup>2</sup> )
1. Repoblación forestal Protectora	Alta	31,85
	Media	20,67
2. Completar espesura en masas defectivas	Alta	6,24
	Media	6,92
5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad	Alta	13,27
	Media	16,73
6. Conservación de enclaves de interés	Alta	10,00
	Media	20,52
7. Mantenimiento del uso agrícola	Alta	6,47
	Media	2,00

Su representación en el terreno, queda reflejada en las figuras 22 a 26 de Adecuación.

Las actividades 3 (hidrotecnias de corrección en cauces) y 4 (Restauración de riberas), no son representadas gráficamente ni tomadas en cuenta, debido a los resultados de superposición en el SIG, las mismas que no son aptas para su implementación debido a que, para la actividad 3 no existen emplazamientos adecuados en cauces y para la actividad 4, las riberas se encuentran en cultivos abancalados o sin erosión por formaciones de roca.

Las actividades que siendo compatibles coincidan en el mismo polígono, se realizarán a la vez. Como criterio de propuesta final se ha adoptado la clase de adecuación ALTA para la realización de cada actividad en la cuenca. Realizando la superposición con el SIG de las coberturas de adecuación de las actividades propuestas se obtienen las siguientes combinaciones posibles. Todas estas combinaciones son las que se muestran en la tabla 39 y que tienen su representación cartográfica en el mapa n° 13 del Anejo III).

**Tabla 39.** *Combinaciones de actividades compatibles con grado Alto de adecuación presentes en la cuenca*

Actividades Compatibles	Superficie (km <sup>2</sup> )
Actividad 1	26,70
Actividad 2	5,92
Actividad 5	0,45
Actividad 6	0,39
Actividad 7	5,56
Actividad 1 y 6	7,91
Actividad 2 y 5	2,09
Actividad 2 y 6	0,31
Actividad 5 y 6	5,51
Actividad 2, 5 y 6	0,12
Actividad 5, 6 y 7	2,60
Sin Actividad	2,11

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la presente investigación, proceden de la aplicación de los métodos clásicos de ordenación de cuencas (USLE y Criterios de Mintegui) y de la metodología de ordenación según criterios de sostenibilidad (MOCS), a la cuenca de Vall de Gallinera.

Las actividades de ordenación de la cuenca, propuestas por los métodos con los que se ha trabajado, se expresan en su proyección territorial mediante la correspondiente representación cartográfica obtenida del Sistema de Información Geográfico empleado en todo el proceso.

Debe tenerse en cuenta que las actividades promovidas por la metodología con criterios de sostenibilidad se obtienen de la capacidad del medio para acogerlas y que, entre ellas, figuran algunas que no se han considerado en los otros métodos. Por tanto, no todos los métodos promueven las mismas actividades ni tampoco tienen que coincidir necesariamente en términos cuantitativos (superficie en km<sup>2</sup>) ni geográficos (localización).

Los resultados son los siguientes:

**Tabla 40.** *Resultados de la ordenación según modelo USLE*

Código	Uso futuro	Superficie (km <sup>2</sup> )
1	Mantener uso actual	14,994
2	Mantener uso agrícola	9,820
3	Mantener uso forestal	1,747
4	Realizar prácticas de conservación de suelos	3,456
5	Repoblación en terreno forestal	2,730
6	Repoblación-Cambio de uso	24,859
7	Improductivo	2,044
<b>TOTAL</b>		59,64

**Tabla 41.** *Resultados de la ordenación según criterios de Mintegui Aguirre (1990)*

<b>Código</b>	<b>Uso futuro</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
1	Completar espesura con plantaciones mixtas de resinosas y quercíneas	3,878
2	Mantener/Mejorar uso	7,373
3	Conservar Cultivos	8,650
4	Repoblación Forestal	32,929
5	Conservar cubierta actual	4,723
6	Mantener Pastizal	0,053
7	Improductivo	2,044

**Tabla 42.** *Resultados de la ordenación según metodología con criterios de sostenibilidad*

<b>Código</b>	<b>Actividades Compatibles</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>
1	Actividad 1	26,701
2	Actividad 2	5,916
3	Actividad 5	0,452
4	Actividad 6	0,390
5	Actividad 7	5,557
6	Actividad 1 y 6	7,912
7	Actividad 2 y 5	2,085
8	Actividad 2 y 6	0,307
9	Actividad 5 y 6	5,510
10	Actividad 2, 5 y 6	0,115
11	Actividad 5, 6 y 7	2,597
12	Sin Actividad	2,107

### **3.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SUPERFICIES DE ACTUACIÓN**

Para efectuar la comparación de los resultados obtenidos con los diferentes métodos de ordenación en la cuenca de Vall de Gallinera, se han superpuesto entre ellas, cada una de las coberturas generadas con los diferentes métodos (Modelo USLE, Ordenación Agrohídrológica según criterios de Mintegui 1990 y Metodología con criterios de Sostenibilidad).

Como se trata de un modelo cartográfico de coincidencia superficial, en esta comparación no se han incluido las actividades 3 y 4 (hidrotecnias de corrección de cauces y repoblación de riberas) dado que las mismas no tuvieron un alto peso de representación cartográfica en este caso.

Dichas superposiciones se pueden expresar en forma matricial enfrentando la cobertura de actuaciones según la metodología de sostenibilidad con cada una de las coberturas de actuaciones generadas con los otros métodos.

#### **3.2.1. Comparación Modelo USLE y MOCS**

Los valores resultantes de la superposición de ambos modelos, donde las superficies se expresan en  $\text{km}^2$ , se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 43.** Superficies de superposición Modelo USLE y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km<sup>2</sup>)

MOCS	USLE	1. Mantener uso actual	2. Mantener uso agrícola	3. Mantener uso forestal	4. Realizar prácticas de conservación de suelos	5. Repoblación en terreno forestal	6. Repoblación- Cambio de uso	Sin actuación
1		0,230	0,717	0,031	1,226	0,056	24,442	0
1 y 6		5,663	1,571	0,276	0,001	0	0,401	0
<b>1.</b>	<b>Repoblación Forestal Protectora</b>	<b>5,893</b>	<b>2,288</b>	<b>0,306</b>	<b>1,227</b>	<b>0,056</b>	<b>24,843</b>	<b>0</b>
2		1,178	0,005	0,079	2,081	2,573	0	0
2 y 5		1,199	0,011	0,841	0,018	0,015	0	0
2 y 6		0,057	0,006	0,235	0	0,010	0	0
2, 5 y 6		0,115	0	0	0	0	0	0
<b>2.</b>	<b>Completar espesura en masas con espesura defectiva</b>	<b>2,549</b>	<b>0,021</b>	<b>1,155</b>	<b>2,099</b>	<b>2,598</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
5		0,257	0,054	0	0,049	0,076	0,015	0
5 y 6		5,024	0,427	0,041	0,018	0	0	0
5, 6 y 7		0,650	1,947	0	0	0	0	0
<b>5.</b>	<b>Repoblaciones para aumentar la biodiversidad</b>	<b>5,931</b>	<b>2,429</b>	<b>0,041</b>	<b>0,067</b>	<b>0,076</b>	<b>0,015</b>	<b>0</b>
<b>6.</b>	<b>Conservación de enclaves</b>	<b>0,038</b>	<b>0,108</b>	<b>0,245</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>7.</b>	<b>Mantenimiento Uso agrícola</b>	<b>0,582</b>	<b>4,975</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Sin actuación</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,063</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,044</b>

Los solapes entre las dos metodologías son los siguientes:

1. Repoblación Forestal Protectora (en las combinaciones 1 y 16, de MOCS) con 6 (Repoblación-Cambio de uso). La superficie en km<sup>2</sup> de coincidencia es la siguiente:

Actividad 1 (MOCS) con 6 (USLE): **24,843**

2. Completar espesura en masas con espesura defectiva (en 2, 25, 26, 256, de MOCS) con 5 (Repoblación en terreno forestal), 1 (Mantener uso actual) y en menor superficie con 4 (Realizar prácticas de conservación de suelos). Las superficies en km<sup>2</sup> de coincidencia son las siguientes:

Actividad 2 (MOCS) con 5 (USLE): **2,598**

Actividad 2 (MOCS) con 1 (USLE): **2,549**

Actividad 2 (MOCS) con 4 (USLE): **2,099**

3. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad en (5, 56, 567 de MOCS) con 1 (Mantener uso actual). La superficie en km<sup>2</sup> de coincidencia es la siguiente:

Actividad 5 (MOCS) con 1 (USLE): **5,931**

4. Conservación de enclaves de interés (6 de MOCS) con 3 (Mantener uso forestal), 2 (Mantener uso agrícola) y 1 (Mantener uso actual). Las superficies en km<sup>2</sup> de coincidencia son respectivamente: **0,245; 0,108 y 0,038**

5. Mantenimiento del uso agrícola (7 de MOCS) con 2 (Mantener uso agrícola). La superficie en km<sup>2</sup> de coincidencia es la siguiente:

Actividad 7 (MOCS) con 2 (USLE): **4,975**

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

A continuación se presenta la superposición de ambos métodos en la siguiente tabla:

**Tabla 44.** Superficies de superposición Metodología según criterios de Mintegui y Metodología de Ordenación con Criterios de Sostenibilidad (km<sup>2</sup>)

Mintegui MOCS	1. Completar espesura	2. Mantener/ Mejorar uso	3. Conservar Cultivos	4. Repoblación Forestal	5. Conservar cubierta actual	6. Mantener Pastizal	Sin actuación
1	0,086	1,142	0,790	24,619	0,042	0,021	0
1 y 6	0,276	0,081	1,491	4,821	1,226	0,018	0
<b>1. Repoblación Forestal Protectora</b>	<b>0,362</b>	<b>1,224</b>	<b>2,281</b>	<b>29,440</b>	<b>1,268</b>	<b>0,038</b>	<b>0</b>
2	2,652	0,035	0,566	2,662	0	0	0
2 y 5	0,484	0,843	0,126	0,259	0,373	0	0
2 y 6	0,245	0,059	0,003	0	0	0	0
2, 5 y 6	0	0,065	0,023	0,027	0	0	0
<b>2. Completar espesura en masas con espesura defectiva</b>	<b>3,380</b>	<b>1,003</b>	<b>0,718</b>	<b>2,948</b>	<b>0,373</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
5	0	0,103	0	0,138	0,211	0	0
5 y 6	0,005	1,881	0,464	0,403	2,757	0	0
5, 6 y 7	0	0,564	2,034	0	0	0	0
<b>5. Repoblaciones para aumentar la biodiversidad</b>	<b>0,005</b>	<b>2,549</b>	<b>2,498</b>	<b>0,541</b>	<b>2,968</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>6. Conservación de enclaves</b>	<b>0,130</b>	<b>0,023</b>	<b>0,108</b>	<b>0</b>	<b>0,114</b>	<b>0,015</b>	<b>0</b>
<b>7. Mantenimiento Uso agrícola</b>	<b>0</b>	<b>2,982</b>	<b>2,576</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Sin actuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,063</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,044</b>



Las coincidencias de la superposición de los mapas de ambas metodologías comparadas son las siguientes:

1. La Repoblación Forestal Protectora (en las combinaciones 1 y 16, de MOCS) coincide en su mayoría con la actuación 4 (Repoblación Forestal) de la metodología de Mintegui.

2. Completar espesura en masas con espesura defectiva (combinaciones en 2, 25, 26, 256, de MOCS) coinciden respectivamente en su mayoría con 1 (Completar espesura), 4 (Repoblación forestal) y 2 (Mantener/Mejorar uso) del la metodología de Mintegui.

3. Las Repoblaciones para aumentar la biodiversidad en (5, 56, 567 de MOCS) coinciden sobre todo con 5 (Conservar cubierta actual) y 2 (Mantener/Mejorar uso).

4. Conservación de enclaves de interés (6 de MOCS) coincide en su mayoría con 1 (Completar espesura) y además coincide con 5 (Conservar cubierta actual).

5. El Mantenimiento del uso agrícola (7 de MOCS) coinciden en gran mayoría con 2 (Mantener/mejorar uso) del método de criterios de Mintegui.

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

Superponiendo las coberturas de ordenación de la cuenca según ambas metodologías, se ha llegado como resultado a la siguiente tabla, en la cual se muestran las superficies (en km<sup>2</sup>) destinadas a cada clasificación de coberturas.

**Tabla 45.** Superficies de superposición Metodología con criterios de Mintegui (1990) y Modelo USLE. (km<sup>2</sup>)

<b>USLE</b>	<b>1. Mantener uso actual</b>	<b>2. Mantener uso agrícola</b>	<b>3. Mantener uso forestal</b>	<b>4. Realizar prácticas de conservación de suelos</b>	<b>5. Repoblación en terreno forestal</b>	<b>6. Repoblación-Cambio de uso</b>	<b>Sin actuación</b>
<b>Mintegui</b>							
<b>1. Completar espesura</b>	0	0	1,228	0	2,649	0	0
<b>2. Mantener/Mejorar uso</b>	3,977	2,177	0	1,219	0	0	0
<b>3. Conservar Cultivos</b>	0,651	7,638	0	0,360	0	0	0
<b>4. Repoblación Forestal</b>	6,287	0,004	0	1,877	0	24,761	0
<b>5. Conservar cubierta actual</b>	4,064	0	0,519	0	0,080	0,059	0
<b>6. Mantener Pastizal</b>	0,015	0	0	0	0	0,038	0
<b>Sin actuación</b>	0	0	0	0	0	0	2,044

Los solapes resultantes entre las actividades de la metodología USLE y la metodología según criterios de Mintegui son los siguientes:

1. Para la Actividad 1(Mantener uso actual) del modelo USLE, existe una mayor superficie de coincidencia con las actividades 4 (Repoblación Forestal), 5 (Conservar cubierta actual) y 2 (Mantener/Mejorar uso) de Mintegui.

2. La coincidencia entre la Actividad 2 (Mantener uso agrícola) de USLE con la actividad 3 (Conservar cultivos) de Mintegui, es la mayor entre la comparación con otras actividades de la metodología de Mintegui, así también, pero en menor proporción, la actividad 2 de USLE coincide con la actividad 2 (Mantener/Mejorar uso) de Mintegui.

3. La actividad 3 (Mantener uso forestal) de USLE coincide con la actividad 1 (Completar espesura) de la metodología de Mintegui. En menor superficie, pero coincidente, también se encuentra la actividad 5 (Conservar cubierta actual) de Mintegui.

4. Respecto a la coincidencia de la actividad 4 (Realizar prácticas de conservación de suelos) de USLE, ésta coincide con las actividades 4 (Repoblación Forestal), 2 (Mantener/Mejorar uso) y 3 (Conservar cultivos) de la metodología de Mintegui.

5. La actividad de repoblación forestal de USLE (actividad 5) coincide con la actividad 1(Completar espesura) de la metodología de Mintegui.

6. La mayor superficie de coincidencia de esta comparación de metodologías, se da entre la actividad 6 (Repoblación-Cambio de uso) del modelo de USLE con la actividad 4 (Repoblación Forestal) de la metodología de Mintegui.

### 3.3. ESTUDIO CUANTITATIVO DE LAS COINCIDENCIAS DE LOS MÉTODOS: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE KAPPA.

Para efectuar un análisis cuantitativo de los diferentes métodos de ordenación considerados, se procede a agrupar las actividades de cada uno de los métodos en bloques de actuación similares.

Se han considerado los siguientes bloques para establecer correspondencias entre actividades de los métodos.

**Tabla 46.** *Bloques de actuaciones asimilables entre Metodologías*

Bloques	Metodología Sostenibilidad	Método USLE
Repoblaciones	1	5+6
Mantener/ mejorar uso	2+5	1+3+4
Mantenimiento del uso agrícola	7	2
Conservación de enclaves	6	*
Improductivo	999	999

Bloques	Metodología Sostenibilidad	Metodología de Criterios Mintegui
Repoblaciones	1	4
Mantener/ mejorar uso	2+5	1+2+5+6
Mantenimiento del uso agrícola	7	3
Conservación de enclaves	6	*
Improductivo	999	999

Bloques	Método USLE	Metodología de Criterios Mintegui
Repoblaciones	5+6	4
Mantener/ mejorar uso	1+3+4	1+2+5+6
Mantenimiento del uso agrícola	2	3
Improductivo	999	999

\*Significa que no hay una propuesta de actuación para este bloque.

Una vez clasificadas las actividades de cada metodología en los bloques comparativos, se procedió a construir matrices cuadradas que enfrenten los bloques y recojan las superficies de coincidencia entre métodos. Las tablas que recogen los resultados son las siguientes:

Tabla 47. Comparación MOCS con USLE (en km<sup>2</sup>)

	Repoblaciones	Mantener/ mejorar uso	Mantenimiento del uso agrícola	Conservación de enclaves	Improductivo	Totales
Repoblación Protectora	24,899	7,426	2,288	0	0	34,613
Mantener/ mejorar uso	2,690	11,843	2,450	0	0	16,982
Mantenimiento del uso agrícola	0	0,582	4,975	0	0	5,557
Conservación de enclaves	0	0,282	0,108	0	0	0,390
Improductivo	0	0,063	0	0	2,044	2,107
Totales	27,589	20,197	9,820	0	2,044	59,649

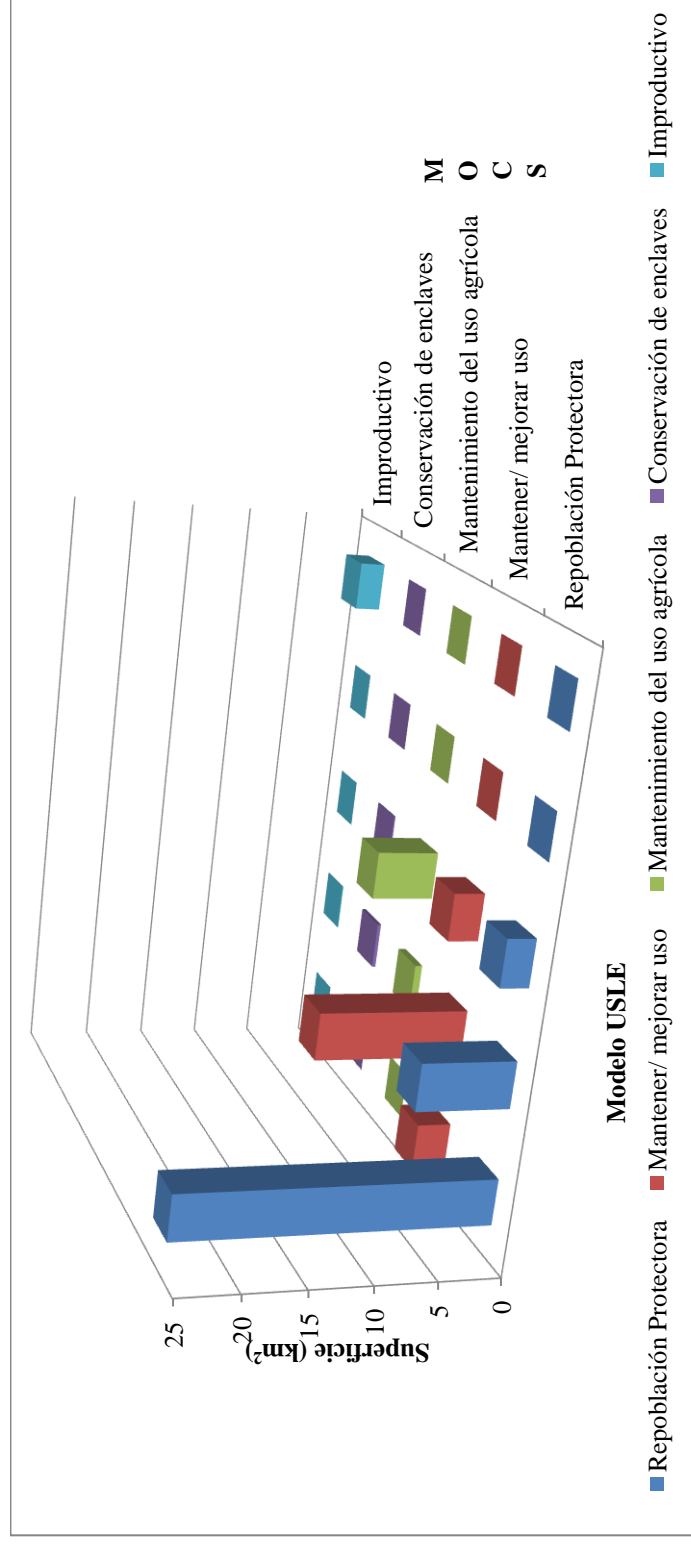
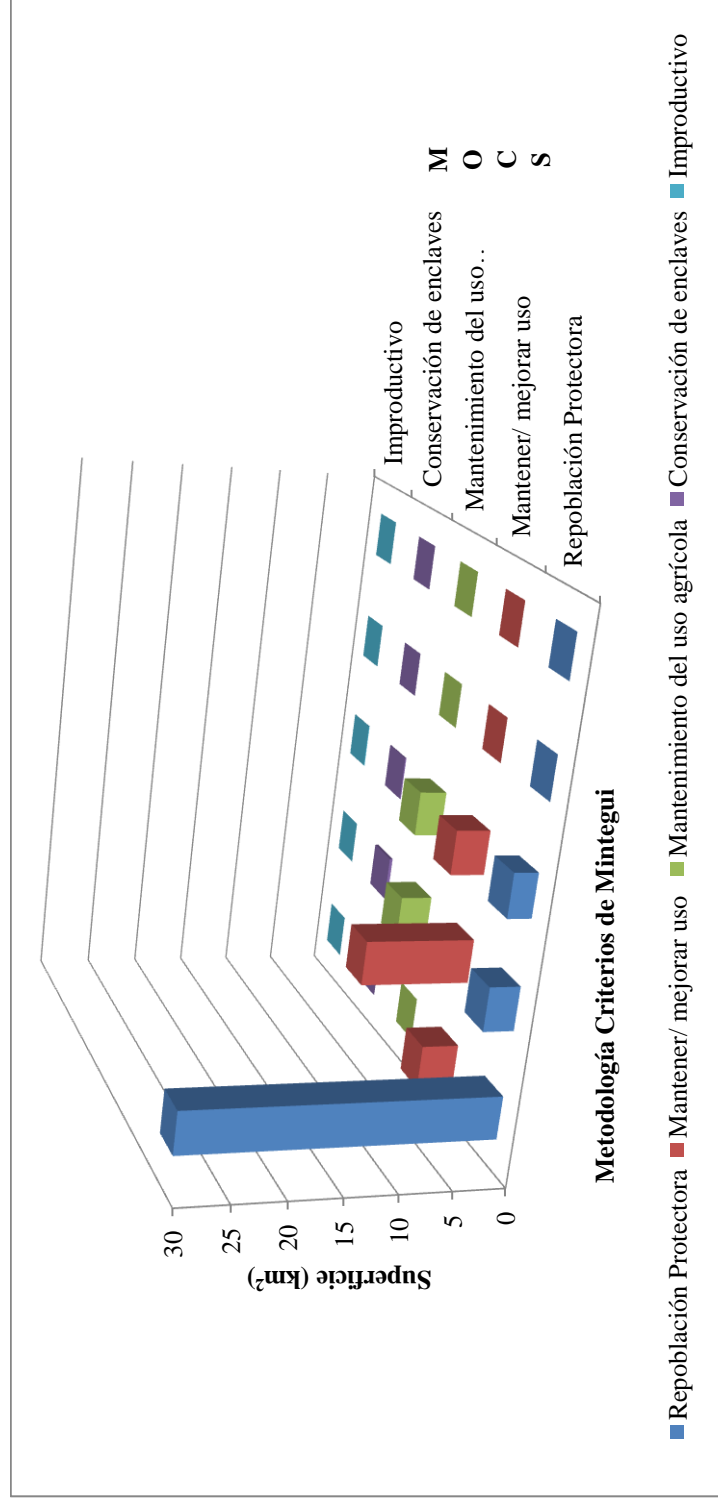


Figura 27. Comparación MOCS con Modelo USLE

**Tabla 48.** Comparación MOCS con Metodología con criterios de Mintegui (1990)(en km<sup>2</sup>)

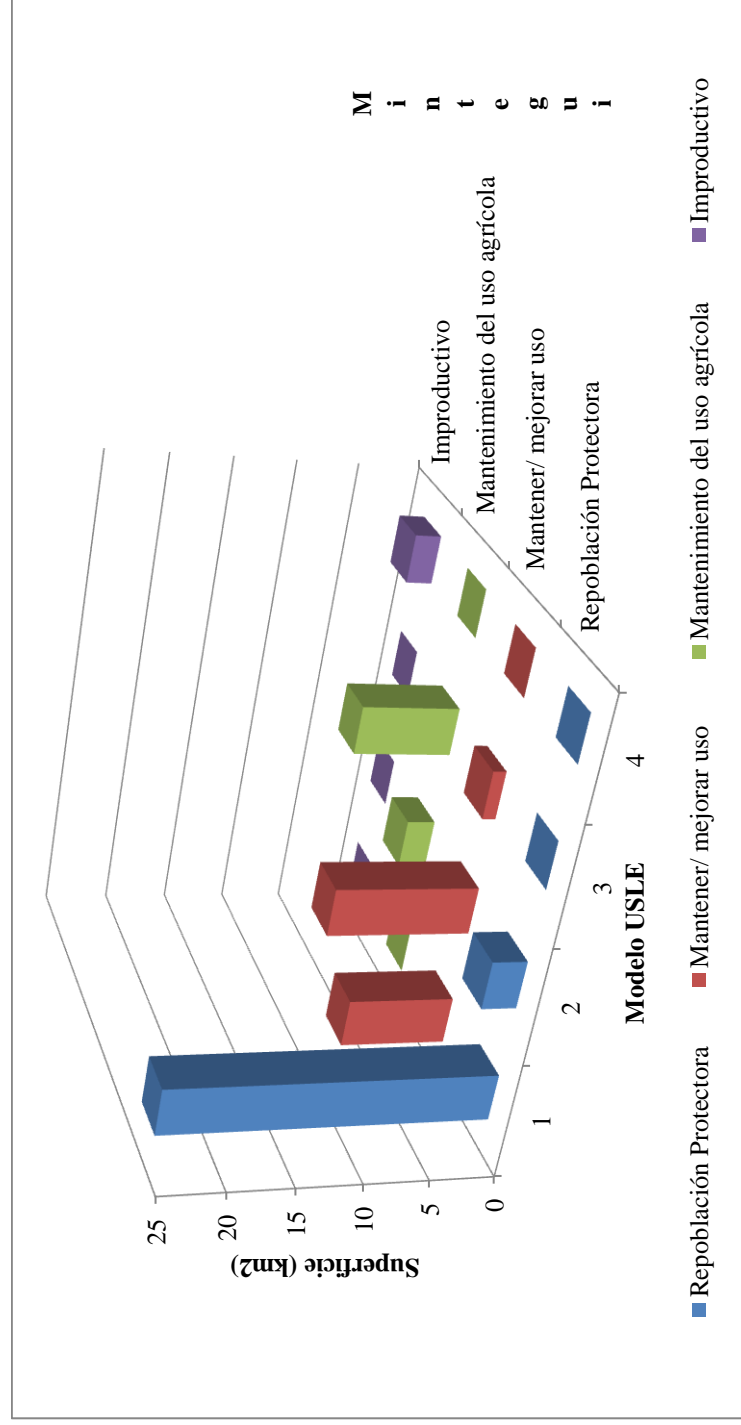
	Repoblaciones	Mantener/ mejorar uso	Mantenimiento del uso agrícola	Conservación de enclaves	Improductivo	Totales
Repoblación Protectora	29,440	2,892	2,281	0	0	34,613
Mantener/ mejorar uso	3,489	10,277	3,216	0	0	16,983
Mantenimiento del uso agrícola	0	2,982	2,576	0	0	5,557
Conservación de enclaves	0	0,282	0,108	0	0	0,390
Improductivo	0	0	0,063	0	0	0,063
Totales	32,929	16,433	8,244	0	0	57,606



**Figura 28.** Comparación MOCS con metodología con criterios de Mintegui (1990)

**Tabla 49.** Comparación Método USLE con Metodología con criterios de Mintegui (1990)(en km<sup>2</sup>)

	Replantaciones	Mantener/ mejorar uso	Mantenimiento del uso agrícola	Improductivo	Totales
Replantación Protectora	24,761	2,649	0	0	27,410
Mantener/ mejorar uso	8,164	11,022	1,011	0	20,197
Mantenimiento del uso agrícola	0,004	2,177	7,638	0	9,820
Improductivo	0	0	0	2,044	2,044
<b>Totales</b>	<b>32,929</b>	<b>15,849</b>	<b>8,649</b>	<b>2,044</b>	<b>59,471</b>



**Figura 29.** Comparación Metodología USLE con metodología con criterios de Mintegui (1990)

De la matriz de comparación de MOCS con el método USLE (tabla 47), se pueden realizar los siguientes comentarios:

Los grupos de actividades que aparecen por filas corresponden a la metodología de ordenación con criterios de sostenibilidad MOCS, de manera que el total de la primera fila son 34,613 km<sup>2</sup> propuestos para repoblación, a continuación se encuentran 16,982 km<sup>2</sup> destinados a mantener y mejorar los usos del suelo y así sucesivamente.

Por el contrario, los totales por columnas indican las superficies de actuación del otro método que se compara. La primera cifra (27,589 km<sup>2</sup>) corresponde a la superficie destinada a la repoblación con el método USLE. Las cifras de la diagonal principal resaltadas expresan la superficie de coincidencia de actuaciones homólogas de los dos métodos.

Análogamente ocurre con la actividad mantener y mejorar el uso, puesto que MOCS propone para dicha actividad 16,982 km<sup>2</sup> y el modelo USLE asigna 20,197 km<sup>2</sup>. Sin embargo, existe un alto grado de coincidencia de 11,843 km<sup>2</sup>. En cuanto a mantener el uso agrícola, la MOCS asigna 5,557 km<sup>2</sup> mientras que USLE asigna a esta actividad 9,820 km<sup>2</sup>.

Estos razonamientos se pueden aplicar también a la comparación de la metodología con los criterios de Mintegui (tabla 48). Se puede decir que existe una gran coincidencia entre las actividades propuestas por ambos métodos. Si bien es cierto, al igual que en el caso anterior, que las superficies destinadas a la repoblación protectora y la mejora de usos son mayores en la MOCS que las otras metodologías. Los valores totales de ambas metodologías no varían en gran manera, salvo en las actividades que si son contempladas por MOCS y no por las otras metodologías, como la conservación de enclaves.

En la tabla 49 de comparación de las metodologías USLE y la de criterios de Mintegui, las filas corresponden a las superficies de actuación propuestas por el modelo USLE y las columnas corresponden a la propuesta de la metodología con criterios de Mintegui. Así, respecto a la actividad de repoblación, el total de la actuación para el modelo USLE es de 27,41 km<sup>2</sup> y 32,93 km<sup>2</sup> para la metodología de Mintegui, la superficie de coincidencia de ambas metodologías es de 24,76 km<sup>2</sup>. De acuerdo a estos valores, la coincidencia es muy alta y el valor de la metodología de Mintegui es mayor debido a que USLE considera la actividad de repoblación, dividida en dos actividades diferentes, por tanto



se segrega el total de superficie destinada a repoblación, mientras que Mintegui integra en una sola actividad la repoblación.

Otra coincidencia alta (11,02 km<sup>2</sup>) es la de las actividades correspondientes a Mantener/mejorar el uso del suelo, donde la superficie destinada por la metodología USLE es mayor (20,20 km<sup>2</sup>) a la superficie asignada por la metodología de Mintegui (15,85 km<sup>2</sup>). Esto se debe a que en USLE se han incluido en la clasificación actividades diferenciadas pero que pueden abarcar valores importantes de asignación, como la de mantener uso actual, uso forestal y realizar prácticas de conservación de suelos.

Los valores de superficie asignada a la actividad de mantenimiento del uso agrícola son casi iguales para ambas metodologías, con una superficie de coincidencia de 7,64 km<sup>2</sup>.

### 3.3.1. Cálculo del índice de Kappa

Dentro del análisis no paramétrico de datos categóricos, uno de los índices más empleados es el estadístico Kappa (k) que tiene la siguiente expresión:

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

Donde,

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

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

$x_{kk}$  Cada valor de la diagonal principal

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

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

Calculado para cada una de las matrices, los resultados son los siguientes:

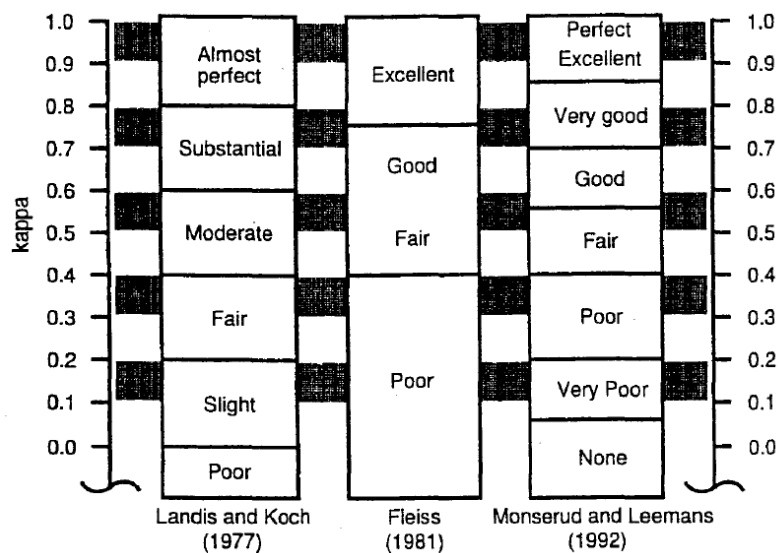
	Índice K
MOCS/USLE	0,57
MOCS/Mintegui	0,52
USLE/Mintegui	0,62

Para interpretar el valor de K es útil disponer de una escala como la que sugiere Altman (1991), a pesar de su arbitrariedad:

**Tabla 50.** Fuerza de concordancia del índice K

Valor de K	Fuerza de la concordancia
< 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 – 1,00	Muy buena

Por otro lado, Czaplewski (1994) recoge la interpretación que del índice han hecho diversos autores y que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 30.** Interpretaciones del índice K

Según estas interpretaciones y según los índices kappa obtenidos, el grado de coincidencia de las metodologías en estudio, son clasificadas de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 51.** *Fuerza de concordancia del índice K según los valores obtenidos*

<b>K</b>	<b>Landis and Koch(1977)</b>	<b>Fleiss (1981)</b>	<b>Monserud and Leemans (1992)</b>
0,57	Moderado	Discreto	Bueno
0,52	Moderado	Discreto	Discreto
0,62	Sustancial	Bueno	Bueno

Como se puede observar en el cuadro, la coincidencia de la metodología MOCS con los métodos tradicionales de ordenación es “discreta” o “moderada”.

Con el índice kappa se interpreta hasta qué punto las metodologías coinciden. Estos métodos tienen un enfoque de planificación de actuaciones, por lo cual se observa una concordancia entre metodologías de ordenación de cuencas en la cuenca en estudio.

Por otro lado, el último valor de K de la tabla, responde al grado de coincidencia entre las metodologías USLE y la de criterios de Mintegui, las cuáles como se puede observar, tienen un grado “bueno” o “sustancial” de coincidencia. Esto se puede inferir debido a que la metodología con criterios de Mintegui se basa en los criterios del modelo USLE, con algunas modificaciones.

### **3.4. DISCUSIÓN**

A continuación se presenta una tabla resumen del análisis comparativo de las metodologías implementadas y posteriormente se nombrarán las principales características del ámbito del mediterráneo, en el que se han desarrollado el presente trabajo (cuenca de la rambla Vall de Gallinera). Esto con el fin de poder revisar las principales características de las metodologías y poder llegar a definir la mejor metodología que se aplica en la cuenca teniendo en cuenta el entorno en el que se encuentra.

**Tabla 52.** Tabla Resumen de Comparación de Metodologías. Análisis de fortalezas y debilidades

<b>METODOLOGÍAS</b>		
<b>USLE</b>	<b>CRITERIOS MINTEGUI</b>	<b>CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD</b>
<p><b>Definición:</b> Modelo Paramétrico de estimación de la erosión superficial y en cárcavas. Es cuantitativo y empírico. También sirve de orientación para la clasificación de actividades de ordenación agrohidrológica de cuencas.</p> <p><b>Descripción:</b> Establece la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca determinada a través de la aplicación de la fórmula del mismo; es decir, define para cada una las diferentes zonas de la cuenca (con un uso y ordenación determinados) un valor promedio de las pérdidas anuales de suelo a largo plazo expresado en t/ha·año.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Ecuación paramétrica: <math>A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P</math> Tabla establecida: Ordenación de usos del suelo según el modelo USLE. El modelo se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p>	<p><b>Definición:</b> Metodología basada en los “Criterios para la ordenación agrohidrológica de una cuenca alimentadora” (Mintegi, 2001). Propone, mediante una tabla, una diversidad de actuaciones en el territorio.</p> <p><b>Descripción:</b> Se basa en el modelo USLE, que aporta el aspecto cuantitativo, y en los índices de protección del suelo por la vegetación (López Cadenas de Llano y Blanco Criado, 1968). Estos índices aportan un valor cualitativo. La tabla destaca la utilización agropecuaria del suelo como muy influyente en los procesos hidrológicos que tiene lugar en la cuenca. La aplicación de los criterios se realiza sobre unidades homogéneas que caracterizan a la cuenca.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Tabla establecida: Criterios para la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca alimentadora” El modelo se implementa en un SIG para la reclasificación de la ordenación de usos según las características descritas en la tabla y representación de resultados en mapas temáticos.</p>	<p><b>Definición:</b> Metodología de planificación física, convenientemente adaptada para incorporar los objetivos de la protección hidrológico forestal, los complementarios de la ordenación de cuencas y los de sostenibilidad.</p> <p><b>Descripción:</b> Determina la capacidad del medio para asumir determinadas actividades y posteriormente asigna aquellas compatibles. Da respuesta, por una parte, al control de la erosión formulando propuestas de conservación y aprovechamiento del suelo y agua y, por otra parte, a la conservación de los restantes recursos de la cuenca y a la biodiversidad.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Matrices de capacidad de acogida y conveniencia del medio respecto a ciertas actividades planteadas. La metodología se implementa en un SIG para los cálculos y representación de resultados en mapas temáticos.</p>

<p><b>Información necesaria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de la caracterización de la cuenca.</li> <li>• Como se utiliza un SIG, se requerirá los mapas temáticos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Líneas iso-R</li> <li>▪ Litofacies</li> <li>▪ Pendientes</li> <li>▪ Usos del suelo o vegetación</li> <li>▪ Prácticas de conservación de suelos agrícolas.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Proceso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cálculo de cada uno de los factores de la ecuación.</li> <li>2. Aplicación de la fórmula USLE</li> <li>3. Clasificación de los resultados según grado de erosión del suelo.</li> <li>4. Comparación de resultados con el valor de pérdida de suelo tolerable. Del contraste de este valor con las pérdidas de suelo calculadas, se obtiene cuáles son las actividades más adecuadas para su conservación o mejora.</li> </ol>	<p><b>Información necesaria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de la caracterización de la cuenca.</li> <li>• Resultados de la pérdida de suelo por erosión (USLE).</li> <li>• Como se utiliza un SIG, se requerirá los mapas temáticos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pendientes</li> <li>▪ Litofacies</li> <li>▪ Usos del suelo o vegetación</li> <li>▪ Mapa de pérdidas de suelo por erosión</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Proceso:</b></p> <p>Una vez calculada la erosión potencial del suelo en cada unidad homogénea de la cuenca y conociendo las características físicas y usos del suelo en esa unidad, se aplica la tabla de criterios de ordenación para asignar actividades en el territorio.</p>	<p><b>Información necesaria:</b></p> <p>Para definir y caracterizar el medio físico, se requieren los mapas temáticos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendientes</li> <li>• Influencia Hídrica</li> <li>• Uso del suelo</li> <li>• Litología</li> <li>• Pérdidas de suelo</li> <li>• Propiedad</li> <li>• Protección</li> <li>• Espesura de la cubierta arbórea</li> </ul> <p>Se requieren tantos mapas como aspectos del medio sean involucrados en el análisis.</p> <p><b>Proceso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudio de la problemática de la cuenca</li> <li>2. Establecimiento de los objetivos</li> <li>3. Definición de actividades para lograr dichos objetivos.</li> <li>4. Inventario y análisis del medio: cartografía temática.</li> <li>5. Estudio de la capacidad de acogida de dichas actividades: matriz de capacidad.</li> <li>6. Estudio del grado de conveniencia en el medio para realizar dichas actividades: matriz de grado de conveniencia.</li> <li>7. Adecuación de actividades.</li> <li>8. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos.</li> </ol>
--	--	--

<p><b>Fortalezas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Usado desde hace tiempo y en diversos lugares del mundo. Tiene carácter Universal.</li> <li>● El parámetro clima (factor lluvia, factor R ó índice de erosión pluvial) del modelo USLE es el que le aporta la universalidad al modelo.</li> <li>● Buena parte de los datos necesarios para el cálculo de los factores puede ser conseguida de bases de datos nacionales o de otros estudios.</li> <li>● Aporta el valor cuantitativo de la erosión, por tanto es la base cuantitativa para los otros modelos.</li> <li>● Con la tabla de ordenación de usos del suelo, se constituye en un buen instrumento para planificar el uso agronómico del territorio.</li> </ul> <p><b>Debilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tiende a ser una generalización extrema del problema real para el cálculo de la erosión.</li> <li>● La ecuación no incluye el cálculo de la deposición y acumulación de sedimentos (Roo, 1993).</li> <li>● El parámetro R del modelo USLE es el más complejo de establecer.</li> <li>● En la tabla de “Ordenación de los usos del suelo en las diferentes superficies de la cuenca según el modelo USLE” se hace una clasificación generalista de los usos futuros propuestos, no diferenciando bien las formaciones vegetales presentes en una cuenca. Será labor del gestor el plantear actividades de uso futuro más específicas a partir de la tabla establecida.</li> <li>● La clasificación de ordenación se basa más que todo en el valor cuantitativo de pérdida de suelo por erosión.</li> </ul>	<p><b>Fortalezas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Es una metodología cuanti-cualitativa.</li> <li>● La ordenación del territorio no debe centrarse sólo en un aspecto meramente físico (USLE). Es preciso conocer y analizar previamente los actuales usos del suelo. Esta metodología clasifica las actividades de ordenación analizando cada uso de suelo que existe en la cuenca, toma en cuenta características del suelo y la vocación del territorio.</li> <li>● Establece mayor cantidad de alternativas de actividades de ordenación respecto a USLE, pero esto no deriva en exceso de detalles, para no perder la generalidad y el pragmatismo que persigue.</li> <li>● La tabla de criterios de ordenación, constituye una generalización de las tablas particulares que se realizan para cada proyecto concreto de restauración agrohidrológica.</li> <li>● Dependiendo de los objetivos específicos que se aborden en el proyecto, se incorporan nuevos índices, a fin de precisar las áreas de aplicación de las diferentes acciones o su implicación en el entorno</li> </ul> <p><b>Debilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Necesita, además de la información de pendiente, uso de suelo y tipo de suelo, de los resultados de la aplicación del modelo USLE para completar la clasificación de actuaciones.</li> <li>● La tabla no tiene en cuenta determinados aspectos de interés para la ordenación como aspectos posicionales o zonificación de la cuenca (áreas dominantes y dominadas), ni la capacidad actual del territorio para permitir una cierta actividad.</li> <li>● En cierta parte es subjetivo en la decisión de la selección de actuaciones en el territorio.</li> </ul>	<p><b>Fortalezas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Es una metodología cuanti-cualitativa.</li> <li>● Además de los aspectos hidrológicos, propios de los otros modelos de ordenación de cuencas, ésta metodología incorpora el criterio de la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales de la cuenca. Lo hace a través del análisis de la Capacidad de acogida del territorio, que depende de su aptitud intrínseca para soportar tal tipo de uso y del impacto ambiental que la localización allí de ese uso genera en el entorno.</li> <li>● Pueden definirse objetivos según la problemática específica de cada cuenca y con ellos actividades de ordenación más específicas.</li> <li>● Las matrices de capacidad de acogida de las actividades por parte del medio, son flexibles a incorporación de nuevos índices representativos del medio a analizar.</li> </ul> <p><b>Debilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Deben establecerse actividades a localizar con el modelo y que dependan de elementos del medio, siempre que puedan representarse mediante mapas temáticos.</li> <li>● Uno de los elementos del medio analizados en las matrices es la pérdida de suelo calculada por el modelo USLE, por lo que esta metodología mostraría cierto grado de dependencia de aquél.</li> <li>● En cierto grado, la metodología puede ser subjetiva en la valoración de las matrices, es decir, éstos valores dependerán de la decisión de los gestores.</li> <li>● Su ejecución es más compleja que las otras metodologías.</li> </ul>
---	---	--

## **Características del Mediterráneo**

La estacionalidad es la característica más peculiar del clima mediterráneo (Paskoff, 1973; Daget & Michel-Villag, 1975; Conacher & Sala, 1998). Este rasgo se encuentra más marcado en la precipitación que en la temperatura (di Castri, 1973). En la época húmeda (primavera y otoño) las precipitaciones son muy irregulares con frecuentes concentraciones muy intensas que dan como resultado lluvias torrenciales (Gil & Olcina, 1997; Martín Vide & Olcina, 2001). La variabilidad de las precipitaciones se debe fundamentalmente a la cercanía o lejanía al mar (más seco, frío y menos violento en las tormentas torrenciales según se adentra en la Península).

El gradiente de la aridez, unido a la torrencialidad característica de las lluvias, dan como resultado que la mayor parte de los cursos fluviales sean ramblas de carácter estacional, con un elevado poder erosivo en los momentos de las crecidas, en las que frecuentemente se desbordan los cauces y se inundan las zonas adyacentes.

Durante la época estival, la escasez de precipitaciones y las elevadas temperaturas provocan un acusado déficit hídrico, implicando en muchos casos la temporalidad de los ríos, rasgo principal que va a caracterizar gran parte de los ecosistemas presentes y sus comunidades biológicas.

La vegetación de la zona está muy modificada por los diferentes asentamientos, siendo en su mayoría etapas de sustitución o formaciones más arbustivas, con grandes zonas deforestadas por explotación con fines económicos, el fuego o el sobrepastoreo (Grove & Rackam, 2001).

Respecto a los incendios forestales, éstos son la causa más importante de destrucción de bosques en los países del Mediterráneo ya que cada año se producen cerca de 50.000 incendios que afectan entre 700.000 y 1.000.000 de hectáreas de monte (Ferrando et al, s.f). El principal efecto ambiental de los incendios forestales es la pérdida de protección del suelo por destrucción de la vegetación. Este efecto suele ser pasajero normalmente, pero existe un período de riesgo de erosión inmediato como consecuencia de que en el clima mediterráneo las lluvias más intensas se producen habitualmente en octubre y noviembre, justo al terminar la época de peligro de incendios.

Asimismo, el intenso uso agrícola en la zona, hace más vulnerable a los suelos exponiéndolos a su degradación. El acelerado arrastre de materiales trae como consecuencia la formación de grandes depósitos en las desembocaduras, auténticas llanuras litorales que modifican la línea de costa y pueden llegar a producir fenómenos de endorreísmo al impedir el contacto con el mar.

La presencia dominante de substratos calizos en las cuencas mediterráneas trae importantes consecuencias hidrológicas. Este tipo de rocas, y muy especialmente en los sistemas kársticos por su capacidad de almacenar agua, ayudan a regularizar el caudal de los ríos principalmente en las épocas en que las lluvias no aportan agua a los cauces.

Por otro lado, otros factores importantes en el ciclo del agua son las características de los materiales predominantes; así las calizas, favorecen los procesos de infiltración del agua mediante la disolución del carbonato cálcico y la formación de importantes acuíferos, auténticos ríos subterráneos sobre cuyo comportamiento y dinámica aún se conoce poco. Este proceso, el de la formación de acuíferos, es precisamente uno de los aspectos diferenciadores más notable de las cuencas mediterráneas.

### **Selección de la metodología**

Vistas las particularidades de cada metodología, así como las principales características del ámbito mediterráneo, se propone que la mejor metodología para aplicar en futuros estudios es la metodología con criterios de sostenibilidad, debido a que es una metodología flexible en su planteamiento y por otro lado, mantiene el componente cuantitativo de la metodología USLE.

De esta manera, teniendo en cuenta la flexibilidad de las matrices con las que trabaja, se propone incluir algunos criterios que caracterizan al mediterráneo, como:

- Riesgo de incendios forestales
- Riesgo de deslizamientos
- Índices fito-climático, que permita establecer la capacidad de las diferentes áreas de la cuenca para mantener una determinada vegetación climática. Este índice, representa la



potencialidad de la cuenca para recuperar su vegetación climática y por tanto sus posibilidades de rehabilitación a través de actuaciones hidrológico forestales.

- Información relacionada con la contaminación de acuíferos y agua superficial y riesgos que suponen.

Por otro lado, como el objetivo global de la ordenación de cuencas es el aumento de la calidad de vida de los habitantes en la zona a través de todas las mejoras en el medio natural y en los recursos naturales de la cuenca; se deberá intentar en todo momento analizar y estudiar la problemática y el planteamiento de soluciones de una manera “integral”, tomando en cuenta que el ámbito analizado es un sistema en el que los diferentes componentes están interrelacionados.

Así, se espera que esta metodología sea útil para dar pautas a otros modelos más complejos de manejo y gestión del recurso hídrico y recursos naturales en general.

## **CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

A continuación se enumeran las principales conclusiones obtenidas mediante el presente trabajo:

- Se han identificado, descrito y analizado tres metodologías de ordenación de cuencas: dos metodologías tradicionales como la del modelo USLE y la metodología con criterios de Mintegui y una nueva metodología, la que sigue criterios de sostenibilidad.
- Estas metodologías fueron aplicadas a la cuenca del barranco del Vall de Gallinera, situada entre las provincias de Valencia y Alicante, en la comarca de la Marina Alta y en la comarca de La Safor. La aplicación de las metodologías mediante SIG, en una cuenca hidrográfica afectada por erosión hídrica superficial, permitió identificar sitios de la cuenca donde se deben implementar medidas de ordenación agro-hidrológica y conservación.
- Siendo los objetivos generales de la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal en la cuenca, la retención del suelo (evitar los fenómenos de erosión), el control de avenidas, la regulación del transporte de materiales y de la sedimentación y finalmente la provisión hídrica; las metodologías de ordenación aplicadas en este trabajo, se basaron en el cumplimiento de los objetivos referidos a la utilización agronómica de la misma y las potencialidades vegetativas en las diferentes zonas de la cuenca.
- Entre las actividades propuestas por las diferentes metodologías están: la repoblación forestal protectora, mantener usos del suelo y realizar prácticas adecuadas de cultivo, así como a la adopción de medidas de conservación de enclaves de interés y repoblaciones para aumentar la biodiversidad.

- Las tres metodologías de ordenación fueron comparadas mediante el análisis de las superficies de actuación asignadas para cada una de las actividades sugeridas por cada metodología. Dicha comparación se ha realizado a partir de la coincidencia espacial de las actividades comunes promovidas por cada uno de los métodos aplicados.
- La aplicación de las tres metodologías a una cuenca determinada se concreta en un conjunto de actividades a desarrollar (diferentes para cada metodología), expresadas cartográficamente en mapas temáticos. Esta forma de presentación de resultados y la disponibilidad de herramientas para el tratamiento de la información georreferenciada del medio, pueden ser utilizadas y explotadas en el proceso de planificación y formulación, ya que ponen a disposición del gestor un instrumento de gran potencia y flexibilidad para optimizar su aplicación y establecer prioridades de actuación en función de la problemática existente y de los recursos disponibles.
- Según los resultados de pérdidas de suelo del modelo USLE y la Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos de la FAO, el grado de erosión de la cuenca en estudio es moderado.
- Existen diferencias en las superficies de asignación de actividades de ordenación de la cuenca del barranco Vall de Gallinera respecto a las tres metodologías, las cuáles pueden observarse claramente en los mapas resultantes de la ordenación de la cuenca. Estas diferencias, si bien no son de gran magnitud, son lógicas en tanto que la clasificación de actividades futuras a realizar no es la misma. Sin embargo, los resultados de comparación espacial entre ellas, muestran que en general, las actividades consideradas parecidas, contempladas entre un método y otro, presentan alto grado de coincidencia. Así por ejemplo, la actividad con mayor coincidencia superficial es la de repoblación forestal, seguida de mantener/mejorar uso y mantenimiento del uso agrícola.
- Otra forma de comparación de las metodologías fue el cálculo del índice Kappa, el cual determinó que la fuerza de concordancia entre las tres metodologías es de moderado a bueno.

- La anterior consideración y el análisis comparativo de las metodologías por el cual se ha podido identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, lleva a concluir que, las tres metodologías son complementarias. Las técnicas cualitativas y cuantitativas son complementarias en la definición de parámetros analizados. Las metodologías con criterios de Mintegui y Sostenibilidad, que son técnicas más cualitativas, se basan los resultados cuantitativos y físicos de pérdidas de suelo del modelo USLE.
- La metodología de Mintegui, se basa además en la clasificación de los índices de protección del suelo por la vegetación, y a diferencia de USLE, que solo toma en cuenta el fenómeno erosivo de manera física, analiza los usos del suelo actuales, los estratos de vegetación, el tipo de suelo y la vocación del territorio, para finalmente proponer alternativas de actuaciones en el territorio. Los criterios establecidos por esta metodología constituyen una generalización de las tablas particulares que se pueden aplicar a proyectos de restauración agrohidrológica.
- La metodología de criterios de sostenibilidad, incluye objetivos que son propios de la sostenibilidad: protección de ecosistemas, aumento de la riqueza en biodiversidad, así como contemplar como criterio de decisión fundamental la capacidad del medio para acoger actividades sin poner en riesgo su conservación, definiendo áreas potenciales para el desarrollo de las mismas. Los elementos del medio natural analizados en las matrices cuentan con clasificaciones parecidas a las de las tablas establecidas en la metodología según criterios de Mintegui. Esta metodología puede proponer una mayor cantidad de actividades diferentes para la ordenación y conservación de recursos naturales en la cuenca.
- El empleo de información cuali-cuantitativa y su representación y relación territorial, son instrumentos integradores para abordar a soluciones realistas y viables, donde se minimicen los impactos negativos de la negligencia humana. Sirve también como fundamentos técnicos para el logro de una adecuada toma de decisiones y optimización de los recursos existentes.

- Por lo mencionado anteriormente, se concluye que las tres metodologías son válidas en su aplicación en la cuenca de estudio, sin embargo, se considera que la metodología con criterios de sostenibilidad es la metodología que mejor se adapta a la cuenca en estudio y al entorno del mediterráneo, ya que cuenta como base al modelo cuantitativo de pérdidas de suelo USLE y es flexible en su planteamiento. Esto último es lo que hace a esta metodología poder ser actualizada y manejada respecto a su aplicación específica.
- La elección final de un determinado modelo depende de su utilidad y alcance, lo que a su vez viene condicionado a: la amplitud que pretende abarcar, los parámetros y coeficientes que utilice, el rigor que exige o es posible exigir en las mediciones de los parámetros que en él intervienen, las disponibilidades de medida con las que se cuentan y los coeficientes de ajuste obtenidos de la experiencia

#### **4.2. APORTES DEL TRABAJO**

Las innovaciones propuestas por el presente trabajo conciernen los siguientes puntos:

- Mediante la Metodología de criterios de Sostenibilidad se ha evaluado las capacidades del medio para acoger actividades y se realizaron los mapas temáticos de capacidad, conveniencia y adecuación, para cada actividad propuesta.
- Se realizaron mapas temáticos de caracterización y ordenación de la cuenca Vall de Gallinera.
- Mediante la comparación de metodologías se demuestra la aplicabilidad de las mismas en el ámbito mediterráneo.
- A partir del análisis y comparación de las metodologías aplicadas en el estudio, este trabajo inicia una línea de investigación que podrá desembocar en una metodología de ordenación de cuencas mediterráneas.

### 4.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras el desarrollo de este trabajo, se plantean algunas cuestiones abiertas, que podrán encontrar respuesta solo gracias a ulteriores actividades de investigación. Los problemas que se plantean son los siguientes:

- Investigar la aplicación de estas metodologías en otros ámbitos biogeográficos.
- Estudiar, redactar y proponer los mecanismos para la nueva metodología de ordenación de cuencas mediterráneas.
- Una metodología difiere de acuerdo al lugar donde se aplique. Para confirmar la funcionalidad de la nueva metodología, es necesaria la aplicación de la misma en otras cuencas.
- Una de las limitantes es la información cartográfica a mayor detalle (escala menor), por lo que se puede plantear realizar un análisis de la información cartográfica a mayor detalle para que a la hora de plantear actividades para la ordenación de las cuencas, éstas sean diversificadas y más puntuales.
- Para el cumplimiento de los objetivos generales de la ordenación agrohidrológica y la posterior restauración hidrológico forestal de manera detallada, se propone incluir junto a la metodología elegida, el diseño y aplicación de un modelo hidrológico distribuido incluyendo el análisis de la torrencialidad en la cuenca, para: 1. El cálculo de la emisión de sedimentos en la unidad hidrológica de estudio mediante el método MUSLE para cada aguacero 2. Establecer las ecuaciones de transporte desde la unidad hidrológica, hasta la salida de la cuenca y 3. Evaluar los sedimentos llegados a la salida de la cuenca. Por otro lado también puede incluir los aspectos relacionados con la provisión hídrica (gestión del agua).
- Estas metodologías pueden servir de base para estudiar escenarios de la incidencia del cambio climático sobre los usos del suelo en una cuenca hidrográfica estudiar los posibles riesgos para el territorio y cuáles las futuras actividades de ordenación ante estos cambios.

## CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea del Medio Ambiente [AEMA]. (1995). *Informe Dobris sobre el Medio Ambiente en Europa*. Oficina de Publicaciones de las CCEE Luxemburgo.
- Aguas de las Cuencas Mediterráneas S.S. [ACUAMED]. (2008). *Informe de viabilidad de la actuación 3.3.d. Laminación y Mejora del drenaje de la cuenca en la rambla Gallinera (Valencia y Alicante)*.
- Altman D.G. (1991). *Practical statistics for medical research*. New York: Chapman and Hall.
- Antolín C. (Edit.). (1998). *El Sòl com a recurs natural en la Comunitat Valenciana*. Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte. Generalitat Valenciana. Publicacions de Divulgació tècnica Col·lecció Territori, 8.
- Barredo, J.I. (1996). *Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica en la Ordenación del Territorio*. Madrid, Editorial RA-MA, pp. 264.
- Claver I. et al. (1982). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. CEOTMA. MOPU. Madrid.
- Conacher, A. J. y M. Sala. (1998). *Land degradation in Mediterranean environments of the world: Nature and extent cause and solutions*. New York: John Wiley & Sons.
- Consejería de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de Valencia (2010). *Información de superficie de cultivos por Municipio (Alicante)*. Recuperado el 6 de septiembre de 2011 en [http://www.agricultura.gva.es/web/c/document\\_library/get\\_file?uuid=acce9a7-602c-4eaf-b22d-6df8e9254bbf&groupId=16](http://www.agricultura.gva.es/web/c/document_library/get_file?uuid=acce9a7-602c-4eaf-b22d-6df8e9254bbf&groupId=16).
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas [CSIC]. (1968). *Mapa de Suelos de España Península y Baleares Escala 1:1.000.000*.
- Daget, P. H. y J. P. Michel-Villag. (1975). Délimitation de la region méditerranéenne selon les régimes des précipitations. En: *Proceedings of Symposium Israel-France: ecological research and development of arid zones with winter precipitation*. Special Publication, 39: 3 13. Volcani Centre Bet-Dagan, Israel.
- De Villota I, Goy J. L., Zazo C. (1996). *La Vall de Gallinera, (Alicante): un recurso geológico paisajístico*. Geogaceta, 19 233-235.
- Di Castri, F. (1973). Climatographical comparisions between Chile and the Western Coast of North America. En: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). New York: Springer-Verlag.

- Ferrando J.; Quesada C. y Herrera M. A.(s.f.). *Functions restoration on a burned forest zone in "La Hoya de Buñol"*. Recuperado el 15 de septiembre de 2011 en <http://www.ctfc.es/confeinfor/articles/posters/PAPER%20FERRANDO.pdf>
- Gil, A. y J. Olcina. (1997). *Climatología general*. Barcelona: Ed. Ariel. 579 pp.
- Gómez Orea D. (1978). *El medio Físico y la planificación*. Vol 1 y 2. Cuadernos del CIFCA, 10. Madrid.
- Grove, A. T. y O. Rackham. (2001). *The nature of Mediterranean Europe*. New Haven & London: Yale University Press.
- Guevara, E. (1997). *Manejo integrado de cuencas. Documento de referencia para los países de América Latina*. FAO. RCL/97/04-FOR-54. Santiago. Chile. 14 pp.
- Hijós F., Mañueco M. y Segura N. (s.f.). *Actuaciones de laminación de avenidas en las cuencas del río Serpis y la rambla Gallinera (Valencia y Alicante)*. Comité Nacional Español de grandes presas. Recuperado el 5 octubre de 2011 en [http://www.spancold.es/Ponencias/JEPVIII\\_039.pdf](http://www.spancold.es/Ponencias/JEPVIII_039.pdf)
- ICONA-INTECSA. (1981). *Estudio del coeficiente R, factor lluvia de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y del Factor Agresividad en la precipitación de la vertiente mediterránea*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- ICONA-INTECSA. (1981). *Estudio y plano de isolíneas del factor R, índice de erosión pluvial, para toda la península española*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional. *Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica*. Recuperado el 2 de agosto de 2011 en <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cambiarMenu.do?destino=catalogo>
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. *Censo Agrario 1999*.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. *Censos de Población y Viviendas 2001*.
- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza y Empresa de transformación Agraria, S.A. [ICONA-TRAGSA]. (1990). *Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del río Vedat (Vall de Gallinera)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Instituto para la Conservación de la Naturaleza [ICONA] (1988). *La agresividad de la lluvia en España. Valores del Factor R de la Ecuación Universal de Pérdidas de suelo*. Monografía. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.



- Instituto para la Conservación de la Naturaleza [ICONA]. (1986-1990). *Mapa de Estados Erosivos*. Servicio de Publicaciones del MAPA. Madrid.
- Instituto Valenciano de Estadística [IVE]. (2009). *Fichas Municipales (Actualización 2009)*. Recuperado el 11 de septiembre de 2011 en [http://ive.ive.es/portal/page/portal/IVE\\_PEGV/CONTENTS/mun/fichas/cas/Principal.html](http://ive.ive.es/portal/page/portal/IVE_PEGV/CONTENTS/mun/fichas/cas/Principal.html)
- Investigaciones Geológicas y Mineras SA. [INGEMISA] (s.f.). Mapa de Ambientes, Sistemas y unidades morfodinámicas Escala 1:200.000 de la colección *Mapa Geocientífico de la provincia de Alicante*. Valencia.
- López Cadenas de Llano F. (Director); (1994, 1998) *Restauración Hidrológico-Forestal de cuencas y Control de la erosión*. Ministerio de Medio Ambiente, TRAGSA y TRAGSATEC, Ediciones Mundi Prensa, Madrid. pp. 929.
- López Cadenas de Llano F. y Blanco Criado M. (1968). *Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y depósito de materiales*, I.F.I.E., pp. 187, Madrid.
- López Cadenas de Llano F. y Blanco Criado M. (1976). *Hidrología Forestal (1ª parte)* pág. 243.
- Martín Vide, J. y J. Olcina. (2001). *Climas y tiempos de España*. Madrid: Alianza Editorial. 258 pp.
- Mellerowicz, H.W. Rees, T.L. Chow, y I. Ghanem. (1994). *Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study*. Journal of Soil and Water Conservation Vol. 49, no. 2, pp. 194-200.
- Ministerio de Ciencia e Innovación. Instituto Geológico y Minero de España. (2010). *Mapa Geológico de España. 82 hojas a escala 1:50.000 de las Provincias de Alicante, Valencia y Castellón*. [Disco Compacto]. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente [MMA]. (1996). *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología*. Secretaría General de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones. Serie monografías. Madrid. pp. 808.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MARM] - Dirección General de Conservación de la Naturaleza. (2003). *Valls de la Marina en: Lugares de la Lista Nacional. Red Natura 2000 (Dir. 92/43 CEE)*. Recuperado el 20 de septiembre de 2011 en

[http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/rednaturaleza2000/rednaturaleza\\_espana/pdf/es5213042.pdf](http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/rednaturaleza2000/rednaturaleza_espana/pdf/es5213042.pdf)

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MARM]. (2011). *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos Actualizado Escala 1:50.000 hojas número 795, 796, 821 y 822.*
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MARM]. (2011). *Banco de Datos de la Biodiversidad.* Recuperado el 25 de julio de 2011 en <http://www.marm.es/es/biodiversidad/servicios/banco-de-datos-biodiversidad/informacion-disponible/default.aspx>
- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J. C. (1994). *Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos.* Ingeniería del Agua. Vol. 1 Num. 2. p. 69-82
- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J. C. (editores) (2008). *Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la Ordenación Sustentable de las Aguas, Suelos y Bosques de las cuencas de montaña. Documentos Técnicos del PHI-LAC N° 13.* UNESCO. Uruguay.
- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J. C., García Viñas J. I. y López Leiva C. (2008). *Optimización de criterios y técnicas para su aplicación a la ordenación y restauración hidrológico-forestal de cuencas hidrográficas.* Equipo EPIC FORCE Universidad Politécnica de Madrid (España).
- Mintegui Aguirre J.A., Robredo Sánchez J. C., García Viñas J. I. y López Leiva C. (2006). *Introducción a la Restauración Hidrológico-Forestal de cuencas hidrográficas.* *Ecología*, N° 20, pp. 389-414.
- Mintegui Aguirre, J.A. y F. López Unzué. (1990). *La ordenación agrohidrológica en la planificación.* Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria. pp. 306.
- Morales J. (2001). *Texto Básico: Planificación y manejo integral de cuencas hidrográficas.* UNA-FARENA. Managua, NI. 345 p.
- Mosterin J. (1984). *Conceptos y teorías de la ciencia.* Pág 149.
- Ninyerola M., Pons X. y Roure JM. (2005). *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica.* Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y*

*planificación de cuencas hidrográficas*. Roma, IT. Guía FAO-Conservación 13/6. 185 pp.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [FAO-PNUMA-UNESCO]. (1981). *Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma.
- Oyarzún, C. (1993). *Estimación de los procesos de erosión hídrica en un ambiente montañoso de la cuenca del Río Bío-Bío, IX Región, Chile*. Tesis U. de Concepción. Concepción, Chile. 150 pp.
- Paskoff, R. P. (1973). Geomorphological processes and characteristics land-forms in the Mediterranean Regions of the World. En *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. F. di Castri, & H.A. Mooney (eds.). Springer-Verlag, New York, USA.
- Pérez Cueva A. (1994) *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Valencia: Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, 208 p. (Serie: Publicaciones de divulgación técnica. Colección: Territorio. Número 4).
- Pérez Cueva y Peñarrocha (s.f.). Mapa de isolíneas de R de la Comunidad Valenciana. en *El sol com a recurs natural a la Comunitat Valenciana*.
- Rábade J. M<sup>a</sup>. (2006). *2º Simposio Internacional de Desertificación y Migración (Sidym)*. Recuperado el 30 de septiembre de 2011 en [http://www.sidym2006.com/imagenes/pdf/ponencias/17\\_se.pdf](http://www.sidym2006.com/imagenes/pdf/ponencias/17_se.pdf)
- Ramos A. (1979). *Planificación física y ecología: Modelos y métodos*. EMESA. Madrid.
- Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ICONA. Madrid.
- Robredo Sánchez J. C. y Mintegui Aguirre J.A. (1994). *Diseño de un modelo distribuido elemental para el análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca vertiente*. Ingeniería del Agua. Vol. 1 Num. 4. p. 79-100
- Rojo L. (1995). *La ordenación de cuencas hidrográficas como marco metodológico para la conservación de la biodiversidad*. Cuadernos de Sección. Ciencias Naturales 11. (1995) p. 99-104. Donostia: Eusko Ikaskuntza.
- Roo, A.P.J. (1993). *Modelling Surface Runoff and Soil Erosion in Catchments Using Geographical Information Systems*. Utrecht University, The Netherlands, Ph.D. Thesis. 128p.

- Ruiz de la Torre J. (2002). *Memoria del Mapa Forestal de España Escala 1:1.000.000*. Ministerio de Medio Ambiente secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Edita: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios [SIGA]. *Geoportal*. Recuperado el 31 de julio de 2011 en <http://sig.marm.es/geoportal/>
- Solé Benet A. (2006). *Spain*. En: Boardman J, Poesen J, editors. *Soil Erosion in Europe*. Chichester.
- Tejera G. R. (2001). *Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad*. Tesis de Doctorado Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Torres-Quevedo García, De Quesada M., Jarabo Sanchez F., Del Palacio Fernández-Montes E, García De Las Barreras JA. (2004). *El Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002–2012*. Revista Montes, no 75. ; 2004. p. 34–41.
- UNCED (1992). *United Nations Conference on Environment and Development*. Rio de Janeiro.
- Vera J.A. (editor) (2004). *Geología de España*. SGE-IGME. Madrid. 890 p.
- Wischmeier, W. H. (1959). *A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation*. Soil Sci. Soc. Am. J. 23: 246-249. Washington D.C.
- Wischmeier, W. H. y D.D. Smith. (1978). *Predicting rainfall erosion losses*. USDA. Agricultural Research Service Handbook 537. 58 pp.

# **ANEJOS**



## **ANEJO I. DATOS UTILIZADOS**

- Datos meteorológicos
- Índice de Agresividad del clima (Fournier)





**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES**  
**CORREGIDAS (gc.)**

ESTACION DE : PEGO CONVENTO

ALTITUD (m.) : 82

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
1969	10,60	11,66	13,19	14,71	18,03	22,16	25,37	25,49	22,89	18,28	14,24	11,75	17,36
1972	11,36	11,66	12,30	14,90	18,03	21,20	24,20	23,30	20,20	16,90	16,10	11,10	16,77
1973	11,40	11,10	10,70	14,30	19,20	21,40	25,00	25,50	23,40	17,60	14,60	10,90	17,09
1974	12,90	11,40	12,10	13,30	19,20	23,30	25,40	25,49	22,89	15,50	14,20	11,40	17,26
1975	12,00	10,70	11,90	13,70	16,20	20,60	26,30	26,90	21,50	18,20	13,40	9,80	16,77
1976	9,60	10,80	12,30	13,10	17,60	22,10	25,10	24,30	21,70	17,70	12,90	11,75	16,58
1977	11,36	11,66	13,19	14,71	18,03	22,16	25,37	25,49	22,89	19,10	15,00	12,80	17,65
1978	9,00	12,90	14,10	13,90	16,80	20,70	23,70	24,80	23,80	16,80	12,50	13,40	16,87
1979	11,70	12,40	12,80	13,90	18,20	21,80	24,80	25,20	21,40	18,40	13,60	12,20	17,20
1980	10,20	11,70	13,60	13,00	17,10	22,00	24,20	27,30	23,90	19,30	13,00	9,60	17,08
1981	9,80	9,30	15,10	13,80	17,40	21,60	22,80	24,40	23,80	19,90	15,10	14,40	17,28
1982	12,60	11,40	13,40	13,70	17,00	23,80	26,60	25,49	22,89	18,60	14,10	11,40	17,58
1983	12,50	11,00	15,20	18,90	21,70	23,30	27,00	25,49	22,89	18,28	14,24	11,75	18,52
1984	13,70	12,40	12,90	16,50	16,70	22,20	27,10	25,49	23,50	18,60	15,60	11,20	17,99
1985	10,20	13,50	12,90	16,70	16,60	24,10	27,60	27,70	25,70	21,10	15,00	12,80	18,66
1986	12,80	13,00	15,30	16,20	21,20	22,16	25,37	25,49	22,89	18,28	14,24	11,75	18,22
1987	11,36	11,66	13,19	14,71	17,50	22,16	25,37	25,49	22,89	18,28	14,24	11,75	17,38
<b>MEDIA</b>	11,36	11,66	13,19	14,71	18,03	22,16	25,37	25,49	22,89	18,28	14,24	11,75	17,43

**PRECIPITACIONES MAXIMAS 24h. CORREGIDAS**  
**(mm.)**

ESTACION DE : PEGO CONVENTO  
 ALTITUD (m.) : 82

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	P.MAX.	F24
1951	12,50	4,50	160,00	126,00	21,50	19,97	7,23	16,15	19,15	80,00	23,00	70,00	160,00	45,71
1952	1,50	23,66	44,66	39,14	25,77	19,97	7,23	16,15	19,15	63,31	100,00	5,80	100,00	27,30
1953	14,00	0,00	27,00	13,00	12,00	22,00	7,00	22,00	0,00	99,00	260,00	9,20	260,00	139,32
1954	60,00	57,00	45,00	49,00	16,00	13,00	4,00	0,00	11,00	26,00	2,00	56,00	60,00	10,62
1955	51,00	9,50	118,50	5,50	10,00	5,50	7,23	8,00	21,00	34,00	233,00	5,00	233,00	106,82
1956	40,00	56,00	13,00	20,00	35,00	10,50	11,00	5,00	0,00	106,00	175,00	46,84	175,00	59,08
1957	41,00	8,50	5,50	36,50	40,00	11,00	6,00	41,50	9,00	140,00	117,20	76,00	140,00	36,83
1958	56,50	17,30	30,00	57,00	18,00	88,00	0,00	0,00	7,50	168,00	76,40	26,80	168,00	51,74
1959	31,36	33,00	44,66	17,00	120,00	19,97	7,23	16,15	19,15	63,31	46,20	12,00	120,00	33,49
1960	54,80	17,50	31,00	19,00	28,20	19,97	15,30	16,15	11,00	9,50	4,20	75,00	75,00	18,65
1962	14,10	29,60	67,00	37,70	25,77	19,97	7,23	16,15	19,15	63,31	59,23	46,84	67,00	11,06
1963	31,36	23,66	44,66	39,14	25,77	19,97	8,30	20,00	38,00	38,00	18,50	46,84	46,84	6,19
1964	65,00	10,00	42,70	5,00	25,77	50,00	5,00	10,00	10,00	32,00	8,10	115,00	115,00	34,93
1965	21,00	66,00	10,30	97,00	15,00	17,00	7,23	7,70	5,00	72,00	27,50	203,00	203,00	75,10
1966	31,36	23,66	44,66	11,00	25,77	20,00	2,00	6,00	19,15	63,31	59,23	46,94	63,31	11,36
1969	69,00	33,00	45,00	232,00	12,00	0,00	7,23	68,00	20,00	180,00	40,00	40,00	232,00	72,13
1970	20,00	2,00	20,00	16,00	21,00	0,50	0,00	20,00	6,50	61,50	0,00	34,00	61,50	18,77
1971	10,00	0,00	45,00	17,50	25,00	3,80	0,00	0,00	60,00	173,00	73,00	80,00	173,00	61,42
1972	24,00	2,00	37,50	19,50	9,00	9,00	20,00	65,00	90,00	83,50	100,00	29,00	100,00	20,47
1973	31,00	6,00	216,00	19,00	0,00	42,00	18,00	0,00	43,00	35,00	85,00	104,00	216,00	77,89
1974	0,00	64,00	51,00	35,00	0,00	19,00	27,00	16,15	19,15	149,00	59,23	46,84	149,00	45,65
1975	32,00	8,00	74,00	14,00	28,50	35,00	3,60	31,00	4,50	27,50	24,00	103,00	103,00	27,55
1976	1,00	23,66	59,00	14,00	44,00	11,00	6,50	16,15	33,00	6,00	19,00	46,84	59,00	12,43
1977	31,36	23,66	44,66	39,14	25,77	19,97	7,23	16,15	19,15	49,00	28,00	54,00	54,00	8,14
1978	28,00	7,50	6,40	39,50	24,30	30,20	4,20	4,50	3,40	29,00	21,00	21,00	39,50	7,12
1979	54,00	10,40	3,40	19,00	38,60	27,50	12,30	0,40	16,40	22,50	15,60	14,00	54,00	12,46
1980	95,50	67,20	19,40	66,40	32,00	26,50	0,80	1,40	17,20	0,30	42,40	24,00	95,50	23,20
1981	10,60	30,50	20,80	108,20	4,50	5,40	7,60	2,00	6,80	11,30	0,10	1,40	108,20	55,96
1982	29,50	9,50	44,80	13,50	50,00	0,70	7,23	1,00	29,20	59,10	20,00	46,84	59,10	11,22
1983	0,50	44,20	10,20	3,30	25,77	13,10	7,23	69,20	19,15	10,00	27,00	5,50	69,20	20,36
1984	15,50	41,80	5,00	23,00	11,50	18,50	0,00	5,00	8,70	16,50	38,10	3,20	41,80	9,35
1985	40,60	22,00	37,50	13,00	14,50	19,97	0,50	0,00	8,50	55,00	93,50	4,00	93,50	28,29
1986	2,10	5,50	5,50	27,50	37,50	19,97	7,23	16,15	19,15	63,31	59,23	46,84	63,31	12,93
1987	46,10	23,66	44,66	39,14	27,70	19,97	7,23	16,15	19,15	63,31	59,23	46,84	63,31	9,70
<b>MEDIA</b>	<b>31,36</b>	<b>23,66</b>	<b>44,66</b>	<b>39,14</b>	<b>25,77</b>	<b>19,97</b>	<b>7,23</b>	<b>16,15</b>	<b>19,15</b>	<b>63,31</b>	<b>59,23</b>	<b>46,84</b>	<b>112,38</b>	<b>35,39</b>

**PRECIPITACIONES TOTALES CORREGIDAS (mm.)**

ESTACION DE : PEGO  
 CONVENTO  
 ALTITUD (m.) : 82

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	P.MAX.
1951	18,50	8,50	252,00	261,50	75,50	34,20	9,29	24,15	36,77	257,00	29,30	108,20	261,50
1952	1,50	42,98	82,16	80,58	51,77	34,20	9,29	24,15	36,77	161,66	148,50	9,40	161,66
1953	39,10	0,00	111,00	23,00	12,00	132,00	9,50	34,00	0,00	300,50	562,50	17,50	562,50
1954	75,00	72,00	68,00	239,00	19,00	18,50	5,00	0,00	22,00	50,50	3,00	72,00	239,00
1955	123,50	15,00	148,00	13,70	29,00	5,50	9,29	8,00	58,00	50,00	324,50	9,50	324,50
1956	97,00	90,50	13,00	41,00	75,00	10,50	11,00	5,00	0,00	293,00	284,00	102,15	293,00
1957	135,00	8,50	9,00	103,70	78,50	13,00	6,00	71,00	25,80	606,00	231,80	128,30	606,00
1958	103,00	35,50	36,00	102,00	34,00	119,00	0,00	0,00	7,50	461,80	357,90	89,80	461,80
1959	68,02	104,50	82,16	29,40	230,60	34,20	9,29	24,15	36,77	162,00	66,80	20,00	230,60
1960	127,10	47,00	55,30	31,00	28,20	34,20	15,30	24,15	21,00	19,50	4,20	136,00	136,00
1962	28,10	44,80	197,30	60,20	51,77	34,20	9,29	24,15	36,77	161,66	128,12	102,15	197,30
1963	68,02	42,98	82,16	80,58	51,77	34,20	8,70	45,80	163,70	163,70	18,50	102,15	163,70
1964	177,00	13,00	42,70	7,50	51,77	50,00	8,00	11,80	15,00	81,80	13,80	251,80	251,80
1965	52,00	66,00	17,30	98,00	25,00	20,00	9,29	7,70	12,00	284,80	52,40	238,00	284,80
1966	68,02	42,98	82,16	11,00	51,77	25,00	2,00	6,00	36,77	161,66	128,12	102,15	161,66
1969	125,50	63,50	45,00	319,50	12,00	0,00	15,00	101,50	58,00	388,00	105,00	47,00	388,00
1970	33,00	2,00	82,50	30,00	29,00	1,00	0,00	31,00	6,50	163,20	0,00	125,00	163,20
1971	10,70	0,00	161,50	80,90	84,50	3,80	0,00	0,00	67,50	298,50	165,00	265,50	298,50
1972	46,00	2,20	51,60	38,00	28,70	18,30	20,00	98,30	181,50	197,20	394,50	107,00	394,50
1973	59,50	13,50	329,00	25,00	0,00	113,50	23,00	0,00	50,00	61,00	225,00	224,00	329,00
1974	0,00	74,00	79,00	119,00	0,00	19,00	42,00	24,15	36,77	325,10	128,12	102,15	325,10
1975	32,00	13,90	204,00	34,50	63,50	56,00	4,10	39,00	9,40	43,50	38,30	491,00	491,00
1976	1,00	42,98	67,00	52,00	102,50	11,00	16,00	24,15	34,20	21,80	19,70	102,15	102,50
1977	68,02	42,98	82,16	80,58	51,77	34,20	9,29	24,15	36,77	56,00	93,50	65,40	93,50
1978	50,10	10,50	18,40	113,50	49,70	78,50	4,20	5,70	3,40	51,60	47,20	43,40	113,50
1979	169,40	34,60	6,00	23,00	44,80	38,00	14,90	0,40	32,30	43,70	36,90	26,00	169,40
1980	275,90	201,20	30,70	144,00	70,40	28,10	0,80	1,40	34,70	0,30	45,10	58,20	275,90
1981	15,10	65,40	28,30	229,30	11,00	8,80	7,60	2,00	10,40	14,20	0,10	2,50	229,30
1982	54,40	25,30	155,50	53,10	97,50	0,70	9,29	1,00	36,60	159,50	52,10	102,15	159,50
1983	0,50	50,90	15,20	4,70	51,77	25,70	9,29	103,00	36,77	35,50	47,70	5,50	103,00
1984	15,70	86,10	12,00	48,80	55,60	24,80	0,00	7,10	13,20	25,80	101,10	3,40	101,10
1985	54,30	45,70	57,40	20,80	65,90	34,20	0,50	0,00	19,70	72,60	247,00	9,30	247,00
1986	3,30	9,40	7,80	60,30	43,90	34,20	9,29	24,15	36,77	161,66	128,12	102,15	161,66
1987	117,30	42,98	82,16	80,58	32,00	34,20	9,29	24,15	36,77	161,66	128,12	102,15	161,66
<b>MEDIA</b>	68,02	42,98	82,16	80,58	51,77	34,20	9,29	24,15	36,77	161,66	128,12	102,15	254,21

Precipitación total del año medio = 821,83 mm.

MV..... = 104,40 mm.

MR..... = 717,43 mm.

**INDICE DE AGRESIVIDAD DEL CLIMA (FOURNIER)**

**Estación:** Pego Convento 8057A

**Altitud:** 82 m

Año	P.Anual (mm)	Pmex (mm)	F
1974	949,29	325,1	111,34
1975	1029,2	491	234,24
1976	494,48	102,5	21,25
1977	644,81	93,5	13,56
1978	476,2	113,5	27,05
1979	470	169,4	61,06
1980	890	275,9	85,53
1981	394,7	229,3	133,21
1982	747,13	159	33,84
1983	386,52	103	27,45
1984	392,5	101,1	26,04
1985	627,4	247	97,24
1986	621,03	161,66	42,08
1987	851,35	161,66	30,70

Valores medios interanuales		195,26	<b>67,47</b>
-----------------------------	--	--------	--------------

**Estación:** Oliva SE Agraria 8058A

**Altitud:** 22 m

Año	P.Anual (mm)	Pmex (mm)	F
1974	584	159	43,29
1975	995,5	412	170,51
1976	292	82	23,03
1977	819,54	253	78,10
1978	490	108	23,80
1979	443	123	34,15
1980	603,94	156	40,30
1981	307	143	66,61
1982	538	115	24,58
1983	362,13	117,67	38,24
1984	343,5	74	15,94
1985	718,63	162	36,52
1986	506,91	117,67	27,31
1987	775,85	149	28,62

Valores medios interanuales		155,10	<b>46,50</b>
-----------------------------	--	--------	--------------

**Estación:** Alcoy 8059

**Altitud:** 575 m

Año	P.Anual (mm)	Pmex (mm)	F
1974	628,69	139	30,73
1975	487	155	49,33
1976	490,5	150,5	46,18
1977	538,7	134,5	33,58
1978	278,5	55	10,86
1979	271,5	67	16,53
1980	683	156,5	35,86
1981	219	80	29,22
1982	648,22	191,5	56,57
1983	267,5	79,5	23,63
1984	390	161	66,46
1985	429,5	83	16,04
1986	348,76	65,21	12,19
1987	496,52	68	9,31

Valores medios interanuales		113,27	<b>31,18</b>
-----------------------------	--	--------	--------------

**Estación:** Villalonga 8068E

**Altitud:** 90 m

Año	P.Anual (mm)	Pmex (mm)	F
1970	432	138	44,08
1971	1102,13	278	70,12
1972	1081,5	470	204,25
1973	1169	389	129,44
1974	926	309	103,11
1975	1053,75	395	148,07
1976	709,31	128	23,10
1977	1270,85	371	108,31
1978	543,8	100	18,39
1979	541,17	158	46,13
1980	545	182	60,78
1981	708,5	146,23	30,18

Valores medios interanuales		255,35	<b>82,16</b>
-----------------------------	--	--------	--------------

## **ANEJO II. REGISTRO FOTOGRÁFICO**





**Foto 1.** Cabecera de la cuenca de la rambla Vall de Gallinera



**Foto 2.** Margen derecho de la cuenca (Umbría) visto desde la zona dominante de la cuenca.





**Foto 3.** Vista de la cuenca de la rambla Vall de Gallinera desde la cabecera de cuenca



**Foto 4.** Margen izquierda de la cuenca (Solana) y abancalamientos





**Foto 5.** Vegetación que invade la rambla de Vall de Gallinera en su tramo medio



**Foto 6.** Puente que atraviesa el barranco de Vall de Gallinera





**Foto 7.** Zona de matorral en la margen derecha de la cuenca (Solana)



**Foto 8.** Tramo medio de la cuenca de la rambla Vall de Gallinera. Vista en dirección a su desagüe.





**Foto 9.** Cultivos de olivo y vista de la cuenca media de Vall de Gallinera.



**Foto 10.** Margen derecho de la cuenca (umbría)





**Foto 11.** Parte media-baja de la cuenca de la rambla Vall de Gallinera



**Foto 12.** Parte de valle encajonado con laderas de fuertes pendientes al lado del barranco Gallinera





**Foto 13.** Vista de la rambla Vall de Gallinera al lado de la carretera CV-700



**Foto 14.** Cauce de la rambla Gallinera en la parte media-baja de la cuenca





**Foto 15.** Cultivos de cítricos y abancalamientos en la parte baja de la cuenca Vall de Gallinera.



**Foto 16.** Cauce de la rambla Gallinera, abancalamientos alrededor y actividad de cantera al fondo.





**Foto 17.** Margen derecha (umbría) de la cuenca pobladas con especies de pino



**Foto 18.** Cultivos de cítricos en bancales en la parte baja de la cuenca Vall de Gallinera





**Foto 19.** Extensos Cultivos cítricos en la parte baja de la cuenca



**Foto 20.** Último tramo del cauce de la rambla Gallinera



## **ANEJO III.MAPAS**

**Mapa 1.** Base Cartográfica

**Mapa 2.** Red de drenaje

**Mapa 3.** Pendientes

**Mapa 4.** Litológico

**Mapa 5.** Cultivos y Aprovechamientos

**Mapa 6.** Forestal

**Mapa 7.** Lugares de Interés Comunitario

**Mapa 8.** Propiedad Forestal

**Mapa 9.** Índices de Protección del suelo por la Vegetación

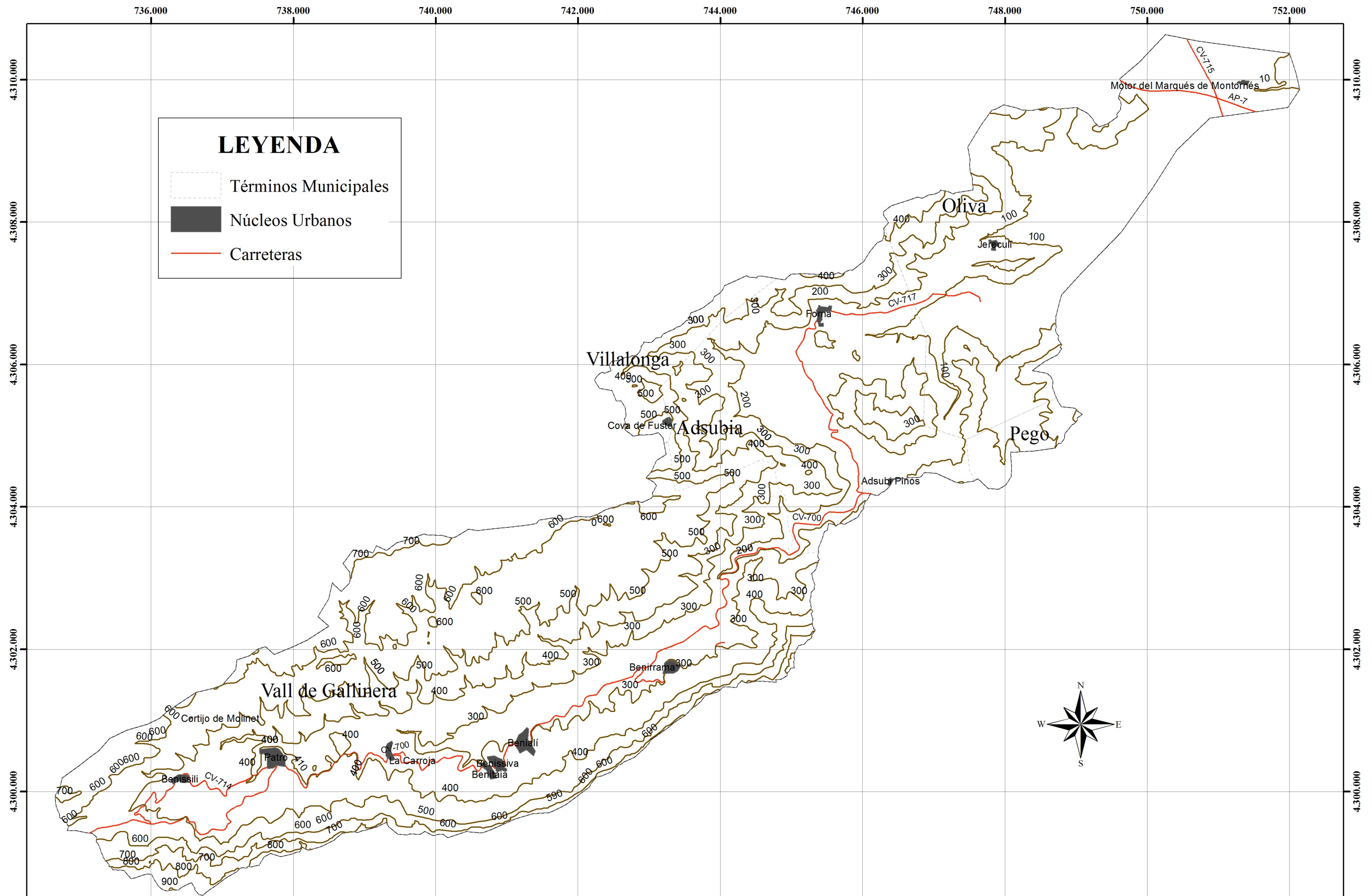
**Mapa 10.** Pérdidas de suelo según Modelo USLE

**Mapa 11.** Ordenación según el Modelo USLE

**Mapa 12.** Ordenación agrohidrológica según criterios de Mintegui (1990)

**Mapa 13.** Ordenación según criterios de Sostenibilidad.





Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
 TRABAJO FIN DE MASTER  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

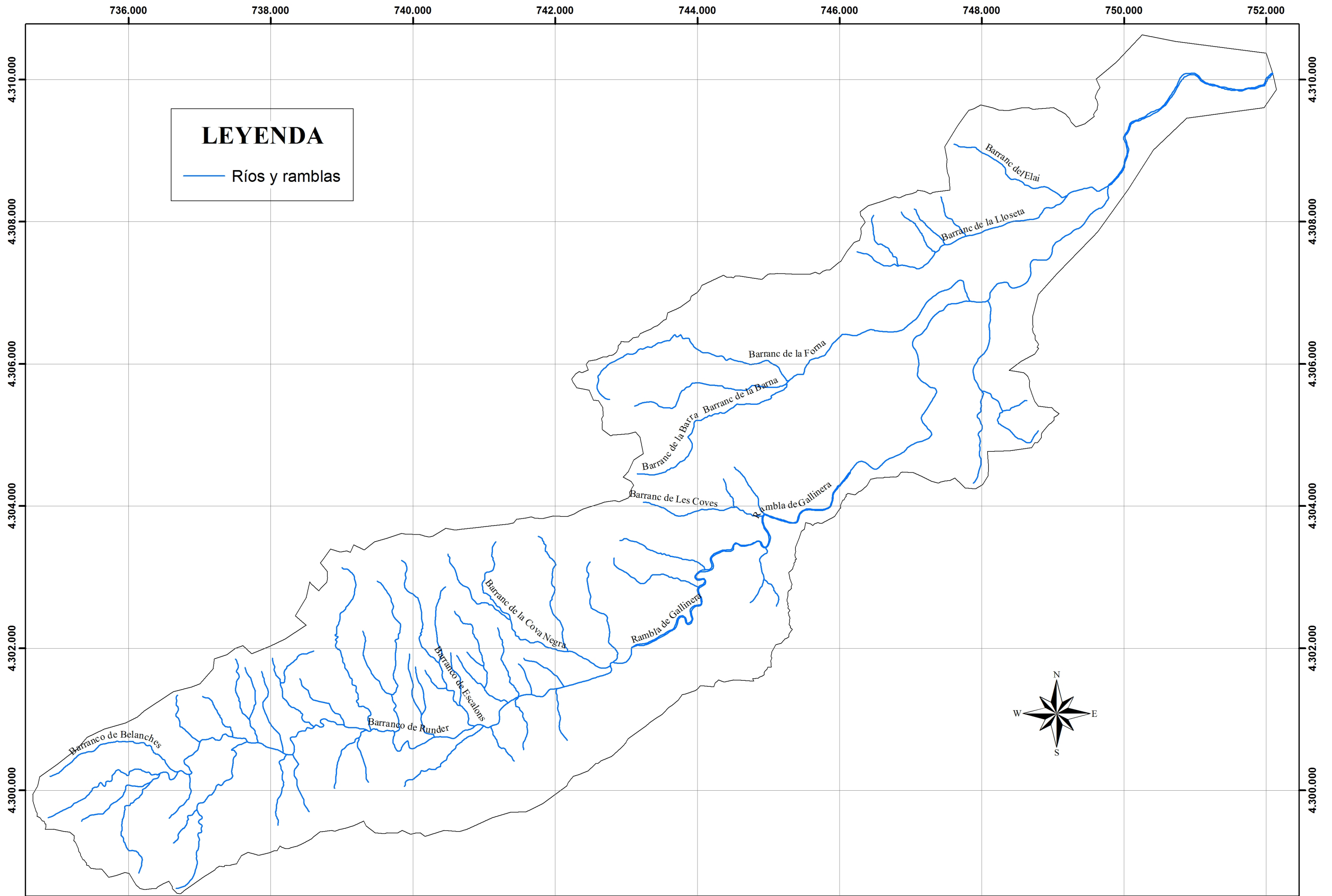
**TÍTULO DEL MAPA**

BASE CARTOGRÁFICA

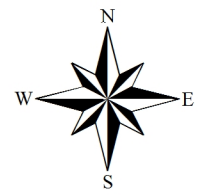
Octubre 2011

Escala 1:50.000

Número: 1



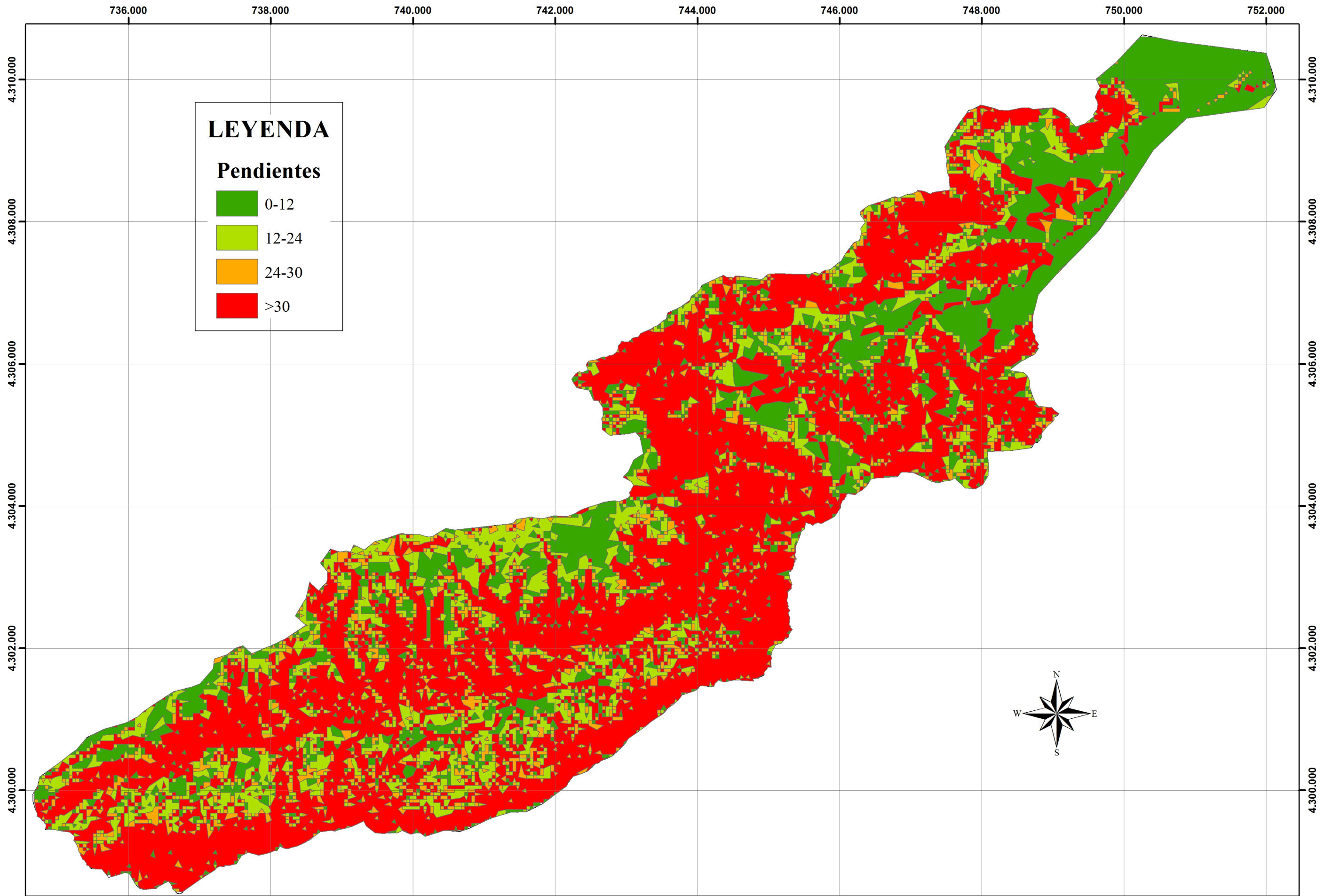
**LEYENDA**  
 — Ríos y ramblas



Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
 TRABAJO FIN DE MASTER  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

**TÍTULO DEL MAPA**  
 RED DE DRENAJE

Octubre 2011      Escala 1:50.000      Número: 2



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
TRABAJO FIN DE MASTER  
Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

TÍTULO DEL MAPA

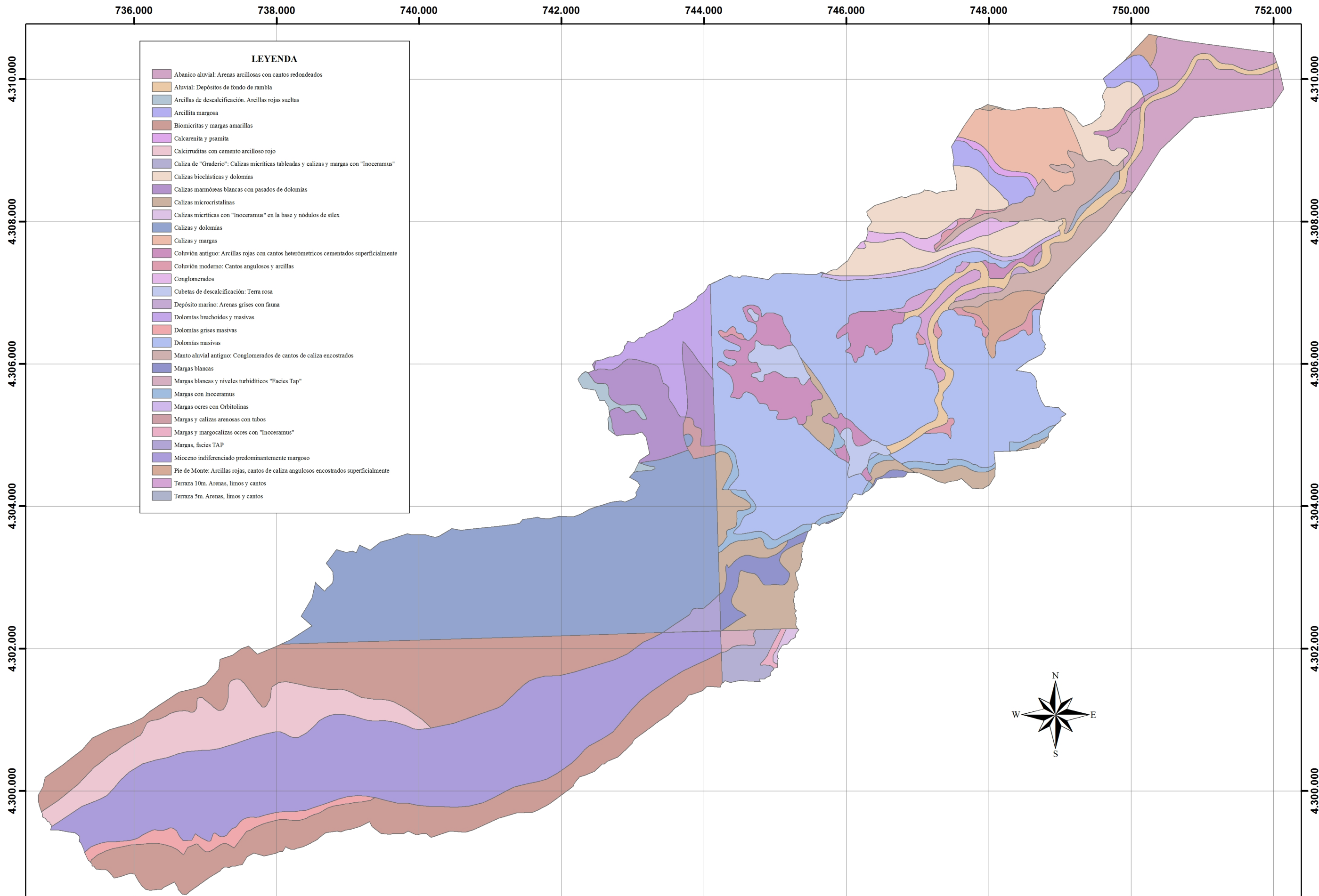
PENDIENTES

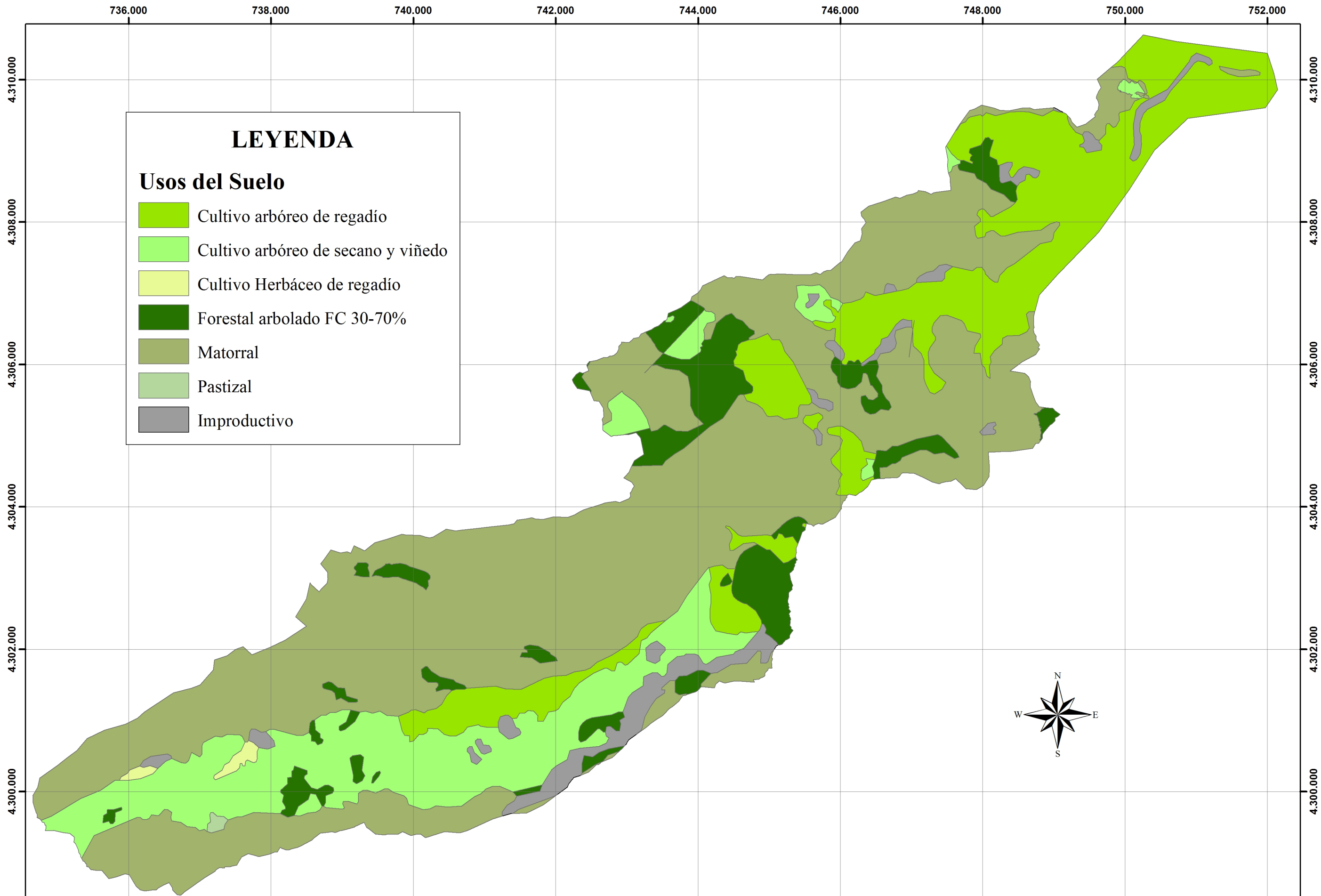
Octubre 2011

Escala 1:50.000

Número: 3



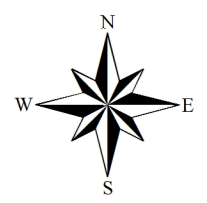




**LEYENDA**

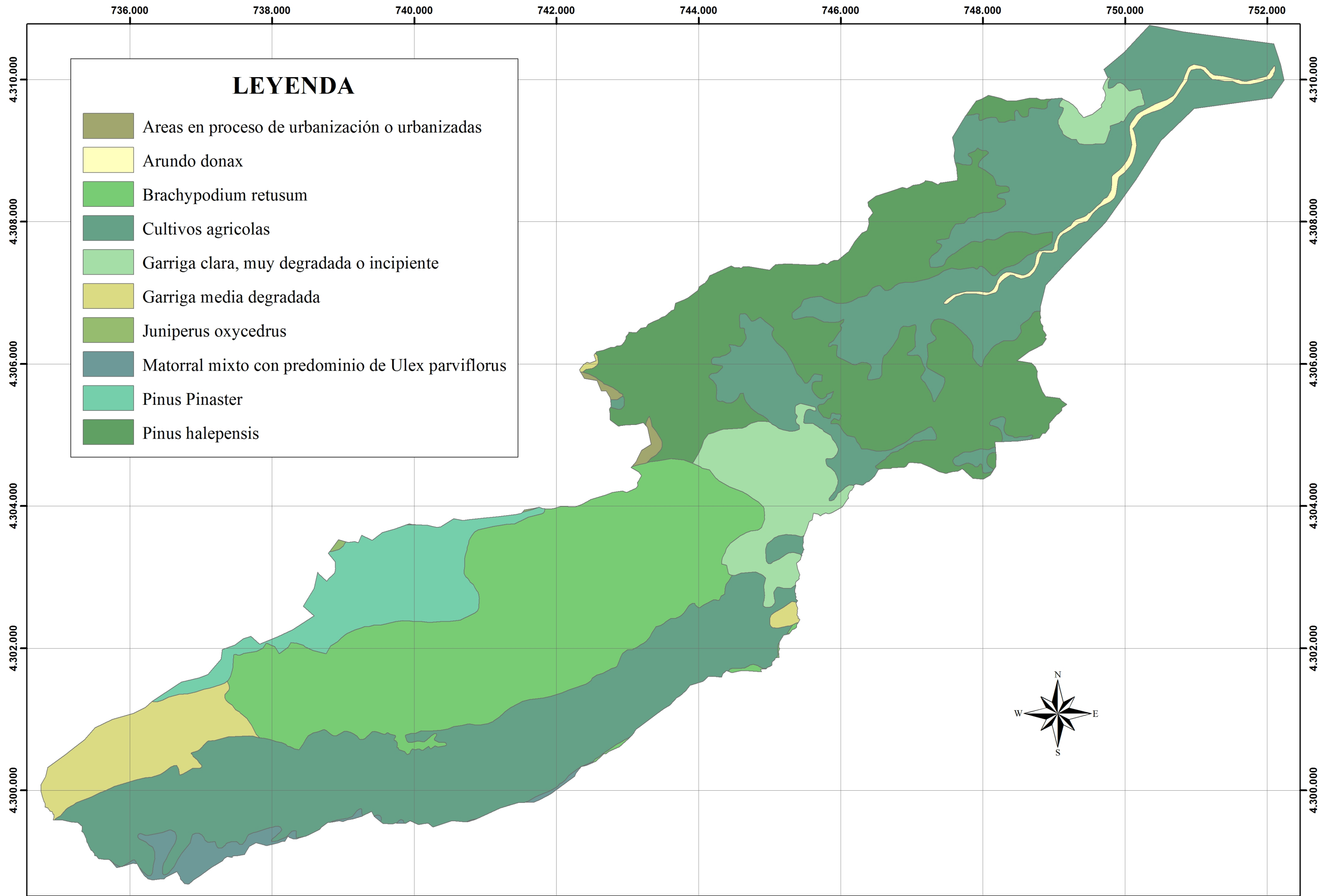
**Usos del Suelo**

- Cultivo arbóreo de regadío
- Cultivo arbóreo de secano y viñedo
- Cultivo Herbáceo de regadío
- Forestal arbolado FC 30-70%
- Matorral
- Pastizal
- Improductivo

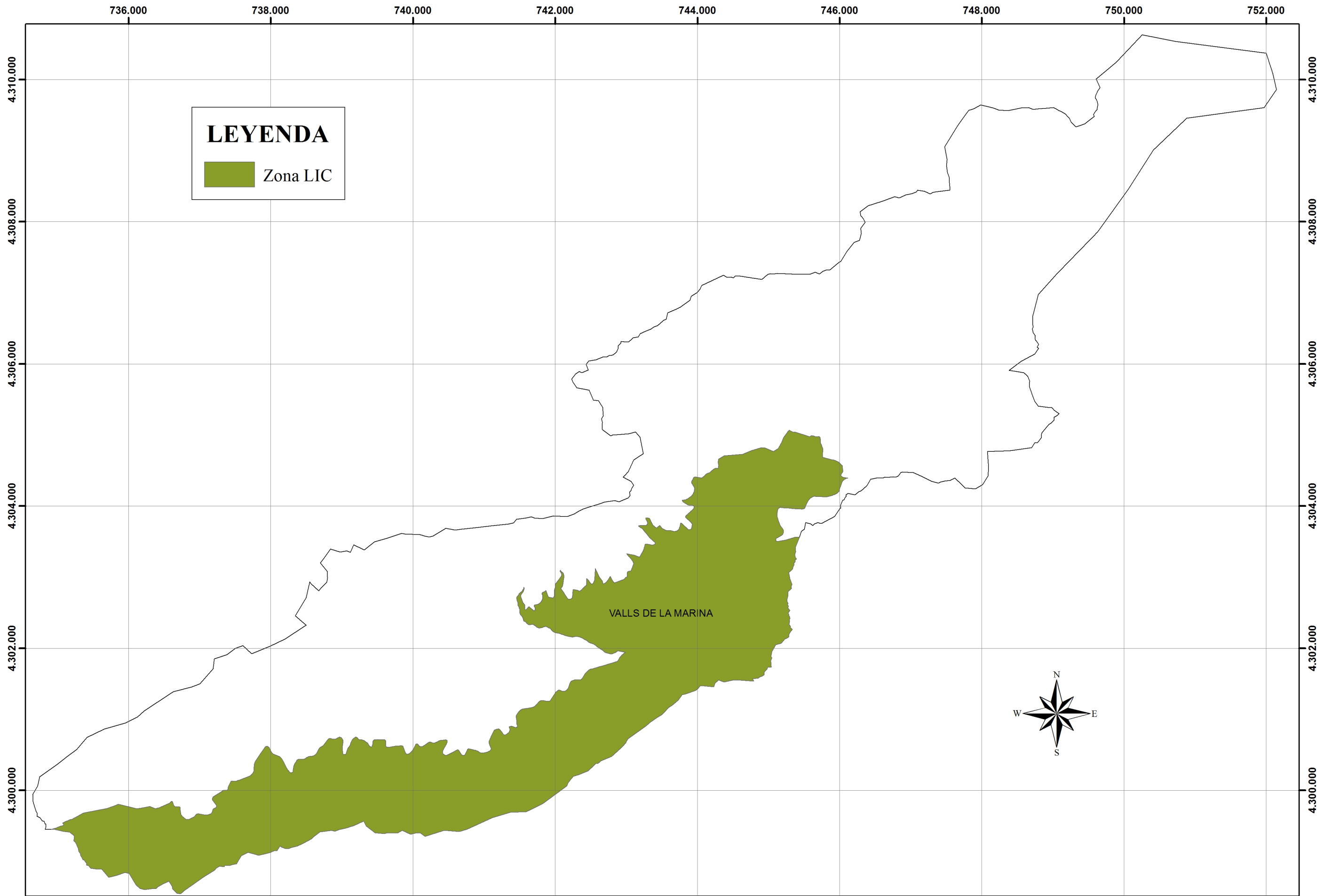


Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
 TRABAJO FIN DE MASTER  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

**TÍTULO DEL MAPA**  
 CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS







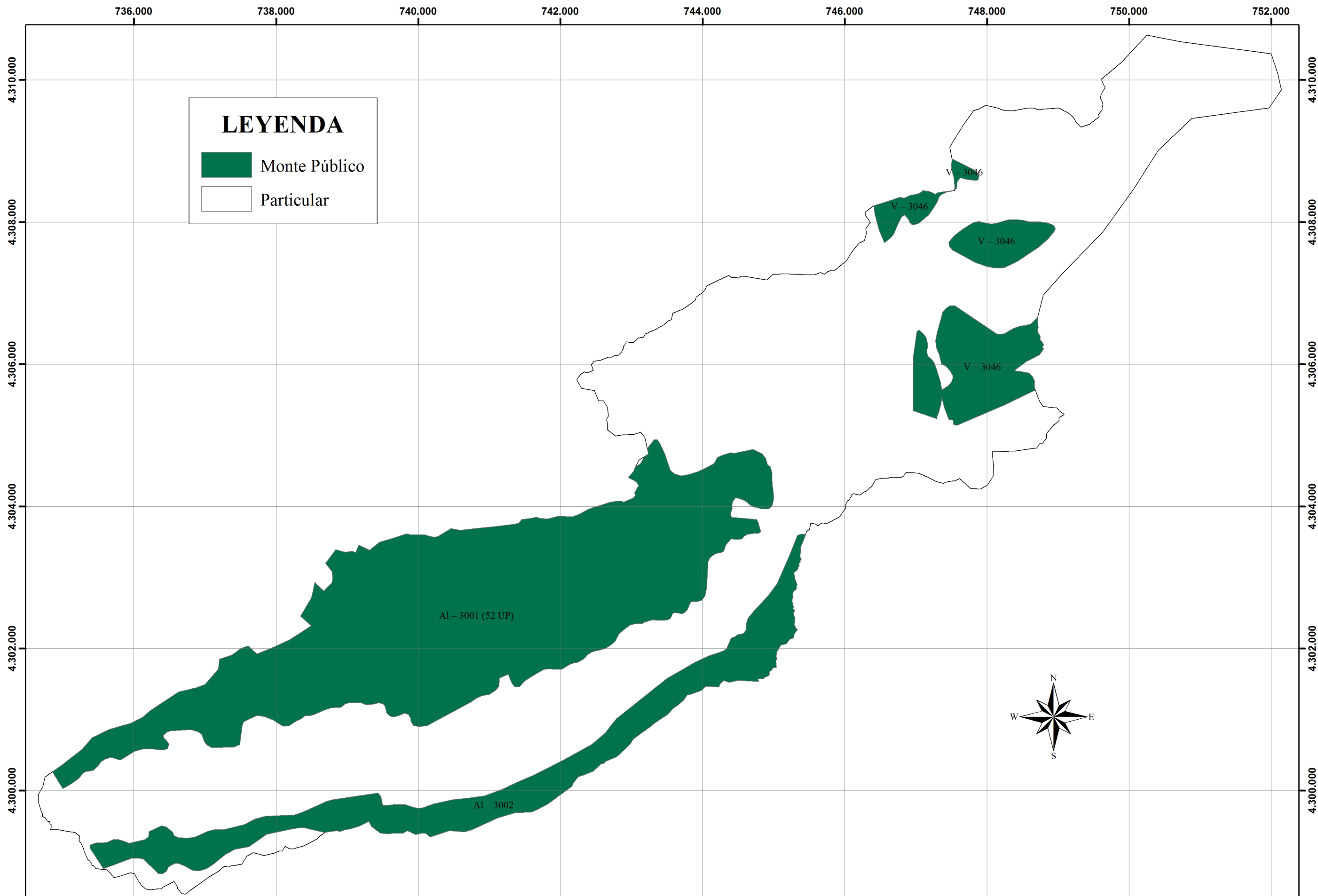
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
 TRABAJO FIN DE MASTER  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

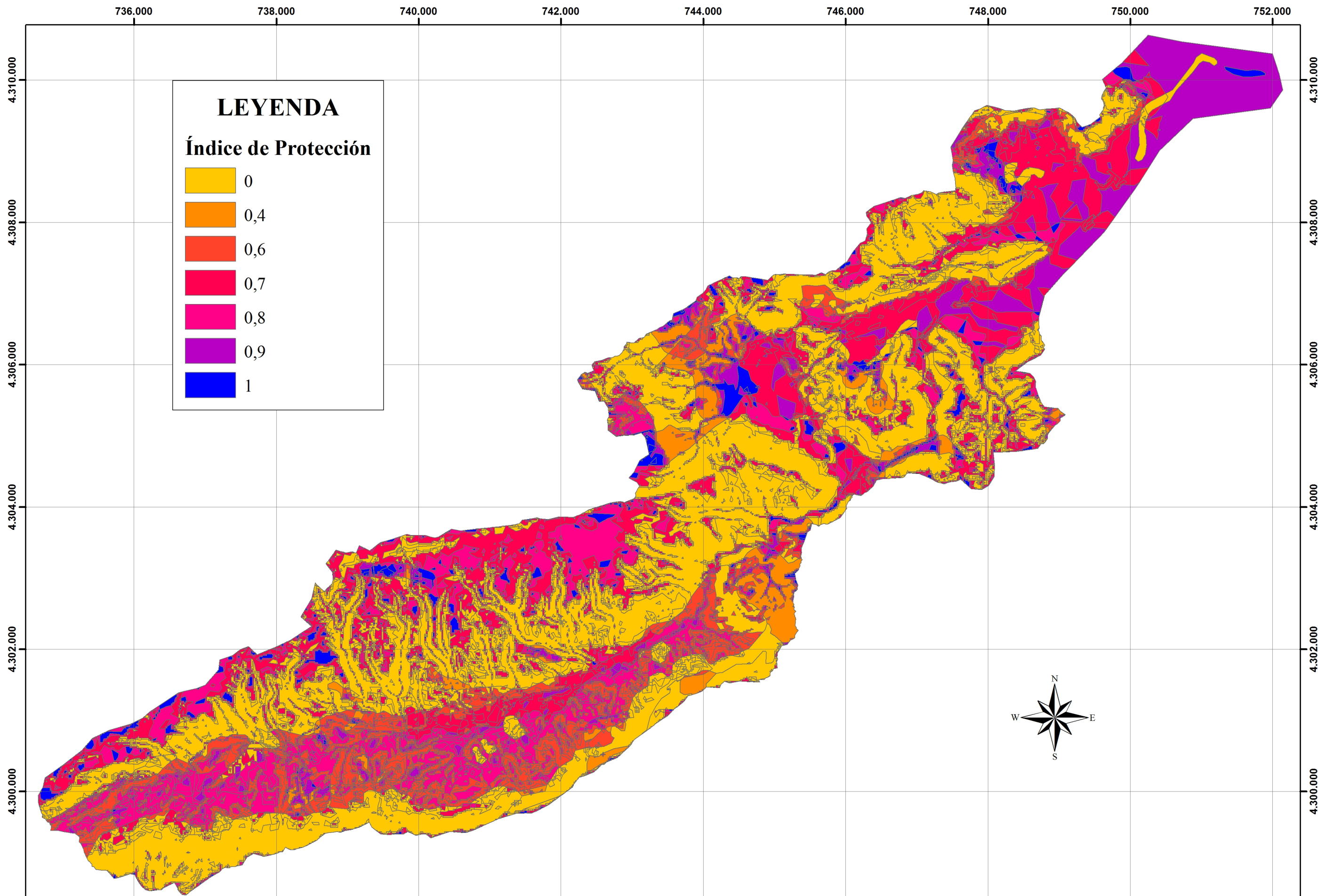
**TÍTULO DEL MAPA**  
 LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO

Octubre 2011

Escala 1:50.000

Número: 7





**LEYENDA**

**Índice de Protección**

	0
	0,4
	0,6
	0,7
	0,8
	0,9
	1

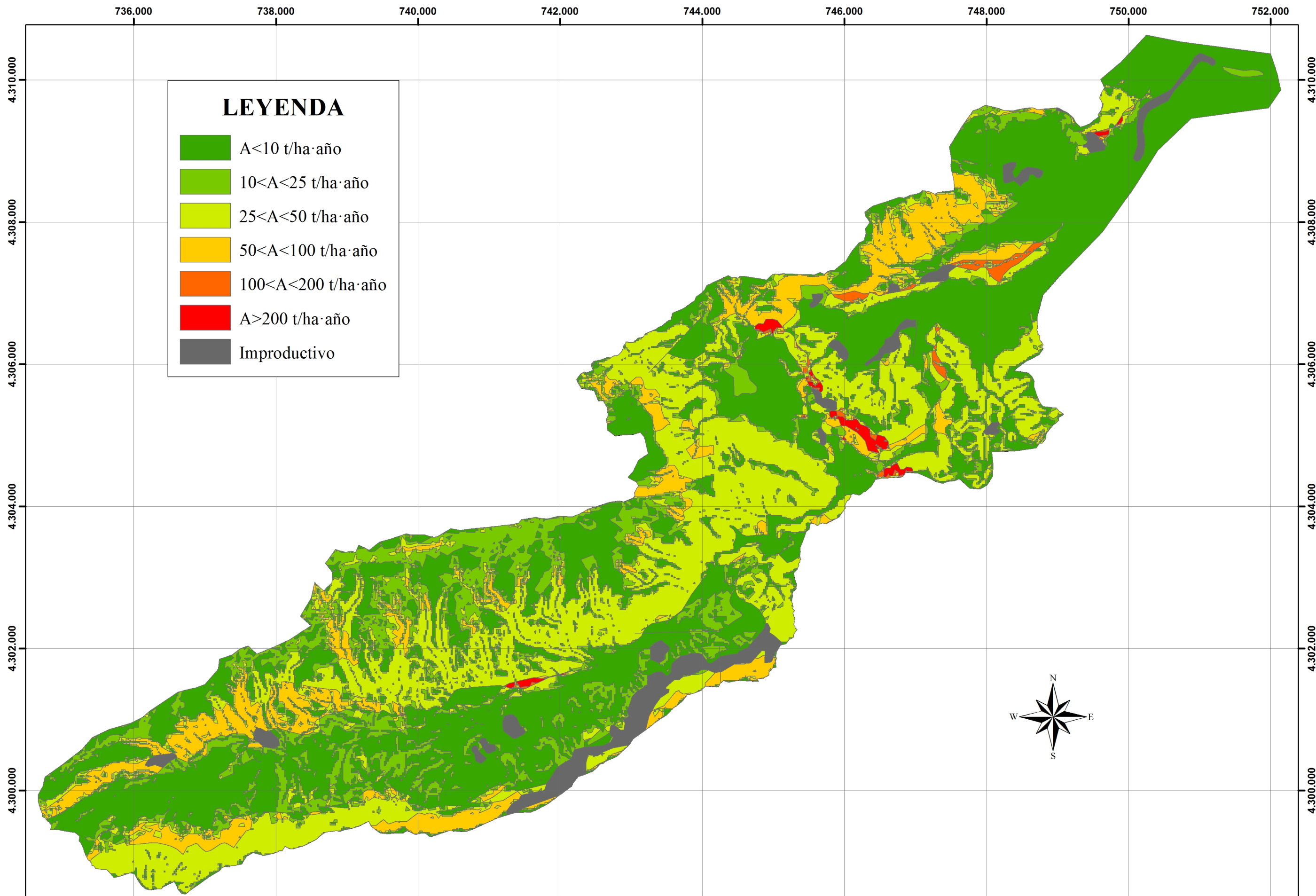


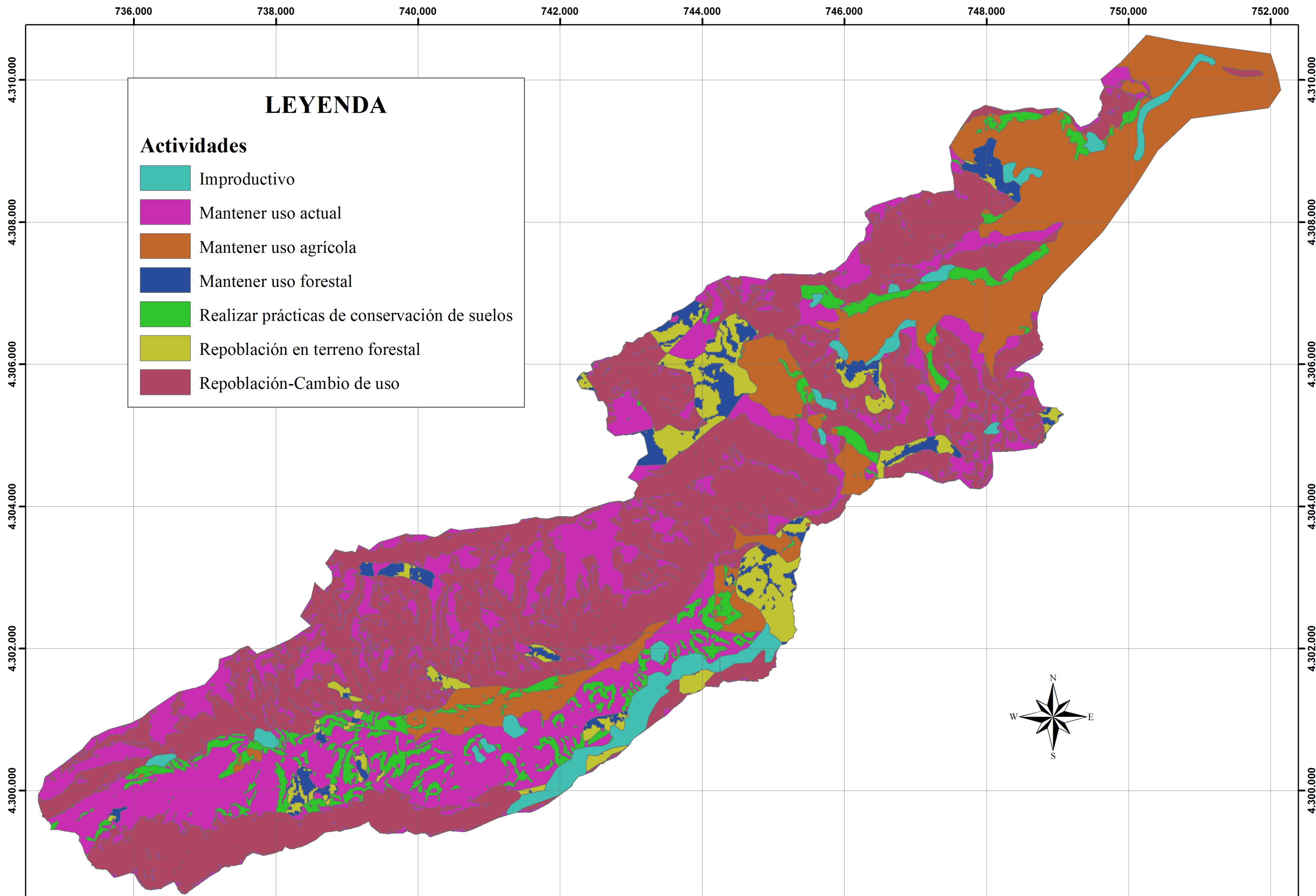
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
**TRABAJO FIN DE MASTER**  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

**TÍTULO DEL MAPA**

ÍNDICES DE PROTECCIÓN DEL SUELO POR LA VEGETACIÓN







**LEYENDA**

**Actividades**

- Improductivo
- Mantener uso actual
- Mantener uso agrícola
- Mantener uso forestal
- Realizar prácticas de conservación de suelos
- Repoblación en terreno forestal
- Repoblación-Cambio de uso



Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
 TRABAJO FIN DE MASTER  
 Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas.  
 Aplicación a la cuenca de Vall de Gallinera (Alicante)

**TÍTULO DEL MAPA**  
 ORDENACIÓN SEGÚN EL MODELO USLE



